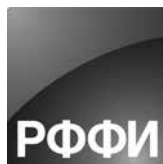


РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



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

(«ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ – III»)

**Материалы III Международной научной конференции
памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова
(г. Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021 г.)**

Ростов-на-Дону
Издательство ЮНЦ РАН
2021

Проведение мероприятия и публикация издания осуществлены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, решение Бюро совета РФФИ № 7 (250) от 16.04.2021.

Редколлегия:

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

- 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 – III»): материалы III Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021 г.). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2021. – 468 с. – ISBN 978-5-4358-0211-5.**

Сборник посвящен памяти чл.-корр. РАН Дмитрия Геннадьевича Матишова – известного российского ученого-океанолога, морского эколога, основателя нового научного направления – радиационной экологической океанологии.

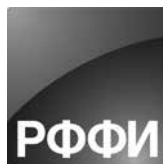
В книге представлены результаты фундаментальных и прикладных работ, направленных на решение актуальных проблем в области анализа и прогнозирования опасных природных явлений и катастроф; аномальных изменений морской среды под влиянием климатических изменений и хозяйственной деятельности в бассейнах морей России; биологических инвазий как глобальной экологической проблемы; опасных береговых процессов; экосистем побережий в условиях климатических и антропогенных изменений; природных и техногенных пожаров и защиты от них; мониторинга опасных процессов и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры; социально-экономических и медико-экологических последствий от морских опасных явлений и природных катастроф; воздействия морских опасных явлений и природных катастроф на политические процессы в России; опасных природных явлений в истории и культуре; новых материалов и перспектив их использования при ликвидации последствий опасных природных явлений и катастроф; водных и водохозяйственных проблем прибрежных регионов России.

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

УДК 551.5:504.4(063)(470)

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

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



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

(“DANGEROUS PHENOMENA – III”)

**Proceedings of the III International Scientific Conference
in memory of RAS Corresponding Member D.G. Matishov
(Rostov-on-Don, 15–19 June 2021)**

Rostov-on-Don
SSC RAS Publishers
2021

*The implementation of the event and the publication of the proceedings were financially supported
by the Russian Foundation for Basic Research, Decision of the Bureau of RFBR Council No. 7 (250) of 16.04.2021*

Editorial Board:

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

- R35 (2021) **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 – III”) in memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov:** Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 15–19 June 2021). Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers. 468 p. (In Russian). ISBN 978-5-4358-0211-5.

The proceedings are devoted to the memory of the RAS Corresponding Member Dmitry Gennadyevich Matishov, a well-known Russian scientist, oceanologist, marine ecologist, one of the founders of a new research direction – radiation ecological oceanology.

The publication presents the results of basic and applied studies on the solution of burning issues within the analysis and forecast of hazardous natural phenomena and disasters; anomalous changes in marine environment under the influence of climatic changes and economic activities in the basins of seas of Russia; biological invasions as a global ecological problem; hazardous coastal and bank processes; coastal ecosystems under climatic and anthropogenic changes; natural and technogenic fires and fire protection; monitoring of hazardous processes and provision of population and coastal infrastructure security and safety; socio-economic and medico-ecological consequences of marine hazardous phenomena and natural disasters; impact of marine hazardous phenomena and natural disasters on the political processes in Russia; hazardous natural phenomena in history and culture; new materials and their usage prospects for elimination of consequences of hazardous natural phenomena and disasters; water and water management problems of coastal regions of the Russian Federation.

The publication is intended for a wide circle of readers 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 Editorial Board is not responsible for the information presented
by the authors in case it turns out to be unreliable. Proceedings are published preserving the authors' wording
to the maximum.

ДМИТРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ МАТИШОВ

05.09.1966–20.08.2015



Д.Г. Матишов – известный географ-океанолог, специалист в области морских наук, один из основателей научного направления в геоэкологии океана – радиационной экологической океанологии

АВТОБИОГРАФИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

 03.03.2008

ВАЖНЕЙШИЕ ЗАДАЧИ В ИЗУЧЕНИИ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ АРИДНОГО КЛИМАТА

Г.Г. Матишов

*Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск
matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru*

Исследование климатической изменчивости в Приазовье и на Нижнем Дону требует комплексного подхода с целью определения тенденций в будущем. Точность прогноза климатического тренда зависит от полноты физико-географических данных, в том числе и палеоэкологических, а также продолжительности наблюдений за изменчивостью среды [Гидрометеорологический справочник ... 1962; Кожина, Потапова, 1973; Бронфман и др., 1979, 1985; Бергер, 1986; Симов, 1989; Гершанович и др., 1991; Кукса, Гаргопа, 2004; Мохов и др., 2005; Никаноров, 2011, 2017; Черенкова, 2012; Матишов, 2015; Матишов, Григоренко, 2017, 2018, 2021; Матишов и др., 2020а, 2020б, 2021а, 2021б]. Проблемы Юга России в условиях климатической изменчивости, где проживает более 26 млн чел., на протяжении всего периода после распада СССР находившиеся в числе важнейших направлений российской науки, в настоящее время стали особенно актуальными. Вызовы национальной экологической безопасности и противоречия на южном фланге резко обострились на рубеже XX и XXI вв. [Бронфман и др., 1979; Бергер, 1986; Симов, 1989; Мохов и др., 2005; Черенкова, 2012; Никаноров, 2011, 2017; Матишов, Григоренко, 2018; Матишов и др., 2021б].

В Крыму, на Северном Кавказе, Нижнем Дону и Приазовье возник дефицит пресной воды, в том числе питьевой. Многие малые реки Приазовья в теплый период полностью прекращают сток. До критической отметки обмелели Цимлянское и Краснодарское водохранилища. В степной зоне сельхозкультуры стали подвергаться воздействию воздушной атмосферной засухи в сезон вегетации, что привело к снижению урожайности. В условиях очевидной засухи всем отраслям сельхозпроизводства приходится соизмерять потребность в воде с имеющимися водными ресурсами. Очевидна нарастающая потеря доходов водопользователями.

К примеру, в 2020 г., по данным Минсельхоза Краснодарского края, площадь погибших из-за непогоды сельхозкультур на Кубани составила 52,8 тыс. га. Частичное повреждение зафиксировано на площади более 850 тыс. га. Из-за тяжелых погодных условий, ранней засухи и возвратных заморозков потери урожая составили до 20–25 %. Валовый сбор подсолнечника на Кубани в 2020 г. составил 851 тыс. т – это на 263 тыс. т меньше, чем в прошлом году (т.е. почти на треть) (<https://kuban.rbc.ru/krasnodar/freenews/5f1816949a7947c60981a3b1>, <http://www.zol.ru/n/321c>).

В Ростовской области, по данным Ростовстата, к началу ноября 2020 г. валовый сбор урожая подсолнечника составил 1,2 млн т. По сравнению с данными за 2019 г. урожай подсолнечника оказался ниже на 23,6 %. Урожайность культуры с одного гектара составила 18,6 ц (<http://rostovgazeta.ru/news/society/28-11-2020/pochti-na-chetvert-menshe-sobrali-agrarii-urozhay-podsolnechnika-v-rostovskoy-oblasti>).

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОСЫ ДОЛГОЙ

Азовское море 01–04.07.2020



Буровое судно
Joides Resolution, США

Тема глубоководного бурения дна морей
и океанов (с 60-х гг. прошлого века)

Рис. 1. Экспедиция ЮНЦ РАН на Азовском море 1–4 июля 2020 г.
Комплексное исследование косы Долгой

Специалисты ЮНЦ развернули исследования истории климата южных морей в голоцене с опорой на бурения с целью изучения отложений на косах Азовского моря (рис. 1, 2). Работы проводились с учетом опыта глубоководного бурения дна Мирового океана в 1970–1990 гг. Осуществляемые Южным научным центром Российской академии наук комплексные исследования колонок донных отложений, кернов их верхних горизонтов береговых кос позволяют с большой степенью детальности реконструировать гидродинамические и климатические трансформации в Приазовье на протяжении позднего голоцена.

Сегодня предсказать изменчивость окружающей среды на неделю или год нереально. Однако находятся интересные решения. В период 17–20 тыс. лет назад ледники Скандинавии перекрыли Баренцево, Белое и Балтийское моря. Уровень океана опускался на 120 м. Азовское море и шельфы океана осушались. Громадный Скандинавский ледник начал таять 14 тыс. лет назад.

Нами еще в 1970–1980-е гг. было показано направление стока талых вод. Часть стока поступала по Волге, Дону, Днепру в Каспийский и Азово-Черноморский регион. В условиях наземного перигляциала на юге России и в Китае формировались лёссы. В современное межледниковье – последние 12 тыс. лет – скорости накопления лёссов снизились в 5 раз [Симов, 1989; Мохов и др., 2005; Черенкова, 2012; Никаноров, 2011, 2017; Матишов и др., 2021б].

Климат морей России и динамика берегов – важное направление в понимании глобальной природной изменчивости. Бурение (до 30 м) на азовских косах, и в частности на косе Долгой, абсолютные датировки раковин дали возможность по-новому охарактеризовать подъем уровня Мирового океана в эпоху дегляциации (рис. 1).

Абсолютные датировки возраста указывают, что на косе Долгой временной промежуток накопления семиметровой толщи ракушки охватывает четыре тысячи лет. Однако основная часть органогенного материала косы сформировалась примерно за одну тысячу лет, в интервале 2,5–1,5 тыс. л.н. [Мохов и др., 2005; Никаноров, 2011, 2017; Матишов и др., 2021б]. Разумеется, анализировалась база данных инструментальных наблюдений, проводились теоретические и вычислительные исследования климата. Вывод: в течение прошлого тысячелетия засухи, маловодья и неурожаи повторялись. В XXI в. снова начали преобладать засушливые годы с многолетним дефицитом влаги и засухой. Происходит опустынивание, сокращение запасов воды в бассейнах Дона, Волги, Кубани и осолонение Азовского моря.

Когда в XXI в. в Арктике воцарилось потепление – напротив, масштабные площади льда охватили южные моря. В 2005–2008 гг., 2012–2013 гг. на Азове и Каспии возникли торосы и стамухи, типичные для Карского и Печорского морей. В XXI в. в Таганрогском заливе зимы со льдом в большинстве своем длились 50 дней и более. Максимум ледовитости – 74 дня – зафиксирован в зиму 2016/2017 гг., а в 2020/2021 гг. лед в заливе продержался 68 дней. Лед – главный индикатор климата [Мохов и др., 2005; Никаноров, 2011, 2017; Матишов и др., 2021б] – свидетельствует о развитии в Приазовье эпохи холодных зим.

Нами проанализированы инструментальные гидрометеорологические данные мониторинга за 150 лет (1884–2020 гг.). Для Азово-Донского бассейна характерны три периода: холодный (многоводный, 1884–1942 гг.), переходный (1942–1985 гг.) и теплый (маловодный, 1986–2020 гг.). Это подтверждает известные закономерности циклического характера этих трансформаций [Никаноров, 2011] (рис. 2).

Острейшая проблема современности – засуха, маловодье, низкая водность рек европейской территории от Астрахани до Одессы. В дельте Дона стала господствовать солоноватая (4–9 ‰) вода [Бронфман и др., 1979; Бергер, 1986; Мохов и др., 2005; Матишов, Григоренко, 2018]. В Азове, Ростове-на-Дону, Таганроге в водопроводах во время «верховок» вода не пригодна для питья. Отсутствие паводкового дренажа и маловодье привели в последнее время к заилению многочисленных протоков и гирл дельты Дона.

- комплексный анализ ведущих факторов формирования поверхностных и подземных водных ресурсов и разработка кратко- и среднесрочных прогнозов водообеспеченности Южного региона;
- выявление на основе экспедиционных и дистанционных наблюдений природной среды, палеореконструкций, климатических, природных и техногенных угроз и рисков опасных и катастрофических природных явлений в регионе;
- установка сети уровнемеров и автоматических гидрометеостанций от южной части дельты Дона до взморья Таганрогского залива Азовского моря;
- древние реки, палеогидрология Азовского шельфа и прогноз межгодовой и внутри-вековой динамики стока южных рек и запаса водных ресурсов, возможные сценарии развития;
- научно обоснованные подходы для повышения продуктивности водных и прибрежных экосистем в условиях климатической изменчивости и хозяйственной деятельности;

- анализ роста природоохранной и социально-экономической напряженности и угрозы политической стабильности в южном стратегическом приграничье в соответствии с несколькими сценариями изменения климата;
- водные ресурсы, гидрологический и гидрохимический режимы бассейнов рек и южных морей, неопределенность климата и проблемы хозяйственного освоения: анализ причин маловодья, современное состояние и перспективы водообеспеченности Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.

Первейшая задача – подготовка высококвалифицированных кадров по специальностям, необходимым для решения вопросов, связанных с маловодьем, засухой, дефицитом питьевой воды и негативными климатическими изменениями в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах РФ.

Особенно велика потребность в высококвалифицированных кадрах по следующим специальностям: гидрология, гидрохимия, технические средства аквакультуры, палеоклиматология, палеогидрология, агроклиматология, инженерное дело в области гидротехники, инженерное дело в области водоотведения, дистанционное зондирование степной территории.

Формируемая федеральная научно-техническая программа в области экологического развития РФ и климатических изменений на 2021–2030 гг. должна включить конкретный проект «Обеспечение экологической безопасности на южном стратегическом направлении в условиях климатических вызовов и геополитических, индустриальных воздействий и природных катастроф».

В общегосударственном масштабе назрела стратегическая задача – строительство маломерного научного флота для изучения внутренних водоемов в условиях климатической нестабильности и приграничных проблем (включая Азовское, Чёрное, Каспийское, Белое, Баренцево и Балтийское моря и их бассейны; Байкал, Ладожское и Онежское озера; Цимлянское и Краснодарское водохранилища и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергер В.Я. Адаптации морских моллюсков к изменениям солёности среды / АН СССР, Зоол. ин-т. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1986. 216 с.
2. Бронфман А.М. и др. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М.: Пищевая промышленность, 1979. 288 с.
3. Бронфман А.М. и др. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 272 с.
4. Гершанович Д.Е. и др. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V. Азовское море. СПб.: Гидрометеозидат, 1991. 236 с.
5. Гидрометеорологический справочник Азовского моря / под ред. А.А. Аксенова. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 856 с.
6. Кожина З.М., Потапова О.Н. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 7. Донской район. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 459 с.
7. Кукса В.И., Гаргона Ю.М. Современная оценка гидрологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 4. С. 489.
8. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Причины осолонения Таганрогского залива // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477. № 1. 92–96.

9. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Маловодье и роль грунтовых вод в осолонении авандельты Дона // Доклады Академии наук. 2018. Т. 483. № 4. С. 442–446.
10. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Течение Азовского моря в период маловодья Дона // Океанология. 2021. Т. 61. № 2. С. 198–208.
11. Матишов Г.Г. Случаи экстремальной адвекции соленых вод в дельту Дона и льда в Керченский пролив // Доклады Академии наук. 2015. Т. 465. № 1. С. 99–103.
12. Матишов Г.Г. и др. Динамический режим Азовского моря в условиях осолонения // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020а. Т. 492. № 1. С. 107–112.
13. Матишов Г.Г. и др. Исследования отложений кос Азовского моря (на примере косы Долгой) // Океанология. 2020б. Т. 60. № 1. С. 158–161.
14. Матишов Г.Г. и др. Анализ внутривековой природной изменчивости в Приазовье и на Нижнем Дону: причина маловодья // Наука Юга России. 2021а. Т. 17. № 1. С. 13–23.
15. Матишов Г.Г. и др. Цикличность климата в Приазовье: голоцен и современный период (XIX–XXI вв.) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021б. Т. 498. № 1. С. 96–100.
16. Мохов И.И. и др. Изменения режимов засух и биопродуктивности наземных экосистем в регионах Северной Евразии по расчетам с глобальной климатической моделью с углеродным циклом // ДАН. 2005. Т. 405. № 6. С. 810–814.
17. Никаноров А.М. Региональная гидрохимия. Уч. пос. Ростов н/Д.: Изд-во «НОК», 2011. 388 с.
18. Никаноров А.М. Гидрохимия и методы исследования качества вод суши. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2017. 572 с.
19. Симов В.Г. Гидрология устьев рек Азовского моря. М.: Гидрометеиздат, 1989. 328 с.
20. Черенкова Е.А. Анализ особенностей обширных атмосферных засух на юге европейской части России // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 4 (53). С. 13–21.

ВКЛАД ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН Д.Г. МАТИШОВА В ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ЮГЕ И СЕВЕРЕ РОССИИ

О.В. Степаньян

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

Член-корреспондент РАН Дмитрий Геннадиевич Матишов – выдающий ученый, создатель нового научного направления «Радиационная экологическая океанология», оставивший большой след в науке об Океане и науке о Жизни [Степаньян, 2016; Матишов, Степаньян, 2020а; 2020б].

Студентом Ленинградского госуниверситета Д.Г. Матишов участвовал в многочисленных морских экспедициях по Арктике на многих судах, включая научный флагман северных морей НИС «Дальные Зеленцы», прошел десятки тысяч морских миль, неся наравне с членами команды судовые вахты, выполняя сложные палубные работы при отборе донных отложений и морской воды с глубин в сотни метров, при разборе уловов в сотни килограммов трала для ихтиологических исследований. Все это обычно выполнялось на палубе в условиях 5–6-балльного волнения, при минусовых температурах. В этих рейсах Д.Г. Матишов стал настоящим морским исследователем, умеющим ценить особое морское научное братство. В первой половине 2000-х годов, будучи директором Азовского филиала ММБИ, Д.Г. Матишов лично возглавил свыше десяти экспедиций по Азовскому и Черному морям. После образования Южного научного центра и Института аридных зон ЮНЦ РАН Д.Г. Матишов, не забывая о морском векторе в исследованиях, основал инновационное направление исследований, связанное с биомедициной и диагностикой онкозаболеваний.

Непосредственно при участии Д.Г. Матишова были приобретены два морских научных экспедиционных судна – «Профессор Панов» и «Денеб». Благодаря его инициативе была проведена модернизация морских судов и оснащение самым современным навигационным и океанологическим оборудованием. Научно-исследовательские суда «Профессор Панов» и «Денеб» продолжают успешно работать на акваториях Азовского, Черного и Каспийского морей. В настоящее время ежегодно осуществляется более 15 морских экспедиций. С 2000 г. проведено более 140 морских экспедиций, выполнено свыше 8 тысяч океанологических станций, в том числе и на «вековом» разрезе Азов – Керчь, инициатива возрождения наблюдений по которому также принадлежит Д.Г. Матишову.

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

Научные интересы Д.Г. Матишова в исследованиях были разноплановыми. Помимо ставших для Дмитрия Геннадьевича традиционных направлений: океанология, гидрохимия,

радиационная экология океана, – были начаты интенсивные работы в области волновых процессов, морской экотоксикологии, ихтиологии, аквакультуры, метагеномики, биомедицины и др.

На юге и севере Д.Г. Матишов активно исследовал последствия техногенных катастроф, связанных с поступлением и трансформацией тяжелых металлов и радионуклидов в морские экосистемы: от воды и донных осадков до планктона и бентоса, птиц и морских млекопитающих. Были определены уровни загрязнения среды и биоты искусственными радионуклидами и тяжелыми металлами, выявлен вклад «чернобыльского следа» в экосистеме Баренцева и Азовского морей, показаны пути миграции искусственных радионуклидов по трофическим цепям. Масштабные радиологические исследования на севере и юге России продолжались под руководством Д.Г. Матишова более 20 лет. За указанные выше работы Дмитрий Геннадьевич получил заслуженное признание, был награжден золотой медалью Президиума РАН и медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Д.Г. Матишов отличался особым видением перспектив в научных исследованиях: ему удавалось вычленять узкие задачи и направления в казалось бы давно освоенных областях. При поддержке Д.Г. Матишова было начато и продолжается изучение опасных природных явлений и их проявлений, связанных с внутренними волнами и сейшмами в Азовском и Черном морях, сгонно-нагонными явлениями в дельте Дона, абразией берегов южных морей. Это важные направления, имеющие прикладное значение для безопасности мореплавания, обороны страны и жизни простых граждан приморских территорий.

Значительное внимание Д.Г. Матишов уделял исследованиям малоизученной темы – функционированию эстуарных морских сообществ в зимний период и вкладу этих процессов в продукционный цикл морских экосистем, а следовательно и рыбопродуктивность северных и южных морей, что имеет прямое отношение к продовольственной безопасности нашей страны. Отметим, что внимание к этим вопросам Д.Г. Матишов проявил тогда, когда еще никто особо не задумывался об импортозамещении.

Под руководством Д.Г. Матишова на самом современном оборудовании в междисциплинарной лаборатории ЮНЦ РАН в 2005 г. были разработаны новые методические подходы по обнаружению токсинов цианопрокариот в планктоне Нижнего Дона с использованием масс-спектрометрии. Исследования такого уровня были выполнены впервые в России. Проблема опасных «цветений» водорослей в пресноводных и морских водоемах и выделяемых ими токсинов особенно актуальна во всем южном регионе от Волги до Дона, где на фоне хронического маловодья происходит усиленное развитие этих процессов. Д.Г. Матишов предвидел важность таких исследований для безопасности жителей южного макрорегиона.

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

Д.Г. Матишов стал инициатором создания кафедры океанологии в Ростовском государственном (впоследствии – Южном федеральном) университете и более 12 лет был ее руководителем. Первый выпуск студентов-океанологов осуществился в 2007 г. Это третья кафедра океанологии в России (после Санкт-Петербургского и Московского университетов). Поддержку Д.Г. Матишова получили исследования сотрудников кафедры океанологии по абразии азовских и черноморских берегов, техногенному загрязнению Азовского моря.

Благодаря Д.Г. Матишову указанные работы были возобновлены после более чем 30-летнего перерыва и оказались очень своевременными в условиях интенсивного хозяйственного освоения береговой зоны южных морей, в том числе побережий Тамани и российского Крыма.

Д.Г. Матишов стоял у истоков создания аквакомплекса ЮНЦ РАН, где накоплен уникальный опыт по выращиванию осетровых и других ценных видов рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения. Эти работы были начаты тогда, когда уловы осетровых рыб еще отражались в официальной статистике, и продолжают сейчас, когда практически исчезли ценные виды рыб в южных морях России, а уловы в Азовском море снизились в 30 раз по сравнению с серединой XX века. Идеи и наработки Дмитрия Геннадьевича позволяют с успехом решать проблему импортозамещения в условиях санкционных реалий сегодняшнего дня.

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

Совместно с академиком Г.Г. Матишовым в течение 10 лет Дмитрий Геннадьевич проводил скрупулезный анализ рисков и угроз на южном фланге России, в том числе природного и социального характера. Эти исследования показали, что напряженность на юге России будет только нарастать и нужно быть готовыми к новым реалиям и вызовам.

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

При непосредственном участии Д.Г. Матишова создан гидрометеопост «Взморье» в Таганрогском заливе, благодаря данным которого были предупреждены несколько сильных наводнений в дельте Дона. Зафиксированы аномальные порывы ветра (шквалы) продолжительностью от нескольких до десятков минут, но с серьезными последствиями для береговой инфраструктуры.

Д.Г. Матишов ушел в самом расцвете человеческих и творческих сил. Но остался большой багаж накопленных знаний, начинаний и идей. И задача всех, кто работал с Дмитрием Геннадьевичем, продолжить реализацию его замыслов в том же ритме научной деятельности, как это делал он, применяя новые и нестандартные подходы в науках об Океане и Жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Степаньян О.В.* Вклад члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова в морские исследования на Юге России // Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии. Мат-лы междунар. научн. конф. и молодеж. научн. конфер. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 5–8 сентября 2016 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 38–44.
2. *Матишов Г.Г., Степаньян О.В.* Вклад члена-корреспондента РАН Дмитрия Геннадьевича Матишова в изучение Мирового океана // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – II»). Мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020а. С. 7–16.
3. *Матишов Г.Г., Степаньян О.В.* Радиационная экология океана: 20 лет поиска и свершений // Природа. 2020б. № 7. С. 37–45. DOI: 10.7868/S0032874X20050063

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

О МОДЕЛИРОВАНИИ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ В КАРСКОМ МОРЕ

В.С. Архипкин¹, С.А. Мысленков^{1, 2}

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

² *Гидрометцентр России, г. Москва*
victor.arkhipkin@gmail.com, stasocean@gmail.com

Работ, посвященных исследованию штормовых нагонов в Карском море, к настоящему времени опубликовано довольно мало, и в большинстве из них сгонно-нагонные колебания уровня моря изучались лишь в отдельных районах [Войнов, Пискун, 2016]. Интерес к изучению нагонов в Карском море вызван началом активной экономической деятельности человека в прибрежной зоне этого моря, что повлекло за собой необходимость разработки программы рационального природопользования для снижения возможных негативных последствий этой деятельности.

Для детального изучения сгонно-нагонных колебаний уровня Карского моря необходимы данные наблюдений, равномерно охватывающие все его побережье. Однако в настоящее время наблюдения за уровнем здесь проводятся всего лишь на нескольких гидрометеорологических постах, удаленных друг от друга на сотни километров [http://www.esimo.ru/atlas/Karsk/2_waterlevel.html]. Сильная изрезанность береговой линии, наличие большого количества островов, архипелагов, фьордов, заливов и губ, а также большая временная дискретность наблюдений за уровнем моря на этих постах делают изучение пространственно-временной изменчивости нагонов по этим данным затруднительным. Это приводит к тому, что основным методом исследования физических механизмов формирования штормовых нагонов и их изменчивости в Карском море является численное моделирование.

Исследования колебаний уровня в Карском море методами гидродинамического моделирования ранее уже проводилось, а их результаты опубликованы в работах [Ашик и др., 1989, 1997; Дианский и др., 2014; Борисов, Раевский, 2016]. Отличие этой работы от упомянутых выше заключается в том, что при моделировании нагонов применялась нерегулярная

триангуляционная расчетная сетка с изменяющимся размером ячеек. Кроме этого, моделирование проводилось за более длительный период и с учетом ледового покрова.

Для расчетов параметров штормовых нагонов в Карском море была выбрана модель ADCIRC. Ее применение для изучения нагонов в других морях показало хорошее соответствие между натурными данными и данными моделирования [Иванова и др., 2015; Коробина и др., 2017; Pavlova et al., 2020].

Уравнения гидродинамической модели ADCIRC формулируются с учетом гидростатического приближения и приближения Буссинеска на f -плоскости. Модель нестационарная, нелинейная. Учитываются такие силы, как сила Кориолиса, касательное ветровое напряжение, градиенты атмосферного давления, приливной потенциал и придонное трение. Отклонения уровня рассчитываются из решения интегрированного по глубине уравнения неразрывности в виде обобщенного уравнения волн и неразрывности GWCE (Generalized Wave-Continuity Equation). В модели можно задавать различные свойства подстилающей поверхности, осушку и затопление прилегающей суши, речной сток.

При расчетах использовалась неструктурная триангуляционная расчетная сетка с шагом 500–600 м в прибрежной зоне, 1,5–2 км в центральных районах губ и 10–15 км в открытой части Карского моря (рис. 1).



Рис. 1. Неструктурная расчетная сетка Карского моря

Исследуемая акватория имеет сложную конфигурацию береговой линии и множество островов. В связи с этим модельная область имеет несколько открытых границ (рис. 1). На северной границе задавались приливные составляющие (амплитуда и фаза гармоник M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1), взятые из базы данных приливов FES2004 [<https://www.aviso.altimetry.fr>]. Эта база получена на основе результатов глобального гидродинамического моделирования приливов Мирового океана на сетке с шагом 1/80. При этом использовалась новая оригинальная батиметрия высокого разрешения и был учтен лед в полярных регионах. В проливах Карские ворота, Вилькицкого, Шокальского и Маточкин шар задавалось граничное условие свободного прохождения волн (wave radiation)

Глубины моря в узлах расчетной области вычислялись по данным оцифровки навигационных карт с помощью одного из методов объективного анализа – методом обратного расстояния [<https://navysoft.ru/>].

При расчетах задавались следующие граничные условия: на берегу – условия нулевого нормального потока к берегу и тангенциальное скольжение; на дне придонное трение рассчитывалось согласно квадратичному закону. Коэффициент горизонтальной турбулентной вязкости задавался постоянным и равным $2 \text{ м}^2/\text{с}$. Речной сток не учитывался.

В качестве входных данных задавались поля ветра на высоте 10 метров и атмосферного давления из реанализов NCEP/CFSR и NCEP/CFSRv2 за период с 1979 по 2018 г. с шагом по времени 1 час. Карское море большую часть года покрыто льдом. Для учета морского льда были использованы поля концентрации льда из базы OSI-450 за период с 1979 по 2018 г. [<http://www.osi-saf.org>].

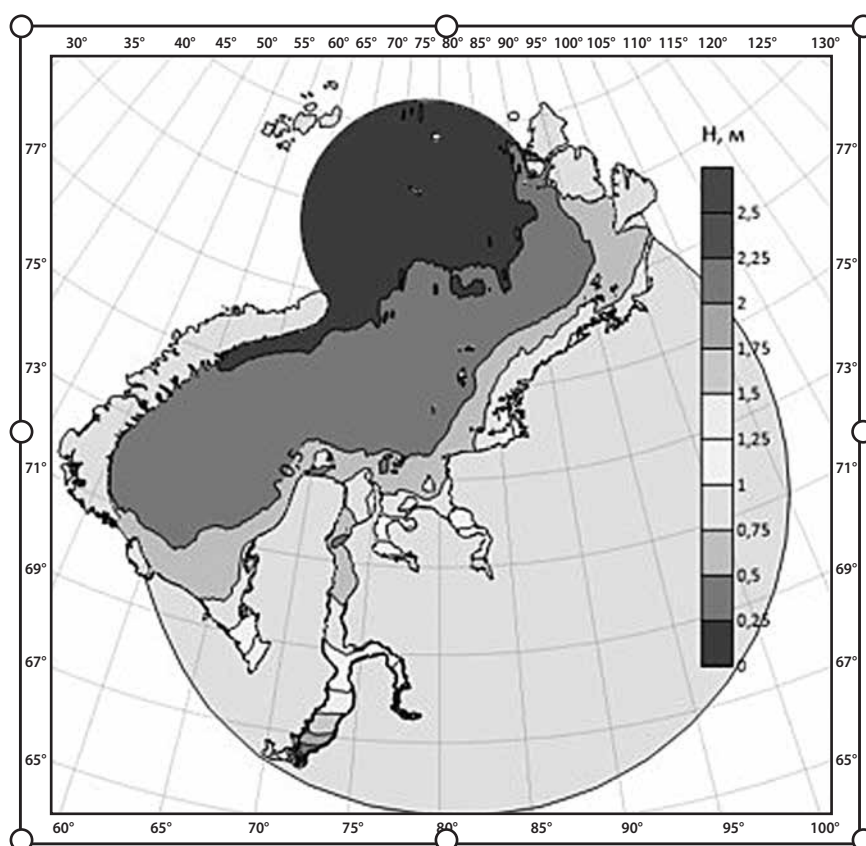


Рис. 2. Наибольшая рассчитанная по модели ADCIRC величина нагона (м) в Карском море за период с 1979 по 2018 г.

На рисунке 2 показаны наибольшие рассчитанные величины нагонов в Карском море за весь период расчетов. Видно, что наибольшие величины нагонов отмечаются в южной части Обской губы – до 3 м. В других полузамкнутых водоемах (Тазовская, Гыданская и Байдарацкая губы, Енисейский и Песинский заливы) величина нагона достигает 1,5 м. Вне пределов бухт, губ и заливов высота нагона около 1 м.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №18-05-60147.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашик И.М., Прошутинский А.Ю., Степанов В.А. Некоторые результаты и перспективы численных прогнозов сгонно-нагонных колебаний уровня арктических морей // Метеорология и гидрология. 1989. № 8. С. 74–82.
2. Ашик И.М. Численные расчеты и прогнозы колебаний уровня, течений и дрейфа льда на шельфе морей Западного сектора Арктики // Навигация и гидрография. 1997. № 4. С. 85–94.
3. Борисов Е.В., Раевский Д.Н. Сравнение и использование наблюдений и моделирования уровня в Карском море // Арктика: Экология и экономика. 2016. № 4 (24). С. 72–79.
4. Войнов Г.Н., Пискун А.А. Приливные и сгонно-нагонные колебания уровня у мыса Ям-Сале (Обская губа) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. №4 (110). С. 51–66.
5. Дианский Н.А., Фомин В.В., Кабатченко И.М. и др. Воспроизведение циркуляции Карского и Печорского морей с помощью системы оперативного диагноза и прогноза морской динамики // Арктика: экология и экономика. 2014. № 1 (13). С. 57–73.
6. Иванова А.А., Архипкин В.С., Мысленков С.А., Шевченко Г.В. Моделирование штормовых нагонов в прибрежной зоне о. Сахалин // Вестник МГУ. Серия география. 2015. № 3. С. 41–49.
7. Кораблина А.Д., Кондрин А.Т., Архипкин В.С. Моделирование нагонов в Белом и Баренцевом морях за период 1979–2015 гг. // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2017. № 364. С. 144–158.
8. Pavlova A. V., Arkhipkin V.S., Myslenkov S.A. Storm surge modeling in the Caspian Sea using an unstructured grid // Russian Journal of Earth Sciences. 2020. Vol. 20. ES1006.
9. http://www.esimo.ru/atlas/Karsk/2_waterlevel.html
10. <https://navysoft.ru/>
11. <https://www.aviso.altimetry.fr>
12. <http://www.osi-saf.org>

10 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЙ РАЗРУШЕНИЯ БЕНЧА, КОСЕЙСМИЧЕСКИ ПОДНЯТОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕВЕЛЬСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2007 г.

В.В. Афанасьев, А.В. Уба

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск
vvasand@mail.ru*

Разрушение скалистых берегов является функцией от характеристик коренных пород, волнового климата, приливного режима и особенностей выветривания. Относительный вклад морских и субаэральных процессов, а также геологических свойств разрушаемых пород обсуждается во многих десятках исследований. Подробный анализ положения дел в этом направлении береговой геоморфологии представлен в аналитических обзорах [Stephenson, Trenhaile 2018; Sunamura 2015; Trenhaile 2018].

В настоящее время 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 [Cruslock, 2010]. Тем не менее, характер и относительная эффективность физико-химических и биологических процессов на бенче, влияние климата, волнового режима, диапазона приливов, характеристик скальных пород и пространственно-временное развитие процесса деструкции береговых платформ до настоящего времени не могут быть однозначно охарактеризованы [Trenhaile, 2019].

Дифференцировать волновые воздействия и факторы субаэрального выветривания в условиях холодных морей позволяет сравнительный анализ разрушения береговых платформ – бенчей и береговых уступов – клифов, 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 2007 г., $M_w = 6,2$, в г. Невельске [Afanasev, Uba, 2017].

Наблюдения за разрушением берегов, сложенных скальными горными породами 2–4-го класса устойчивости [Полунин, Бузлаев, 1984], позволили установить, что средне-многолетние скорости отступления бровки клифа на 5 разных участках Охотского и Японского морей составляют 0,25–0,32 м/год [Афанасьев, 2020]. Исключением является площадка, которая находится в волновой тени портового сооружения, где скорость отступления клифа составила 0,05 м/год на 1 погонный метр берегового уступа.

Развитие геопространственных технологий сделало в настоящее время доступными высокоточные фотограмметрические цифровые разновременные модели рельефа абразионно-денудационных берегов холодных морей, позволяющие определять скорости и характер разрушения коренных горных пород слабой и средней устойчивости.

В 2011 г. в районе г. Невельск Сахалинской области нами начаты инструментальные наблюдения по сети забетонированных в поверхность бенча 100 реперов. Расстояние между профилями 25 метров, расстояние между реперами по профилю 10 метров. Первый репер расположен на мористом краю бенча. В 2019 г. измерения проводились только по 32 реперам (рис. 1).

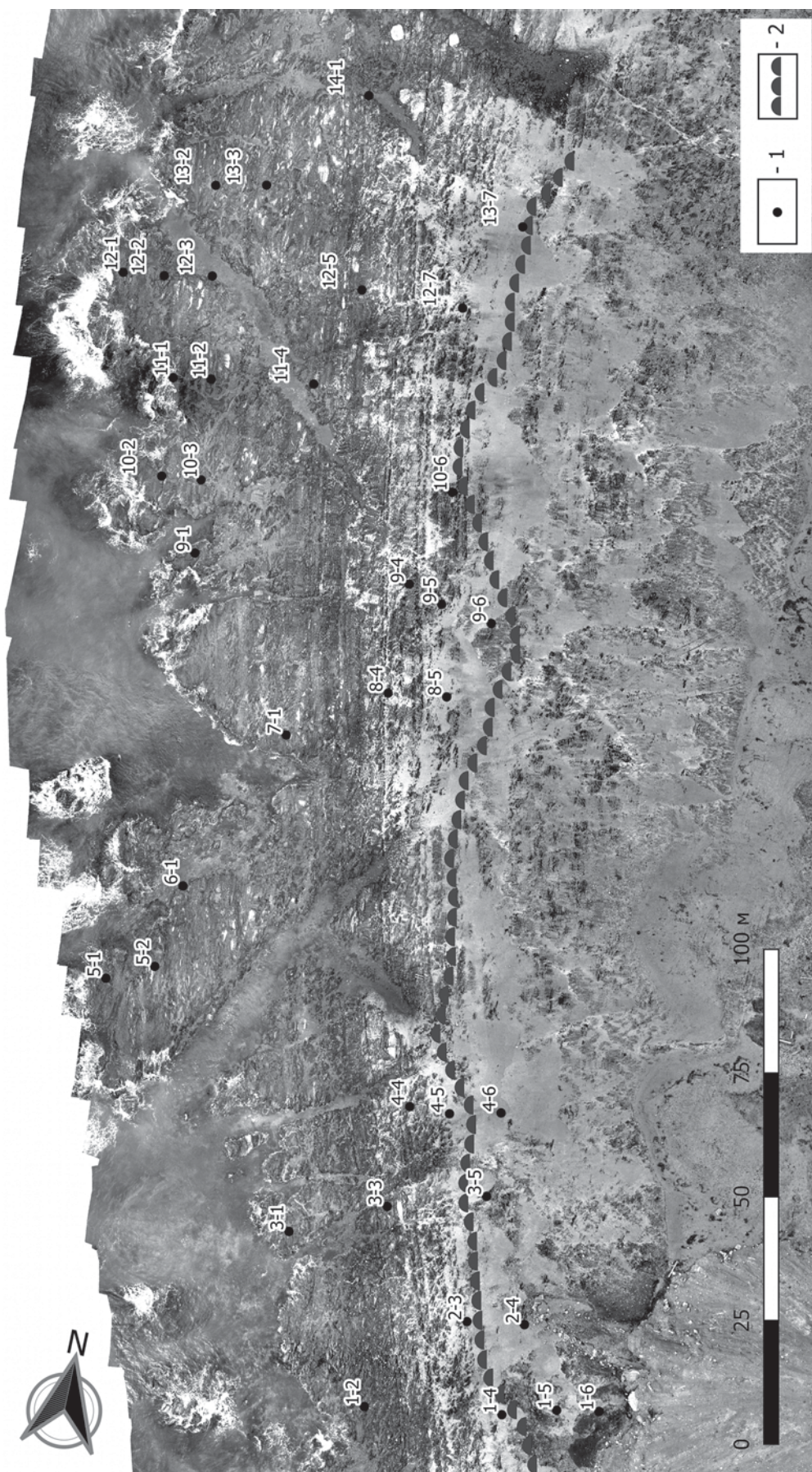


Рис. 1. Снимок с БПЛА 2018 г.:

1 – положение реперов, используемых до 2019 г.; 2 – вал, сформированный у края наледи в 2019 г.

Часть реперов была потеряна в результате ледового воздействия зимой 2019 г., некоторые реперы были засыпаны техногенным грунтом или уничтожены.

Непосредственно на участке наблюдений бенч сложен зеленовато-серыми мелкозернистыми, глинистыми, слабо сцементированными песчаниками, замещающимися по простиранию алевролитами и маломощными переслоями более прочных кальцитизированных мелкозернистых песчаников.

С июля 2016 г. измерения производятся посредством вычитания разновременных карт поля высот участков размерами $2,25 \text{ м}^2$ с репером в центре. Карты поля высот построены цифровым фотограмметрическим методом в ПО Agisoft Photoscan. Для привязки модели используется алюминиевая рамка размерами $1,5 \times 1,5 \text{ м}$, установленная горизонтально при помощи оптического нивелира. На четырех углах рамки расположены маркеры с предварительно измеренными координатами, закодированными в виде кругового бинарного кода. Матрица разностей высот за период позволяет рассчитать удельный объем разрушения и соответственно среднюю скорость по площадке.

Наиболее наглядным результатом исследования особенностей разрушения косейсически поднятого бенча, без сомнения, является карта деформаций поверхности бенча за пятилетний период, составленная по результатам фотограмметрических измерений (рис. 2).

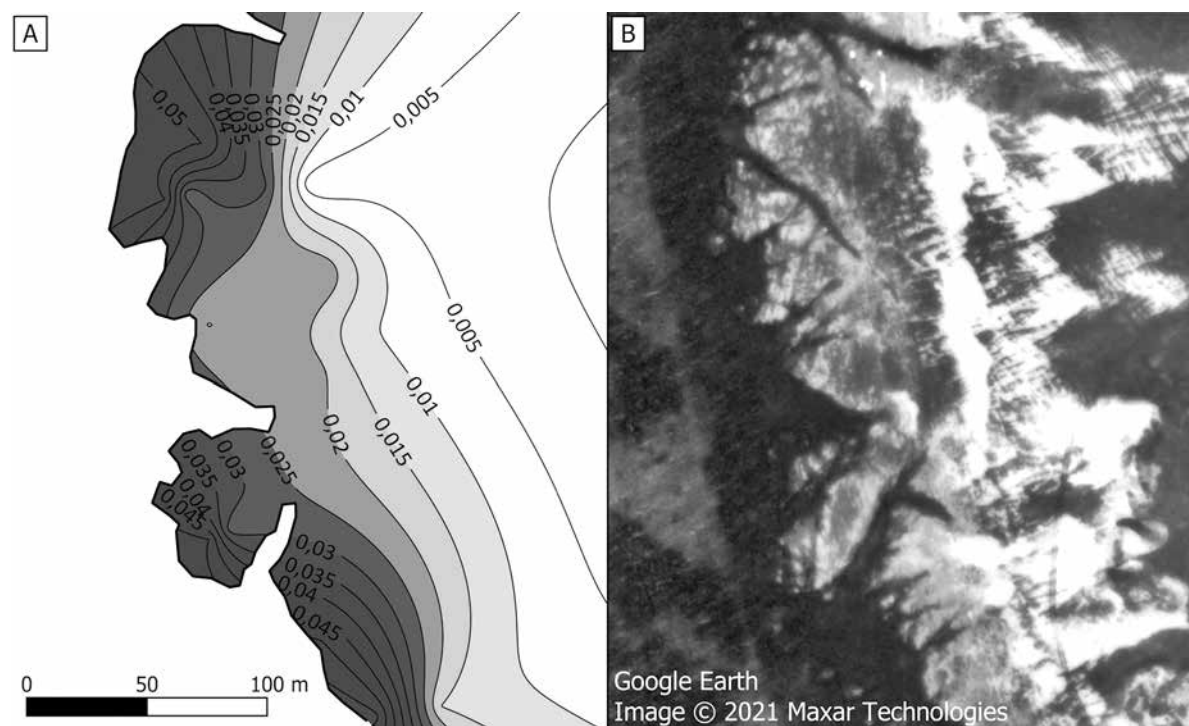


Рис. 2. Среднегодовые скорости разрушения поверхности бенча:

А – схема деформаций (изолинии проведены через 0,005 м), В – визуализация участка

Максимальные скорости разрушения бенча отмечены на северо-восточной границе поднятого бенча, в районе створов 11–13, где уже в 2018 г. часть реперов, заглубленных на 35 см, были вымыты, т.е. среднемноголетние скорости разрушения бровки бенча превышали 5 см/год. На участках, периодически затопляемых водой, скорость разрушения поверхности бенча достигает 4,37 см/год. Участки, расположенные за пределами зоны,

с которой обломочный материал смывается при суперпозиции максимальных уровней моря и волнения, разрушаются с минимальными, до 0,25 см/год, скоростями (рис. 3).



Рис. 3. Щебеночно-дресвяной вал, сформированный при суперпозиции максимальных уровней моря и волнения у края наледи в 2019 г.

Было также установлено, что кальцитизированные конкреции с гладкой ненарушенной поверхностью на удалении 40 м от края бенча разрушаются со скоростями 1–2 мм/год, что соответствует примерно середине интервала ранее измеренных значений в других районах мира [Trenhaile, Porter 2018; Trenhaile 2018].

Особого внимания заслуживает вывод о том, что максимальные скорости разрушения на высоких гипсометрических уровнях связаны, вероятно, с морозным выветриванием, воздействием льда и др. механизмов [Trenhaile, Porter 2018].

Самое продолжительное исследование (43 года) разрушения поверхности бенча, сложенного аргиллитами, выполненное в новой Зеландии с использованием микро-эрозионных счетчиков, показало, что скорости эрозии, полученные при краткосрочных наблюдениях, вполне соотносятся с данными полного ряда [Stephenson et al., 2019].

Высокие, примерно на порядок превышающие измеренные в умеренном климате скорости разрушения слоистых, сильно трещиноватых пород бенча морей Северной Пацифики объясняются, по нашему мнению, именно морозным выветриванием. Среднеголетняя продолжительность периода со среднесуточной температурой почвы ниже 0 °С по данным ГМС Невельск составляет 138 дней. Учитывая, что припай и сплош-

ной ледовый покров в данном районе практически не наблюдаются, среднемноголетнее количество циклов промерзания и оттаивания при отрицательных температурах воздуха в период открытого моря на заливаемой части бенча достигает 100–150 циклов. Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что разрушение субвертикальных береговых уступов в породах слабой и средней устойчивости в условиях волнового воздействия происходит со скоростями примерно на порядок большими, чем скорости разрушения субгоризонтальных поверхностей бенча, сложенного аналогичными породами. Измеренные скорости отступления берегового уступа без прямого волнового воздействия примерно соответствуют скоростям разрушения аналогичных по классу устойчивости горных пород на бенче. И в том и в другом случае практически отсутствуют ударные волновые нагрузки с абрадирующим воздействием пляжевых отложений. И если с бенча продукты выветривания удаляются морской водой, то в случае клифа это происходит за счет склоновых процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В.В.* Морфолитодинамические процессы и развитие берегов контактной зоны субарктических и умеренных морей Северной Пацифики. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2020. 234 с.
2. *Полунин Г.В., Бузлаев В.А.* Карта литологических комплексов и проявлений экзогенных процессов Сахалина. Масштаб 1: 500000. М.: ГУГК, 1984.
3. *Afanasev V.V., Uba A.V.* The Erosion of the Shore Platform Raised by the Coseismic Coastal Uplift as a Result of the Nevelsk Earthquake of 2007, Mw = 6.2 // 9th International Conference on Geomorphology. New Delhi, India, Indian Institute of Geomorphologists, November 6–11, 2017. P. 226.
4. *Cruslock E.M. et al.* Geomorphologic equifinality: A comparison between shore platforms in Höga Kusten and Fårö, Sweden and the Vale of Glamorgan, South Wales, UK // *Geomorphology*. 2010. 114. 1–2. P. 78–88.
5. *Stephenson W.J.* Forty three years of micro-erosion meter monitoring of erosion rates on shore platforms analysis // *Marine Geology*. 2018. T. 403. P. 80–92.
6. *Stephenson W.J., Kirk R.M., Hemmingsen M.A.* Forty three years of micro-erosion meter monitoring of erosion rates on shore platforms at Kaikōura Peninsula, South Island, New Zealand // *Geomorphology*. 2019. 344. P. 1–9.
7. *Sunamura T.* Rocky coast processes: with special reference to the recession of soft rock cliffs // *Proceedings of the Japan Academy*. 2015. Series B. 91 (9). P. 481–500.
8. *Trenhaile A.S.* Shore platform erosion and evolution: Implications for cosmogenic nuclide analysis // *Marine Geology*. 2018. Vol. 403. P. 80–92.
9. *Trenhaile A.S.* Hard-Rock Coastal Modelling: Past Practice and Future Prospects in a Changing World // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2019. Vol. 7. No. 2. P. 34.
10. *Trenhaile A.S., Porter N.J.* Shore platform downwearing in eastern Canada A 9–14 year micro-erosion meter record // *Geomorphology*. 2018. Vol. 311. P. 90–102.
11. *Trenhaile A.S.* Shore platform erosion and evolution: Implications for cosmogenic nuclide analysis // *Marine Geology*. 2018. Vol. 403. P. 80–92.

**ЦЕЛЕВЫЕ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА
«РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
С ШИРОКИМ НАБОРОМ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ,
ОХВАТЫВАЮЩИХ РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ»**

***В.А. Бабешко¹, О.М. Бабешко², Е.М. Горшкова²,
О.В. Евдокимова¹, М.В. Зарецкая², А.В. Павлова²,
И.С. Телятников¹, А.Г. Федоренко¹, В.Л. Шестопалов¹***

¹ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

² Кубанский государственный университет, г. Краснодар
evdokimova.olga@mail.ru; babeshko41@mail.ru; valcp@gmail.ru

Целевыми результатами по проекту называются запланированные математические модели прогнозирования землетрясений с широким набором литосферных плит, охватывающих различные типы прибрежных территорий. Междисциплинарными называются те новые результаты, которые являются следствием целевых, но применимы в смежных областях.

В процессе выполнения в 2018–2021 гг. проекта РФФИ № 18–05–80008 «Разработка комплекса математических моделей прогнозирования землетрясений с широким набором литосферных плит, охватывающих различные типы прибрежных территорий» был выполнен весь запланированный комплекс исследований, кратко изложенных ниже.

Следуя мнению академиков А.М. Садовского и Г.А. Гамбурцева, утверждавших, что решение проблемы прогноза землетрясений необходимо осуществлять с привлечением механического подхода [1–4], были выполнены работы по моделированию механического взаимодействия двух полубесконечных литосферных плит на деформируемом основании, встречно перемещающихся по границе Конрада до встречи торцами. Масштаб толщины коры Земли позволяет моделировать литосферные плиты пластинами Кирхгофа, что делается в сейсмологии в большинстве случаев. Рассматривались все возможные типы контакта литосферных плит с основанием: скалярный контакт без трения, при котором возникают лишь нормальные контактные напряжения; векторный контакт при горизонтальных смещениях, приводящий к возникновению вектора касательных контактных напряжений; жесткий контакт, при котором возникает трехмерный вектор контактных напряжений, содержащий нормальные и касательные составляющие.

Для построения и исследования описанной модели совершенствовался ранее созданный и опубликованный исполнителями проекта метод блочного элемента.

Метод блочного элемента, созданный в Южном научном центре и Кубанском государственном университете, опирается на ряд современных математических направлений высокого уровня, таких как топология, теория факторизации матриц-функций, теория функций многих комплексных переменных, теория представления групп и другие направления.

В результате исследований были построены три описанные выше модели взаимодействия литосферных плит. Их исследование показало, что существует ранее не описанный тип землетрясений, названных исполнителями проекта «стартовым». Они могут возникать до взаимодействия литосферных плит торцами, лишь приблизившись друг к другу.

Подобное землетрясение является единственным, которое можно прогнозировать, определять место и время сейсмического события. Каждая модель опубликована в трех статьях в журнале высшего квартиля Q1 [2–4]. Ряд результатов исследования по моделям опубликованы в двадцати статьях Web of Sciences и Scopus [1–20].

Исследования доложены на международных конгрессах и конференциях: в Японии дважды, в Италии и Канаде многократно, в России на международных съездах и конференциях.

Полученные результаты приняты для использования с целью мониторинга сейсмической обстановки в Краснодарском крае и Республике Крым. Мониторинг осуществляется станциями наблюдения, оснащенными высокоточными GPS/ГЛОНАСС-приемниками.

В дополнение к поставленным в проекте задачам построены модели прогноза цунами и впервые строго обоснованы причины возможности возникновения цунами даже от слабых землетрясений и отсутствия – при сильных [10].

Исследования, проведенные в проекте, потребовали более глубокого изучения возможностей метода блочного элемента и его усовершенствования для решения более сложных граничных задач и построения моделей, позволяющих изучать ранее не поддававшиеся исследованию явления. Эта часть исследований относится к междисциплинарности результатов, полученных в проекте. Результаты вытекали непосредственно из решенных задач. Описанная ранее задача, направленная на построение предвестников землетрясения, привела к обнаружению нового типа землетрясений, стартовых, которые можно прогнозировать. Ранее ученые США, Японии, Италии, других стран во главу угла исследования ставили изучение разломов литосферных плит как трещин Гриффитса, описанных им в 1920 г. и не претерпевших изменений до сего времени. Трещина Гриффитса строилась им как предельное состояние эллиптической полости в пластине, сжатой с боков. В результате формировалась узкая полость, в вершине которой находилось гладкое закругление. Таким образом, трещина Гриффитса везде имеет гладкую границу. Ее разрушение, пригодное с поправочным коэффициентом, оказывалось применимым в технике, но никак не в сейсмологии. Исследование поведения среды при сближении по границе Конрада литосферных плит торцами показало, что в зоне сблизившихся литосферных плит формируется разлом, отличающийся от трещины Гриффитса. Он является предельной полостью, формируемой сжатием с боков прямоугольной полости в пластине, и его граница является кусочно-гладкой [9]. В вершине трещины образуются прямые углы, являющиеся концентраторами контактных напряжений. Именно высокая концентрация напряжений в этих углах является причиной, по которой возникают стартовые землетрясения. Таким образом, целевой результат породил, уже в другой дисциплине, новый, ранее не описанный результат – новый тип трещин, дополняющих трещины Гриффитса. Трещины такого типа могут возникать в технике, машиностроении, в дефектных подшипниках, в обшивках самолетов. Известно, что даже новый самолет покрыт микротрещинами, которые могут увеличиваться в размерах в процессе эксплуатации. В частности, результаты применены для оценки ресурсов подшипников, получивших дефект в виде трещины, перпендикулярной поверхности [11]. Полученные результаты оказались ценными для оценки состояния шахт и подземных сооружений, имеющих парал-

лельные штольни. При этом впервые разработаны на основе блочных элементов и трещин нового типа методы оценки перераспределения напряжений, вызываемых созданием, к имеющимся, новых штолен [8]. Разработка оказалась полезной для оценки состояния предоползневых образований, на предмет прогноза возникновения оползня или сели. Предоползневое образование рассматривается как область среды, покрытая саркофагом. По мере водонасыщения среды в саркофаге нарастают напряжения, приводящие к образованию микротрещин, перерастающих в большие трещины. Саркофаг не в состоянии удерживать массу, которая приводит к разливу оползневой массы [17]. В процессе исследования рассматриваются трещины двух типов, как Гриффитса, так и нового типа. Изучается степень опасности разрушения каждого из типов трещин. Результаты нашли применение в материаловедении, позволили проектировать материалы нового типа, мозаичной структуры [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Зарецкая М.В., Горшкова Е.М., Мухин А.С., Гладской И.Б. О стартовых землетрясениях при жестком сцеплении литосферных плит с основанием // ДАН. 2018. Т. 478. № 4. С. 406–412.
2. 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. URL: <https://doi.org/10.1007/s00707-017-2092-0>
3. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. On a mechanical approach to the prediction of earthquakes during horizontal motion of lithospheric plates // Acta Mechanica. 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s00707-018-2255-7>
4. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. About features of the starting earthquake at rigid contacts of lithospheric plates with the base // Acta Mechanica. 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/s00707-020-02816-2>
5. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. О влиянии пространственной модели литосферных плит на стартовое землетрясение // ДАН. 2018. Т. 480. № 2. С. 158–163.
6. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Блочные элементы в контактных задачах с переменным коэффициентом трения // ДАН. 2018. Т. 480. № 5. С. 537–541.
7. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Павлова А.В., Телятников И.С., Федоренко А.Г. К теории блочных структур в проблеме прочности штолен и конструкций с множественными соединениями // ДАН. 2019. Т. 484. № 1. DOI: 10.1134/S1028335819010014
8. Бабешко В.А., Бабешко О.М., Евдокимова О.В. Об одном новом типе трещин, дополняющих трещины Гриффитса – Ирвина // ДАН. 2019. Т. 485. № 2. С. 34–38. DOI: 10.1134/S1028335819030042
9. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Метод блочного элемента в проблеме прогноза подготовки цунами // Доклады Академии наук. 2019. Т. 488. № 3. С. 27–33. DOI: 10.1134/S1028335819090064
10. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Елецкий Ю.Б., Уафа С.Б. О прочностных свойствах смазываемых подшипников с дефектными покрытиями // МТТ. 2019. № 6. С. 48–54. DOI: 10.1134/S0572329919060035
11. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. К проблеме акустических и гидродинамических свойств среды, занимающей область трехмерного прямоугольного клина // Прикладная механика и техническая физика. 2019. Т. 60. № 6. С. 90–96. DOI: 10.15372/PMTF20190610

12. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. Problem of stading the acoustic and hydrodynamics properties of the medium that occupyes a domain shaped as three-dimensional rectangular wedge // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2019. Vol. 60. No. 6. P. 90–96. DOI: 10.15372/PMTF20190610
13. Babeshko O.M., Evdokimova O.V., Babeshko V.A. New Cracks for Hard Contact of Lithosphere Plates with the Base // Dynamics and Control of Advanced Structures and Machines Contributions from the 3rd International Workshop, Perm, Russia. Springer. 2019. Editors: V.P. Matveenko, M. Krommer, A.K. Belyaev, H. Irschik. P. 11–20. DOI: 10.1007/978-3-319-90884-7_2
14. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Метод блочного элемента в теории трещин нового типа // ДАН. 2020. Т. 492. С. 79–82. DOI: 10.31857/S2686740020030050
15. Бабешко В.А., Бабешко О.М., Евдокимова О.В., Евдокимов В.С., Уафа С.Б. О ресурсах подшипников и о механике субдукционных процессов // Известия РАН. Механика твердого тела. 2020. № 3. С. 12–19. DOI: 10.3103/S0025654420030036
16. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Трещины нового типа и модели некоторых наноматериалов // Известия РАН. Механика твердого тела. 2020. № 5. С. 13–20. DOI: 10.31857/S0572329920050025
17. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Применение метода блочного элемента в одной граничной задаче академика И.И. Воровича // ДАН. 2020. Т. 493. С. 42–47. DOI: 10.1134/S102833582007006X
18. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. About earthquakes in subduction zones with the potential to cause a tsunami // Journai of Appllied and Computational Mechanics. 2020. DOI: 10.22055/JACM. 2020.32385.2007
19. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. On the influence of multiple surface defects on the behavior of media of different rheology // Materials Physics and Mechanics. 2020. 37. 5. P. 558–563. DOI: 10.18720/MPM.4252019_9
20. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Метод блочного элемента в разложении решений сложных граничных задач механики // ДАН. 2020. Т. 495. С. 34–38. DOI: 10.31857/S2686740020060048

НАБЛЮДАЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ В ВАРИАЦИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ БЛИЗКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

М.Г. Валитов, З.Н. Прошкина

*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток
pro-zo@yandex.ru*

Геодинамические процессы в литосфере проявляются не только в поле сейсмичности, но и в других естественных полях нашей планеты. На сегодняшний момент задача определения изменения геодинамического состояния земной коры, особенно ее верхней части, является особо актуальной. Одним из способов решения этой задачи, по мнению авторов, является выделение слабых эффектов в геофизических полях планеты. Поле силы тяжести наиболее удобно для такого рода анализа. Одними из важных факторов, влияющих на вариации гравитационного поля Земли, являются локальные изменения плотности в литосфере и высоты пункта наблюдения. Эти же эффекты сопровождают геодинамические процессы, связанные с подготовкой землетрясения, следовательно, могут находить отражение в гравитационном поле. С целью обнаружения в поле вариаций силы тяжести эффектов как от подготовки землетрясений, так и от постсейсмических изменений в литосфере было выполнено это исследование.

Применяя оригинальную методику расчета приливных параметров в окне с различной длиной реализации выборки (от 30 до 120 сут.), был выявлен эффект в вариациях гравитационного поля, избавленных от влияния океанической нагрузки [Прошкина и др., 2021], для главной лунной волны **O1** при подготовке близкого землетрясения (рис. 1). Пункт измерения находился на территории МЭС «мыс Шульца» (Приморский край, п-в Гамова, бухта Витязь 42.583° с.ш. 131.158° в.д.) [Прошкина и др., 2015].

Методика исследований заключалась в многократном расчете основных параметров главных приливных волн с различной длиной анализируемой выборки и шагом смещения расчетного окна, обеспечивающим многократные перекрытия исходных данных. Иными словами, из годовой выборки наблюдений вариаций силы тяжести выбирались «окна» определенной продолжительности, внутри которых выполнялись вычисления. После чего расчетное окно «сдвигалось» на определенное количество дней («шаг» от 3 до 12) и вычисления повторялись. Таким образом, для генеральной выборки были получены серии расчетов с выборками различной длины, в которых начиная с определенной ширины окна, как мы предполагаем, могут присутствовать эффекты от геодинамических процессов, связанных с сейсмичностью региона. При увеличении ширины окна аномальный эффект должен плавно затухать, а параметры главных приливных волн – стремиться к параметрам, полученным при анализе полного временного ряда.

Сразу необходимо отметить, что интерполированные участки, связанные с техническим простоем гравиметра, дают значительные сдвиги по амплитудным показателям; важной задачей при использовании подобной методики является минимизация перерывов в записи наблюдений.

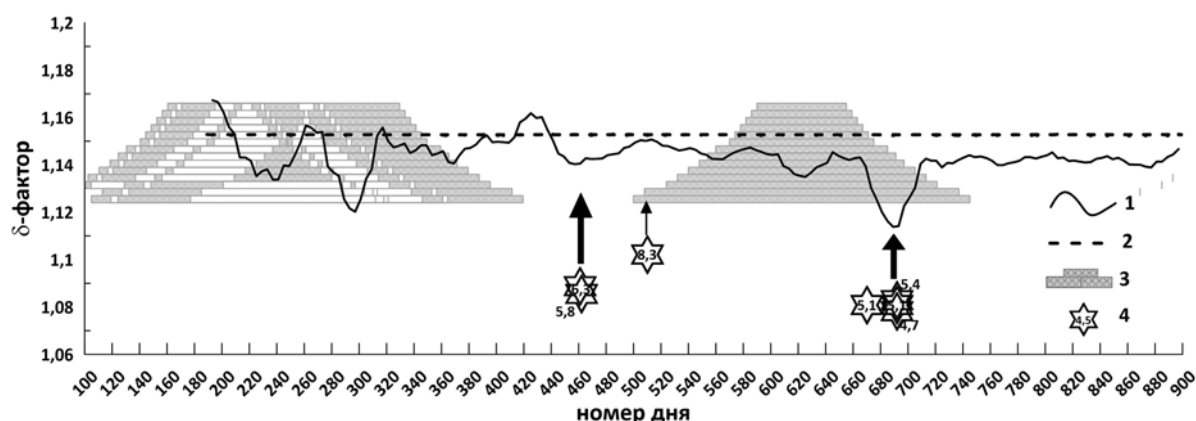


Рис. 1. Расчет амплитудного параметра (δ -фактора) в окне шириной 38 суток для главной лунной приливной волны O1:

- 1 – наблюдаемый δ -фактор; 2 – δ -фактор для твердой Земли по модели PREM [Dziewonski et al., 1981];
- 3 – области влияния интерполированных участков для расчетных окон различной ширины;
- 4 – близкие землетрясения. Жирной черной стрелкой отмечены моменты ближайших землетрясений, тонкой черной стрелкой – момент отдаленного землетрясения

При счете с размером окна 38 сут. зафиксированы аномальные скачки амплитудных показателей у волны **O1** в период двух серий близких землетрясений, одна из которых произошла на границе России и КНДР вблизи пункта наблюдения 5–6 апреля 2013 г. на глубине более 600 км и M от 5,8 до 6,3. Другая серия из четырех коровых землетрясений произошла на территории Китая 31 октября и 22 ноября 2013 г. с глубиной гипоцентра от 2 до 10 км и M от 4,7 до 5,4. В обоих случаях перед землетрясениями примерно за 20 сут. зафиксировано снижение амплитудных показателей для волны **O1**, в случае китайских землетрясений снижение более значительно. При этом в период землетрясений на границе России и КНДР нет интерполированных участков, на которые можно было бы списать выявленные аномалии, как в случае с китайскими землетрясениями, когда такой участок мог внести погрешность в расчеты. Но с учетом небольшого размера окна в 38 сут. интерполированные значения не попали в анализируемую выборку, поэтому можно считать, что аномалии связаны именно с сейсмическими событиями.

Для сравнения на рисунке 1 добавлено сильнейшее землетрясение, произошедшее в Охотском море на глубине 609 км с магнитудой 8,3. Как видно, никаких значимых эффектов в период его подготовки не наблюдается.

Поскольку наблюдаемые данные были избавлены от океанической нагрузки, то предполагается, что данный эффект у главной лунной волны **O1** связан с локальной перестройкой плотностной среды в твердой Земле, поэтому, чтобы судить об аномальности выявленного эффекта, авторы проанализировали по такой же методике теоретические значения для твердой Земли по модели PREM [Dziewonski, 1981] (рис. 1). Как видно, амплитудный показатель теоретической волны **O1** остается постоянным на всем периоде наблюдений, тогда как у наблюдаемой слабо изменяется в периоды затишья и испытывает резкие скачки перед близкими землетрясениями.

Кроме выявленного гравитационного эффекта для волны **O1**, применяемая методика позволила зафиксировать гравитационный эффект у главной солнечной волны **K1**, по всей видимости, связанный с цикличностью солнечной активности (рис. 2).

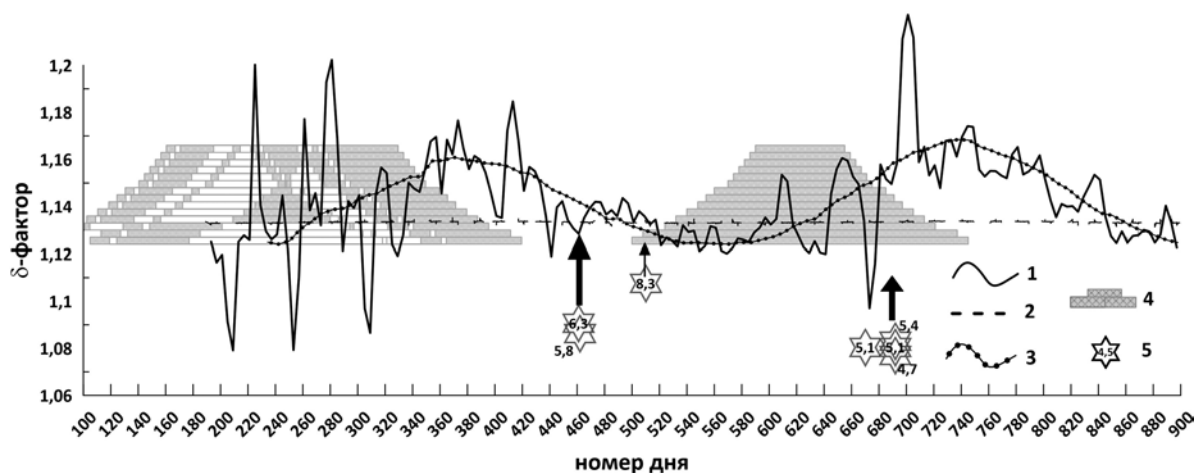


Рис. 2. Расчет амплитудного параметра (δ -фактора) для главной солнечной приливной волны K1: 1 – наблюдаемый δ -фактор для ширины окна 38 сут.; 2 – δ -фактор для твердой Земли по модели PREM [Dziewonski, 1981]; 3 – наблюдаемый δ -фактор для ширины окна 120 сут.; 4 – области влияния интерполированных участков для расчетных окон различной ширины; 5 – близкие землетрясения. Жирной черной стрелкой отмечены моменты ближайших землетрясений, тонкой черной стрелкой – момент отдаленного землетрясения

Как видно из рисунка 2, при расчете амплитудного показателя волны **K1** с шириной окна 38 сут. наблюдаются высокочастотные пики, особенно в пределах интерполированных участков. При увеличении ширины окна до 120 сут. проявляется цикличность, в которой максимумы и минимумы амплитудных показателей приурочены к холодным и теплым сезонам соответственно. В модели твердой Земли PREM такой цикличности не наблюдается, соответственно, этот эффект не учтен при составлении модели, так как носит локальный характер. Предположительно, данный эффект связан с сезонными изменениями, происходящими в окрестностях пункта наблюдения (температурными эффектами, воздействующими на кристаллический массив, на котором расположен пункт наблюдений, остаточными гидродинамическими и атмосферными эффектами или их совместным воздействием).

Проведенное исследование является ретроспективным и по большей части имеет цель апробации авторской методики обработки временных рядов, но в будущем, с повышением точности и помехозащищенности наблюдений, эта методика, возможно, будет востребована при составлении краткосрочных прогнозов опасных сейсмических событий.

Работа выполнена по программе фундаментальных научных исследований ТОИ ДВО РАН (рег. № 121021500053–6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Колпащикова Т.Н., Наумов С.Б. Оценка влияния гидродинамики на приливные вариации силы тяжести в зоне перехода от континента к Японскому морю // Физика Земли. 2021. № 1. С. 109–121. DOI: 10.31857/S0002333721010063.
2. Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Кулинич Р.Г., Колпащикова Т.Н. Изучение приливных вариаций силы тяжести в зоне перехода от континента к Японскому морю // Вестник КРУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2015. Вып. 27. № 3. С. 71–79.
3. Dziewonski A.M., Anderson D.L. Preliminary reference Earth model // Phys. Earth Planet. Inter. 25. 1981. P. 297–356.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОХОТСКОГО АНТИЦИКЛОНА И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ДЕПРЕССИИ ЛЕТОМ 2020 г., ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОПАСНЫЕ ПОГОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

З.В. Вербицкая, М.А. Медведев, Л.Н. Василевская

*Департамент наук о Земле ШЕН ДВФУ, г. Владивосток
verbitckaia.zv@dvfu.ru*

В мае – июле при благоприятных термодинамических условиях тропосферы над Охотским морем в массах морского полярного воздуха часто оформляется самостоятельный антициклон, который является региональным центром действия атмосферы. На климатических картах за летние месяцы этот факт отражается наличием над Охотским морем гребня северотихоокеанского антициклона, но в действительности эта область высокого давления имеет самостоятельное происхождение. Охотский антициклон играет блокирующую роль при свободном выходе континентальных и субтропических циклонов.

Еще одним важным циркуляционным образованием, определяющим погоду над Дальним Востоком, является дальневосточная депрессия. В отличие от охотского антициклона, дальневосточная депрессия является областью низкого давления. Она возникает как результат различия температур между быстро нагревающимся материком и еще холодным морем и не дает циклонам проходить через Дальневосточный регион. Циклоны, перемещающиеся с запада на восток, при встрече с холодным воздухом над морем замедляются, в результате чего происходит образование циклогенеза к западу от Приморского края.

Являясь региональными центрами действия атмосферы, охотский антициклон и дальневосточная депрессия оказывают определяющее влияние на погоду над Дальним Востоком в летние месяцы. В начале лета, особенно в конце мая и июне, при установлении охотского антициклона по его периферии на побережье осуществляется вынос морских воздушных масс, сопровождаемый сильными южными или юго-восточными ветрами, относительно низким фоном температуры воздуха, а также моросью, дождем или туманами. Ухудшения погоды также могут вызываться процессами углубления континентальных циклонов, выходу которых на восток препятствует поле высокого давления над дальневосточными морями.

Таким образом, совместное влияние охотского антициклона и дальневосточной депрессии на траектории циклонов и тайфунов может выражаться в значительном ухудшении погоды и выпадении большого количества осадков на территории Хабаровского и Приморского краев, Японии, восточной части Китая, а также на Корейском полуострове.

В частности, летом 2020 г. на территории Корейского полуострова наблюдались необычно сильные осадки. На сезонные муссонные ливни наложился осадки, которые принесли тайфуны, что привело к беспрецедентным дождям. Общее количество выпавших осадков намного превышало средние многолетние значения и климатические нормы.

Цель работы – оценить влияние пары региональных центров действия атмосферы на пространственно-временное распределение атмосферных осадков над территорией Корейского полуострова.

Для достижения этой цели проводился анализ пространственно-временного распределения атмосферных осадков над территорией Корейского полуострова, анализировались синоптические процессы, изучалось состояние дальневосточной депрессии и охотского антициклона.

Исходная информация: срочные метеорологические наблюдения, поступающие в ГИС Метео ФГБУ «Дальневосточное УГМС». Рассматривались ежедневные данные о количестве атмосферных осадков по 50 станциям на территории Южной Кореи и 28 станциям на территории Северной Кореи. Для исследования был выбран период наблюдений с 30 мая по 31 августа 2020 г. С помощью ГИС Метео были получены карты распределения осадков над Дальневосточным регионом в рассматриваемый период.

Для оценки охотского антициклона привлекалась разработанная О.К. Ильинским классификация. Согласно этой классификации, охотский антициклон может быть распределен на 4 типа по способу формирования.

Первый тип появляется как северо-западные арктические воздействия. Антициклоны этого типа появляются реже северо-восточных и значительно уступают им по общей продолжительности.

Ко второму типу относятся антициклоны, возникшие в результате арктических северо-восточных воздействий. В частности, это могут быть западные отроги областей высокого давления, располагающихся над Беринговым морем. Антициклоны этого типа составляют свыше четверти всех антициклонов по числу и около трети по общей продолжительности.

Третий тип возникает как отрог гавайского максимума, смещаясь на территорию Охотского моря с юго-запада или запада.

Антициклоны, зарождающиеся в Охотском море, относятся к 4-му типу и составляют 40–50 % от общего числа.

В 2020 г. сложилась уникальная ситуация взаимодействия охотского антициклона и дальневосточной депрессии, которая вызвала катастрофические погодные последствия для всей южной части Дальнего Востока и особенно для Корейского полуострова [2–4].

Летом 2020 г. на территории Корейского полуострова осадки наблюдались ежедневно с конца мая до середины августа. Но если в июне над большей частью Корейского полуострова осадки незначительно превышали норму, то в июле – августе практически на всей территории количество осадков более чем в 2 раза превышало климатическую норму. Анализ пространственно-временного распределения продолжительности выпадения осадков в течение июня – августа 2020 г. показал, что на 84 % станций Южной Кореи и на 100 % станций Северной Кореи непрерывная продолжительность выпадения осадков превышала 60 дней. На 12 станциях Южной Кореи дождь не прекращался более 70 дней (табл. 1).

Основная причина этого – определенное состояние атмосферной циркуляции над ДВ регионом. В июне – августе 2020 г. над Охотским морем наблюдались устойчивые зоны высокого давления суммарно 37 дней.

Уже в начале июня 2020 г. охотский антициклон занял доминирующее положение почти над всей северной частью Тихого океана. Аномалии атмосферного давления составляли до +3... +4 гПа. Гребень антициклона часто распространялся на акваторию Японского моря, тем самым блокируя выход циклонов [1].

Наибольшая непрерывная продолжительность существования охотского антициклона в рассматриваемый период составляла 13 дней – с 17 по 29 июня включительно, следующий по продолжительности период составил 10 дней – с 19 по 28 июля включительно.

Таблица 1

**Характеристики выпадения осадков
на станциях Южной Кореи**

Индекс станции	Продолжительность непрерывной серии с осадками		Всего дней	Индекс станции	Продолжительность непрерывной серии с осадками		Всего дней
	первый день	последний день			первый день	последний день	
47097	с 1 июня	по 11 августа	72	47127	с 1 июня	по 12 августа	73
47106	с 1 июня	по 11 августа	72	47130	с 1 июня	по 11 августа	72
47112	с 1 июня	по 10 августа	71	47131	с 1 июня	по 12 августа	73
47114	с 1 июня	по 11 августа	72	47136	с 1 июня	по 12 августа	73
47119	с 1 июня	по 11 августа	72	47145	с 1 июня	по 12 августа	73
47121	с 1 июня	по 11 августа	72	47070	с 1 июня	по 11 августа	72

Чаще всего наблюдались антициклоны 3-го типа – 15 раз, следом за ними 4-й тип – 8 раз, а антициклоны 1-го и 2-го типа наблюдались по 7 раз за рассматриваемый период.

Также можно отметить, что южные антициклоны 3-го типа отличались наибольшей устойчивостью – держались устойчиво до 7 дней, а наименьшей устойчивостью обладали антициклоны 4-го типа (не более 2 дней). Как правило, антициклоны 4-го типа появлялись после областей 1-го или 2-го типа и переходили в 3-й тип.

8 августа активная деятельность охотского антициклона угасла, что сразу отразилось на погоде южных регионов Дальнего Востока: в среднем 12 августа над Корейским полуостровом установилась хорошая погода.

Дальневосточная депрессия летом 2020 г. была хорошо развита. Фон давления в области ее традиционного положения был ниже климатического примерно на 2 гПа.

Летом 2020 г. были хорошо развиты оба ЦДА, влияющие на климат Дальневосточного региона. У земной поверхности в июне и августе амурская депрессия была активна, а над севером Охотского моря сформировалась обширная область высокого давления, смыкающаяся с северо-тихоокеанским антициклоном. В результате их совместного блокирующего действия тайфуны, выходявшие на юг Дальнего Востока, не могли сместиться далее на северо-восток, что и вызывало ухудшение погоды над всей территорией, и особенно над Корейским полуостровом. Траектории наиболее интенсивных тропических циклонов этого региона в июле – августе были схожи и проходили чаще всего по южным Японским островам и Корейскому полуострову.

Таким образом, в результате совместного действия необычно устойчивого охотского антициклона и особенно глубокой дальневосточной депрессии на территории Корейского п-ова и юге ДВР летом 2020 г. отмечался значительный избыток осадков. Сильные дожди были также и причиной значительного понижения температуры на этих территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вильфанд Р.М., Сумерова К.А., Тищенко В.А., Хан В.М. Основные особенности крупномасштабной атмосферной циркуляции в контексте анализа консенсусного прогноза температуры воздуха и осадков на лето 2020 года по Северной Евразии // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2021. № 1 (379). С. 20–35.
2. Каптюг В.А. Обзор гидрометеорологических процессов и оценки текущего состояния дальневосточных морей за 2020 год. Синоптический обзор. URL: http://www.ferhri.ru/images/stories/FERHRI/Bulletins/Bul_2020/obzor/sinop_obz2020.pdf
3. Мезенцева Л.И., Каптюг В.А. Ежемесячный гидрометеорологический бюллетень ДВНИГМИ. URL: http://www.ferhri.ru/images/stories/FERHRI/Bulletins/Bul_2020/6/2020.06_ch1_meteo.pdf
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М., 2021. 104 с.

ПРИРОДНОЕ УГЛЕВОДОРОДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В ЧЕРНОМОРСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е.А. Глазырин

*АО «Южморгеология», г. Геленджик
eaglazyrin@mail.ru*

Природные выходы углеводородов (УВ) на шельфе и континентальном склоне Чёрного моря имеют относительно широкое распространение, где связываются с подводным грязевым вулканизмом. Интерес к ним продиктован геоэкологическими проблемами и интенсивным производственным освоением Чёрного моря [Круглякова и др., 2012а].

Работами АО «Южморгеология» в рамках инженерных изысканий и государственного мониторинга состояния недр прибрежно-шельфовой зоны природное УВ-загрязнение выявлено в прибрежно-шельфовой зоне Таманского полуострова. УВ-загрязнение здесь наиболее изучено в Темрюкском заливе Азовского моря, где связано с газо-флюидной разгрузкой грязевого вулканизма [Круглякова и др., 2012б; Глазырин, 2017б]. Так, при извержениях грязевых вулканов Темрюкский и Голубицкий в грязевулканических отложениях концентрации УВ достигают: нефтепродукты (НП) – 6994 мг/кг; фенолы – 1,87 мг/кг; полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – 686,7 мкг/кг (в том числе бенз(а)пирен – 62,1; флуорантен – 188,9; хризен – 442,1; дибензантрацен – 40,2) [Глазырин, 2017а].

Черноморская прибрежная зона Таманского полуострова в этом отношении менее изучена. Грязевулканическая деятельность здесь находится преимущественно на пассивной – сальзово-грифонной – стадии развития, а большинство проявлений грязевого вулканизма носит предполагаемый характер и требует подтверждения и оценки активности [Глазырин, 2017б].

Грязевой вулканизм шельфа Таманского полуострова входит в Керченско-Таманскую грязевулканическую область [Шнюков и др., 2006]. Грязевулканическая активность сопряжена с эндогеодинамической деформацией, в том числе диапиризмом пластичного многокилометрового глинистого разреза палеоген-неогенового возраста [Глазырин, 2017б]. На генетическую связь диапировых складок и грязевого вулканизма с нефтеносностью указывал еще И.М. Губкин [Губкин, Федоров, 1938].

Природное УВ-загрязнение на черноморском шельфе Таманского полуострова изучено на примере Железнорогского участка, охватывающего банки Аксенова (юго-восточная), Савенко, Андреева и Вольского. Участок имеет сложное складчатое строение, возникшее и продолжающее свое развитие за счет активного глиняного диапиризма. Здесь на морском дне обнажаются коренные породы деформируемого палеоген-неогенового разреза (рис. 1). На участке на основе сейсмоакустического профилирования, гидролокации бокового обзора и гидрогазогеохимического профилирования (ГГГП) выделены диапиры с активной газо-флюидной разгрузкой. Диапировые складки имеют крутые крылья с пережимом слоев в замке. Они разделены пологими синклиналями с широкими пологими замками, где мощность слоев увеличена. Сейсмоакустическое профилирование показывает, что замковые части диапировых складок часто флюидизированы.

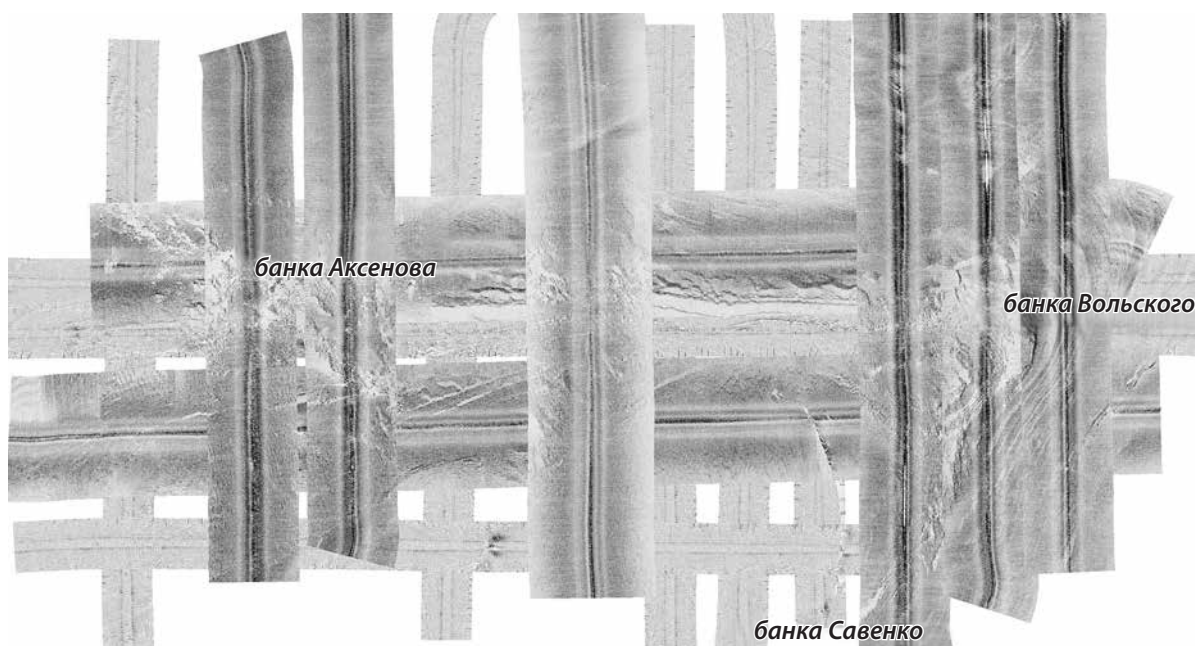


Рис. 1. Складчатая структура коренных пород на гидролокационном изображении морского дна

Складки хорошо проявлены в рельефе морского дна. Диапировые складки, а также более прочные известняковые пачки выражены в виде положительных форм (банок и поднятий, рифов и грив), а междиапировые синклинали – в виде депрессий морского дна (рис. 2). Все это свидетельствует об их непрекращающемся росте, скорость которого превышает скорость донной абразии. В пределах банки Аксенова (юго-восточная) дешифрируется грязевой вулкан. На сейсмоакустических разрезах у него хорошо просматривается канал газо-флюидной разгрузки. За весь период мониторинга с 2011 г. здесь не зарегистрированы активные грязевулканические извержения, преобладает метановая разгрузка и слабая сальзово-грифонная деятельность.

По результатам опробования грунтов и ГГП 2016–2020 гг. на Железнодорожном участке выделяется несколько эпицентров метановой разгрузки и рассредоточенная поставка УВ (рис. 2):

- 1) метановая разгрузка с слабой поставкой УВ на банке Аксенова (аномалии А1 и А4);
- 2) метановые сипы (аномалии А2, А5 и А7);
- 3) локальная метановая разгрузка западнее банки Савенко с аномальной поставкой нефти, фенолов, ПАУ (аномалия А6);
- 4) площадная мерцающая метановая разгрузка (аномалия А3) и выраженная аномальная поставка нефти, фенолов, ПАУ.

Гидрогазогеохимические поля 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 годов различаются, что свидетельствует о нестационарном, пульсирующем характере метановой разгрузки. Максимальные концентрации метана и его гомологов в морской воде зафиксированы до 642 нл/л. Зафиксированные концентрации в донных отложениях НП достигают 8991 мг/кг, фенолов – 0,65 мг/кг, ПАУ – 4855 мкг/кг, в том числе: нафталина – 470, аценафтена – 103, флуорена – 38, фенантрена – 656, антрацена – 1100, флуорантена – 599, пирена – 668, бенз(а)антрацена – 1068, хризена – 588, бенз(б)флуорантена – 269, бенз(к)флуорантена – 131, бенз(а)пирена – 365, дибенз(а, h)антрацена – 39, бензо(ghi)перилена – 246.

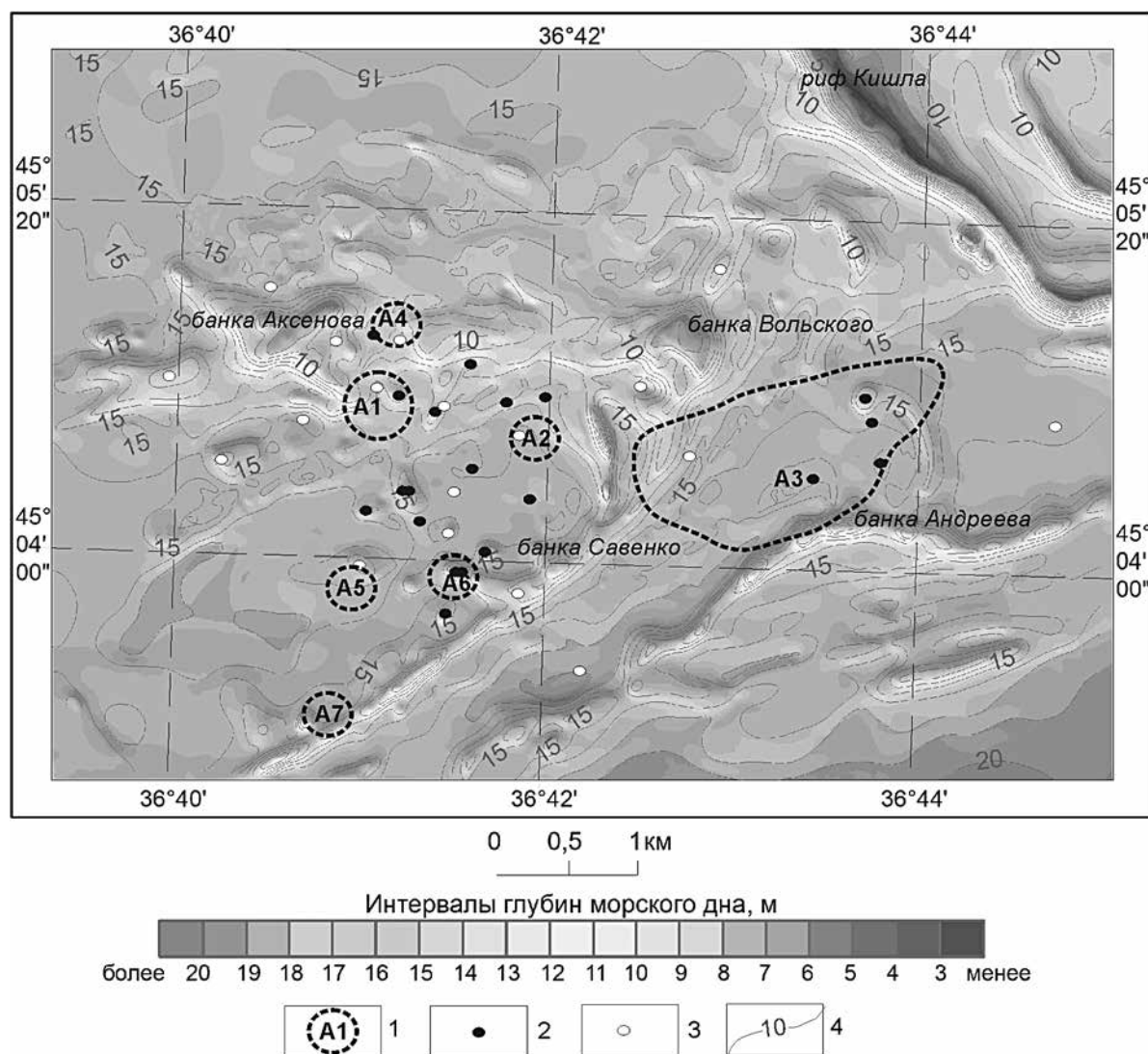


Рис. 2. Схема локализации выявленных аномалий углеводородов на Железнодорожном участке за 2017–2020 гг. Светотеневая модель рельефа дна: 1 – гидрогазогеохимические аномалии метана и его гомологов за 2017–2020 гг.; 2, 3 – станции опробования донных отложений с концентрациями углеводородов: 2 – аномальными, 3 – фоновыми; 4 – изобаты, м

По сумме наблюдений поставка УВ на Железнодорожном участке носит преимущественно рассредоточенный характер с аккумуляцией в западных участках морского дна между банками Аксенова, Вольского, Савенко и Андреева и не имеет жесткой корреляции с грязевым вулканизмом.

Зоны поставки УВ визуализированы в береговых обнажениях нижнего неогена черноморской полосы Таманского полуострова. Они встречаются в зонах тектонизации и дробления в замке Кизилташской антиклинали, где представлены несколькими типами.

Максимальные концентрации УВ зафиксированы в пределах единичных мелких салз диаметром в первые метры (НП – до 71100 мг/кг, фенолов – до 12,75 мг/кг, ПАУ – до 1428 мкг/кг).

На участках тектонической трещиноватости среди вмещающих глин в дробленных пластах глинистых известняков мощностью до 0,2 м присутствует пропитка коричневой

нефтью. Известняки среди пластичных глин выступают как трещиноватые коллекторы. Эти высачивания нефти присутствуют вне видимой связи с грязевулканическими формами. По данным опробования, в таких пластах содержание НП составляет 1122 мг/кг, фенолов – 42 мг/кг, ПАУ – 548 мкг/кг.

Аномальные концентрации УВ присутствуют в потухших денудированных грязевулканических неках. Неки диаметром от 3 до 21 м выполнены затвердевшей грязевулканической глинистой брекчией с ксенолитами округлой, эллипсоидальной и удлиненной формы размером от долей до 1,5 м интенсивно карбонатизированной до метасоматического известняка грязевулканической брекчии. Концентрации в неках НП зафиксированы до 5912 мг/кг, фенолов – 0,59 мг/кг, ПАУ – 279 мкг/кг.

В ядре складки присутствует система затвердевших грязевулканических жил и даек мощностью до 1,1 м. В них содержание НП зафиксированы до 5795 мг/кг, фенолов – 0,51 мг/кг, ПАУ – 336 мкг/кг, что сопоставимо с содержанием в выводящих неках.

Выполненные исследования и приведенные данные свидетельствуют, что природное высачивание УВ в черноморской прибрежной зоне Таманского полуострова неравномерное. Присутствуют как фоновые, так и ураганные концентрации. Фоновые концентрации могут присутствовать даже в непосредственной близости (на расстоянии 50 м) с грязевулканическими постройками. В то же время аномальные концентрации УВ фиксируются и вне признаков грязевого вулканизма. Всё это указывает на то, что природное загрязнение УВ вызвано не грязевулканической деятельностью как таковой, а связано с природным высачиванием из внутренних частей разреза по ослабленным и проницаемым зонам. Грязевулканические каналы в этом отношении следует считать лишь одними из наиболее благоприятных каналов разгрузки. Загрязнение окружающей среды природными УВ определяется размерами проницаемых зон флюидной разгрузки, составляющей, как правило, в коренных породах до первых десятков метров в поперечнике, и частотой встречаемости этих зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазырин Е.А. К структуре геохимического поля подводного грязевого вулкана // Геология морей и океанов: мат-лы XXII Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии. Т. II. М.: ИО РАН, 2017а. С. 321–325.
2. 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, 2017б. С. 39–48.
3. Губкин И.М., Федоров С.Ф. Грязевые вулканы Советского Союза и их связь с генезисом нефтяных месторождений Крымско-Кавказской геологической провинции. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 44 с.
4. Круглякова Р.П., Круглякова М.В., Шевцова Н.Т. Геоэкологические проблемы углеводородных флюидов и газогидратов на дне Чёрного моря // Рациональное освоение недр. 2012а. № 6. С. 48–57.
5. Круглякова Р.П., Курилов П.И., Глазырин Е.А. и др. Геолого-геохимическая характеристика грязевых вулканов Темрюкского залива // Защита окружающей среды в нефтегазодобывающем комплексе. 2012б. № 11. С. 13–19.
6. Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: ГлавМедиа, 2006. 176 с.

МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БЕРЕГОВОЙ ЭКОСОЦИОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

Г.Г. Гогоберидзе¹, Е.А. Румянцева¹, М.Б. Шилин²

¹ *Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск*

² *Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
gogoberidze.gg@gmail.com; shilinspb@gmail.com*

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) и ее береговая зона, как было показано, например, в [Гогоберидзе и др., 2020, 2021], является регионом, в котором наблюдается значительное увеличение природных и техногенных рисков природопользования. Это связано с процессами глобального изменения климата, но в первую очередь – с постоянно увеличивающимся антропогенным воздействием на береговую экосоциоэкономическую систему АЗРФ. В указанных работах была предложена классификационная система, определяющая виды, источники, сферы действия и пространственный масштаб составляющих рисков природопользования, а также характер их воздействий на элементы арктических береговых экосоциоэкономических систем. Проведенные матричные оценки между составляющими риска (матрицы «риск-источник – риск-фактор» и «риск-фактор – риск-объект») дали возможность выявления ключевых элементов различных сценариев реализации риска.

Следующей задачей анализа, прогноза и разработки решений по реализации мероприятий управления рисками природопользования в береговой экосоциоэкономической системе АЗРФ является разработка инструментария оценки интегрального показателя риска для территориального объекта береговой системы. Однако, несмотря на большое количество подходов к процессам риск-менеджмента (например, [Картвелишвили, 2017]), включающих как количественные, так и экспертные и нормативные методы оценки рисков, они в большей степени относятся к вероятностным методам с различной интерпретацией проводимых оценок. Предлагаемый подход основывается на матричном подходе к классификации арктических рисков природопользования, взаимодействию составляющих риска и их воздействию на элементы береговой системы, с использованием экспертных критериальных оценок.

Основные принципы, заложенные в данном матричном подходе, включают следующие положения:

- рассматриваемая арктическая береговая экосоциоэкономическая система, для которой проводится оценка рисков природопользования, представляет территориальный объект управления, чья протяженность может варьироваться от районного (приморское муниципальное образование районного уровня управления и территориальные воды) до локального (приморское муниципальное образование поселений и внутренние воды) пространственного уровней. Последнее может включать точечные (узловые) пространственные объекты (береговое поселение и внутренние воды);

- оценки риск-факторов и интегрального показателя риска для территориального объекта АЗРФ проводятся в безразмерном виде. Это дает возможность последующего перехода к вероятностному и монетарному отображению оценки рисков природопользования для рассматриваемой арктической береговой системы;
- расчет оценки риск-факторов и интегрального показателя риска основывается на матрицах рисков [Гогоберидзе, 2020а, 2020б]:
 - матрице «риск-источник – риск-фактор», которая отражает степень продуцирования риск-фактора от воздействия каждого из риск-источников. При этом под риск-источником понимается непосредственный элемент береговой системы, который продуцирует риск природопользования, а под риск-фактором – непосредственный риск (событие), реализация которого исходит от риск-источника с разной степенью вероятности и интенсивностью проявления;
 - матрице «риск-фактор – риск-объект», которая отражает степень возможного воздействия каждого риск-фактора на нормальное эффективное функционирование риск-объектов. При этом под риск-объектом понимается непосредственный элемент береговой системы, на который воздействует риск-фактор.

Матричный подход к оценке риска природопользования в арктической береговой социальноэкономической системе реализуется в виде последовательности из трех действий.

1. Уменьшение размерности матриц рисков

Исходные матрицы «риск-источник – риск-фактор» и «риск-фактор – риск-объект» могут уменьшить свою размерность для конкретной рассматриваемой береговой системы в зависимости от следующих качеств этой системы:

- наличия/отсутствия на рассматриваемой территории риск-источников. При этом во внимание в первую очередь принимается классификационный вид риск-источника, т.е. риск-источники природного происхождения присутствуют на территории практически повсеместно, в то время как наличие геологических источников зависит от ряда внешних параметров (например, геологической устойчивости территории, типа и устойчивости береговой линии и т.п.), а антропогенные/техногенные источники расположены либо отсутствуют в пределах рассматриваемой территории. Таким образом, количество столбцов в матрице «риск-источник – риск-фактор» может быть сокращено за счет отсутствия риск-источников;
- наличия/отсутствия на рассматриваемой территории риск-фактора. В соответствии с сокращением количества столбцов в матрице «риск-источник – риск-фактор» в матрице «риск-источник – риск-фактор» возможны нулевые суммарные воздействия оставшихся риск-источников на риск-факторы. В этом случае автоматически происходит уменьшением количества строк в данной матрице и взаимно уменьшается количество столбцов в матрице «риск-фактор – риск-объект».
- наличия/отсутствия на рассматриваемой территории риск-объектов. В случае отсутствия риск-объектов на территории береговой системы в матрице «риск-фактор – риск-объект» уменьшается количество строк.

2. Расчет оценок риск-факторов R_i

Для скорректированных матриц «риск-источник – риск-фактор» и «риск-фактор – риск-объект» проводится расчет оценки риска R_i для каждого риск-фактора по совокупности i риск-факторов, имеющих в скорректированных матрицах. При расчете оценки риска R_i принимаются во внимание следующие составляющие:

- сумма строки в матрице «риск-источник – риск-фактор» для фактора R_i с учетом корректирующего коэффициента, отражающего степень управляемости по снижению рисков для каждого риск-источника, воздействующего на риск-фактор;
- сумма столбца в матрице «риск-фактор – риск-объект» для фактора R_i с учетом корректирующих коэффициентов, отражающих степень прогнозируемости (вероятности проявления) риск-фактора, пространственный масштаб проявления риск-фактора, временной масштаб воздействия риск-фактора, частоту возникновения риск-фактора и количество риск-объектов, на которые воздействует риск-фактор.

В общем виде расчет оценки риска R_i осуществляется по формуле (1):

$$R_i = \Sigma(R_{S-Fj} \cdot k_m) + \Sigma(R_{F-Ok} \cdot k_s \cdot k_t \cdot k_p \cdot k_f \cdot k_c), \quad (1)$$

где R_i – оценка проявления i -го риск-фактора, ед.; R_{S-Fj} – степень продуцирования i -го риск-фактора со стороны j -го риск-источника, ед.; R_{F-Ok} – степень воздействия i -го риск-фактора на k -й риск-объект, ед.; k_m – коэффициент степени управляемости по снижению рисков для риск-источника, воздействующего на риск-фактор, имеет три градации: управляемые, ограниченно управляемые, неуправляемые; k_s – коэффициент пространственного масштаба проявления риск-фактора, имеет четыре градации: локальные, местные, региональные, глобальные; k_t – коэффициент временного масштаба воздействия риск-фактора, имеет три градации: краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные; k_p – коэффициент степени прогнозируемости (вероятности проявления) риск-фактора, имеет три градации: прогнозируемые, частично прогнозируемые, непрогнозируемые; k_f – коэффициент частоты возникновения риск-фактора, имеет четыре градации: единичные, редкие, регулярные, частые; k_c – коэффициент количества риск-объектов одного вида, находящихся в пределах рассматриваемой территории, на которые воздействует риск-фактор, имеет три градации: единичные, лимитированные, частые.

Весовые коэффициенты определяются для каждого i -го риск-фактора для рассматриваемого района исходя из предложенных градаций классификации, в пределах от 0.1 до 1.0. Их численные значения оцениваются экспертным путем.

Все коэффициенты, кроме коэффициента k_c , зависят в первую очередь от природы риск-источника, а для риск-факторов от антропогенных/технологических источников – также от технологического уровня объекта, степени его модернизированности и квалификации персонала объекта.

3. Расчет оценки интегрального показателя риска R_{int}

Оценка интегрального показателя риска R_{int} рассчитывается как сумма всех риск-факторов R_i с учетом весовых показателей, отражающих:

- степень возможности индуцирования последовательной цепочки риска для имеющихся риск-объектов,
- размер (тяжесть) ущерба/последствий реализации риск-событий для имеющихся риск-объектов.

Расчет интегрального показателя риска R_{int} осуществляется по формуле (2):

$$R_{int} = \Sigma(R_i \cdot k_{ind} \cdot k_d), \quad (2)$$

где R_{int} – интегральный показатель риска, ед.; k_{ind} – коэффициент степени возможности индуцирования последовательной цепочки риска для имеющихся риск-объектов, имеет три

градации: высокая возможность, средняя возможность, низкая возможность; k_d – коэффициент размера (тяжести) ущерба/последствий реализации риск-событий для имеющихся риск-объектов, имеет четыре градации: незначительные, существенные, значительные, катастрофические.

Весовые коэффициенты определяются для каждого i -го риск-фактора для рассматриваемого района исходя из предложенных градаций классификации, в пределах от 0.1 до 1.0. Их численные значения оцениваются экспертным путем. Данные коэффициенты в первую очередь зависят непосредственно от риск-объектов, расположенных на территории, а также от технологического уровня объекта, степени его модернизированности и квалификации персонала объекта.

Предлагаемый подход позволяет получить пространственное распределение оценок рисков, а также выявлять наиболее важные риск-факторы и оценивать возможные комбинации отдельных показателей, например воздействие природных риск-факторов, антропогенных риск-факторов, риск-факторов морской деятельности и т.п. Кроме того, становится возможным проведение оценки изменения интегрального показателя риска от размещения какого-либо объекта (составление прогноза изменения риска от размещения объекта). При этом отметим, что в случае планирования размещения нового уникального для данной территории объекта это приводит к расширению матриц рисков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00312.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гогоберидзе Г.Г., Румянцева Е.А., Шилин М.Б. Природные и техногенные риски природопользования в береговых эко-социо-экономических системах Арктической зоны Российской Федерации // Региональная экономика: теория и практика. 2021. Т. 19. № 2 (485). С. 360–383.
2. Гогоберидзе Г.Г., Шилин М.Б., Румянцева Е.А. Принципы классификации рисков природопользования и их взаимодействия с элементами береговой экосоциоэкономической системы АЗРФ // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления – II»). Мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 318–320.
3. Картвелишвили В.М., Свиридова О.А. Риск-менеджмент. Методы оценки риска / РЭУ им. Г.В. Плеханова. М., 2017. 120 с.

АБРАЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРЕДЕЛАХ КОРЕННОГО ВЫСТУПА БЕРЕГОВОЙ СИСТЕМЫ ТЕНДРА – ДЖАРЫЛГАЧ

А.В. Давыдов, С.В. Симченко

*Херсонский государственный университет, г. Херсон, Украина
svobodny.polet2012@gmail.com*

В северо-западной части Черного моря располагается береговая барьерная система Тендра – Джарылгач, которая в морфогенетическом отношении причисляется к образованиям типа «крылатый мыс» [Gulliver, 1898; Зенкович, 1960; Davydov, Zinchenko, 2019]. Общая длина береговой системы – 137,65 км, из которых Тендровская коса составляет 68,14 км, коренной выступ – 25,3 км, а коса Джарылгач – 44,21 км (рис. 1).

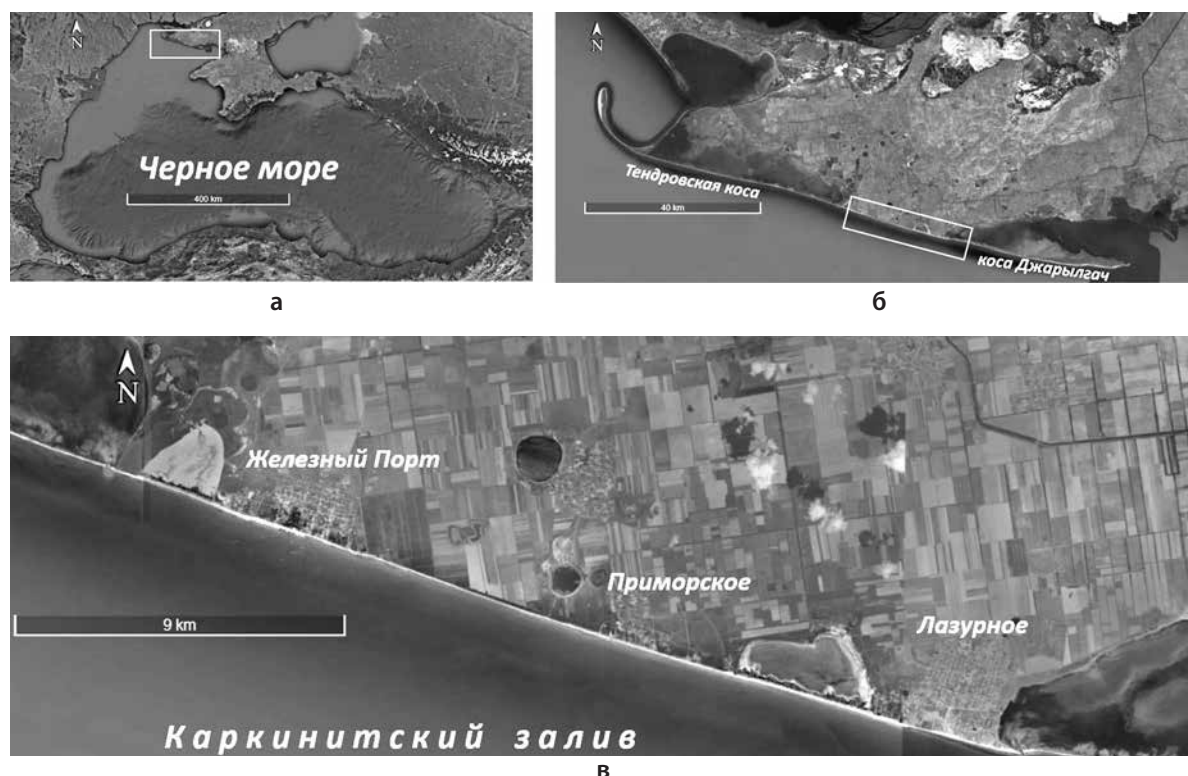


Рис. 1. Географическое расположение коренного выступа, или «лбища», береговой системы Тендра – Джарылгач: а) расположение береговой системы в пределах Черного моря; б) расположение коренного выступа в пределах береговой системы; в) коренной выступ, или «лбище», береговой системы

Литодинамическая специфика данной береговой системы обусловлена наличием в пределах береговой зоны, ее фронтальной части, района дивергенции потоков наносов. Пространственное и временное расположение соответствующего района характеризуется разнонаправленной миграцией вдоль центральной части фронта системы, которая проявляется как в течение года, так и на многолетнем этапе. Согласно общепринятому представ-

лению [Зенкович, 1962; Schwartz, 2005], район проявления зоны дивергенции характеризуется активным развитием деструктивных процессов, способствующих размыву и абразии подводного склона и берега.

Антропогенная трансформация береговой зоны в пределах выступа коренного берега изучаемой системы существенно изменила литодинамическую обстановку вдоль всего его фронта [Давидов и др., 2018]. На отдельных участках коренного выступа за счет функционирования активных берегозащитных сооружений проявились зоны разгрузки вдольбереговых потоков наносов. В это же время в пределах участков, расположенных вне берегозащитного комплекса, формируются районы с дефицитом наносов волнового поля, где активно проявляются абразионные процессы. Если местоположение данных районов совпадает с зоной проявления дивергенции потоков наносов, в береговой зоне развиваются катастрофические абразионные процессы. В береговой системе Тендра – Джарылгач наиболее активные деструктивные процессы проявляются в районе поселка Приморское, где за период с 2015 по 2021 г. ситуация приблизилась к катастрофической.

Природные условия коренного выступа. Фронтальная часть коренного выступа изучаемой системы до возведения берегозащитных сооружений представляла собой низкий абразионный берег, врезанный в прибрежную равнину, сложенную красно-бурыми глинами. Контур береговой линии имел мелко изрезанный характер с чередующимися небольшими выступами и бухточками. Наиболее крупные неровности береговой линии представляли собой затопленные прибрежные поды, известные под названием озер Кефальное и Устричное, отделенных от акватории Каркинитского залива пересыпями [Зенкович, 1960].

Высота абразионных клифов, расположенных в пределах «лбища», изменялась от 0,1 м в районе современного населенного пункта Лазурное до 2,3 м в районах выхода в береговую зону региональных брахиантиклинальных складок. Следует отметить, что именно на поверхности данных структур расположены населенные пункты Приморское и Железный Порт [Никифоров, 1977].

В.П. Зенкович [Зенкович, 1960] описал у подножья абразионных клифов маломощные и неширокие пляжи, сложенные кварцевыми песками и ракушечным материалом. Было также отмечено, что на отдельных участках береговой зоны, перед надводными абразионными формами, располагались глинистые бенчи. В пределах подводного склона, вдоль всего фронта коренного выступа, выделялся небольшой подводный вал, мористие которого располагался глинистый бенч шириной до 50 м.

Эволюционная направленность фронтальной части изучаемой береговой системы характеризуется перманентным отступанием, однако с определенными локальными отличиями в скорости. В пределах изучаемого «лбища» скорости абразии в районе Железного Порты составляли 2,1–2,3 м/год, а в районе Лазурного они не превышали 0,5–0,7 м/год [Шуйский и др., 1992]. После возведения к 1990 г. берегозащитного комплекса в Железном Порту в пределах защищенных участков абразия прекратилась, в то же время вдоль остальной части коренного выступа произошла ее активизация. В районе Приморского скорости абразии увеличились до 2,5 м/год, а в пределах Лазурного – до 1,9 м/год [Шуйский и др., 1992; Шуйский и др., 2005].

Усугубление ситуации вдоль коренного берега произошло в период с 1993 по 1996 г., после создания берегозащитного комплекса в Лазурном. В пределах незащищенных участков береговой зоны проявилось увеличение скорости абразии, в районе Приморского они достигали 2,65 м/год, а в восточной части Лазурного – до 3,0 м/год [Шуйский и др., 2005]. Абразионные процессы спровоцировали проявление катастрофической ситуации в береговой зоне восточной части Лазурного в период с 1996 по 2009 г. (рис. 2).

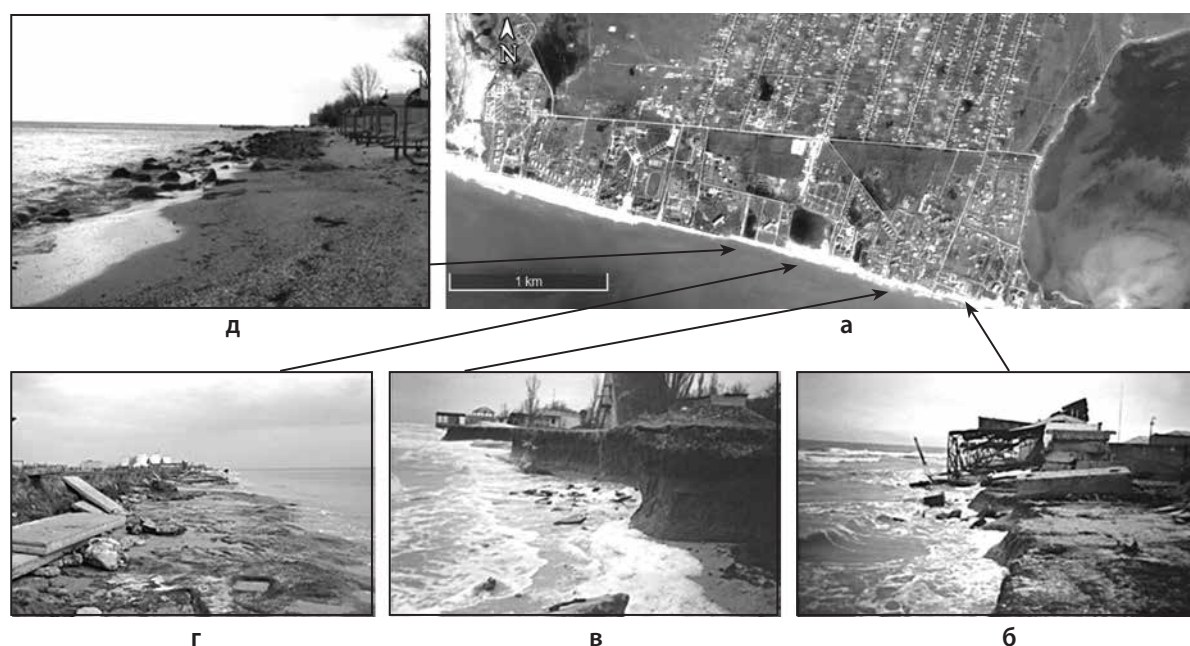


Рис. 2. Проявление деструктивных процессов в береговой зоне Каркинитского залива в пределах Лазурного в период с 1996 по 2009 г.: а) местоположение участков абразии; б) район ДОЛ «Звездочка»; в) район ДОЛ «Прибрежный»; г) район между б/о «Нефтяник» и «Корабел»; д) район б/о «Корабел» (фото А.В. Давыдова)

Начиная с 2009 г. в структуре ветрового режима над регионом исследования проявились определенные изменения, а именно в холодный период года произошла активизация ветров восточного направления. Данные изменения привели к увеличению объемов миграции прибрежно-морских наносов в западном направлении, что способствовало проявлению аккумулятивных процессов и стабилизации в береговой зоне в районе Лазурного.

Литодинамические особенности коренного выступа изучаемой береговой системы обусловлены развитием двух противоположных по направлению сезонных миграций прибрежно-морских наносов [Давидов и др., 2018]. В теплое время года в условиях доминирования ветров южной и юго-западной составляющей осуществляется миграция наносов с запада на восток, а в холодный период миграция проявляется в противоположном направлении. В условиях наличия двух берегозащитных комплексов, расположенных в периферийных частях коренного выступа, наименьшее количество прибрежно-морских наносов поступает в центральные районы выступа, а именно в район населенного пункта Приморское. Именно поэтому берег центрального участка коренного выступа развивается в условиях активной абразии (рис. 3).

Проведенные нами в период с 2015 по 2021 г. полевые исследования берега Каркинитского залива в пределах коренного выступа позволили нам определить общее увеличение количества наносов в районе населенных пунктов Железный Порт и Лазурное. В морфологическом отношении данная ситуация подтверждается наличием трех крупных подводных валов, разделенных достаточно глубокими межваловыми понижениями. В районе поселка Приморское проявляется только один вал, при этом он очень нечетко выраженный, что свидетельствует о недостатке прибрежно-морских наносов и размыве подводного склона, что и обуславливает катастрофическую абразию берега.

Таким образом, активизация абразии в пределах незащищенных участков коренного берега барьерной системы Тендра – Джарылгач обусловлена совокупностью природных условий и функциональностью гидротехнических берегозащитных сооружений.

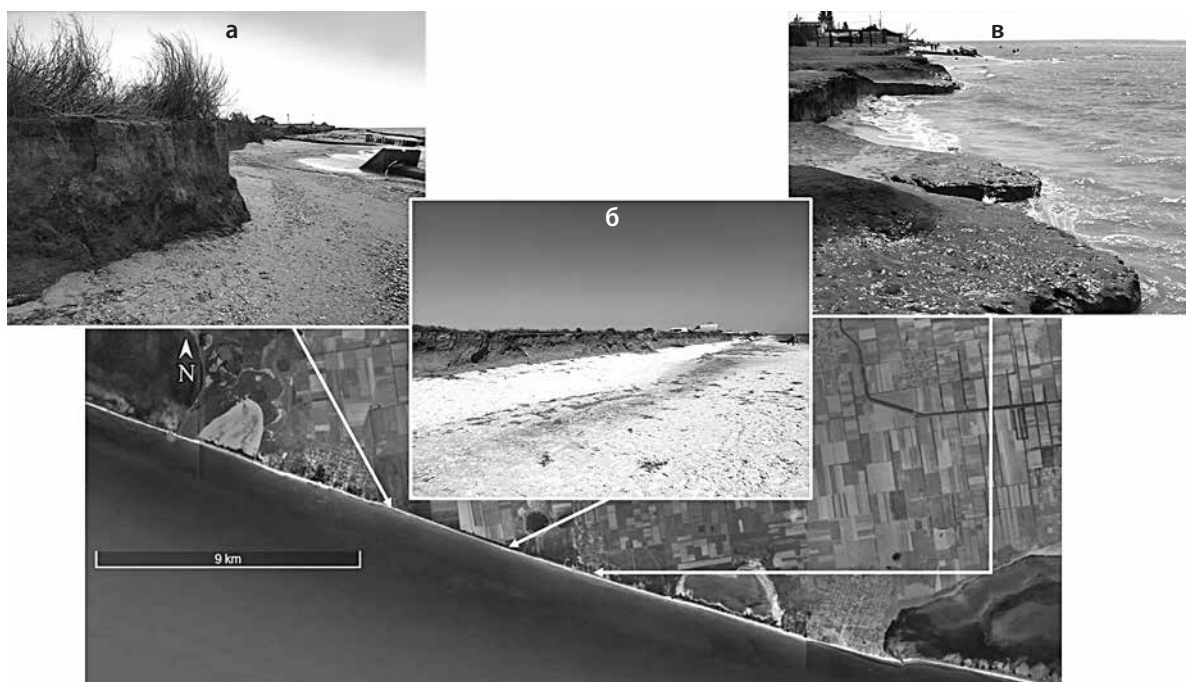


Рис. 3. Наиболее динамически активные участки береговой зоны коренного выступа:
а) западная окраина населенного пункта Железный Порт;
б) абразионный берег напротив села Круглоозерка;
в) центральная часть населенного пункта Приморское (фото С.В. Симченко)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давидов О.В., Котовський І.М., Ціомашко О.В., Герасимчук А.М. Аналіз морфогенетичних особливостей коси-острова Джарилгач // Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. Географічні науки. 2018. Вип. 8. С. 169–176.
2. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Т. II (Северо-западная часть). М.: Изд-во АН СССР, 1960. 216 с.
3. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
4. Никифоров Л.Г. Структурная геоморфология морских побережий. М.: МГУ, 1977. 175 с.
5. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Котовский И.Н., Али Акель. Процессы абразии и их литодинамическое значение в пределах Днепровско-Каркинитской береговой области Черного моря // Доклады Академии наук Украины. 1992. № 2. С. 83–86.
6. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Борисевич Т.Д. Современная динамика абразионных и аккумулятивных форм береговой системы «Тендра – Джарылгач» на побережье Черного моря // Фальцефейнівські читання: 36. наук. праць / відп. ред. С.В. Шмалей. Херсон, 2005. Т. 2. С. 270–278.
7. Davydov O., Zinchenko M. The “Winged Foreland” Abrasion-Accumulative Systems // New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / 7th ed. Riga: “Baltija Publishing”, 2019. P. 302–327.
8. Gulliver F.P. Shoreline topography // Proceeding of the American Academy of Arts and Sciences. 1898. Vol. 34. P. 151–258.
9. Schwartz M.L. (ed.) Encyclopedia of Coastal Science. Springer, 2005. 1211 p.

ПЕЛЕНГ ТАЙФУНОВ ПО ЗОНАМ ГЕНЕРАЦИИ МИКРОСЕЙСМ «ГОЛОСА МОРЯ»

Г.И. Долгих, В.А. Чупин, Е.С. Гусев

*Тихоокеанский океанологический институт
им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, г. Владивосток
dolgikh@poi.dvo.ru*

Среди катастрофических процессов и явлений Земли тропические циклоны (тайфуны) занимают далеко не последнее место, но, учитывая колоссальный ущерб экономике стран при прохождении их с момента зарождения в тропических областях до полного разрушения в северных регионах Земли, а также частоту возникновения, их можно отнести к самым катастрофическим явлениям Земли. Страны, через территории и акватории которых проходят тропические циклоны, нуждаются в хорошем долгосрочном и краткосрочном прогнозе зарождения, развития и распада тайфунов. В связи с интересом по уменьшению вероятного воздействия тайфунов через физические процессы, понижающие его энергоёмкость, остро стоит задача по развитию дистанционных методов мониторинга первичных и вторичных явлений и процессов, колебаний и волн, возникающих в тропических циклонах. Этот интерес связан с решением ряда задач по выявлению разномасштабных процессов и явлений в различных направлениях науки, от гидрофизических до биологических.

К первичным процессам и явлениям необходимо отнести колоссальный ветер и обильные осадки, которые сопровождают практически все тайфуны. Задачи по их изучению отводятся контактными (буйковые станции, региональные метеостанции и т.п.) и дистанционными методами, связанным со спутниковым мониторингом. Но данные методы не совсем надежные. Контактные методы подвержены большим ошибкам из-за ограниченного динамического диапазона или малой чувствительности применяемой аппаратуры. Спутниковый мониторинг дает хорошие результаты при изучении процессов, протекающих в динамически слабоактивных средах. Что касается зон перехода геосфер, резкого изменения глубин, чередования островов, морей и части материков, где динамические процессы протекают крайне бурно (как раз в этих зонах в основном и проходят тайфуны), спутниковые методы исследования подвержены большим ошибкам, нуждаются в коррекции по результатам наземных наблюдений. Таким образом, при изучении динамических процессов, происходящих в данных зонах, необходимо опираться на дистанционные методы мониторинга земного базирования, в основе которых могут быть гидрофизические (распространение возмущений в водной среде) либо сейсмоакустические (распространение возмущений в океанической земной коре с выходом в земную кору зоны перехода) методы исследования.

К гидрофизическим возмущениям, возникающим в зоне действия тропического циклона и распространяющимся на значительные расстояния, необходимо отнести морские поверхностные ветровые волны или волны зыби, а также нелинейные образования в виде одиночных волн различной амплитуды, скорость которых может быть на порядок больше скорости волны зыби. Характеристики морских волн, такие как амплитуды, периоды, направление движения, зависят от скорости ветра, продолжительности его воздействия на акваторию, а также

характеристик этой акватории, таких как ее площадь, глубины. Ветровые волны, образуемые тайфунами, имеют период в диапазоне от 3 до 30 с. По дисперсионным характеристикам ветровых волн, вышедших из зоны действия тайфунов, можно определить основные энергетические характеристики тайфунов и определить пеленг на область генерации поверхностных ветровых волн. Кроме прогрессивных морских ветровых волн, которые можно использовать для дистанционного гидрофизического метода мониторинга тайфунов, образуются стоячие ветровые волны, которые мало информативны для гидрофизического мониторинга.

Прогрессивные морские ветровые волны при своем движении взаимодействуют с дном на малых глубинах, начиная с глубин, равных примерно половине длине ветровой волны, и образуют первичные микросейсмы, периоды которых соответствуют периодам прогрессивных морских волн [Wiechert, 1904]. Стоячие морские волны генерируют в земной коре вторичные микросейсмы, период которых равен половине периода прогрессивных морских волн [Longuet-Higgins, 1950]. Стоячие морские ветровые волны могут образовываться в тыльной части циклона (тайфуна), в шельфовых областях при отражениях прогрессивных морских волн, а также в тыльной части островов из-за рефракционных процессов прогрессивных морских волн. Обобщенное описание генерации микросейсм было выполнено Хассельманом [Hasselmann, 1963]. Соответствующие возмущения в атмосфере были названы микробаромами [Benioff, Gutenberg, 1939], физическим механизмом генерации которых является нелинейное взаимодействие полей морских ветровых волн, проявляющееся как раз в период изменения направления воздействия воздушных масс на поверхность моря при движении вихря над акваторией. В работе [Donn, Naini, 1973] было показано, что микробаромы и вторичные микросейсмы имеют один источник, которым изначально считалось место с наибольшей скоростью ветра в циклоническом вихре, т.е. центральная часть вихря. Но в результате дальнейших исследований [Tabulevich et al., 2001; Willis, 2004; Hetzer et al., 2008] оказалось, что место возникновения вторичных микросейсм и микробаром обычно совпадает с тыловой областью циклонических образований и не связано с их центральной областью.

В работе [Dolgikh, Mukomel, 2004] показано, как на основе полученной информации по вариациям параметров первичных микросейсм при решении инверсионной задачи с использованием обобщенных дисперсионных уравнений [Dolgikh, 2020a], анализе нелинейных составляющих и эффекта Доплера определить скорость и направление движения тайфуна в конкретной точке с последующим построением его траектории. Мониторинг, построенный на данном анализе, можно отнести к сейсмоакустическим методам мониторинга. Но, учитывая то, что скорость распространения микросейсм минимум на порядок выше скорости поверхностных ветровых волн, предпочтение мы вынуждены отдать сейсмоакустическому мониторингу. Кроме того, затухание микросейсм незначительное, поэтому возможен данный мониторинг практически на любых планетарных расстояниях при использовании современных высокочувствительных средств, например лазерных деформографов [Dolgikh, Mukomel, 2004].

Кроме того, создание сейсмоакустических методов мониторинга может частично базироваться на информации, получаемой по зонам образования «прибойного шума» в частотном диапазоне от 1 до 5 Гц, который образуется вблизи морских побережий и связан с взаимодействием морских ветровых волн [Garcés et al., 2003; Le Pichon, 2004]. В работах [Garcés et al., 2006; Park et al., 2008] показано, что появление инфразвука связано с разрушением (коллапсом) морских волн в прибрежной зоне и его параметры зависят от топографических и батиметрических характеристик этой зоны, а амплитуда данных колебаний прямо пропорциональна амплитудам океанских ветровых волн. В [Arrowsmith, 2005] назва-

ли инфразвук в диапазоне от 1 до 5 Гц «прибойным шумом», который генерируется вдоль достаточно протяженной береговой линии и может распространяться на значительные расстояния от морского побережья.

Очень интересны инфразвуковые возмущения в частотном диапазоне 5–10 Гц, возникающие при взаимодействии морского волнения с вихревой составляющей тропических циклонов и названные впоследствии «голосом моря», которые впервые обнаружил V.V. Shuleikin [Shuleikin, 1935]. Повышенный интерес к данным инфразвуковым возмущением связан с возможным их влиянием на психофизическое состояние человека. Впоследствии было представлено несколько механизмов генерации атмосферного инфразвукового сигнала «голос моря». Это и вариант обтекания больших волн ветровым потоком, и акустический шум разрушения морских волн о скалистые берега. Вариант совместного влияния механизма генерации инфразвука стоячими поверхностными волнами и стратификации атмосферы на наблюдаемые параметры инфразвуковых волн. Результат взаимодействия разнонаправленных поверхностных волн, генерируемых при повороте направления ветра в атмосферном вихре над морем, вызывающих нелинейное взаимодействие поверхностных волн, распространяющихся в противоположных друг к другу направлениях с образованием второй гармоники в виде стоячей поверхностной волны. Сам по себе атмосферный сигнал «голоса моря» не имеет перспектив для его использования в дистанционном мониторинге, но у открытого микросейсмического сигнала «голоса моря» [Dolgikh et al., 2018, 2020b] есть колоссальные перспективы для использования в дистанционном микросейсмическом мониторинге. Как показано в вышеуказанных работах, при движении тайфунов в прибрежной зоне в частотном диапазоне 5–10 Гц генерируются микросейсм «голоса моря», регистрируемые лазерным деформографом. Установлено, что время появления микросейсм «голоса моря» совпадает со временем прихода первичных микросейсм, генерируемых прогрессивными морскими волнами. Исчезновение микросейсм «голоса моря» коррелирует с исчезновением первичных микросейсм и слабо коррелирует с исчезновением вторичных микросейсм. Максимальный ветер не всегда совпадает с максимальными микросейсм «голоса моря».

Поскольку микросейсм «голоса моря» относятся к поверхностным волнам, по данным нескольких лазерных деформографов можно пеленговать зоны их образования, т.е. пеленговать тайфун.

По результатам анализа характеристик развития и затухания инфразвуковых волн «голоса моря», зарегистрированных лазерными деформографами во время воздействия нескольких тайфунов на акваторию Японского моря в течение разных лет, а также сопоставляя траектории движения центральной части тайфунов в соответствии с архивами метеорологических и спутниковых данных, а также с модельными данными генерации ветра в приповерхностной части моря, находящихся в открытом доступе, постараемся определить основные области генерации сигнала «голоса моря» при прохождении тайфунов вблизи дальневосточного побережья России.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 18-05-80011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arrowsmith S.J. Observations of infrasound from surf in southern California // Geophys. Res. Lett. 2005. Vol. 32. No. 9. May Art. no. L09810. DOI: 10.1029/2005GL022761

2. *Benioff H. and Gutenberg B.* Waves and currents recorded by electromagnetic barographs // *Bull. Amer. Meteorological Soc.* 1939. Vol. 20. Dec. P. 421–426.
3. *Dolgikh G., Budrin S. and Dolgikh S.* Fluctuations of the sea level, caused by gravitational and infra-gravitational sea waves // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020a. Vol. 8(10). No. 796. DOI:10.3390/jmse8100796
4. *Dolgikh G.I. and Mukomel D.V.* Dependence of microseism variation periods upon the cyclone propagation velocity and direction // *Doklady Earth Sci.* 2004. Vol. 394. No. 1. Jan. P. 141–144.
5. *Dolgikh G.I., Chupin V.A. and Gusev E.S.* Microseisms of the “Voice of the Sea” // *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2020b. Vol. 17. No. 5. P. 750–754. DOI: 10.1109/LGRS.2019.2931325
6. *Dolgikh G.I., Gusev E.S., Chupin V.A.* The nature of the “Voice of the sea” // *Doklady Earth. Sci.* 2018. Vol. 481. No. 1. P. 33–38.
7. *Donn W.L. and Naini B.* Sea wave origin of microbaroms and microseisms // *J. Geophys. Res.* 1973. Vol. 78. No. 21. Jul. P. 4482–4488.
8. *Garcés M. et al.* Infrasound from large surf // *Geophys. Res. Lett.* 2006. Vol. 33. No. 5. Art. no. L05611. DOI: 10.1029/2005GL025085
9. *Garcés M., Hetzer C., Merrifield M., Willis M. and Aucan J.* Observations of surf infrasound in Hawai’i: Surf Infrasound // *Geophys. Res. Lett.* 2003. Vol. 30. No. 24. Dec. P. 2264. DOI: 10.1029/2003GL018614
10. *Hasselmann K.A.* A statistical analysis of the generation of microseisms // *Rev. Geophysics*. 1963. 1 (2). P. 177–210. DOI: 10.1029/RG001i002p00177
11. *Hetzer C.H., Waxler R., Gilbert K.E., Talmadge C.L. and Bass H.E.* Infrasound from hurricanes: Dependence on the ambient ocean surface wave field // *Geophys. Res. Lett.* 2008. Vol. 35. No. 14. Jul. Art. no. L14609. DOI: 10.1029/2008GL034614
12. *Le Pichon A.* Infrasound from ocean waves observed in Tahiti // *Geophys. Res. Lett.* 2004. Vol. 31. No. 19. Art. no. L19103. DOI: 10.1029/2004GL020676
13. *Longuet-Higgins M.S.* A theory of the origin of microseisms // *Philos. Trans. Roy. Soc. London. A, Math. Phys. Sci.* Vol. 243. Sep. 1950. P. 1–35.
14. *Park J., Garcés M., Fee D. and Pawlak G.* Collective bubble oscillations as a component of surf infrasound // *J. Acoust. Soc. Amer.* 2008. Vol. 123. No. 5. May. P. 2506–2512. DOI: 10.1121/1.2885743
15. *Shuleikin V.V.* On Sea Voice // *CR Acad. Sci. USSR*. 1935. Vol. 3. No. 8. P. 259.
16. *Tabulevich V.N., Ponomaryov E.A., Sorokin A.G. and Drennova N.N.* Standing sea waves, microseisms, and infrasound // *Izvestiya. Atmos. Ocean. Phys.* 2001. Vol. 37. No. 2. Jan. P. 218–226.
17. *Wiechert E.* Verhandlungen der zweiten Internationalen Sismologischen Konferenz // *Gerl. Beitr. Geophys. Ergänzungsband*, 1904. 2. P. 41–43.
18. *Willis M.* Infrasonic observations of open ocean swells in the pacific: Deciphering the song of the sea // *Geophys. Res. Lett.* 2004. Vol. 31. No. 19. Art. no. L19303. DOI: 10.1029/2004GL020684

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

О.Н. Зуб

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар
geokub@bk.ru*

Анализ ущерба, возникающего при природных катастрофах, позволяет сделать вывод о том, что не существует зависимости от времени и срока процесса. Чтобы прогнозировать сценарии таких катастроф, возможно применять разные средства и методы [Гмошинский, Флиорент, 1973; СНиП 2.07.01–89; Садовникова, Шмойлова, 2016]. Для удобства анализ ущерба от природных катастроф группируется следующим образом: виды геологических опасностей, виды водных опасностей и виды воздушных опасностей. На все виды также влияют неблагоприятные природные явления.

По данным МЧС России, наибольший ущерб от опасных природных явлений в период с 2010 по 2020 г. зафиксирован в 2012 г. в Краснодарском крае. Причина этому – наводнение федерального уровня в г. Крымске. Такие чрезвычайно опасные наводнения возникают в 100–1000 лет 1 раз.

При катастрофическом масштабе наводнения в г. Крымске пропали без вести и погибли 171 чел., ущерб от наводнения составил более 20 млрд руб.

На ущерб такого характера воздействовали следующие организационные и технические факторы [Гмошинский, Флиорент, 1973; Волосухин, Щурский, 2012]:

- 1) возникновение очень сильного ливня, когда за сутки выпала почти половина годовой нормы осадков (событие, возникающее 1 раз в 100 лет);
- 2) застройка в городе Крымске рядом с рекой Адагум оказалась слишком плотной;
- 3) присутствие препятствий-мостов перед огромным водным потоком, которыми удерживались мусор, сваленные деревья и другие предметы;
- 4) неправильное планирование мостов и мостовых переездов без учета движения речных русел;
- 6) отсутствие эколого-геологического мониторинга, позволяющего предсказывать и контролировать стихийные катастрофы;
- 7) неэффективность служб предупреждения чрезвычайных ситуаций (первое из предупреждений было сделано только за четыре часа до начала наводнения, вследствие чего население не успели вывести из затопляемых зон);
- 8) не рассматривался опыт борьбы с наводнениями в Краснодарском крае для предупреждения ЧС;
- 9) повышенная степень заиленности в реке Адагум и в ее притоках.

Из таблицы 1 видно, что в последние десять лет самый значительный ущерб нанесен в Краснодарском крае (в основном от водных явлений). От действий стихии Кабардино-Балкария, по сравнению с Краснодарским краем, пострадала меньше. Основной причи-

ной значительного ущерба на исследуемых территориях именно от водных и геологических опасных природных явлений является большая плотность населения, сосредоточенного вдоль горных рек.

Таблица 1

**Суммарный ущерб от опасных природных явлений
на территориях Краснодарского края и Кабардино-Балкарской Республики**

Территории	Виды природных явлений	Количество природных опасных явлений (2010–2020 гг.)	Ущерб, млн руб.
Кабардино-Балкарская Республика	Геологические (провалы, оползни, карсты, землетрясения, камнепады, лавины)	$(4 + 2 + 0) = 6$	928,3483
	Водные (сели, наводнения, подтопления)		
	Воздушные (смерчи, ураганы, природные пожары)		
Краснодарский край	Геологические (провалы, оползни, карсты, землетрясения, камнепады, лавины)	$(5 + 32 + 11) = 48$	24 948,8584
	Водные (сели, наводнения, подтопления)		
	Воздушные (смерчи, ураганы, природные пожары)		

Анализ показателей ущерба от опасных природных явлений и их причин по Краснодарскому краю и КБР показывает, что общий ущерб при возникновении 53 природных ЧС составляет 25 887,2069 млн руб. Ущерб был нанесен преимущественно от водных опасных природных явлений.

Ожидается, что в ближайшие годы (2021–2022) с высокой степенью вероятности на исследуемых территориях могут произойти до трех незначительно опасных или умеренно опасных природных явлений водного характера с вероятным ущербом до 300 млн руб.

Анализ причин и степени ущерба от опасных природных явлений в Краснодарском крае и Кабардино-Балкарской Республике за период с 2010 по 2020 г. свидетельствует, что большинство опасных природных явлений (48) случилось в Краснодарском крае, из них: 32 – водных, 5 – геологических и 11 – воздушных. Значительная часть ущерба приходится на опасные водные природные явления. Общий ущерб от водных, геологических и воздушных видов природных опасных явлений по Краснодарскому краю составил 24 948,8584 млн руб. По количеству опасных природных явлений Кабардино-Балкарская Республика уступает Краснодарскому краю (ущерб составил 928,3483 млн руб.).

В целом на исследуемых территориях Краснодарского края и Кабардино-Балкарской Республики значительный ущерб нанесен в результате природных опасных явлений водного характера. Причиной этому является большая плотность населения вдоль горных русел рек.

Согласно прогнозам, самая неблагоприятная тенденция в 2021–2022 гг. от появления природных катастроф может возникнуть в Краснодарском крае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волосухин В.А., Щурский О.М. Наводнения на Кубани. Проблемы и задачи // Гидротехника. 2012. № 4.
2. Гмошинский В.Г., Флиорент Г.И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. М.: Наука, 1973.
3. Садовникова Н.А., Шмойлова Р.А. Анализ временных рядов и прогнозирование. М.: Университет Синергия, 2016.
4. СНиП 2.07.01–89 «Градостроительство». Планировка и застройка городских и сельских поселений.

БЕРЕГА КОНТАКТНЫХ ЗОН СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ

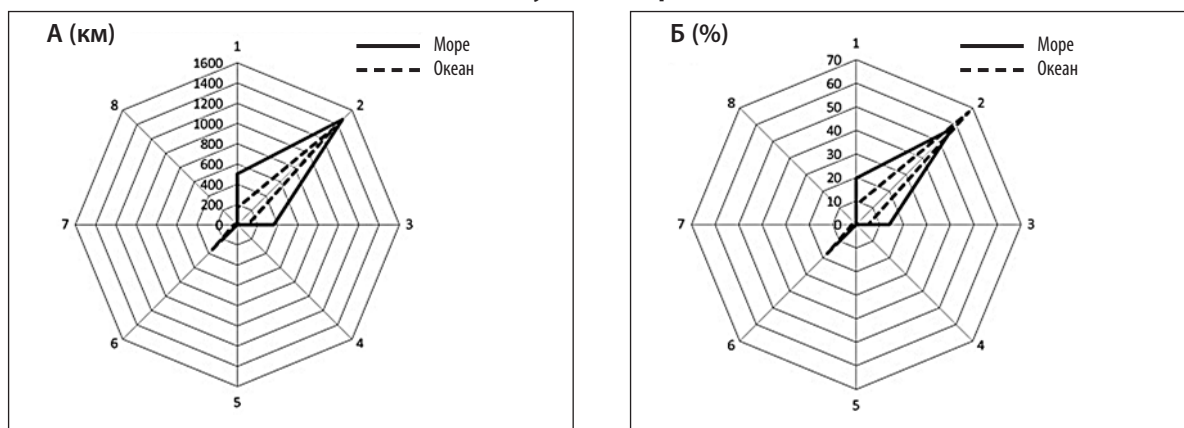
*Е.И. Игнатов¹, В.В. Афанасьев², А.В. Уба²*¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва*² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск
vvasand@mail.ru*

Известно, что долготная физико-географическая секторность и широтная зональность ландшафтной структуры Европы формируются в значительной мере как результат интерференции потоков тепла и влаги с Атлантического и Северного Ледовитого океанов [Алексеев, Голубев 2004; Дьяконов и др.]. В случае Северной Пацифики именно морфотектоническое строение континентальных окраин и история их развития в неоген-четвертичное время определили особенности современного климоморфогенеза, долготную секторность и широтную зональность морфолитогенеза на побережье. Следует отметить северо-восточную ориентацию основных морфоструктурных элементов, определяющих основные черты взаимодействия суши и моря, и относительную обособленность дальневосточных морей от Тихого океана в результате развития Курильской и Алеутской островодужных систем. Это привело к тому, что границы климатических поясов на побережье значительно смещены против часовой стрелки [Арчиков, 1979]. Таким образом, самое холодное из дальневосточных морей Охотское море относится к категории субарктических морей [Матуль, 2009]. Соответственно, побережье Охотского моря имеет черты арктических и субарктических берегов. Летние геоморфологические процессы протекают под влиянием условий предшествующей зимы. Североамериканские берега участка умеренного климатического пояса, наоборот, испытывают рельефообразующее влияние субтропического пояса, так как в течение всего года береговой морфолитогенез находится под влиянием теплых течений океана. Известно, что границы геосистем представляют собой относительно подвижные зоны взаимовлияний и взаимодействий соседних геосистем – контактные географические структуры [Скрыльник, 2017; Лихачева и др., 2010]. При этом большую часть геоморфологических границ можно рассматривать как разновидность контактных зон, выделяемых в физической географии, и к ним приурочена подавляющая часть земных процессов и явлений [Лихачева, Тимофеев, 2008].

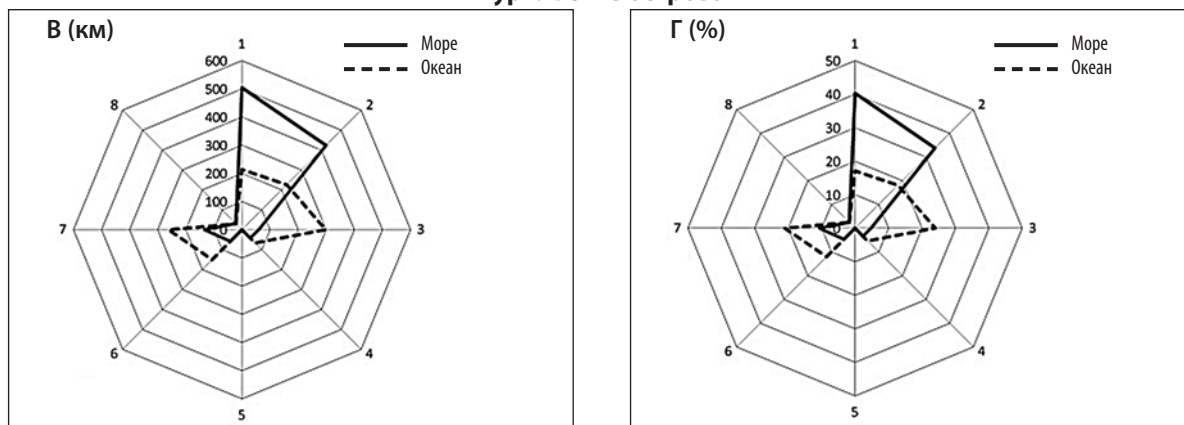
Морфоклиматическая позиция (геопространственные параметры и связанные с ними различия морфолитодинамических показателей) острова Сахалин и островодужных систем Северной Пацифики позволили нам рассматривать их как контактные зоны морей разного типа, а также морей и океанов. При этом морфолитодинамические характеристики берегов контактных зон наряду с особенностями гидродинамики и термического режима разделяемых акваторий определяют также и морфоклиматические параметры собственно контактной зоны.

Основные черты специфики морфолитогенеза с морской и океанской стороны контактных зон установлены при анализе карт морфогенетических типов берегов Северной Пацифики в геоинформационной системе Quantum GIS [Национальный атлас России, 2007]. Показано, что в процентном отношении морские берега 1-го и 2-го типа преобладают над океанскими берегами этих типов, как Алеутских островов, так и Курильских (рис. 1).

Алеутские острова



Курильские острова



остров Сахалин

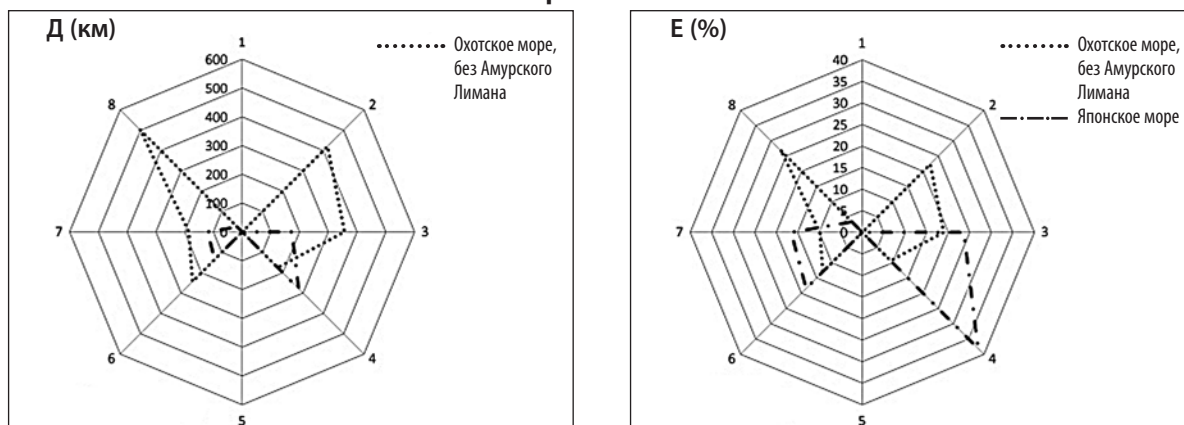


Рис. 1. Распределение морфогенетических типов берегов о. Сахалин и островодужных систем Северной Пацифики: 1 – с ледниково-тектоническим расчленением (фиордовые), тектонически обусловленные; 2 – абразионно-денудационные; 3 – абразионные (выровненные и бухтовые); 4 – абразионные отмершие; 5 – термоабразионные и ледовые; 6 – абразионно-аккумулятивные (выровненные и бухтовые); 7 – созданные волновыми процессами, пляжевые; 8 – созданные волновыми процессами, лагунные; А – Алеутская островная дуга (км), Б – Алеутская островная дуга (% от общей протяженности берегов), В – Курильская островная дуга (км), Г – Курильская островная дуга (% от общей протяженности берегов), Д – о. Сахалин (км), Е – о. Сахалин, дуга (% от общей протяженности берегов)

Абразионные берега на Алеутах преобладают на морской стороне, а на Курилах, наоборот, на океанской. Протяженность абразионно-аккумулятивных берегов выше с океанской стороны островодужных систем. Протяженность аккумулятивных берегов также больше со стороны океана и на Курилах, и на Алеутах. Выявленные особенности морфогенетических типов морских и океанских берегов свидетельствуют о преобладающем вкладе в это распределение именно гидродинамического и термического режимов разделяемых акваторий. Морфоклиматические параметры собственно контактной зоны (островной дуги), в отличие от таковых на о. Сахалин, на указанное распределение не влияют. Морфотектоническая и структурно-формационная обусловленность развития берегов островных дуг, несомненно, значительна и требует дальнейшего исследования.

На примере островных дуг были рассмотрены особенности современного берегового морфолитогенеза контактной зоны и эоловой аккумуляции, так называемого ближнего переноса, которая относится к специфичным береговым рельефообразующим процессам, суммирующим воздействия в палеогеографическом средне-позднеголоценовом масштабе времени [Афанасьев, 2019; Afanas'ev et al., 2019]. Наиболее показательные различия в современной морфолитодинамике берегов выявлены при анализе морфометрических параметров мегафестонов пляжа на острове Итуруп. Оказалось, что на противоположных участках перешейка Ветровой размеры океанских мегафестонов более чем в два раза превышают размеры охотоморских мегафестонов. При анализе эолового морфолитогенеза было установлено, что дюны с морской стороны перешейка Ветровой острова Итуруп формировались в результате разрушения высоких береговых уступов, сложенных пемзово-пирокластическим материалом неоплейстоцена, в период усиления размыва при повышении уровня моря около 1,5 тыс. лет назад. Формирование более молодых дюн океанского побережья в значительной степени связано с переработкой пирокластического материала, поступившего в береговую зону около 1000 лет назад непосредственно во время извержения. Значительная доля пеплового материала в пирокластике обусловила и очень быстрое формирование толщи пелитовых отложений в бассейне лагунного типа с океанской стороны перешейка Ветровой острова Итуруп. Побережья островных дуг, как известно, с завидной регулярностью подвергаются воздействию цунами как с океанской стороны, так и с морской. В настоящее время уверенно дифференцировать цунамигенные отложения и наносы пролива не представляется возможным. Однако в этой связи следует обратить внимание на асимметрию рельефа перешейка Ветровой острова Итуруп: океанская сторона более пологая и низкая, чем морская. Иной тип асимметрии имеет перешеек острова Чугидак (Алеуты) [Афанасьев и др., 2020].

Ключевым районом детальных исследований особенностей морфолитогенеза берегов линейных контактных зон стал о. Сахалин, уникальное географическое положение которого позволяет рассматривать его как своеобразную контактную зону, характеризующуюся последовательной сменой природных обстановок и температурного режима с севера на юг. Северные и восточные берега о. Сахалин подвержены влиянию физико-географических условий субарктического холодного Охотского моря. Берега восточного Сахалина характеризуются наличием на побережье многолетнемерзлых пород, в том числе и в основании лагунных пересыпей, развитием термоабразии и существованием, вплоть до середины июля, береговых наледей.

Западные и южные берега о. Сахалин в большей степени подвержены влиянию физико-географических условий умеренной зоны. Умеренно-холодные условия северного сектора Японского моря обеспечивают относительно частый переход температур через нуль, отсутствие или краткосрочное образование наледей и припайных льдов.

Детальное районирование морфолитодинамических обстановок берегов Сахалина в целом подтверждает результаты анализа карты морфогенетических типов берегов Северной Пацифики 2007 (рис. 2).

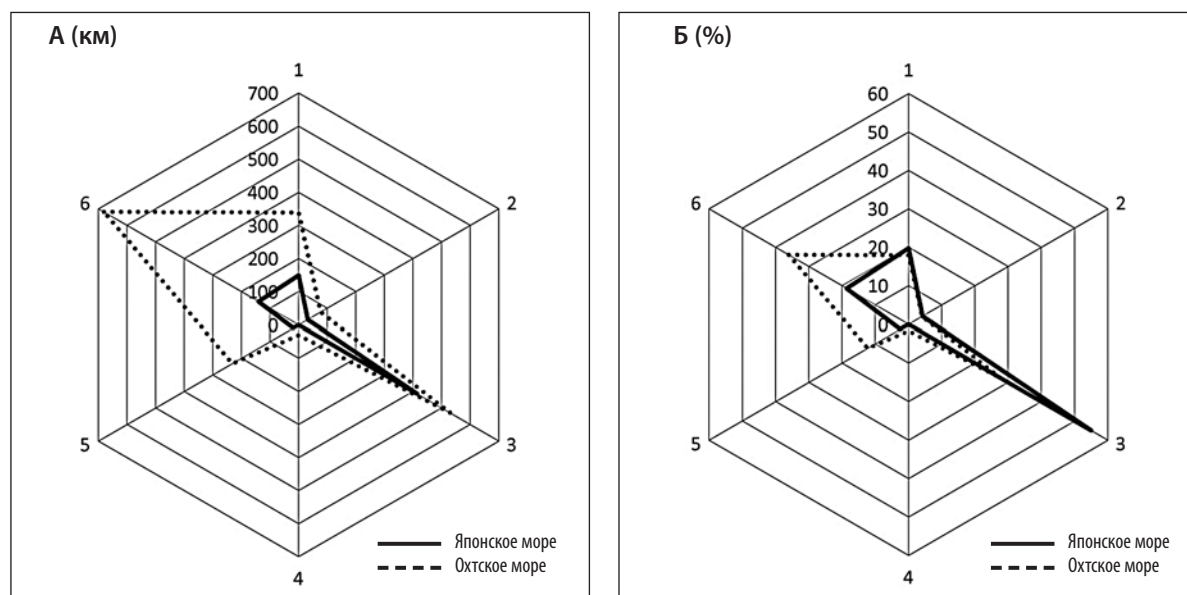


Рис. 2. Распределение морфолитодинамических обстановок вдоль берегов о. Сахалин:

- А** – протяженность берегов с различными тенденциями развития, в км,
Б – протяженность берегов с различными тенденциями развития, в %;
 1 – активный клиф в коренных породах, 2 – активный береговой уступ в слабоконсолидированных и рыхлых образованиях, 3 – отмерший клиф в коренных породах, 4 – отмерший клиф с низкой террасой, 5 – отмерший береговой уступ в слабоконсолидированных и рыхлых образованиях, 6 – аккумулятивные голоценовые береговые формы

Следует отметить, что по устойчивости к разрушению сахалинские берега Японского и Охотского морей практически не различаются.

Полученные распределения типов берегов с морской и океанской стороны островодужных систем, послужившие отправным моментом при актуализации проблемы особенностей развития берегов линейных контактных зон, разделяющих морские бассейны, а также моря и океаны, подтверждаются особенностями современной динамики берегов. Морфометрические исследования в комплексе с данными геолого-геоморфологического анализа подтверждают специфику развития морских и океанских берегов островодужных систем. Предполагается, что продольная асимметрия низменных перешейков между океанскими и морскими берегами обусловлена главным образом цунамигенными процессами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Б.А., Голубев Г.Н. Глобальная модель современных ландшафтов мира // География, общество, окружающая среда. Т. 2. Функционирование и современное состояние ландшафтов / отв. ред.: К.Н. Дьяконов, Э.П. Романова. М.: Изд. дом «Городец», 2004. С. 319–326.

2. Арчиков Е.И. Особенности формирования рельефа берегов Тихого океана в субарктическом и умеренном климатических поясах // Исследования глобальных факторов климатоморфогенеза Дальнего Востока. Сб. тр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 70–78.
3. Афанасьев В.В. О новом типе эолового морфогенеза на вулканогенных берегах (о. Итуруп, Большая Курильская гряда) // Геосистемы переходных зон. 2019. Т. 3. № 4. С. 423–427. DOI: 10.30730/2541-8912.2019.3.4.423-427
4. Афанасьев В.В., Игнатов Е.И., Уба А.В. Морфогенетическая дифференциация берегов контактных зон Северной Пацифики // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2. № 2. С. 158–172.
5. Лихачева Э.А., Маккавеев А.Н., Локишин Г.П. Физическая сущность геоморфологических границ // Геоморфология. 2010. № 2. С. 3–10. DOI: 10.15356/0435-4281-2010-2-3-10
6. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Анализ геоморфологических систем: основные понятия // Геоморфология. 2008. № 2. С. 14–21. DOI: 10.15356/0435-4281-2008-2-14-21
7. Матуль А.Г. Четвертичная биостратиграфия и палеоокеанология Охотского моря и других субарктических районов. М.: ГЕОС, 2009. 182 с.
8. Национальный атлас России: в 4 т. Т. 2: Природа и экология / ред. колл.: А.В. Бородин (предс.), В.Н. Александров, В.М. Котляков, Н.Г. Рыбальский и др. М.: ПКО «Картография», 2007. 496 с.
9. Скрыльник Г.П. Основные уровни устойчивости в общей организации геосистем Земли // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 101–106.
10. Afanas'ev V.V., Ignatov E.I., Uba A.V., Dunaev N.N., Leontiev I.O., Gorbunov A.O. Vetrovoy isthmus of iturup island – holocene strait // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 324. III National scientific conference with foreign participants “Geodynamical Processes and Natural Hazards”, 27–31 May 2019, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation. DOI: 10.1088/1755-1315/324/1/012029

О НЕКОТОРЫХ УСЛОВИЯХ ЗАРОЖДЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ МЕЗОЦИКЛОНОВ

Л.Х. Ингель

НПО «Тайфун», г. Обнинск Калужской обл.
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва
lev.ingel@gmail.com

Полярные мезоциклоны (ПМЦ) относятся к числу относительно мало исследованных опасных природных явлений. Это связано прежде всего с ограниченностью систематических натурных данных. В литературе обсуждается несколько возможных механизмов зарождения ПМЦ [Polar Lows, 2003; Луценко, Лагун, 2010]. Видимо, наиболее прозрачный из них связан с интенсивной конвекцией, возникающей при перемещении холодного воздуха на относительно теплую морскую поверхность. Настоящий доклад содержит некоторые оценки, относящиеся к происходящим при этом явлениям.

Известно, что развитие ПМЦ может быть очень быстрым. Прежде всего, имеет смысл оценить, насколько быстро может прогреться холодный воздух, переместившийся на существенно более теплую поверхность. Важнейшим механизмом переноса тепла в таких ситуациях является турбулентная конвекция, возникающая над теплой поверхностью. Близкие теоретические задачи о развитии турбулентной конвекции были в свое время рассмотрены в работе [Вульфсон, Ингель, 1982]. Замыкание задачи с помощью полуэмпирического уравнения баланса турбулентной энергии, как и соображения размерности и подобия, приводят к примерно одинаковым результатам. В частности, если предполагать постоянство температуры нижней границы, то прогретая область на фоне нейтрально стратифицированной среды расширяется вверх с постоянным ускорением $\alpha = \lambda g \rho' / \rho_0$, где g – ускорение свободного падения, ρ_0 – среднее (отсчетное) значение плотности, ρ' – отклонение плотности, связанное с нагревом снизу, λ – безразмерная постоянная, которая не может быть найдена в рамках данной теоретической схемы, по порядку величины она, видимо, близка к единице. Согласно современным представлениям, ПМЦ – относительно «мелкие» вихри (в основном сосредоточены в нижней тропосфере) [Ефимов и др., 2020]. Следовательно, для ориентировочных оценок можно пользоваться приближением Буссинеска, согласно которому $\rho' \approx \rho_0 \alpha \Delta \theta$, где α – термический коэффициент расширения среды, $\Delta \theta$ – характерное отклонение температуры (порядка первоначальной разности температур вода – воздух). Таким образом, $\alpha = \lambda g \alpha \Delta \theta$. Для условий зарождения ПМЦ характерны большие перепады температур; в литературе приводятся, например, значения $\Delta \theta = 20$ К. В этом случае ускорение, с которым распространяется вверх прогретая область, лишь на 1–2 порядка меньше ускорения свободного падения, и для прогрева нижнего трехкилометрового слоя воздуха достаточно нескольких минут.

После прогрева слоя воздуха в области над теплой поверхностью гидростатическое давление в этой области (вес столба воздуха) понижается. Поэтому возникают горизонтальный градиент давления и горизонтальные течения, направленные с периферии в нагретую

область. Представляется, что это один из важнейших механизмов интенсификации ветров в ПМЦ. Под влиянием кориолисовых сил упомянутые сходящиеся течения закручиваются. Но, как нам представляется, этот поворот ветра в литературе нередко переоценивается. Для значительного проявления кориолисовых сил требуется время, необходимое для достаточного поворота системы. В отличие от других интенсивных вихрей в земной атмосфере (например, тропических циклонов), ПМЦ в среднем существуют заметно меньше времени поворота системы (в данном случае – маятниковых суток) [Луценко, Лагун, 2010]. Это означает, что кориолисовы силы в большинстве случаев успевают проявиться лишь весьма умеренно. Эти соображения согласуются с изображениями ПМЦ на спутниковых снимках. В большинстве случаев такие изображения имеют вид, соответствующий англоязычному термину “comma” («запятая»), – лишь частично закручены.

В ряде теоретических работ при описании ПМЦ используется так называемое квази-геострофическое приближение (см., например, [Polar Lows, 2003]). Это предполагает приближенный баланс силы горизонтального градиента давления, с одной стороны, и кориолисовой силы (в некоторых случаях и центробежной силы) – с другой. Указанное приближение хорошо апробировано при описании некоторых других типов вихрей в земной атмосфере, поэтому его пытаются применить и к описанию ПМЦ. Но упомянутый баланс, как известно, может устанавливаться в процессе геострофического приспособления лишь за достаточно продолжительное время – порядка нескольких оборотов системы. Как следует из вышеизложенного, время жизни ПМЦ чаще всего значительно меньше. Поэтому эффективность использования «квазигеострофического приближения» в данном контексте выглядит сомнительным.

Представляет интерес оценить влияние описанного выше прогрева нижней тропосферы на поле ветра. Пусть прогретую область пересекает геострофический ветер, направленный вдоль горизонтальной оси x . Скорость этого фонового ветра

$$U = -\frac{1}{f\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{p}}{\partial y}. \quad (1)$$

Здесь y – вторая горизонтальная координата (в поперечном течению направлении), f – параметр Кориолиса (используется приближение f -плоскости), ρ – плотность среды, p – давление. Предполагается, что фоновые распределения плотности и давления (обозначены чертой) зависят не только от высоты z , но и от одной из горизонтальных координат y . Удобна для анализа, например, модель

$$\bar{\rho} = \rho_0 \exp\left[-\left(\frac{z}{H} + \frac{y}{L_\rho}\right)\right], \quad \bar{p} = g\rho_0 \exp\left[-\left(\frac{z}{H} + \frac{y}{L_\rho}\right)\right], \quad U = -\frac{gH}{fL_\rho} = \text{const}. \quad (2)$$

Ось z направлена вертикально вверх; смысл постоянных ρ_0 , H , L_ρ достаточно очевиден; частота плавучести $N = (g/H)^{1/2}$. Такое задание фонового состояния позволяет свести задачу к системе уравнений с постоянными коэффициентами.

В линейном приближении исследуем возмущения, которые вносятся в этот поток двумерными горизонтально-неоднородными источниками плавучести и импульса (источники плавучести связаны с описанным выше нагревом снизу, а источники/стоки импульса – с повышенной эффективной вязкостью при интенсивной турбулентной конвекции). Линеаризованная система уравнений для двумерных стационарных возмущений скорости, давления и плотности в идеальной несжимаемой среде имеет вид

$$\begin{aligned}
 U\bar{\rho}\frac{\partial u'}{\partial x} &= \frac{\partial p'}{\partial x} + f\bar{\rho}v + \bar{\rho}F(x,z), \\
 U\bar{\rho}\frac{\partial v}{\partial x} &= \frac{\partial p'}{\partial y} - f\bar{\rho}u' - fUp', \\
 U\bar{\rho}\frac{\partial w}{\partial x} &= \frac{\partial p'}{\partial z} - g\rho', \\
 \frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0, \quad U\frac{\partial p'}{\partial x} + v\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial y} + w\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial z} = -\tilde{Q}(x,z).
 \end{aligned} \tag{3}$$

Здесь v , w – возмущения составляющих скорости вдоль осей y и z ; возмущения других величин обозначены штрихом; F , $\tilde{Q}$ – нормированные источники/стоки количества движения и плавучести соответственно. Последнюю величину можно приближенно связать с интенсивностью тепловыделения следующим образом. Если $\rho' \approx -\rho_0\alpha\theta$ (приближение Буссинеска; α – термический коэффициент расширения среды, θ – отклонение потенциальной температуры), то $\tilde{Q} \approx (\alpha/c_p) Q$, где c_p – теплоемкость среды, Q – интенсивность тепловыделения (Вт/м^3).

На нижней границе задано условие непротекания. На твердой горизонтальной поверхности оно имеет вид $w|_{z=0} = 0$. Предполагается также затухание возмущений при $z \rightarrow \infty$.

Исключая из системы уравнений все неизвестные, кроме одного, можно свести задачу к решению следующего уравнения:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial^2}{\partial X^2} \left[\xi \text{Fr}^2 \frac{\partial^2 w}{\partial X^2} + \frac{\text{Fr}^2}{\delta^2} \frac{\partial^2 w}{\partial Z^2} - \frac{\text{Fr}^2}{\delta} \frac{\partial w}{\partial Z} + w \right] + \frac{B}{\delta^2} (1 + \text{Fr}^2) \frac{\partial^2 w}{\partial Z^2} - \frac{B}{\delta} \frac{\partial w}{\partial Z} = \\
 = -\frac{UH}{gh} \left[\frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial^3 (\bar{\rho}F)}{\partial X^2 \partial Z} + B \frac{\partial F}{\partial Z} \right] + \frac{\alpha H}{c_p \bar{\rho}} \left[\frac{\partial^2 Q}{\partial X^2} - \frac{B}{\delta \bar{\rho}} \frac{\partial (Q/\bar{\rho})}{\partial Z} \right].
 \end{aligned} \tag{4}$$

Здесь введены безразмерные переменные $X = x/L$, $Z = z/h$, где через L и h обозначены горизонтальный и вертикальный масштабы источников. Кроме того, введены обозначения для ряда определяющих безразмерных параметров. Число Фруда $\text{Fr} = U/\sqrt{gH} = UN/g$ характеризует соотношение сил инерции и плавучести; $B = f^2 L^2 / gH = (fNL/g)^2$ – обратное число Бургера [Педлоски, 1984]. Существенны также геометрические факторы $\xi \equiv H/L = g/(N^2 L)$, $\delta \equiv h/H = hN^2/g$.

Пусть, например, $f = 10^{-4} \text{с}^{-1}$, $L = 4 \cdot 10^5 \text{м}$, $N = 10^{-2} \text{с}^{-1}$, $h = 3 \cdot 10^3 \text{м}$, $U = 10 \text{м/с}$. В этом случае $\text{Fr} \approx 10^{-2}$, $B \approx 1.6 \cdot 10^{-3}$, $\xi \approx 0.25$, $\delta \approx 3 \cdot 10^{-2}$. Нетрудно видеть, что большинство безразмерных коэффициентов в уравнении (4) много меньше единицы. Если источники импульса отсутствуют ($F = 0$), то, пренебрегая слагаемыми с малыми коэффициентами, получаем уравнение:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial X^2} + \frac{B}{\delta^2} \frac{\partial^2 w}{\partial Z^2} \approx \frac{1}{c_p \bar{\rho} \gamma} \frac{\partial^2 Q}{\partial X^2}, \tag{5}$$

где $\gamma = N^2/\alpha g$ – фоновый вертикальный градиент потенциальной температуры. Решение этого уравнения удобно проанализировать на простом примере гармонического по горизонтали источника плавучести $Q = Q_0 \cos(kx) \exp(-z/h)$, где $k = 2\pi/L$. Решение также ищем в виде одной горизонтальной гармоники. С учетом краевых условий нетрудно получить:

$$w \approx \frac{Q_0}{c_p \bar{\rho} \gamma (1-a^2)} \left[\exp\left(-\frac{z}{h}\right) - \exp\left(-\frac{N}{f} kz\right) \right] \cos(kx), \quad a \equiv \frac{f}{hkN}, \quad (6)$$

$$u' \approx \frac{Q_0 N}{c_p \bar{\rho} \gamma f (1-a^2)} \left[\exp\left(-\frac{N}{f} kz\right) - a \exp\left(-\frac{z}{h}\right) \right] \sin(kx). \quad (7)$$

При рассматриваемых значениях параметров безразмерный параметр a относительно мал: $a \approx 0.22$. Поэтому в (6), (7) величиной a^2 можно пренебречь. В рассматриваемом приближении

$$U \frac{\partial v}{\partial x} \approx -fu', \quad v \approx \frac{Q_0 N}{c_p \bar{\rho} \gamma U k} \left[\exp\left(-\frac{N}{f} kz\right) - a \exp\left(-\frac{z}{h}\right) \right] \cos(kx),$$

$$\theta \approx \frac{Q_0}{c_p \bar{\rho} \gamma U k} \exp\left(-\frac{N}{f} kz\right) \sin(kx).$$

Выражение (7) описывает относительно тонкий пограничный слой толщиной порядка $ah \approx 700$ м с относительно интенсивным горизонтальным втоком в область тепловыделения и более толстый (толщиной порядка h) слой медленного горизонтального растекания. Поскольку $Q^0 \sim E/h$, где E – характерная плотность потока тепла от нижней границы (Вт/м^2), амплитуда возмущения u' в пограничном слое порядка $EN/(c_p \bar{\rho} \gamma f h)$. При $E = 100 \text{ Вт/м}^2$ и достаточно устойчивой стратификации ($\gamma = 3 \cdot 10^{-3} \text{ К/м}$) эта амплитуда составляет лишь около 1 м/с. Но притоки тепла бывают на порядок больше [Ефимов и др., 2020], а стратификация при этом может быть гораздо слабее (практически отсутствовать). Поэтому полученное выражение в принципе может давать реальные скорости ветра, наблюдаемые в полярных мезоциклонах. Но используемая здесь линейная модель не позволяет обоснованно рассматривать более интенсивные эффекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вульфсон А.Н., Ингель Л.Х. Нелинейные тепловые волны от горизонтальных источников в нейтрально стратифицированной среде // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1982. Т. 18. № 3. С. 233–239.
2. Ефимов В.В., Яровая Д.А., Комаровская О.И. Мезомасштабный полярный циклон по спутниковым данным и результатам численного моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 1. С. 223–233.
3. Луценко Э.И., Лагун В.Е. Полярные мезомасштабные циклонические вихри в атмосфере Арктики. Справ. пос. СПб.: ААНИИ, 2010. 97 с. URL: http://www.aari.ru/projects/mesocyclone/mez_arc.pdf (дата обращения: 06.05.2021).
4. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. М.: Мир, 1984. Т. 1. 398 с.
5. Polar Lows: Mesoscale Weather Systems in the Polar Regions / eds: E.A. Rasmussen, J. Turner. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 612 p.

АНТАРКТИКА – ОПАСНОЕ МОРСКОЕ ПРЕДДВЕРИЕ ЛЕДЯНОГО КОНТИНЕНТА (к 200-летию открытия Антарктиды)

В.В. Ионов

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

Обнаружение в 1820 г. ледяного континента – последнее в ряду Великих географических открытий. Оно было давно ожидаемо, однако сильно запоздало по объективным и другим причинам. К первым относятся физико-географические особенности южной полярной области Земли, открытой много ранее северной. Географам и морякам, уверенным в полярной симметрии поверхности планеты, местоположение еще неведомого материка так близко к южному полюсу трудно было представить. Кроме того, окружающий Антарктиду обширный пояс вод и льдов Южного океана был (и остается) серьезным препятствием для безопасного мореплавания.

Другой ряд причин возник по результатам второго кругосветного плавания Джеймса Кука в 1772–1775 гг. с целью поиска южного материка. В 1773 г. капитан Кук на корабле “Resolution” впервые пересек южный полярный круг и достиг 71 град. ю.ш. Плавание в Южном океане он считал вполне успешным – южное полушарие достаточно исследовано, и поискам Южного материка положен конец. Авторитет английского мореплавателя был так высок, что опровергнуть его мнение не замыслилось почти полвека.

Требовалась не только смелость научного предвидения, но и мощь государства с развитым кораблестроением, искусными моряками и опытом длительных успешных плаваний в Мировом океане. Всем этим в начале XIX в. обладала Россия, имевшая статус океанской державы. По плану Морского ведомства Русская антарктическая экспедиция 1819–1821 гг. имела целью производство научных исследований в наименее изученных и наиболее труднодоступных высоких широтах Южного океана. Как писал один из участников подготовки экспедиции капитан I ранга И.Ф. Крузенштерн, «для изведения стран около Южного полюса с большею точностью, нежели сколько известно об оных поныне». В поисках Антарктиды военным шлюпам «Восток» и «Мирный» предстояло пересечь «ревушие сороковые» и «неистовые пятидесятые» южные широты, преодолеть пояс дрейфующих айсбергов и полярных льдов.

Антарктиду часто называют «ледяной континент». Это справедливо. Мощный слой льда покрывает почти весь континент. Лишь около 0,3 % его поверхности свободно ото льда (30–40 тыс. км²). Огромная масса льда заполнила все неровности коренного ложа, оставив на поверхности лишь наиболее высокие хребты и отдельные вершины. Наибольшая высота ледника – около 4000 метров над уровнем моря – зафиксирована в центре Восточной Антарктиды (82° ю.ш., 75° в.д.). Средняя высота поверхности Антарктиды составляет 2020 метров [Трешников, 1980].

Нельзя не удивляться явной асимметрии полярных областей нашей планеты. Северная полярная область Земли – Арктика, в центре которой между полярными окраинами

Евразии и Северной Америки расположен Северный Ледовитый океан. Его площадь около 15 млн км². В Южной полярной области – Антарктике, напротив, в центре – континент Антарктида, окруженный океаном и тем самым весьма удаленный от других континентов. Антарктида почти полностью находится в пределах Южного полярного круга (66°34' S). Ее площадь почти 14 млн км². Таким образом, сравнимые по площади приполюсные географические пространства принципиально различны. На Севере – океан, в большой степени окруженный сушей; на Юге – покрытый льдом континент в непрерывном кольце суровых вод Южного океана [Ионов, Лукин, 20176]. В Северном полушарии Земли морские льды наблюдаются как в собственно полярной области, так и далеко за ее пределами. В противоположность этому в Южном полушарии морские льды наблюдаются только в пределах Антарктики.

Два с половиной века назад столь явная несхожесть полярных областей Земли совершенно не предполагалась мореплавателями и учеными. Одной из ошибочных идей Птолемея, оказавшей огромное влияние на географическое мировоззрение, было представление об обширной земле на юге, которую он называл Terra Australis Incognita – «неизвестная южная земля». На вычерченной им мировой карте эта неизвестная земля оконтуривает Индийский океан с юга. Арабы же знали, что Индийский океан с юга открыт. Но очень многие либо ничего не слышали о сочинениях арабов, либо не доверяли им. Когда Магеллан плыл через пролив у южной оконечности Южной Америки, он был убежден, что Огненная земля – часть птолемеевой южной суши [Джеймс, Мартин, 1988].

Антарктикой называют область земного шара, расположенную вокруг Южного географического полюса; внутренняя ее часть занята материком, внешняя – водами Южного океана. Следовательно, граница Антарктики должна проходить там, где лежит северный предел распространения типично антарктических вод [Буйницкий, 1953].

Фронтальная зона, где поверхностные антарктические воды уходят на глубину, вступая на поверхности океана в непосредственный контакт с более теплыми субантарктическими водами, носит название «антарктическая конвергенция» [Буйницкий, 1973], в последние годы ее все чаще называют «полярный фронт» [Ионов, Лукин, 2017a].

Из отчетов Беллинсгаузена [Беллинсгаузен, 1949]

1820 г. «18 февраля. Погода при густом снеге была так бурна и пасмурна, что ежели бы и в самом деле встретили льдину, то не прежде бы оную увидели, как на расстоянии $\frac{3}{4}$ кабельтова.... Впрочем, сей случай представил нам живо всю опасность, какой мы подвергались: неведение о льдах, буря, море, изрытое глубокими ямами, величайшие поднимающиеся волны, густая мрачность и таковой же снег, которые скрывали все от глаз наших, и в сие время наступила ночь; бояться было стыдно, а самый твердый человек внутренне повторял: Боже, спаси!»

1820 г. «8 ноября. В полдень в носовой каюте оказалась течь... надлежащих против сего мер в нашем положении взять не было возможности и места, а время года, лучшее для плаванья в южном полушарии, нам не позволяло переменять нашего намерения. ...Убавление всего рангоута и парусов и понижение всей артиллерии довольно ощутительно уменьшило движение верхней части шлюпа “Восток”, однако же я не смел нести много парусов, дабы чрез то, умножая ход, не увеличить течи в носовой части. Итак, мы, большим трудом преодолев одно неудобство шлюпа, были заняты другим, несравненно важнейшим, которое могло произвести гибельные последствия. Не имея средства ему помочь, я имел одно утешение в мысли, что отважность иногда ведет к успехам».

1820 г. «2 декабря. В 10 часов оба шлюпа приведены в бейдевинд; в сие время настала мрачность и пошел снег, а вскоре за сим последовала буря. Порывы ветра набегали ужасные, волны поднимались в горы, и подветренные их стороны были особенно круты; морозу тогда было 3°; волны быстро неслись, море покрылось пеною, воздух наполнился водяными частицами, срывааемыми ветром с вершины валов, и брызги сии, смешиваясь с несущимся снегом, производили чрезвычайную мрачность, и мы далее двадцати пяти сажен ничего не видели. Таково было наше положение при наступлении ночи! До начала бури пасмурный горизонт уже не позволял нам видеть далеко вперед, отчего и не могли избрать места свободного от льда; нас дрейфовало наудачу, и мы беспрестанно ожидали кораблекрушения».

Несмотря на тяжелые условия ледового плавания, благодаря выдающемуся морскому искусству М.П. Лазарева – командира «Мирного» – парусные шлюпы «Восток» и «Мирный» ни разу не разлучались за все время плавания в антарктических водах в темные ночи и при непрерывных штормах. По подсчетам Ю.М. Шокальского [Шокальский, 1928], «Кук прошел к югу от 60° на расстоянии 125° долготы и 24° к югу от Полярного круга (66° 33')». Беллинсгаузен же прошел 242° долготы к югу от широты 60° и 41° долготы к югу от Полярного круга, иначе говоря почти три четверти окружности 60-й параллели, т.е. совершил беспрецедентное плавание в Южном океане. Ни одного дня летнего времени не было упущено для проникновения в тайны южных полярных стран и доказано, что к северу от 60° ю.ш. не надо искать берегов Южного материка, т.е. именно *благодаря плаванию русских моряков его границы были точно намечены*» (курсив наш. – В. И.).

Мало того, русские моряки обнаружили первые действительно антарктические земли – остров Петра I и Землю Александра I – в столь высоких широтах, как 68°–69° ю.ш. [Encyclopedia of the Antarctic, 2007]. Это были искуснейшие навигаторы и бесстрашные моряки, герои-первооткрыватели.

Даже в конце XX в. для несравненно более совершенных и мощных судов навигации в Южном океане нередко и надолго прерывались ледовым пленом. Так, ледокольно-транспортное научно-экспедиционное судно (НЭС) Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (АНИИ) «Михаил Сомов» – флагман советского антарктического исследовательского флота в 1975–1987 гг. – трижды совершал вынужденный ледовый дрейф в Южном океане: в 1977, 1985 и 1991 гг.

В 1985 г. в сложных условиях экипаж судна «Михаил Сомов» выдержал дрейф с 15 марта по 26 июля во льдах Тихоокеанского ледяного массива Антарктики. К 15 мая НЭС оказалось на 73°55' ю.ш. и 147° з.д. В результате продолжительных ветров северо-восточных румбов, достигавших 25 м/с, массив льда стал прижиматься к берегу. Винт и руль «Михаила Сомова» заклинило, а корпус оказался на подушке из ледяной каши. Северная кромка льда, находившаяся по курсу судна, переместилась на север до 65° ю.ш. Правительство СССР приняло решение об организации экспедиции спасения на одном из ледоколов. Для этого 12 июня из порта Находка был снаряжен и отправлен на юг арктический ледокол «Владивосток». От чистой воды «Михаила Сомова» отделяло 1000 км ледяных просторов, свидетельствовал участник спасательной экспедиции, руководитель научно-оперативного отряда океанолог А.М. Козловский [Козловский, 2010].

«26 июля с обоих судов были замечены огни и ледокол вошел в широкое разводе, протянувшееся на много миль с северо-востока к краю льдины, где стоял «Михаил Сомов»» [Козловский, 2010]. В 17 ч 30 мин по судовому времени ледокол подошел к ледяному полю,

в четырех кабельтовых от края которого среди сглаженных снегом торосов был «Михаил Сомов». 74'54" ю.ш. и 153'05" з.д. – конечная точка 133-суточного дрейфа.

«Плавание ледокола “Владивосток” в высоких широтах Южного полушария является выдающимся событием в истории исследования Антарктики. В разгар полярной ночи судно дважды пересекло зону дрейфующих 10-балльных льдов Южного океана. Общая протяженность маршрута составляла около 3500 км. Впервые ледокол, который был построен специально для работы на ледовых трассах Арктики, не приспособленный для океанского плавания, совершив переход по просторам Мирового океана, пересек “ревушие сороковые” и “неистовые пятидесятые” широты Южного океана». Он прошел через все климатические зоны Земли – от полярных районов, где температура воздуха понижалась до – 40°, до экваториальной зоны с температурой воздуха до 36 °С. Температура в жилых помещениях ледокола во время всего перехода через тропики была такой же, а в машинном отделении повышалась до 55 °С. Нужно добавить, что выполнявший спасательную миссию ледокол был предоставлен самому себе. На огромных просторах Южного океана, закованных в лед, не было ни одного судна, которое в случае ЧП могло оказать хотя бы символическую помощь [Козловский, 2010].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беллинсгаузен Ф.Ф. Двукратные изыскания в Южном Ледовитом океане и плавание вокруг света в продолжение 1819, 1820 и 1821 годов, совершенные на шлюпах «Востоке» и «Мирном». М.: Гос. изд-во геогр. лит., 1949. 367 с.
2. Буйницкий В.Х. Антарктика. М.: Гос. изд-во геогр. лит., 1953. 71 с.
3. Буйницкий В.Х. Морские льды и айсберги Антарктики. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. 255 с.
4. Джеймс П., Мартин Дж. Все возможные миры. М.: Прогресс, 1988. 672 с.
5. Ионов В.В., Лукин В.В. Десять лет мониторинга климатических значащих термических характеристик поверхности Южного океана на основе прямых и спутниковых наблюдений // Проблемы Арктики и Антарктики. 2017а. № 3. С. 5–15.
6. Ионов В.В., Лукин В.В. Южный океан: необщепризнанный гидроним или самостоятельный географический объект? // Изв. РАН. Серия геогр. 2017б. № 5. С. 129–136.
7. Козловский А. 2010. URL: <http://www.ivki.ru/kapustin/journal/kozlovskiy3.htm>
8. Трешников А.Ф. Антарктика: исследования, открытия. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 120 с.
9. Шокальский Ю.М. Столетие со времени отправления Русской антарктической экспедиции под командою Ф. Беллинсгаузена и М. Лазарева 4 июля 1819 г. из Кронштадта // Изв. РГО. 1928. Т. 60. Вып. № 2. С. 175–212.
10. Encyclopedia of the Antarctic / ed. B. Riffenburgh. NY: Routledge, 2007. 1232 p.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КЛИМАТА НА ПОБЕРЕЖЬЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

А.Р. Иошпа, А.В. Парфенова, А.О. Стрюцкая

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
aiosha@yandex.ru*

В настоящее время самой актуальной проблемой современности является оценка динамики климата. Этому вопросу посвящено большое количество работ [Переведенцев, Шанталинский, 2015; ВМО, 2020; Вклад рабочих групп ...]. Основную роль в формировании климата в любом регионе играют циркуляционные процессы, происходящие в атмосфере. Особую роль в изучении данного явления играет взаимосвязь атмосферной циркуляции и опасных природных явлений [Малик, 1960; Груза, Ранькова, 2003], негативно влияющих на жизнедеятельность людей.

В данной работе рассматривается пространственно-временная изменчивость атмосферной циркуляции и температуры воздуха у поверхности земли на побережье Азовского моря, где за последние несколько десятилетий происходят значительные изменения температуры воздуха [Дроздов, Смирнов, 2013; Ильвицкая, Иошпа, 2015; Матишов, 2015; Стрюцкая, 2018].

База составлена из данных ВНИИГМИ-МЦД, The Global Historical Climatology Network (GHCN) и ВМО. Исследование проводилось на основе полученных архивных данных среднемесячной и среднегодовой температуры, имеющих непрерывный ряд метеорологических наблюдений за период с 1905 по 2019 г. в их региональном проявлении на 3 метеорологических станциях (Ростов-на-Дону, Приморско-Ахтарск, Таганрог).

Анализ приземной температуры воздуха на всех станциях показал положительный тренд роста среднегодовой температуры от 0,5 до 1,4 °С за весь рассматриваемый период (рис. 1).

Среднегодовой ход температуры воздуха на протяжении 115-летнего периода можно разбить на два цикла:

- 1-й цикл длился с 1906 по 1955 г., в нем наблюдался отрицательный тренд и похолодание составило порядка 0,2–0,3 °С (рис. 2);
- 2-й цикл – с 1956 по 2019 г., в котором наблюдается значительное повышение температуры воздуха, соответственно положительный тренд.

Современное региональное потепление за последний 55-летний период времени реализуется в виде положительных аномалий приземной температуры воздуха, повторяемость которых значительно увеличилась в последние 15 лет. Одна из причин этих изменений – атмосферная циркуляция.

Согласно исследованиям [Малик, 1960; Груза, Ранькова, 2003; Матишов, 2015; Переведенцев, Шанталинский, 2015;], на рассматриваемой территории можно выделить четыре группы синоптических типов: циклонические, антициклонические, фронтальные, тип однородных потоков воздушных масс. Наибольшей длительностью отличаются типы ситуаций однородных потоков воздушных масс и антициклональных воздействий,

наименьшей – широтно расположенные фронты, идущие обычно одиночно. Меридиональные фронты с запада и теплые фронты черноморских циклонов ослабевают в подавляющем числе случаев при прохождении через рассматриваемую территорию.

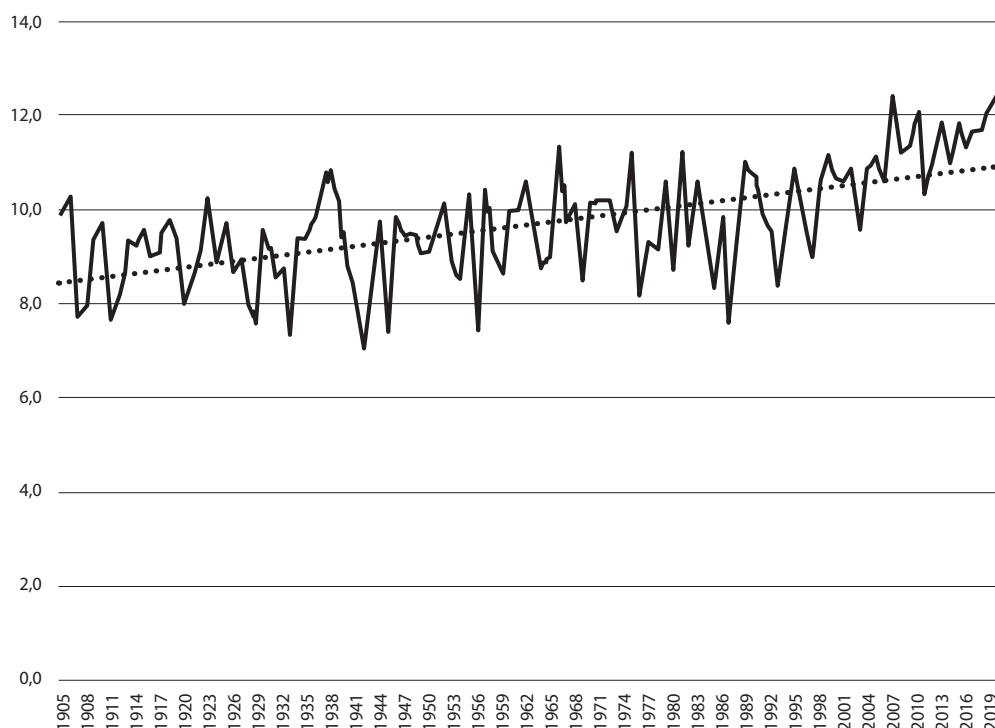


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха на побережье Азовского моря за 115-летний период

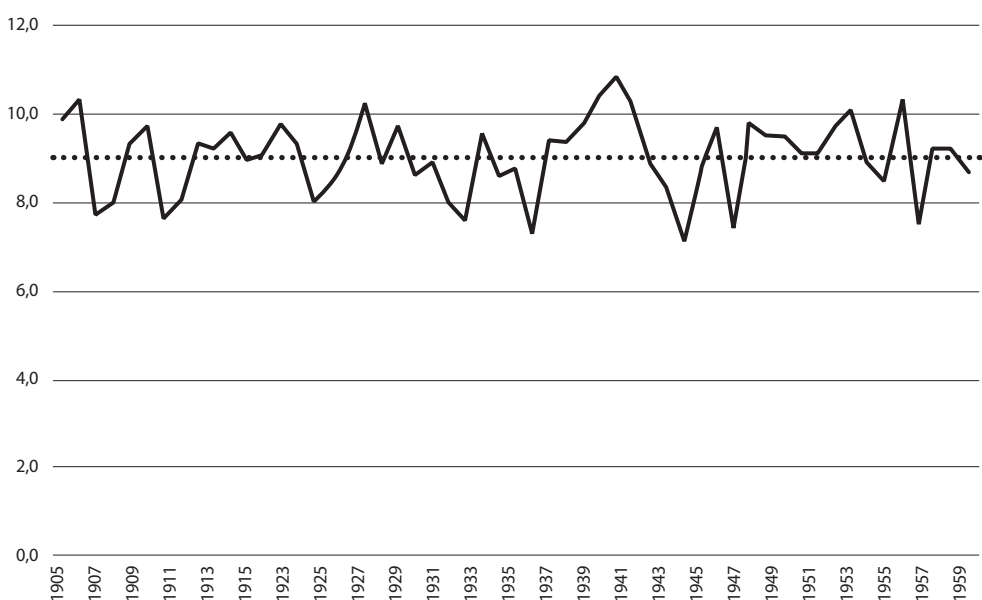


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха на побережье Азовского моря за 55-летний период

Анализ циркуляционных процессов был проведен на основе исследования архивных данных среднемесячных, сезонных и годовых значений атмосферного давления, приведенного к уровню моря за период 1990–2019 гг.

На основе полученных данных были проанализированы сектора и траектория выхода барических образований за 30-летний период по сезонам на исследуемую территорию, данные за зимний период представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Повторяемость барических образований зимой по направлению перемещения
за период 1990–2019 гг.**

Барическое образование / направление	с	с-в	в	ю-в	ю	ю-з	з	с-з
Циклон	256	74	27	8	114	188	122	465
Антициклон	74	82	215	43	78	134	422	332
Средняя продолжительность, дней/год	11	5	8	2	6	11	18	27
Средняя продолжительность циклонов, дней/год	9	2	1	0	4	6	4	16
Средняя продолжительность антициклонов, дней/год	2	3	7	1	3	4	14	11

Наибольшая повторяемость дней с синоптическими процессами приходится на выходы барических образований с запада и северо-запада и составляет 18 и 27 дней в год, а выхода циклонов с юго-восточного направления за исследуемый период не удалось зафиксировать.

Антициклоны преобладают в количественном соотношении: наибольшая повторяемость приходится на западное, а также северо-западное направления. Менее часто у обоих барических образований были зафиксированы выходы с юго-востока.

Как видно из таблицы 1, в зимний период на рассматриваемой территории наблюдается усиление циклонической деятельности и ослабление антициклонической, это связано с изменениями крупномасштабной атмосферной циркуляции.

Анализ динамики барических образований выявил следующее: оба барических образования подвергаются флуктуациям. За период 1990–2019 гг. произошло умеренное увеличение количества дней с циклонами и незначительное уменьшение – с антициклонами. Для циклонов переломным годом стал 2010 г., в то время как у антициклонов такая тенденция началась значительно раньше – в 2002 г.

Динамика атмосферной циркуляции также изменяется по сезонности. В данной работе для исследования изменения циркуляции был выбран зимний период. Именно в этот сезон происходят наиболее активные выходы циклонов и антициклонов, вследствие чего можно проследить динамику атмосферной циркуляции.

Таблица 2

**Повторяемость барических образований зимой
за период 1990–2019 гг.**

	Циклоны	Антициклоны
Общее количество (за 30 лет)	1254	1380
Средняя продолжительность, дней/год	42	46

В таблице 2 приведена повторяемость дней с влиянием барических образований в зимний период. Из нее следует, что за исследуемый 30-летний период число дней с влиянием антициклонической деятельности выше, чем циклонов над югом Европейской территории России. Средняя продолжительность числа дней влияния барических образований в году над выбранной местностью составила 42 и 46 для циклонов и антициклонов соответственно.

Анализ температурных условий последних лет показывает тенденцию потепления погодных и климатических условий. На протяжении данного периода времени наблюдается смена холодных периодов периодами постепенного потепления.

Таким образом, несмотря на суммарное превышение числа антициклонов над циклонами по продолжительности пребывания над югом Европейской территории России зимой за период 1990–2019 гг., наиболее частое направление выхода барических образований – циклонов зафиксировано с северо-западного сектора.

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. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвёртый доклад об оценке МГЭИК [Пачаури Р.К., Райзингер А. и основная группа авторов (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария. 104 с.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Известия Академии наук. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. С. 166–185.
3. Дроздов В.В., Смирнов Н.П. Многолетняя динамика температуры воздуха в экономически важных районах Черноморского региона и процессы, ее определяющие // Ученые записки РГГМУ. 2013. № 29. С. 43–63.
4. Ильвицкая А.А., Иошпа А.Р. Анализ изменений температуры воздуха на Азово-Черноморском побережье Краснодарского края // Актуальные проблемы наук о Земле. Сб. трудов науч. конф. студентов и молодых ученых с междунар. участием. Ростов н/Д., 2015. С. 281–283.
5. Малик С.А. Некоторые данные о климате свободной атмосферы над Северным Кавказом и Нижним Доном // В кн.: Авторефераты научно-исследовательских работ за 1959 г. Ростов-н/Д., 1960. 38 с.
6. Матишов Г.Г. Климат и океанографические исследования северных и южных морей // Вестник Кольского научного центра РАН. 2015. № 2 (21). С. 11–19.
7. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Динамика тропо- и стратосферы и изменения современного климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. № 1. С. 211–231.
8. Стрюцкая А.О., Соловей Л.А., Ильвицкая А.А., Коротун В.А., Иошпа А.Р. Динамика изменения профилей температуры в приземном слое на побережье Азовского моря // Геонауки: проблемы, достижения и перспективы развития. Мат-лы Всерос. молодежн. науч.-практ. конф. 2018. С. 95–97.
9. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019 // WMO. No. 1248, 2020. URL: library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700#.Xnkb0ogzZPY.

СМЕРЧИ НАД ЧЁРНЫМ МОРЕМ – НОВАЯ ВИЗИТНАЯ КАРТОЧКА ЮГА РОССИИ

О.В. Калмыкова

*НПО «Тайфун», г. Обнинск Калужской обл.
kov@feerc.ru*

В работе дано современное представление о смерчах над Чёрным морем, возникающих у побережья Краснодарского края и Республики Крым. По результатам анализа собранного архива смерчей за период с 2010 по 2020 г. уточнена их ежегодная повторяемость, получены вероятностные распределения смерчей по месяцам и по времени суток, построена карта смерчеопасности прибрежных участков акватории Чёрного моря. Проанализирована успешность автоматизированного прогноза черноморских смерчей за период 2018–2020 гг.

Первые оценки ежегодной повторяемости смерчей над Чёрным морем в нашей стране были даны в первой половине XX в. в работах Д.К. Старова и Н.И. Попова – не более 2–3 смерчей в год [Старов, 1935; Попов, 1955]. В более поздней работе Д.В. Наливкина упоминаются 24 смерча над Чёрным морем, которые были зарегистрированы в течение 6 лет, т.е. в среднем 4 смерча в год [Наливкин, 1984]. В каталоге смерчей [РБ-022–01, 2002], охватывающем период с 1954 по 2001 г., содержатся данные о 45 смерчах над Чёрным морем, при этом их ежегодное количество варьируется от одного до семи и в среднем составляет 3 смерча в год. Таким образом, вплоть до конца XX в. черноморские смерчи считались известным, но не часто наблюдаемым явлением юга России.

В наше время в эпоху массового использования смартфонов и планшетов, имеющих выход в сеть Интернет, и, как следствие, роста публикационной активности людей, появилась возможность вести более точную статистику случаев возникновения опасных явлений, и смерчей в частности. Учет сообщений очевидцев позволил пересмотреть сложившееся представление о черноморских смерчах. В недавней работе автора, посвященной исследованиям смерчей у Черноморского побережья России, были даны следующие уточненные оценки их ежегодной повторяемости – около 40 смерчей в год [Калмыкова, 2019]. Это количество было получено по результатам обобщения данных о смерчах над Чёрным морем за период с 2014 по 2016 г. Таким образом, по сравнению с данными конца XX в., в настоящий момент отмечается практически десятикратное увеличение ежегодной повторяемости смерчей. Помимо вышеупомянутых субъективных причин указанного роста следует принять во внимание возможные последствия изменения климата. Исходя из новых реалий, черноморские смерчи уже нельзя рассматривать как редкое явление, поэтому возникает потребность в их своевременном прогнозировании. В работе [Калмыкова, 2021] описывается первая известная методика прогноза смерчей в прибрежной акватории Чёрного моря, внедренная в оперативную практику Росгидромета.

В исследованиях, продолжающих работы по черноморским смерчам, были расширены временные рамки исследуемого архива случаев их появления – с 2010 по 2020 г. Архив смерчей за период с 2014 по 2016 г., который ранее был составлен из сообщений очевидцев, был дополнен данными о 40 смерчах из официальных донесений к штормовым предупреждениям.

На рисунке 1 показано распределение количества смерчей и дней со смерчами по годам. Всего за рассматриваемый 11-летний период было зарегистрировано 518 смерчей. С 2010 по 2012 г. прослеживается устойчивая тенденция роста как числа смерчей, так и дней со смерчами. Отчасти это может быть связано с увеличением с течением времени упоминаний о смерчах в СМИ и в сети Интернет. В этот период вероятно недооценка смерчей. Начиная с 2013 г. значения рассматриваемых показателей варьируются от года к году, и в их распределении нет явной тенденции на рост или снижение. Количество дней со смерчами характеризуется меньшим разбросом значений, чем количество смерчей, что, очевидно, обусловлено более высокой устойчивостью данного показателя к их субъективному учету, особенно в случае массового появления смерчей.



Рис. 1. Распределение количества смерчей и дней со смерчами по годам

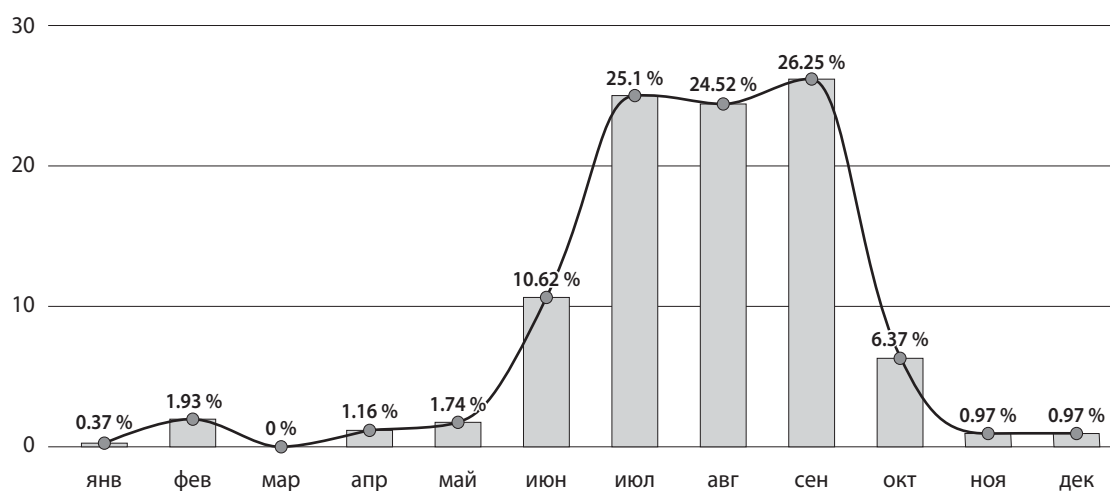


Рис. 2. Распределение вероятности появления смерчей по месяцам года

По данным за период 2013–2020 гг., который представляется наиболее показательным для расчета характеристик смерчей, каждый год у Черноморского побережья России возникают около 50 смерчей, что несколько выше аналогичных оценок, полученных ранее в работе [Калмыкова, 2019] за более короткий промежуток времени. Ежегодное

количество дней со смерчами примерно соответствует одному календарному месяцу. Вероятность повторного появления смерчей в один и тот же день оценивается в среднем в 40 %. Наибольшее число смерчей приходится на период с июля по сентябрь, при этом вероятность их возникновения в течение каждого из этих месяцев практически одинакова (рис. 2). По времени суток смерчи чаще всего регистрируют в первой половине дня – с 6 до 11 ч по ВСВ (рис. 3).

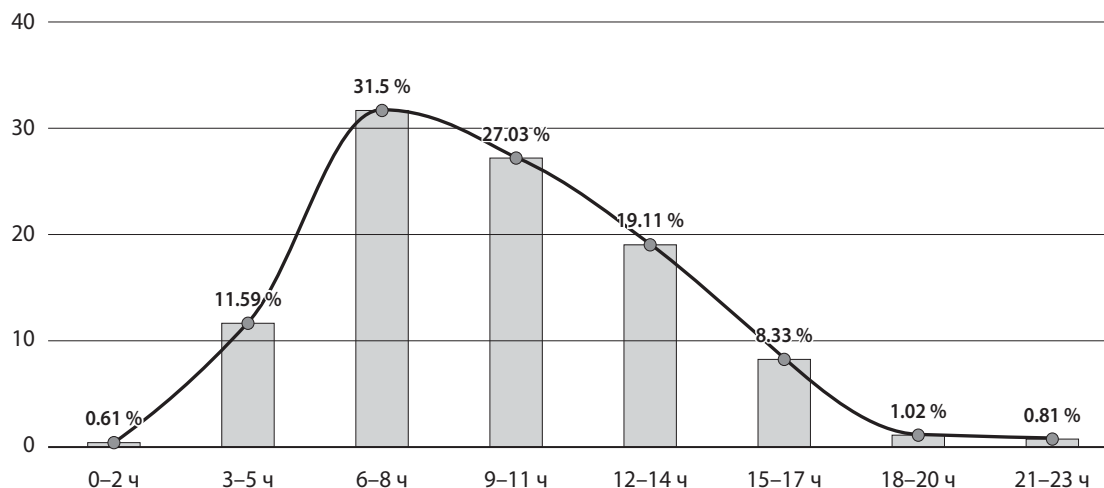


Рис. 3. Распределение вероятности появления смерчей по времени суток

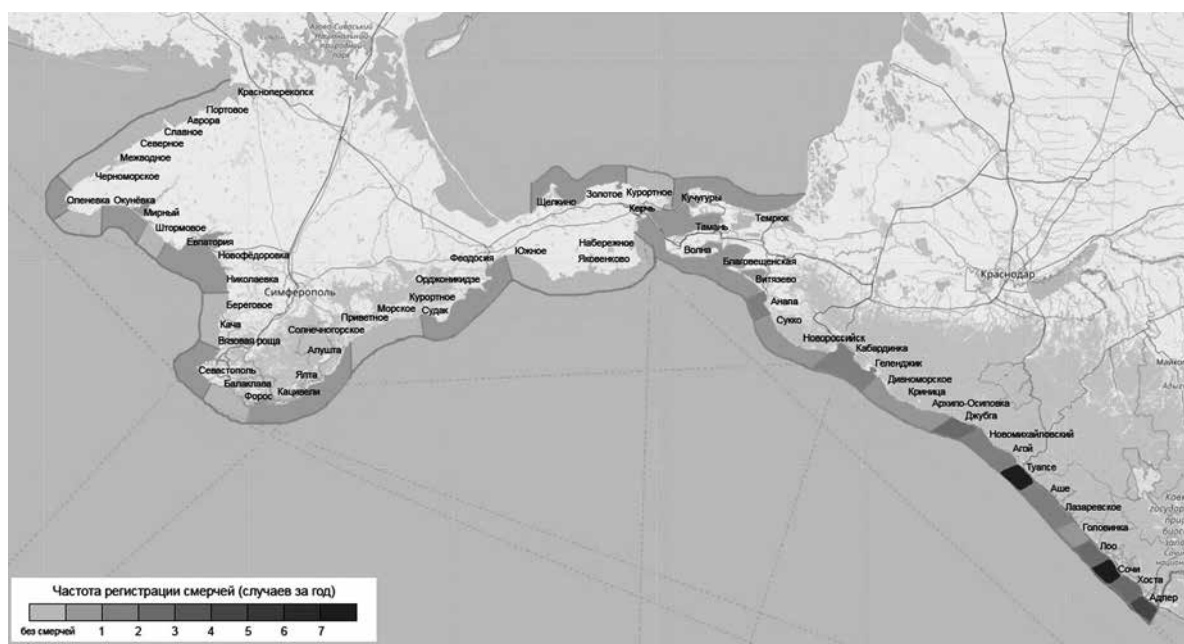


Рис. 4. Карта смерчеопасности участков Черноморского побережья России

На рисунке 4 показана карта смерчеопасности различных участков Черноморского побережья России, построенная на основе данных собранного архива смерчей. Смерчеопасность оценивается по частоте их регистрации. Для расчета частоты всё побережье было разделено на участки протяженностью от 10 до 15 км. Учитывались также и приграничные с Чёрным

морем участки Азовского побережья. Из рисунка 4 видно, что чаще всего (более 7 смерчей в год) смерчи возникают в центральной части Сочи и Туапсе. В Адлерском районе Сочи в среднем за год регистрируются от 4 до 5 смерчей. От 2 до 3 смерчей в год формируются у побережья Хостинского и Лазаревского районов Сочи и у поселка Джубга. В Анапе, Новороссийске, Геленджике, в поселках Агой и Новомихайловский за год можно наблюдать от 1 до 2 смерчей. В Крыму смерчи достаточно редки – за год в среднем возникают 3–4 смерча, в основном вблизи юго-восточного и юго-западного побережья.

В таблице 1 представлены значения показателей успешности автоматизированного прогноза черноморских смерчей по разработанной автором методике за период с июня по октябрь на протяжении трех лет – с 2018 по 2020 г. Данные относятся к прогнозу смерчей вблизи Черноморского побережья Краснодарского края, построенному на базе выходной продукции численной модели COSMO-Ru2 Гидрометцентра России. Важной и пока нерешенной (в том числе и для всего мирового научного сообщества) задачей, связанной с прогнозом смерчей, остается снижение доли ложных тревог – прогнозируемая смерчеопасность зачастую оказывается избыточной. При этом из таблицы 1 видно, что оправдываемость прогноза отсутствия смерчей достаточно высока. Иными словами, если смерчи не прогнозируются, то они, как правило, действительно не возникают.

Таблица 1

**Показатели успешности автоматизированного прогноза
черноморских смерчей за июнь – октябрь 2018–2020 гг.**

Год	Показатели успешности прогноза								
	U _я , %	U _{б.я} , %	U, %	П _я , %	П _{б.я} , %	FAR, %	T	H	EDI
2018	43	96	78	85	76	57	0,608	0,441	0,792
2019	29	92	72	64	73	71	0,369	0,244	0,490
2020	35	97	77	85	75	65	0,607	0,379	0,800

Примечание: U_я – оправдываемость прогноза наличия смерчей, U_{б.я} – оправдываемость прогноза отсутствия смерчей, U – общая оправдываемость прогноза, П_я – предупрежденность смерчей, П_{б.я} – предупрежденность отсутствия смерчей, FAR – доля ложных прогнозов, T – критерий Пирси – Обухова, H – критерий Багрова – Хайдке, EDI – индекс экстремальной зависимости.

Подводя итог, хотелось бы отметить следующее. До недавнего времени смерчам над Чёрным морем не уделялось должного внимания, поскольку они воспринимались как крайне редкое явление. В наше время благодаря более полному учету случаев регистрации смерчей, чему главным образом способствуют сообщения очевидцев, удалось получить более соответствующие действительности оценки их ежегодной повторяемости. По этим оценкам черноморские смерчи из редких перешли в разряд характерных для юга нашей страны метеорологических явлений, возникающих, как правило, с июня по октябрь. В этой связи становится актуальной задача прогнозирования вероятности их образования. По недавно разработанной методике оценки смерчеопасности удается успешно выявлять условия, благоприятные для формирования смерчей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калмыкова О.В.* Методика оценки смерчопасности вблизи Черноморского побережья России и результаты ее испытаний // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. Инф. сб. 2021. № 48. С. 42–61.
2. *Калмыкова О.В.* Оценка смерчопасности вблизи Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Крым: автореф. ... канд. физ.-мат. наук: 25.00.30. Обнинск, 2019. 30 с.
3. *Наливкин Д.В.* Смерчи. М.: Наука, 1984. 112 с.
4. *Попов Н.И.* Смерчи на побережье Чёрного моря // Метеорология и гидрология. 1955. № 5. С. 35–37.
5. РБ-022–01. Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии: утв. постановлением Госатомнадзора России от 28 декабря 2001 г. № 17 // Вестник Госатомнадзора России. 2002. № 1. С. 59–90.
6. *Старов Д.К.* Смерчи на Чёрном и Азовском морях // Записки по гидрографии. 1935. № 1. С. 56–58.

ПОСТУПЛЕНИЕ СОЛЕННЫХ ВОД В ДЕЛЬТУ ДОНА ВО ВРЕМЯ НАГОНОВ В XX–XXI вв.

А.В. Клещенко, Д.Д. Хвостенко

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

Наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения привели к значительной трансформации условий среды в бассейне Дона и Азовском море. Период маловодья Дона, фиксируемый в течение последних 15 лет и являющийся самым длительным за предшествующие 100 лет, привел к значительному сокращению пресного стока в Таганрогский залив Азовского моря и росту солености как в собственно море, так и в Таганрогском заливе. Средняя соленость моря увеличилась до 14 ‰ (в 1970-е гг. эта соленость рассматривалась как критическая для экосистемы моря), Таганрогского залива – до 10 ‰ [Дашкевич и др., 2017], при этом анализ экспедиционных данных океанологических съемок 2019–2021 гг. свидетельствует о продолжающемся росте солености. Следует отметить, что темпы роста среднегодовой солености воды в море сегодня более значительны, чем в предшествующий период маловодья в середине 1970-х гг. [Бердников и др., 2019а]. В связи с этим возрастает актуальность исследования поступления соленых морских вод в дельту Дона, где расположены водозаборы городов Ростовской агломерации, наиболее крупные из которых Ростов-на-Дону, Азов и Таганрог.

Для анализа поступления осолоненных вод в дельту Дона нами были рассмотрены литературные и фондовые данные за период 1973–2010 гг. и результаты собственных наблюдений за соленостью за период 2014–2021 гг. в створе гидропоста Азов, расположенного в 16 км от морского края дельты.

Основные условия проникновения соленых вод в дельту определяются гидрологической структурой и гидродинамикой вод Таганрогского залива, объемом пресного речного стока в Таганрогский залив, качеством речной воды, главным образом минерализацией, на устьевом участке Дона и сгонно-нагонными колебаниями уровня [Матишов, 2017; Бердников и др., 2019б]. Современные изменения этих условий приводят к увеличению роли морских факторов в развитии дельты и увеличению частоты проявления и абсолютных значений солености воды, поступающей в дельту Дона.

В литературе отмечалось, что при нагоне в 1976 г. была достигнута соленость воды более 1 ‰ у Ростова-на-Дону, а в 1979, 1981 и 1990 гг. у г. Азова и х. Дурино ветровые нагоны обуславливали соленость воды до 2–3 ‰ [Цимлянское водохранилище ... 2011; Магрицкий, 2016]. Однако уже в 2014 г. во время экстремального нагона в Азове была зафиксирована соленость 5,6 ‰, а во время сильного нагона в феврале 2021 г. – 6,9 ‰.

Ретроспективный анализ поступления соленых вод в дельту показывает увеличение значений солености при одинаковых уровнях подъема воды во время нагонов в створе ГП Азов (рис. 1). В целом можно отметить, что сокращение пресного стока Дона приводит к росту солености поступающих в дельту вод вследствие увеличения солености Таганрогского залива и смещения фронтальной зоны 7–10 ‰ на восток. Так, зимой 2021 г. в услови-

ях формирования указанной фронтальной зоны в районе траверза Павло-Очаковской косы в восточной части залива и зимней межени без навигационных попусков с характерными расходами в вершине дельты порядка 220–230 м³/с при сильном нагоне с достижением неблагоприятных отметок в период с 12 по 14 февраля соленость воды в открытом русле р. Дон на ГП Азов 14.02.2021 была зафиксирована на уровне 5,3 ‰, а к концу дня в водопроводной сети г. Азов – 6,9 ‰. Годом ранее, в апреле 2020 г., при почти таких же расходах воды в вершине дельты (около 240 м³/с) и уровнях воды соленость в створе ГП Азов поднялась всего до 1 ‰, так как градиентная зона располагалась значительно западнее, что обусловлено тем, что среднемесячные расходы воды в октябре – декабре 2019 г. на ГП Раздорская составляли 434–513 м³/с, а в октябре – декабре 2020 г. лишь 287–309 м³/с.

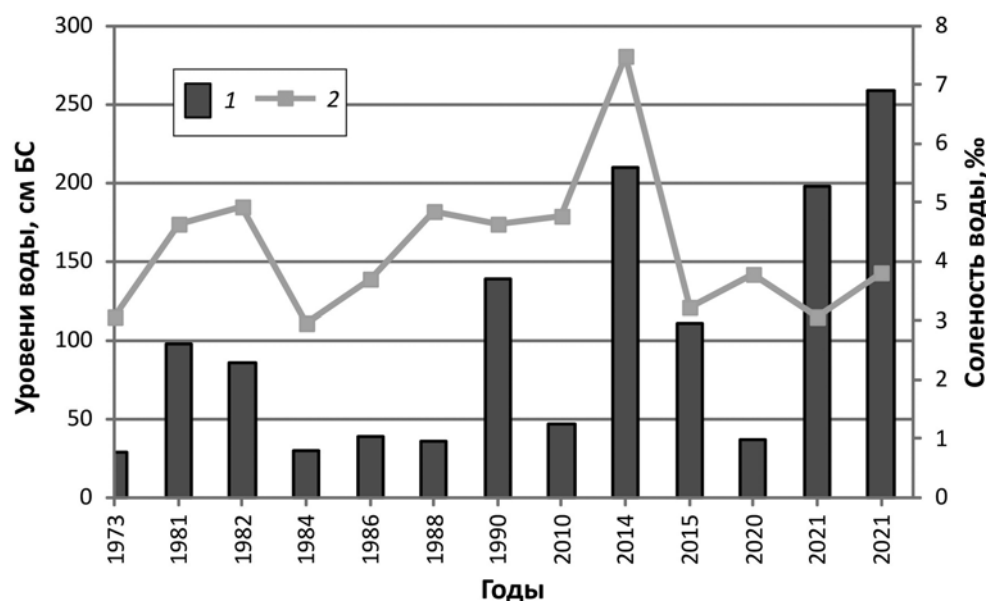


Рис. 1. Соленость (1) и уровень воды (2) во время нагонов на ГП Азов в 1973–2021 гг.

Современные тенденции развития устьевой области Дона, такие как продолжающийся период маловодья, рост солености моря и Таганрогского залива, рост относительного уровня Азовского моря [Михайлов и др., 2015], рост среднегодовой минерализации воды на устьевом участке Дона, существующие планы по сокращению навигационных попусков через Цимлянский гидроузел до 180 м³/с в течение двух третей года, после ввода в эксплуатацию строящегося Багаевского гидроузла позволяют ожидать увеличения напряженности ситуации с проникновением соленых вод в дельту. Причем важно отметить, что негативные последствия поступления соленых вод касаются не только таких очевидных вопросов, как качество воды, поступающей в водозаборы (прежде всего в части общей минерализации, жесткости и концентрации хлоридов и сульфатов), но и гораздо более широкого комплекса последствий.

Одним из них является судьба взвешенного вещества в системе «река – море», зависящая от пространственного положения фронта взаимодействия речных и морских вод и осаждения взвеси в зоне падения скоростей и изменения плотности воды, а также время нахождения этой зоны и ее устойчивость в конкретной зоне устьевой области Дона (будь это рукава дельты или устьевое взморье). В этом ключе увеличение частоты и про-

должительности нахождения зоны взаимодействия речных и морских вод в дельте Дона по сравнению с предшествующим периодом будет во многом определять условия заиления и зарастания дельты.

Работа выполнена 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)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX – начале XXI в. // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019а. Т. 2. № 2. С. 7–19.
2. Бердников С.В., Клещенок А.В., Григоренко К.С., Олейников Е.П., Московец А.Ю., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В., Сорокина В.В., Сойер В.Г. Результаты морских научных исследований Южного научного центра Российской академии наук в Азовском море в 2003–2018 гг. Ч. 1: Гидрология и гидрохимия // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019б. Т. 2. № 3. С. 7–19.
3. Дашкевич Л.В., Бердников С.В., Кулыгин В.В. Многолетнее изменение средней солености Азовского моря // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 5. С. 563–572.
4. 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., посвящ. 100-летию Пермского государственного национального исследовательского университета / под ред. А.Б. Китаева. Пермь, 2016. С. 35–41.
5. Матишов Г.Г., Григоренко К.С. Причины осолонения Таганрогского залива // Доклады Академии наук. 2017. 477 (1). С. 92–96.
6. Михайлов В.Н., Михайлова М.В. Влияние многолетних изменений морских факторов на устья рек // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. № 4. С. 367–379.
7. Цимлянское водохранилище: состояние водных и прибрежных экосистем, проблемы и пути их решения / отв. ред. акад. Г.Г. Матишов. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. 216 с.

МЕТОД ПРОГНОЗА ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БЕРИНГОВА МОРЯ

Ю.В. Любицкий

*Дальневосточный региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, г. Хабаровск
yuvadlub@gmail.com*

Штормовые нагоны на побережье Берингова моря часто наносят значительный материальный ущерб в результате затопления населенных пунктов, размыва транспортных коммуникаций и разрушения гидротехнических сооружений.

При прохождении над Беринговым морем 3–8 ноября 1982 г. глубокого циклона в г. Анадырь были затоплены электростанция, жилые дома, склады и шоссейная дорога, в п. Анапка разрушило водопровод, залило продовольственные и хозяйственные склады, контейнеры.

15–16 декабря 2008 г. были подтоплены расположенные на восточном побережье п-ва Камчатка поселки Корф и Ивашка. В п. Корф затопило восемь жилых домов, котельную, тубдиспансер, трансформаторные подстанции.

15 февраля 2019 г. в п. Корф были залиты несколько жилых домов, взлётно-посадочная полоса аэропорта.

Во время шторма 26 ноября 2020 г. в с. Лаврентия (восточное побережье Чукотского п-ва) были разрушены берегозащитные укрепления.

В 2020 г. в ФГБУ «ДВНИГМИ» разработан метод краткосрочного прогноза изменений уровня моря на побережье и акватории Берингова моря. В настоящее время этот метод проходит оперативные (производственные) испытания в ФГБУ «ДВНИГМИ» и «Камчатское УГМС» Росгидромета.

Основным структурным элементом метода прогноза является модуль, предназначенный для расчета пространственно-временных вариаций сгонно-нагонной составляющей суммарного уровня моря в пределах рассматриваемого объекта по прогнозируемым полям метеорологических характеристик.

В рамках данного модуля используется двумерная нелинейная нестационарная численная модель совместной динамики воды и льда, ранее успешно применявшаяся в методах прогноза уровня моря, разработанных для различных физико-географических районов [Ашик, 2005; Любицкий, 2017].

Для обеспечения корректной постановки граничных условий сеточная область численной модели включает акватории Берингова моря, прилегающей части Тихого океана и частично Чукотского моря (рис. 1). Пространственный шаг сетки модели, состоящей из 597×533 узлов, составляет 7,5 км.

На твердых границах сеточной области модели нормальные к ним компоненты скорости течения и дрейфа льда принимаются равными нулю (условие непротекания). На жидких границах сеточной области для воды используется условие гидростатического изменения уровня моря по «закону обратного барометра» под влиянием вариаций приземного атмосферного давления и импедансное условие, для льда – условие свободного протекания.

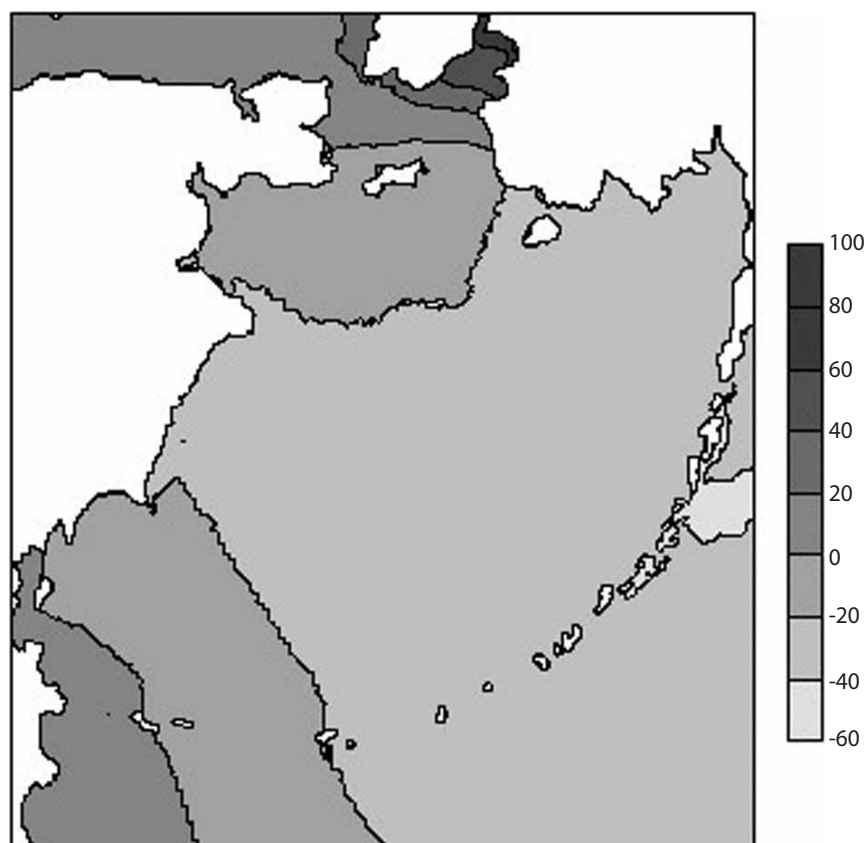


Рис. 1. Рельеф сгонно-нагонной поверхности уровня моря в 00 ч 14.01.2020, рассчитанный по численной модели в рамках прогноза от 12 ч 11.01.2020 (ВСВ), см. Границы рисунка соответствуют границам сеточной области численной модели для расчета изменений сгонно-нагонной составляющей суммарного уровня моря

Форсинг численной модели реализуется с помощью прогностических полей ветра (на высоте 10 м) и приземного атмосферного давления, рассчитываемых в рамках региональной атмосферной модели WRF-ARW [Вербицкая, Романский, 2015]. Значения метеорологических характеристик вводятся в модель с дискретностью, равной одному часу.

Сведения о распределении ледяного покрова на акватории Берингова моря и прилегающих к нему районов формируются по данным Global Forecasting System (<https://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs/>).

Технологическая линия метода прогноза реализована на кластере CRAY XC-40 ФГБУ «Дальневосточное УГМС» и работает в автоматическом режиме.

Заблаговременность прогноза составляет 72 часа. Прогноз рассчитывается два раза в сутки от сроков 00 ч и 12 ч Всемирного скоординированного времени (ВСВ).

Файлы с информацией об ожидаемых ежечасных значениях суммарного уровня моря, его сгонно-нагонной и приливной составляющих в береговых пунктах, перечень которых сформирован в соответствии с пожеланиями УГМС Росгидромета, в автоматическом режиме передаются потребителям прогностической продукции по электронной почте. Результаты прогнозов в 53 береговых пунктах, расположенных на российском побережье Берингова моря, и в 49 пунктах, расположенных на побережье Аляски и Алеутских островов, сохраняются также в электронном архиве для последующего анализа и оценки точности выпущенных прогнозов.

Технологическая линия метода прогноза работает в оперативном режиме с 1 октября 2020 г. Для оценки качества работы метода в квазиоперативном режиме (по прогностическим полям метеорологических характеристик) дополнительно рассчитаны прогнозы изменений уровня моря для периода с января по сентябрь 2020 г.

В 2020 г. наблюдения над уровнем моря на российском побережье Берингова моря выполнялись только на трех автоматизированных постах службы цунами Росгидромета: Никольское (о. Беринга) (1.01–27.10, 22.11–31.12), Корф (21.04–24.10, 30.10–31.12) и Оссора (12.11–31.12) (восточное побережье п-ва Камчатка). К сожалению, наблюдения над уровнем моря не производились в Анадырском заливе и заливе Креста, где штормовые нагоны достигают значительной величины.

Анализировались ситуации, когда максимальная величина штормовых нагонов в береговых пунктах составляла 30 см и более. По данным наблюдений, выполненных в 2020 г., выявлены четыре такие ситуации в Корфе и три в Никольском. Сгонов с максимальной величиной 30 см и более на российском побережье Берингова моря в 2020 г. не было.

Небольшое количество зарегистрированных инструментально штормовых нагонов не позволяет корректно оценить качество их прогноза при различной заблаговременности. Поэтому статистические характеристики точности прогнозов рассчитывались по всем ежечасным значениям сгонно-нагонной составляющей суммарного уровня моря для интервалов времени, когда она превышала отметку 20 см, независимо от заблаговременности прогноза.

Установлено, что точность прогноза штормовых нагонов на российском побережье Берингова моря с помощью разработанного метода удовлетворяет требованиям руководящих документов Росгидромета [РД, 2011] (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристики качества прогнозов ежечасных значений
сгонно-нагонной составляющей суммарного уровня моря
во время штормовых нагонов**

Пункт	N	$\hat{\delta}$, см	δ , см	S, см	P, %
Корф	488	6,1	13,7	14,8	82,8
Никольское	249	0,9	7,4	9,1	92,0

Примечание: N – количество сравниваемых наблюдавшихся и прогнозируемых значений уровня моря, $\hat{\delta}$ – средняя арифметическая (систематическая) ошибка прогноза, δ – средняя абсолютная ошибка прогноза, S – средняя квадратическая ошибка прогноза, P – оправдываемость метода прогноза.

Достаточно успешно прогнозируются не только величина и время формирования максимума штормового нагона, но и изменения сгонно-нагонной составляющей суммарного уровня моря во времени (рис. 2).

Для побережья Аляски и Алеутских островов выполнялась только качественная оценка точности прогноза штормовых нагонов. Выявлено, что для этих районов прогнозы даже очень значительных нагонов вполне успешны (рис. 3).

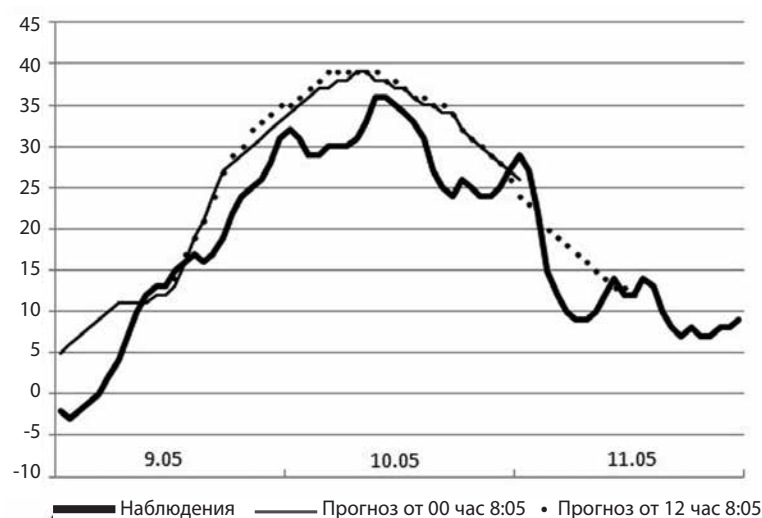


Рис. 2. Штурмовой нагон в Корфе (юго-западное побережье Берингова моря) 9–11 мая 2020 г., см

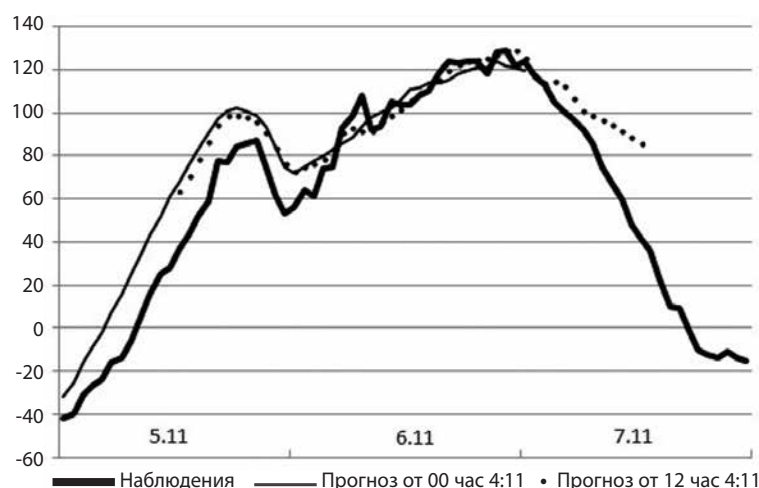


Рис. 3. Штурмовой нагон в Номе (северо-восточное побережье Берингова моря) 5–7 ноября 2020 г., см

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашик И.М. Численный гидродинамический метод прогноза колебаний уровня в юго-восточной части Баренцева и юго-западной части Карского моря // Информационный сборник № 31. Результаты испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических прогнозов. 2005. С. 85–103.
2. Вербицкая Е.М., Романский С.О. Конфигурация модели WRF-ARW для прогноза погоды в Дальневосточном регионе // Юбилейный выпуск «ДВНИГМИ – 65 лет». Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 172–203.
3. Любичкий Ю.В. Метод краткосрочного прогноза уровня моря на побережье и акватории Охотского и Японского морей и на восточном побережье полуострова Камчатка // Труды ДВНИГМИ. 2017. Вып. 155. С. 32–68.
4. РД 52.27.759–2011. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Часть III. Служба морских гидрологических прогнозов. М.: ТРИАДА-ЛТД, 2011. 195 с.

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНЫ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ НЕФТЕХРАНИЛИЩ В РЕЗЕРВУАРАХ

А.Ш. Мамедов

*Московский областной филиал Московского университета МВД России
им. В.Я. Кикотя, г. Москва
bulvar1969@mail.ru*

Противопожарная защита нефтяной и нефтехимической промышленности, объектов транспорта нефти, хранилищ и перевалочных баз во многом обеспечивается за счет применения в качестве средства тушения пожаров пены различной кратности.

Получены фторсодержащие поверхностно-активные вещества, применение которых в рецептурах пенообразователей резко повысило их огнетушащую эффективность за счет образования водных пленок на поверхности нефтепродуктов.

Применение фторсодержащих композиций изменило взгляд на противопожарные пены, изменились и критерии оценки качества пены и приемы их применения для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов. Несмотря на высокую стоимость этих пенообразователей, они приняты на вооружение пожарной охраны США, Германии, Италии и Японии.

Пена является наиболее эффективным средством тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. При тушении пожаров в резервуарах и при аварийном истечении нефти применяют низкократную пену кратностью от 3 до 6, полученную из растворов фторсинтетических пенообразователей, а при тушении пожаров в помещении насосной по перекачке нефтепродуктов применяют высокократные пены кратностью более 200.

Основным средством тушения пожаров в резервуарах является пена средней кратности (70–90), получаемая из отечественных синтетических пенообразователей общего назначения. Доставка пены на поверхность горючей жидкости осуществляется через стационарные установленные пенные генераторы в установках АУП или навесной струей из генераторов пены типа ГПС при тушении пожара передвижной техникой.

Опыт пожаротушения нефтепродуктов в металлических резервуарах показывает, что стационарные пенные сливные камеры часто выходят из строя при взрыве или деформации верхнего пояса резервуара еще до начала тушения и не дают требуемого эффекта.

Кроме того, огнетушащая способность пены теряется при подаче ее через зону высоких температур, образующуюся вблизи пенной сливной камеры. Поэтому в ряде случаев для тушения пожара в резервуаре можно подавать пену через слой горючей жидкости. Пену при этом подают на поверхность горячей жидкости по эластичному рукаву через нижний пояс резервуара.

За рубежом широко применяется пена низкой кратности (5–20) для подачи на поверхность горячей жидкости 2,5–5 для подачи под слой горячей жидкости.

Доставка пены на поверхность горючей жидкости осуществляется двумя приемами: сверху через стационарно установленные пенные сливы или навесными струями, а также через слой продукта. Для получения пены при подаче под слой горячей жидкости используются специальные (фтор-протеиновые и пленкообразующие) пенообразователи, которые

исключают насыщение пленки пены нефтепродуктами при ее прохождении через слой продукта.

В другом случае применяются все типы пенообразователей: протеиновые, фтор-протеиновые, пленкообразующие и фотосинтетические.

Наиболее эффективными являются фтор-протеиновые пены, образующие на поверхности горячей жидкости устойчивую защитную пленку, что приводит к быстрому тушению пожара и предотвращает его повторное возгорание после прекращения подачи пены.

Загрязнение пенообразователя существенно повышалось с увеличением кратности, например с кратности 3 до 5 – в три раза. Пена становится горючей при концентрации бензина во фтор-протеиновой пене более 20 % (об). Загрязнение пены нефтепродуктами при прохождении её через слой горючего увеличивается от увеличения концентрации пенообразователя в растворе и уменьшения диаметра резервуара.

Рабочая концентрация фтор-протеинового пенообразователя при подаче под слой горючего составляла 2–6 % (об). Скорость движения пены по поверхности горячей жидкости (бензин) составляла 0,6 м с при интенсивности подачи 0,08 л/м² с.

Тушение нефти и нефтепродуктов с использованием фторированных пенообразователей под слой горючего осуществлялось во всех случаях при интенсивном охлаждении ботов резервуара. Предложена в качестве международного стандарта для тушения пожаров в резервуарах пена низкой кратности. В зависимости от конкретных условий и типа резервуара возможны различные способы подачи пены.

Для резервуаров со стационарными крышками возможна подача пены низкой кратности, как на поверхность горючей жидкости, так и под слой по специальному пенному трубопроводу и без него с использованием специальных пенообразователей.

Для резервуаров с плавающей крышкой и понтонами тушение пожаров осуществляется только путем подачи пены на поверхность горючей жидкости, при этом подача пены предусматривается в кольцевое отверстие пространства герметизирующего уплотнения.

Применение пены для тушения в начале ее подачи снижает скорость испарения с поверхности горячей жидкости за счет создания преграды из слоя пены, чем сначала ограничивает, а затем прекращает перенос паров в зону их смешивания с кислородом воздуха. Поддержание на поверхности ГЖ определенной толщины пены препятствует прорыву паров с поверхности горячей жидкости, так как пена разрушается под действием факела пламени и при контакте с горячей жидкостью. Поэтому необходимо в процессе тушения пожара непрерывно подавать пену, которая перемещается по поверхности горючего.

Наиболее часто встречающиеся в практике тушения пожаров жидкости следующие ситуации:

- горение с открытой поверхности жидкости в резервуаре с понтоном,
- горение в кольцевом зазоре паров жидкости в резервуаре с понтоном,
- горение с части поверхности горячей жидкости в резервуаре при частичном обрушении крыши или затоплении понтона,
- горение пролитой на твердой поверхности жидкости,
- факельное горение паров жидкости в кронах крыши или понтона резервуара.

Высота пламени над поверхностью горячей жидкости в резервуаре зависит от диаметра резервуара:

- для бензина $H_{nl} \approx 1,5D_p$,
- для дизельного топлива $H_{nl} \approx D_p$,
- для этилового спирта $H_{nl} \approx 0,8D_p$.

Эти значения $H_{пл}$ и D_p соответствуют резервуарам диаметром от 2 до 23 м.

Большое влияние на размеры и форму факела пламени над резервуаром оказывает скорость приземного ветра 4 м/с и более, отклонение факела пламени от её вертикальной оси составляет 60–70°, то есть пламя очень сильно прижимается к поверхности горячей жидкости.

Поток тепла, излучаемый факелом пламени, определяется соотношением

$$q_{луч} = E_{пл} \delta_0 T_{пл}^4 S_{пл} \quad (1)$$

или

$$q_{луч} = 2,6\pi R^2 \delta_0 T_{пл}^4, \quad (2)$$

где R – радиус резервуара, м; δ_0 – коэффициент излучения черного тела, Вт/м² К⁴; $T_{пл}$ – температура пламени, °К; $E_{пл}$ – степень черноты пламени, можно принимать для $D_p > 5$ м равной единице; $S_{пл}$ – площадь пламени, м².

Для большинства неоднородных нефтепродуктов температура поверхностного слоя всегда выше температуры кипения данной жидкости.

Экспериментально установлено, что при горении жидкостей передача тепла с поверхности в глубину осуществляется теплопроводностью, при этом глубина прогрева горячей жидкости составляет 0,02–0,05 м (бензин, керосин и другие).

При горении жидкости в резервуарах большого диаметра возникает прогретый слой, толщина которого растет во времени. На этот рост оказывает влияние высота и температура свободной поверхности стенки резервуара. Такое распределение температуры характерно для пожаров резервуаров с нефтью, мазутом, маслами. При их горении температура свободного борта стенки резервуара обычно не превышает температуру кипения, поэтому не возникает быстрого прогрева жидкости вглубь.

При горении некоторых видов горючих жидкостей образуется гомотермический слой, вследствие которого происходит выброс их из резервуара. Он происходит из-за того, что перегретый слой жидкости достигает уровня воды на дне резервуара с необезвоженной нефтью, происходит резкое испарение воды, рост давления и выброс из резервуара. Это явление представляет большую опасность для личного состава пожарных подразделений, пожарной техники, соседних с горящим резервуаров объектов.

Ещё одно явление наблюдается при горении нефти и мазута в резервуаре – это их вскипание. Главным условием вскипания является наличие воды в нефти или нефтепродукте и нагрев горячей жидкости свыше 100 °С. В процессе горения нефтепродукта происходит его прогрев – и вода, находящаяся в нем, нагревается. При нагреве её до 100 °С происходит парообразование, пузырьки пара, двигаясь быстро вверх, вспенивают – и горящий вспененный нефтепродукт переливается через борт резервуара, создавая угрозу пожарным и пожарно-техническому вооружению. Также вскипание может быть в начальной стадии при подаче пены в горящий резервуар с нефтепродуктом.

Существует два приема подачи пены для тушения горячей жидкости в резервуаре.

Первый – подача пены под слой горящего нефтепродукта с последующим выходом на горящую поверхность. Для осуществления этого приема подачи пены применяется пена низкой кратности и специальные устройства для присоединения пенопроводов к коммуникациям резервуара. Эти устройства называются установками подачи пены под слой горячего (УППС). Для получения пены применяются фтор-синтетические пенообразователи, кратность получаемой пены от 3 до 6.

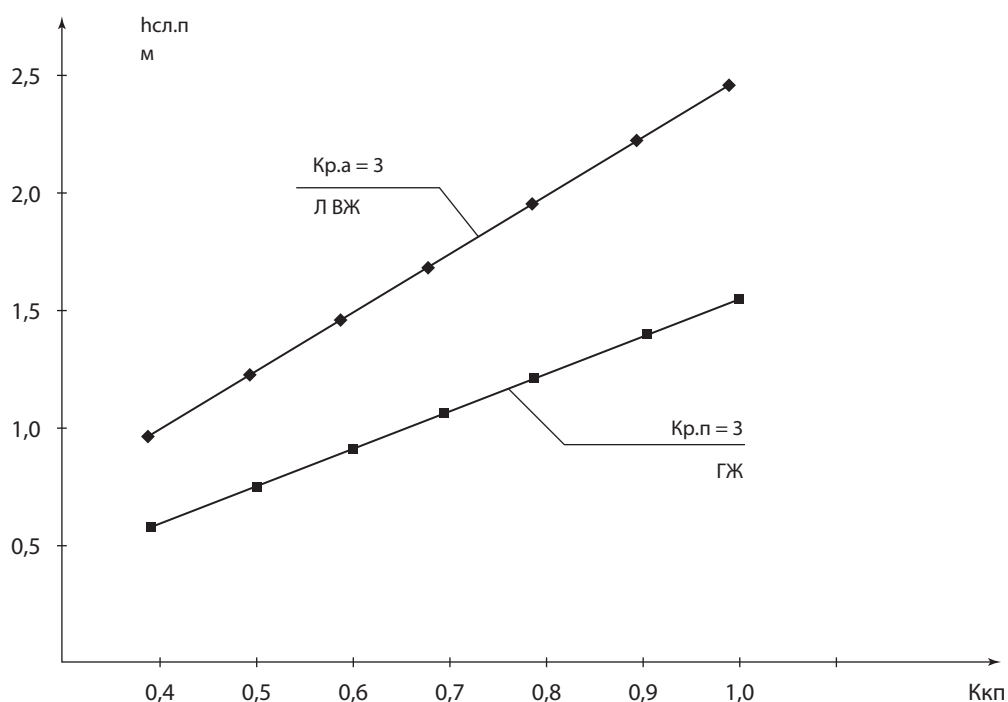


Рис. 1. Изменения высоты слоя пены средней кратности от вида горячей жидкости и кратности пены

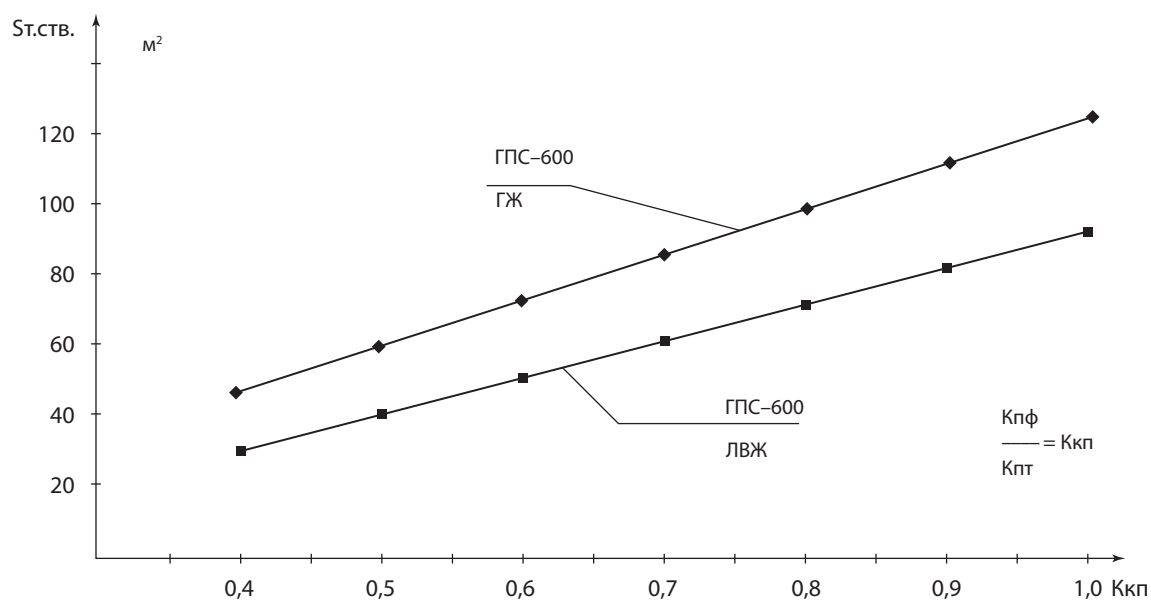


Рис. 2. Изменение площади тушения стволом ГПС-600 от вида горячей жидкости и кратности пены

Второй прием состоит в подаче пены средней кратности на горящую поверхность жидкости в резервуар сверху. Существенной особенностью этого приема подачи пены является то, что она должна подаваться около борта резервуара. При этом необходимо постоянное охлаждение свободного борта резервуара, чтобы избежать вскипания и перелива пены с нефтепродуктом. Охлаждение стенок резервуара способствует уменьшению разрушения пены при соприкосновении ее с нагретыми стенками. Надежное тушение может быть достигнуто при подаче на поверхность горячей жидкости такого слоя пены, через который

пары горючей жидкости не могут прорваться в зону горения. В этом случае механизмом тушения является изоляция воздушно-механической пеной горячей жидкости от кислорода воздуха, чтобы прекратилось горение.

$$h_{сл} = \frac{I_{сл}^{pp} \tau_m^H 60 \kappa_n}{\kappa_p}, \quad (3)$$

где $I_{сл}^{pp}$ – требуемая интенсивность подачи раствора пенообразователя в воде, л/м² с; τ_m^H – нормативное время подачи пены, мин; κ_n – кратность подаваемой пены; κ_p – коэффициент разрушения пены, равный 3–5.

Изменение высоты слоя пены средней кратности и площади тушения одним генератором ГПС-600 в зависимости от фактической кратности получаемой пены и вида горящего нефтепродукта.

Анализ графиков, показанных на этих рисунках, показывает следующее:

- с уменьшением кратности получаемой от ГПС-600 пены высота ее слоя над поверхностью горящего нефтепродукта или нефти уменьшается;
- с уменьшением кратности получаемой пены для тушения ЛВЖ и ГЖ уменьшается площадь возможного тушения горения жидкости.

Таким образом, в результате кратность получаемой с помощью генераторов типа ГПС-600 пены может оказывать существенное влияние на успешное тушение горячей жидкости в резервуарах и на земле. Однако до сих пор не изучен вопрос влияния кратности пены на ее растекаемость по поверхности горячей жидкости и огнетушащую способность при тушении пожаров в резервуарах пеной средней кратности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов Н.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. Уч. пос. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
2. Баратов А.Н. Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность / ФГУ ВНИИПО МЧС России. 2003. 364 с.
3. Мамедов А.Ш. Исследование движения пены // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. (Приложение «Технические науки»). С. 6.
4. Мамедов А.Ш. О свойствах высокократной пены // Уральская горная школа – регионам. Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2014. С. 565–566.
5. Мамедов А.Ш. Экспериментальный анализ пожарной опасности обводненных нефтепродуктов // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов: Труды V Междунар. науч.-практ. конф., 20 апреля 2017. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2017.
6. Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.1994 «О пожарной безопасности».

**ОЦЕНКА ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ В СУДОСТРОЕНИИ,
И ВЛИЯНИЯ ИХ ДЫМООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

А.Ш. Мамедов

*Московский областной филиал Московского университета МВД России
им. В.Я. Кикотя, г. Москва
bulvar1969@mail.ru*

Согласно международным требованиям пожарной безопасности на морских судах и Правилам классификации и постройки морских судов Регистра России, все неметаллические материалы в судостроении подразделяются на негорючие и горючие. Все новые неметаллические материалы подлежат прежде всего испытанию на негорючесть. Горючие материалы испытывают на скорость распространения пламени, а палубные покрытия – на воспламеняемость. Каждая партия образцов, направляемых для испытания пожароопасных свойств, сопровождается документом, размер и количество образцов материала; точное наименование материала; номер ГОСТа, ТУ (или инструкции), нормали; номер партии материала (если материал опытный); наименование завода-изготовителя материала; краткая технология его изготовления; химический состав материала образца (в процентах по массе входящих химических компонентов); объемная масса (плотность); водопоглощаемость, теплофизические характеристики (при наличии этих данных); влажность по массе (не более 0 %); сведения о токсичности материала при нормальных условиях и при нагревании; предполагаемая область применения в судостроении [Мамедов, 2007]. На каждый образец материала наклеивают этикетку с указанием его порядкового номера. Образцы направляют для испытания во влагонепроницаемой упаковке. К каждой партии образцов материала прилагают технические условия или инструкции на материал (сертификат). Испытания негорючести проводят в электрической печи, рекомендованной Международной организацией по стандартизации. Характеристика этого прибора, как и всех испытательных установок, а также подробное изложение методики испытаний приведены в приложениях к Правилам Регистра России. Подвергают облучению тепловым потоком на специальной установке радиационной панели размером 250 × 410 мм. Она состоит из трех горелок инфракрасного излучения, работающих на сжиженном или природном газе.

Правилами постройки отечественных судов допускается определять степень горючести неметаллических материалов по методу калориметрии, широко распространенному в народном хозяйстве страны (ГОСТ ОМ).

По этому методу испытывают десять образцов относительно однородных твердых материалов, в том числе пластмассы, размером 75 × 35 мм и толщиной не более 10 мм, это отношение принимается в качестве показателя горючести – коэффициента калориметрии [Мамедов, 2020а].

С помощью простых математических выкладок доказано, что показатель горючести K является функцией теплоты сгорания сгоревшей части образца пластика d (ккал/г) и потери массы P , отнесенной к величине теплового импульса $Q_{\text{имп}}$ (ккал), приходящегося на единицу массы образца m (г).

$$K = \frac{Q_{\text{т.э.о.}}}{Q_{\text{имп}}} = \frac{Q_{\text{т.э.о.}}/m}{Q_{\text{имп}}/m} = \frac{d\Delta m/m}{Q_{\text{имп}}/m} = \frac{dP}{Q_{\text{имп}}/m} = dK',$$

где

$Q_{\text{т.э.о.}}$ – тепловой эффект образца, ккал;

Δm – масса сгоревшей части образца, г;

$K' = Pm/Q_{\text{имп}}$, г/ккал.

Таким образом, K'_{max} является однозначной характеристикой K_{max} . Определение графическим способом области K_{max} приведено на рисунке 1.

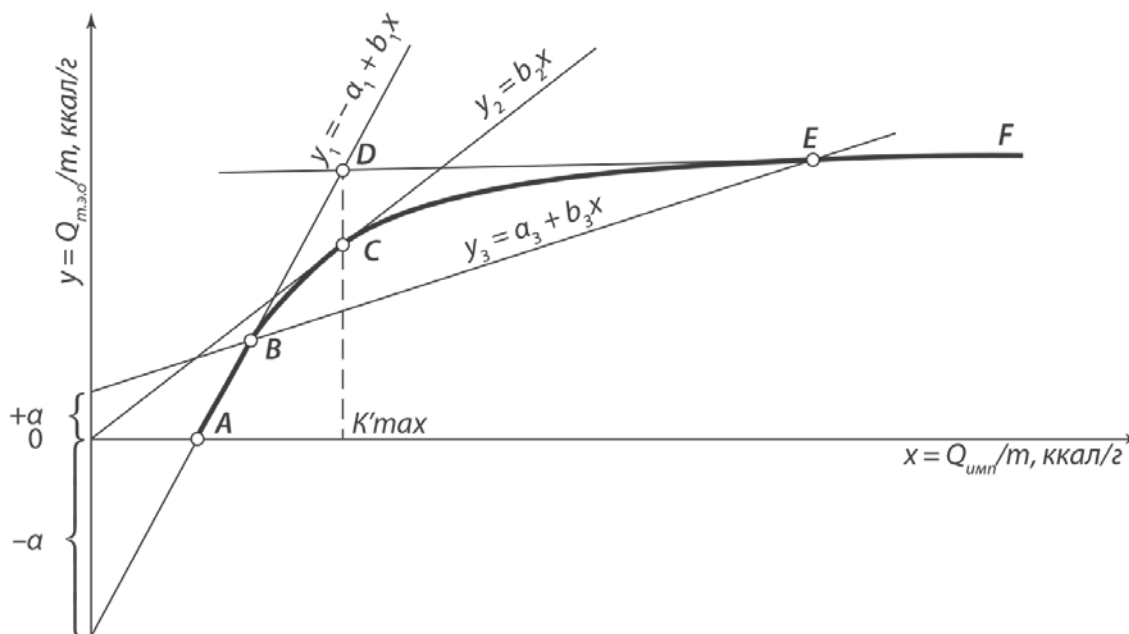


Рис. 1. Определение (max) при оценке горючести пластмасс методом калориметрии

Анализ экспериментально полученных зависимостей вида $P = f(Q_{\text{имп}}/m)$ позволяет выделить на этих кривых три характерных участка, а именно: AB – начальный участок, на котором испытываемый образец возгорается; BCE – участок, охватывающий область значений K_{max} ; EF – участок максимального выгорания горючей части образца.

Участки AB и CE с достаточной точностью аппроксимируются прямыми линиями, точка пересечения которых D дает значение $(Q_{\text{имп}}/m)$, соответствующее K'_{max} .

Таким образом, точка D соответствует максимально возможному значению K'_{max} , а точка B – минимально возможному значению K'_{max} . Истинное же значение K'_{max} находится на точке касания прямой $y_2 = b_2x$ с экспериментальной кривой $P = f(Q_{\text{имп}}/m)$, т.е. в точке C . Из рисунка также видно, что D и C имеют примерно одну и ту же координату по оси абсцисс: $x = Q_{\text{имп}} K'_{\text{max}}/m$. Поэтому значение импульса, соответствующее K'_{max} , можно определять по точке пересечения прямолинейных участков AB и BCE экспериментальной зависимости $P = f(Q_{\text{имп}}/m)$.

Последнее обстоятельство следует, по-видимому, учитывать при нахождении области $K'_{\max}$, особенно если в ней наблюдается сильный разброс экспериментально полученных значений, например из-за неодинакового сгорания самих образцов пластиков. Как показывает практика, на участках AB и BCE даже в столь неудобных для обработки случаях разброс данных меньше по сравнению с участком EF .

С целью повышения достоверности определения горючести по методу калориметрии и возможности проведения сравнительной оценки различных материалов по показателю горючести рекомендуется все испытания выполнять при одновременной работе источников зажигания. Перед испытанием образцы термостатируются при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы. Для этого необходимо сначала испытать не менее двух образцов при заведомо больших тепловых импульсах (например, 40 и 50 ккал), а затем при незначительных тепловых импульсах (2–4 ккал).

На основе полученных данных находят процент потери массы сгоревших образцов P от величины теплового импульса $Q_{\text{имп}}/K'_{\max}/m$ и в координатах строят прямые EF и AB , по абсциссе точки пересечения которых D определяют значение теплового импульса $Q_{\text{имп}} K'_{\max}/m$, соответствующего $K_{\max}$.

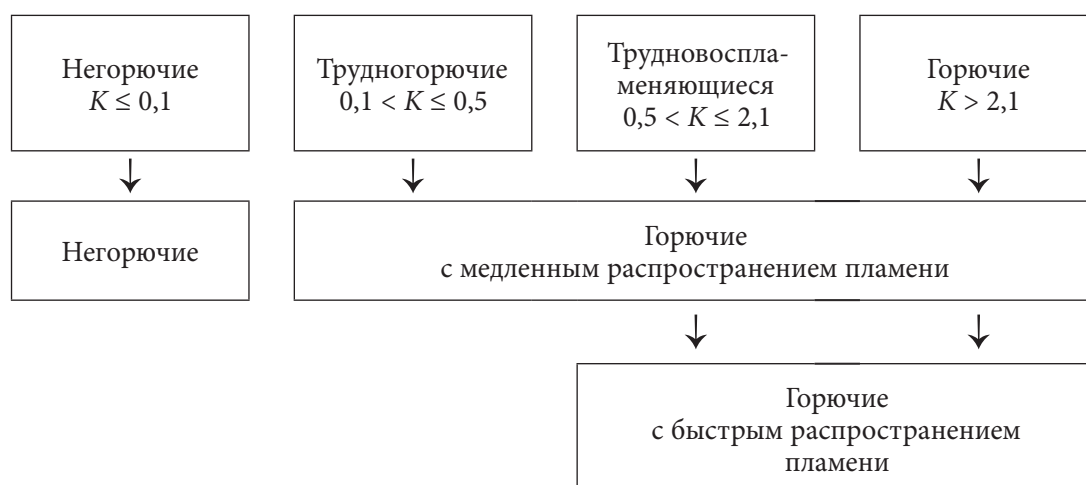


Рис. 2. Схема перевода результатов испытаний горючести материалов, выполненных по различным методикам

Поэтому во многих странах исследуют и степень потери видимости в результате задымления помещений, и токсичность продуктов горения [Мамедов, 2020б]. Общеизвестных методик, по которым изучались бы указанные проблемы, нет, чему в немалой степени способствует отсутствие в Международной конвенции четкого определения дымообразующей способности материалов. Конвенция лишь требует, чтобы применяемые материалы не выделяли «чрезмерного количества дыма и других токсичных продуктов», т.е. ограничивает количество дыма. При изучении потери видимости приходится давать в основном качественную характеристику. В этом случае под дымом следует понимать не столько общее количество продуктов горения или термолиза, сколько степень их диспергирования твердыми и жидкими частицами, что чаще называют концентрацией дыма. В условиях пожара может рассматриваться лишь концентрация дыма в газовой среде.

Таблица 1

МАТЕРИАЛ	Значения Кд при температуре, °С	
	400	700
Фанера	90	28
Сосна белая	250	55
Клен сахарный	190	100
Полимочевинформальдегид	16	5,8
Полиметилметакрилат	40	120
Полиэфир	100	80
Полиакрилонитрил	70	300
Пористая резина	190	190
Поливинилхлорид	110	420
Полистирол	180	900
Поліуретан жесткий	400	320
Полиэтилен жесткий	450	900

Таблица 2

Дымообразующая способность материалов

МАТЕРИАЛ	Значения $D_{\max}$, м ³ /м·кг при		С 1,0, г/м ³
	пламенном горении до 750 °С	беспламенном горении до 400 °С	
Фанера березовая	23,5	150	19,0
Дуб	24,8	155	18,5
Красное дерево	30,9	194	14,8
Пластик формика (Англия)	72	37	40,0
Персторп (Швеция)	62	54	46,3
Судостроительный (Россия)	60	38	47,8
Поливинилхлорид жесткий р-100 кг/м ³	240	147	11,9
Пенополиуретан жесткий р-140 кг/м ³	279	282	10,1
Полиметилметакрилат (оргстекло)	91	104	27,5
Ткань шерстяная р-80 г/м ²	32	180	15,8
Войлок шерстяной р-1100 г/м ²	31	208	13,9

Принимается $E_0 = 100$ лк. Специально оборудованная камера сгорания, камера измерения и другие устройства позволяют исключить многие недостатки различных методов, указанные ранее.

Проверка закона с использованием зависимости подтверждает возможность применения установки для оценки дымообразующей способности материалов. Графическим или расчетным путем зная D , нетрудно определить массу m и концентрацию C материала, при сгорании которого E принимает данные значения.

В таблице приведены значения $D_{\max}$, а также концентрация материала, при сгорании которого $E = 1$ лк ($C 1,0$), полученные при испытании наиболее известных материалов. Наибольшей дымообразующей способностью обладают синтетические полимеры на основе

полистирола, поливинилхлорида, полиуретана. Наименьшие значения $D_{\max}$ у древесины при пламенном горении, у фенолоформальдегидов и перспективных бумажно-слоистых пластиков.

В ряде случаев в качестве характеристики дымообразующей способности материалов используется скорость дымообразования, получаемая в процессе испытания с учетом скорости горения. Скорость горения, как было указано ранее, исследуется на специальных установках, максимально приближенных к реальным условиям. В то же время, зная скорость горения в натуральных условиях, можно найти скорость дымообразования, умножая ее на $D_{\max}$ или K_d .

Такую характеристику можно взять за основу при определении производительности вентиляторов для вытяжки дыма. Дым распределяется в объеме помещений, поэтому производительность вентиляторов следует определять с учетом объема, от которого зависит концентрация продуктов горения в воздухе.

Таким образом, параметр $D_{\max}$ позволяет не только получить сравнительную оценку дымообразующей способности материалов, но и решить ряд практических задач, которые могут возникнуть при рассмотрении вопросов обеспечения пожарной безопасности.

Менее строго, но достаточно надежно и просто дать оценку задымленности помещений можно, если известно значение $C_{пр}$ ($г/м^3$). При этом считают, что воспламенилась большая часть горючей нагрузки помещения.

Безусловно, при нормировании задымленности помещений нельзя не учитывать токсичность продуктов горения. Исследования в этой области проводятся в последние годы во многих странах.

Таблица 3

Токсичность продуктов горения судостроительных материалов

МАТЕРИАЛ	Wcl-50, мг, при		
	350 °C	600 °C	800 °C
Древесина	2690 ± 95	1810 ± 87	3000 ± 122
Пенополиуретан	2610 ± 76	1200 ± 80	2200 ± 112
Трудногорючий слоистый пластик	2870 ± 137	860 ± 47	1546 ± 43
Горючий слоистый пластик	4800 ± 234	3000 ± 108	1270 ± 54

В качестве критерия (CO , HCN , HCl , NO , NO_2 и др.), приходящихся на единицу массы материала. Определить полностью состав продуктов горения и оценить его количественно можно с помощью современных методов анализа: с помощью масс-спектрометров, хроматографов [Голубев, Сорокин, 2010]. При оценке токсичности сложнее всего учесть совместное действие (синергизм) составляющих компонентов материала. С этой целью в последние годы все чаще используют методы прямой токсикометрии, которая учитывает сумму эффектов отдельных соединений и характер их комбинированного действия на живой организм. Интегральный токсикометрический критерий, такой как Wcl-50, характеризует массу исходного материала (мг), необходимую для создания концентрации продуктов горения, при которой погибает 50 % подопытных животных [Яковлев, 2008].

В таблице 3 представлены значения W_{cl-50} некоторых материалов при различных условиях нагревания образцов. Характерно, что трудногорючий пластик при 600 °С наиболее токсичен ($W_{cl-50} = 860$ мг), тогда как его дымообразующая способность сравнительно низкая ($60 \text{ м}^3/\text{м}\cdot\text{кг}$).

Таким образом, для комплексной оценки степени влияния на живой организм температуры, содержания кислорода, дыма, отмечаемых во время пожара, требуются дальнейшие специальные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев Д.А., Сорокин Н.Д. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году. СПб.: Сезам, 2010.
2. Мамедов А.Ш. Особенности пожаров и борьбы с ними в судовых условиях // II Междунар. науч. конф. «Закономерности формирования и воздействия морских и атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов» памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (06.07.2020–10.07.2020). Ростов н/Д., 2020. С. 285–289.
3. Мамедов А.Ш. Пожарно-спасательные суда. Уч. пос. / Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. Екатеринбург, 2007.
4. Мамедов А.Ш. Пути экологической безопасности и ликвидации разливов нефти на водных объектах с применением боновых заграждений // II Междунар. науч. конф. «Закономерности формирования и воздействия морских и атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов» памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (06.07.2020–10.07.2020). Ростов н/Д., 2020. С. 298–302.
5. Яковлев В.В. Экологическая безопасность, оценка риска. Уч. пос. СПбГПУ, 2008. 500 с.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ НА РОЗУ ВЕТРОВ В МАЛЫХ АЭРОПОРТАХ ПОБЕРЕЖЬЯ ЧУКОТКИ

М.А. Медведев, З.В. Вербицкая, Л.Н. Василевская

*Департамент наук о Земле ШЕН ДВФУ, г. Владивосток
medvedev.ma@dvfu.ru*

В нашей стране с ее географическими и климатическими особенностями малая авиация является социально значимым и необходимым для эффективного развития страны элементом транспортной системы. Во многих регионах страны малая авиация остается единственным доступным транспортом. Без малой авиации невозможно обойтись в отдаленных районах, зоне Крайнего Севера. Кроме того, малая авиация используется и для выполнения различных сельскохозяйственных работ; оказания срочной медицинской помощи в отдаленных районах; предупреждения, обнаружения и ликвидации чрезвычайных природных и техногенных ситуаций и решения многих других задач.

Авиация нуждается в сверхкраткосрочном и краткосрочном прогнозе явлений погоды и метеорологических величин, многие из которых в настоящее время не вычисляются в численных моделях прогноза погоды. Это, в частности, различные характеристики приземного ветра, скорость ветра в области струйных течений, высота уровня максимального ветра. Поэтому актуальность анализа проблем, связанных с прогнозом характеристик для нужд малой авиации, не вызывает сомнений.

В целом прогноз метеоусловий для малой авиации не отличается от обычного авиационного прогноза и включает в себя прогноз: давления QNH, температуры воздуха, скорости и направления ветра, осадков, облачности, видимости и вероятности обледенения [Пьянков, 2016]. Основной сложностью в построении прогнозов для малой авиации является ограниченное количество наблюдений. Многие аэродромы, с которых суда малой авиации выполняют полеты, являются небольшими и зачастую располагают ограниченным количеством средств и служб. На них редко имеются стандартные метеорологические станции, и часто метеорологические наблюдения проводятся персоналом органов обслуживания воздушного движения, а не профессиональными наблюдателями. Недостаток наблюдений в пункте приходится компенсировать модельными данными, что отражается на качестве прогнозов. Кроме того, как правило, малая авиация работает там, где сложный рельеф не позволяет использовать большие авиасуда. Поэтому учет орографических особенностей размещения аэродромов при формировании метеопрогнозов имеет большое значение именно для малой авиации.

Цель работы – оценка влияния орографии на направление и скорость ветра в районе малых аэродромов Чукотки (Анадырь и Беринговский).

В рамках изучаемой тематики для прогноза основных метеоэлементов необходимы данные наблюдений в рассматриваемых аэропортах. Но отличительной особенностью работы аэропортов на Чукотке является нерегулярность их работы: по сути, если нет рейсов, то аэропорт не работает и метеонаблюдения в нем не ведутся. Именно поэтому для

построения прогнозов ветра в этих аэропортах приходится привлекать численные модели прогноза погоды, а в качестве исходных данных брать смоделированные значения из современных прогностических моделей, а не данные наблюдений.

В настоящее время для прогноза ветровых характеристик для аэродромов на Чукотке в Дальневосточном УГМС используется компонента прогноза приземного ветра оперативной модели WRF-ARW с шагом 15 км (модель Хаб-15) [Вербицкая, Романский, 2016].

Результаты испытаний метода прогноза приземного ветра, проводившиеся в 2017–2018 гг., показали, что для прогнозирования локальных ветровых характеристик на территории Чукотского полуострова имеет большое значение учет местных особенностей расположения малых аэродромов, а именно для пунктов, расположенных на морском побережье, качество прогнозов скорости ветра не ниже, чем в среднем для пунктов ДВФО, тогда как прогноз направления ветра заметно хуже, чем в среднем по территории (табл. 1).

Таблица 1

**Средняя по заблаговременности (+9, +24 ч) оправдываемость прогнозов
направления и скорости ветра
по аэродромам Чукотки и ДВФО по оценкам за 2018 г.**

	Скорость ветра (ff)				Направление ветра (ddd)			
	Зима 2017/2018	Весна 2018	Лето 2018	Осень 2018	Зима 2017/ 2018	Весна 2018	Лето 2018	Осень 2018
<i>По аэродромам Чукотки</i>								
По прибрежным а/д	79	83	86	82	61	60	57	65
По континентальным а/д	92	92	94	96	84	78	80	88
По 11 а/д Чукотки	84	86	89	87	69	66	65	73
<i>По пунктам различных территорий Дальнего Востока и Восточной Сибири</i>								
Чукотка (11 а/д)	84	86	89	87	69	66	65	73
В среднем по 71 а/д ДВФО	87	90	93	89	75	72	76	78

Для примера рассмотрим аэродром Угольные копи (пос. Анадырь). На рисунке 1 видно, что на ветровой режим здесь существенное влияние оказывает расположение и конфигурация узкого и длинного горного хребта Золотой, идущего с северо-востока на юго-запад с максимальной высотой 1012 м.

Видно, что западный и северо-западный ветер упирается в хребет Золотой, а ветер южного и юго-восточного направления при столкновении с горным массивом хр. Золотого при устойчивой стратификации может породить горную волну с образованием существенной орографической турбулентности в окрестностях аэродрома Угольные копи.

Другим примером является аэродром пос. Беринговский. Расположение морского порта Беринговский представлено на рисунке 2. Аэропорт Беринговский расположен на песчано-галечной косе, ограниченной с востока бухтой Угольной, с юго-запада – лагуной Лахтина, в 5 км юго-западнее пос. Беринговский. Для данного аэродрома характерна выраженная сезонность ветровых характеристик: малая повторяемость южного ветра, слабые южные ветры летом и западные ветры в январе – апреле.

Рис. 1. Расположение аэродрома Угольные копи (пос. Анадырь)

Рис. 2. Расположение аэродрома Беринговский

- 1) переход к малому горизонтальному шагу модели дает более подробное представление орографии, береговой линии и контуров водных объектов суши в области расчета модели;
- 2) разработка новых численных моделей, которые позволяют вести расчет порывов скорости ветра в пунктах;
- 3) учет местных особенностей расположения аэродромов, влияющих на формирование ветрового режима в окрестности пункта прогноза повысит качество прогнозов ветровых характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вербицкая Е.М., Романский С.О.* Результаты испытаний краткосрочных оперативных прогнозов мезомасштабной модели WRF-ARW «Хаб-15» в пунктах Дальневосточного региона России // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. 2016. № 43. С. 32–62.
2. *Пьянков В.С.* Экстремальные особенности метеообеспечения полетов в субарктическом и арктическом регионе России // Авиапанорама. 2016. № 5 (119). С. 74–76.
3. *Шакина Н.П., Иванова А.Р.* Прогнозирование метеорологических условий для авиации. М.: Триада ЛТД, 2016. 312 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОРСКИХ ПРОГНОЗОВ МОРСКОГО ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН: ОТ ЮЖНЫХ МОРЕЙ РОССИИ ДО МИРОВОГО ОКЕАНА

*А.И. Мизюк, Г.К. Коротаев, А.Л. Холод,
М.В. Сендеров, О.С. Пузина*

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
artem.mizyuk@mhi-ras.ru*

Несмотря на весьма большое количество научных проектов и исследовательских групп, особенности динамики и термодинамики вод Чёрного моря остаются не в полной мере исследованными. Это обусловлено недостаточно развитой наблюдательной сетью (относительно других акваторий Мирового океана) из-за отсутствия необходимого количества современных средств мониторинга, таких, например, как автономные буи-профилемеры. Более приоритетными являются окраинные моря Северного Ледовитого океана. Важной же особенностью Чёрного моря является его изолированность, которая вместе с географическим положением, наличием обширной шельфовой акватории, сложностью рельефа дна и береговой черты позволяет исследовать здесь большой спектр явлений, которые характерны для различных районов Мирового океана. Таким образом, бассейн можно рассматривать как имитационную модель Мирового океана [Марчук и др., 2013].

Изолированность бассейна значительно упрощает адаптацию численных моделей общей циркуляции океана, а наличие большого количества физических процессов позволяет проводить их тестирование, совершенствование и взаимную интеркалибрацию.

Недостаточное количество наблюдений зачастую обуславливает использование численного моделирования в качестве одного из основных инструментов исследований изменчивости и непрерывной эволюции не только гидрофизических, но также химических и биологических процессов, особенно глубже верхнего деятельного слоя (0–200 м). Небольшой объем данных наблюдений за состоянием морской среды при этом также учитывается посредством ассимиляции данных. В условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов необходим учет и внешних для моря воздействий: влияние атмосферы, водообмен через проливы Босфор и Керченский, речной сток, увеличение объемов судоходства, строительство Керченского моста, прокладка нового канала с Мраморным морем Турцией. Поэтому возникает необходимость рассмотрения системы Азовского – Чёрного – Мраморного морей.

В ФГБУН ФИЦ «Морский гидрофизический институт РАН» (ФГБУН ФИЦ МГИ) длительное время создавались и получили развитие численные модели циркуляции Чёрного моря, а также методы усвоения данных наблюдений в них. Поэтому институт является одним из ведущих центров морских прогнозов на Чёрном море. Разработанная и функционирующая здесь с 2012 г. система диагноза и прогноза вод бассейна [Korotaev et al., 2012] хорошо зарекомендовала себя в рамках научных проектов Европейских Рамочных программ. Продукты ее работы доступны по адресу <http://mis.bsmfc.net:8080/thredds/catalog.html>.

При наличии достаточных вычислительных мощностей и качественно выполненного вычислительного ядра системы – модели циркуляции, адаптированной к другим акваториям Мирового океана, – автоматизированная система является хорошей основой для создания прототипа отечественной системы непрерывного анализа и прогноза. Аналоги таких систем уже давно разработаны и функционируют в Европе (<https://marine.copernicus.eu/>) и США (<https://nomads.ncep.noaa.gov/>), предоставляя продукты конечным пользователям регулярно и в основном бесплатно. Они полностью покрывают акватории Мирового океана и более мелкие с достаточным пространственным разрешением.

Описанный прототип является развитием системы черноморских прогнозов [Korotaev et al., 2012], которая была адаптирована на работу с данными по Мировому океану. Опыт, полученный ранее при создании этой системы в рамках проектов MyOcean и MyOcean2, показал перспективность применения междисциплинарного модельного комплекса NEMO [Madec et al., 2016] для решения задач исследования общей динамики системы морей. В ФГБУН ФИЦ МГИ комплекс активно используется для решения различных фундаментальных и прикладных задач [Мизюк и др., 2016; Мизюк и др., 2019]. На сегодняшний день представляется одним из наиболее развитых программных продуктов за счет большого сообщества разработчиков и поддержки европейских центров оперативной океанографии. Гидродинамическим блоком комплекса является модель циркуляции ОРА, основанная на полной системе примитивных уравнений гидротермодинамики.

На базе NEMO разработаны 2 конфигурации, которые являются расчетным ядром при выполнении прогнозов для Азово-Черноморского бассейна (рис. 1). Расчетный домен первой представляет собой квазирегулярную сетку, покрывающую бассейны Черного, Азовского и Мраморного морей с шагом $1/_{24}^{\circ} \times 1/_{17}^{\circ}$ в меридиональном и зональном направлениях соответственно (BAMS24, Black-Azov-Marmora Seas) в системе координат WGS84, что соответствует $\approx 4,6$ км. Данное разрешение близко к текущей системе прогнозов по Черному морю. Вторая конфигурация имеет более высокое пространственное разрешение ($1/_{72}^{\circ} \times 1/_{50}^{\circ}$, BAMS72), что соответствует приблизительно 1,6 км в меридиональном и зональном направлениях. Кроме того, граница домена здесь была сдвинута в сторону Эгейского моря (рис. 1а), что не принципиально влияет на вычислительное время, однако позволяет принципиально исследовать и процессы водообмена в Мраморном море.

Отметим, что представленные системы являются лишь частью комплекса, реализованного на ВК ФИЦ МГИ, и использованием моделей Мирового океана [Ибраев и др., 2012] и Арктического бассейна [Дианский и др., 2002]. Однако потоки доступных данных измерений организованы также средствами системы прогнозов по Черному морю.

Расчетное ядро системы прогноза работает с использованием мощностей нового вычислительного кластера ФГБУН ФИЦ МГИ (ВК), включающего 24 вычислительных узла (672 вычислительных ядра) и 1 управляющий с мощностью приблизительно 17 Тфлопс. Анализ характеристик вычислительного кластера показал, что производительность более чем достаточна для выполнения анализа и прогноза в бассейнах Черного и Азовского морей при моделировании циркуляции для разрешения 4,6 км: тесты с использованием 8 и 144 вычислительных ядер показали практически линейное ускорение времени расчетов (16,5 раз). Отметим, что выполнение 1 цикла работы системы на 9 суток (4 дня диагноза + 5 дней прогноза), занимающей сейчас порядка 26 минут для Черного моря, в новой системе составляет около 29 секунд. Для разрешения 1,6 км время увеличивается до 2 часов 12 мин, что обусловлено необходимостью коррекции шага по времени при численном моделировании циркуляции с более мелким шагом сетки.

За период работы системы BAMS24 удалось получить статистически обеспеченный объем данных моделирования для анализа точности диагноза и прогноза, который традиционно выполняется посредством оценки средних разностей (смещений) и среднеквадратических разностей (СКО) «Модель – Наблюдения». Примеры полей температуры поверхности моря (ТПМ) для двух систем демонстрируют наличие весьма заметных различий в пространственной изменчивости полей, обусловленной достаточно разным пространственным разрешением (рис. 1). Оценки точности результатов работы данной системы оказались не хуже европейского регионального аналога, представленного службой Copernicus.

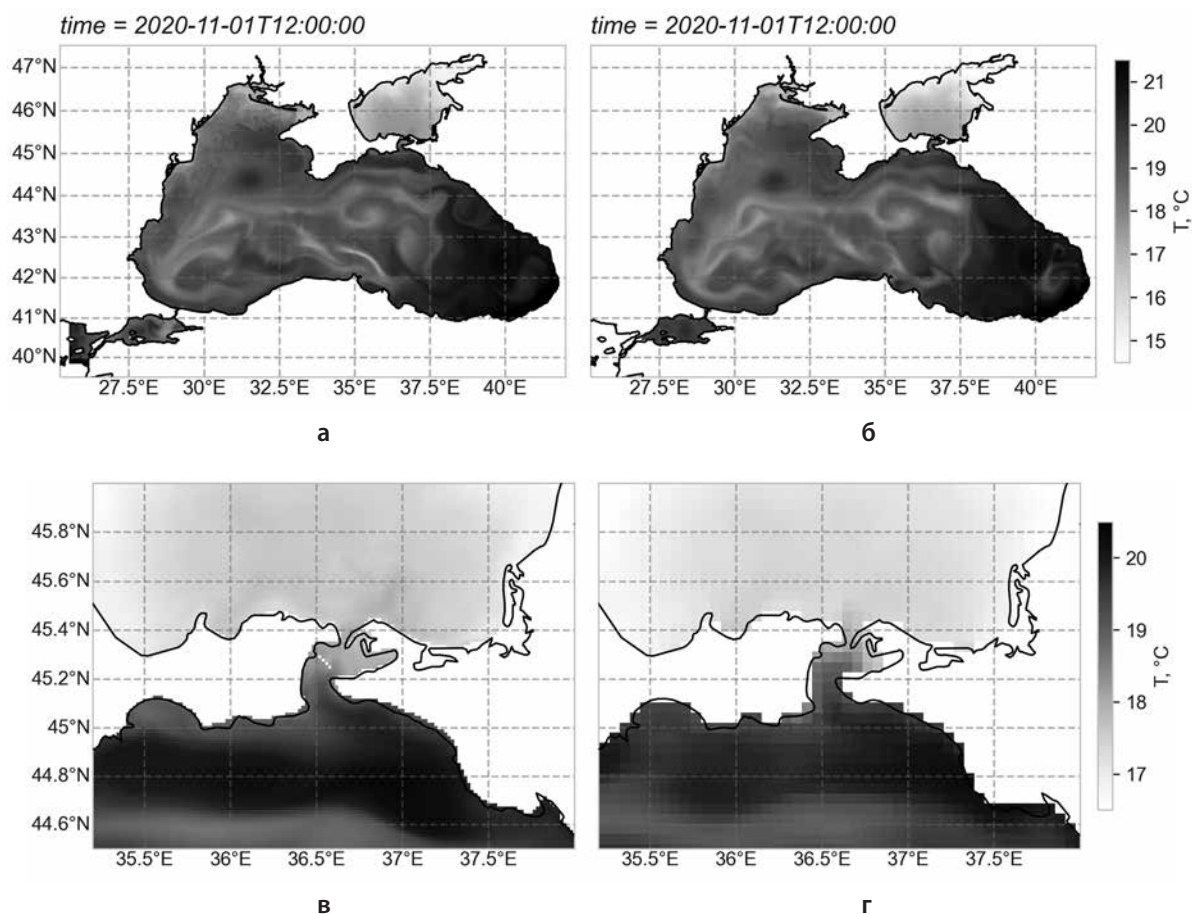


Рис. 1. Температура поверхности по результатам работы систем диагноза и прогноза динамики Азово-Черноморского бассейна: а, в – BAMS72; б, г – BAMS24

Полученная точность является результатом не только использования усвоения данных наблюдений, но и в принципе довольно качественным тюнингом самой модели, выполненном на ряде наиболее ярких процессов в системе каскада морей. В частности, в долго-периодных расчетах совместной динамики удастся довольно точно воспроизвести тренды осолонения бассейна Азовского моря.

Объем представленных результатов ограничен объемами материалов, поэтому отметим, что полученный опыт, гибкость и уровень используемого модельного комплекса позволяют подойти к решению задачи прогноза как отдельной акватории, так и в целом Мирового океана. Однако следует обратить внимание на отсутствие в Российской Федерации открытых источников данных, необходимых для подобных разработок.

Таблица 1

**Точность воспроизведения температуры и солёности (смещение и СКО)
в различных слоях Чёрного моря по результатам сопоставления
с измерениями с буев-профилемеров**

слой, м	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$\sigma_T, ^\circ\text{C}$	$\Delta S, \text{ppt}$	σ_S, ppt
0–5	–0,427	0,940	–0,079	0,628
5–30	–1,522	2,933	0,218	0,443
30–100	–0,151	0,439	0,166	0,417
100–300	–0,025	0,179	–0,274	0,510
300–1000	0,041	0,064	–0,051	0,069
1000–2000	0,117	0,118	–0,056	0,065

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дианский Н.А., Багно А.В., Залесный В.Б. Сигма-модель глобальной циркуляции океана и ее чувствительность к вариациям напряжения трения ветра // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2002. Т. 38. № 4. С. 537–556.
2. Ибраев Р.А., Хабеев Р.Н., Ушаков К.В. Вихреразрешающая $1/10^\circ$ модель Мирового океана // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т. 48. № 1. С. 45–55. DOI: 10.1134/S0001433812010045
3. Марчук Г.И., Патон Б.Е., Коротаев Г.К., Залесный В.Б. Информационно-вычислительные технологии – новый этап развития оперативной океанографии // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 6. С. 1–14.
4. Мизюк А.И., Коротаев Г.К., Григорьев А.В., Пузина О.С., Лишаев П.Н. Долгопериодная изменчивость термохалинных характеристик Азовского моря на основе численной вихреразрешающей модели // Морской гидрофизический журнал. 2019. № 5. С. 496–510.
5. Мизюк А.И., Сендеров М.В., Коротаев Г.К., Саркисян А.С. Особенности горизонтальной изменчивости температуры поверхности в западной части Чёрного моря по результатам моделирования с высоким пространственным разрешением // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2016. Т. 52. № 5. С. 639–648.
6. Korotaev G.K., Ratner Y.B., Ivanchik M.V., Kholod A.L., Ivanchik A.M. Operational system for diagnosis and forecast of hydrophysical characteristics of the Black Sea // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2016. 52 (5). P. 542–549. DOI: 10.1134/S0001433816050078
7. Madec G. and NEMO System Team NEMO ocean engine // Scientific Notes of Climate Modelling Center. Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL). 2016. Iss. 27. P. 412.

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ НАВОДНЕНИЙ НА РЕКАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА РОССИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ

**А.А. Мироненко¹, Е.П. Рец²,
Н.Л. Фролова¹, А.Т. Гизатуллин¹**

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

² *Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва*

nastya-mir@list.ru

Наводнения в бассейнах северокавказских рек – нередкое явление, обусловленное высокогорным рельефом и особыми климатическими условиями территории [Rets, Kireeva, 2010]. Подогревают научный интерес и сведения об увеличении интенсивности наводнений и их частоты в пределах исследуемого региона [Фалеев и др., 2014; Frolova et al., 2016]. В рамках комплексного анализа опасности наводнений на Северном Кавказе [Мироненко и др., 2018] показано, что некоторые авторы присваивают территории исследуемого региона самую высокую степень природной опасности наводнений [Гладкевич и др., 2012].

В рамках данного исследования проведен статистический анализ максимальных годовых уровней воды северокавказских рек, выполнена оценка повторяемости превышений уровней неблагоприятных и опасных явлений (далее – НЯ и ОЯ соответственно), изучены зависимости вида $Q_{max} = f(H_{max})$, предложен и апробирован метод построения потенциальной поверхности затопления для рек исследуемого региона.

В основу статистического анализа легли сведения о максимальных срочных годовых уровнях воды, зафиксированные на 59 гидрологических постах, расположенных на северокавказских реках. Оценка изменчивости характеристик паводкового стока выполнена при сопоставлении периодов 1961–1990 и 1991–2017 гг. (далее – первый и второй периоды соответственно). Статистический анализ выполнен при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Сопоставление максимальных уровней воды с отметками НЯ и ОЯ выполнено для 44 гидрологических постов. Предложенная поверхность потенциального затопления рек Северного Кавказа России построена на основе данных об исторических максимумах уровней воды 232 гидрологических постов исследуемого региона.

Статистический анализ рядов максимальных срочных годовых уровней воды показал, что на большинстве постов (35 из 59) критерием Стьюдента зафиксировано статистически значимое увеличение их математического ожидания от первого ко второму периоду. Анализ изменчивости дисперсии максимальных срочных годовых уровней воды посредством критерия Фишера обнаружил ее статистически значимое изменение по данным 15 постов из 59, причем увеличение дисперсии зафиксировано на 13 из них.

За период 1961–2017 гг. отмечено превышение уровней НЯ и ОЯ на 42 и 37 исследуемых гидрологических постах соответственно. Причем повторяемость превышений отметок НЯ и ОЯ за рассматриваемый период достигала 93 и 89 % соответственно по данным гидро-

логического поста в створе ст. Бжедуховская на р. Пшиш. В бассейне Кубани отметки НЯ и ОЯ (более 50 % случаев за период) наиболее часто превышались максимальными срочными годовыми уровнями воды на реках Афипс и Убинка, в пределах Черноморского побережья Кавказа – на реках Вулан и Мзымта (более чем 50 % случаев превышения отметок НЯ, 16 и 34 % случаев превышения отметок ОЯ). Наибольшая повторяемость превышения отметок НЯ и ОЯ в бассейне Терека зафиксирована на реках Малка и Фиагдон (превышение отметок НЯ – порядка 25 %, ОЯ – 9 и 18 % соответственно). Анализ повторяемости экстремальных отметок в бассейне Кумы установил частоту превышения не более 9 %.

Для большинства исследуемых гидрологических постов характерно увеличение повторяемости превышения отметок НЯ и ОЯ от первого ко второму периоду. Наиболее ярко эта закономерность прослеживается на реках Черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани. Повторяемость превышения отметок ОЯ на реках бассейна Кумы и Терека, напротив, снизилась, в то время как частота превышения отметок НЯ от первого ко второму периоду не изменилась.

Исследованы зависимости между максимальными срочными годовыми уровнями и расходами воды вида $Q_{max} = f(H_{max})$, построенные по данным 40 гидрологических постов для периодов 1961–1990 и 1991–2017 гг. На 9 постах из 40 зафиксировано наличие вертикальных русловых деформаций: на 7 постах, расположенных на реках Терек, Баксан, Кума, Малка, Кубань, Куапсе, Уруп, наблюдается намыв, на 2 постах, на реках Курджипс и Лучек, – размыв русла.

Предложена и апробирована методика построения зоны потенциального затопления для территории Северного Кавказа. Алгоритм действий для ее построения следующий:

- 1) определение местоположения точек гидрологических постов с высотой, равной высоте нуля графика поста, на основе цифровой модели рельефа (далее – ЦМР);
- 2) определение уровня максимального затопления русла (поверхности затопления) $ПЗ_1, ПЗ_2, \dots, ПЗ_{232}$ в створе каждого участвующего в исследовании поста: $ПЗ_n = H_0 + H_{max}$, где H_0 – нуль графика поста в БС, м, H_{max} – уровень максимального подъема воды;
- 3) построение общей поверхности затопления на всю территорию Северного Кавказа путем интерполяции между значениями $ПЗ_1, ПЗ_2, \dots, ПЗ_{232}$;
- 4) вычитание из высот ЦМР поверхности затопления (ЦМР-ПЗ) для определения потенциальных зон затопления на реках, не охваченных гидрологическими наблюдениями.

Карта зоны потенциального затопления рек Северного Кавказа России представлена на рисунке 1.

Анализ рядов максимальных срочных годовых уровней воды посредством статистических критериев однородности при сравнении показал статистически значимое увеличение их средних значений от 1961–1990 к 1991–2017 гг. Аналогичная тенденция выявлена и в ходе анализа дисперсии рядов максимальных срочных годовых уровней воды для большинства постов на северокавказских реках. Более чем на 50 % исследуемых постов отмечен рост повторяемости превышения отметок НЯ и ОЯ от первого ко второму периоду, что вызывает беспокойство за население прибрежных территорий и привлекает особое внимание к необходимости усиления контроля за качеством проводимых противопаводковых мероприятий. Предложен и апробирован алгоритм построения поверхности потенциального затопления на основе данных об исторических максимумах уровней воды.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 20-35-90120 и № 20-35-70024.

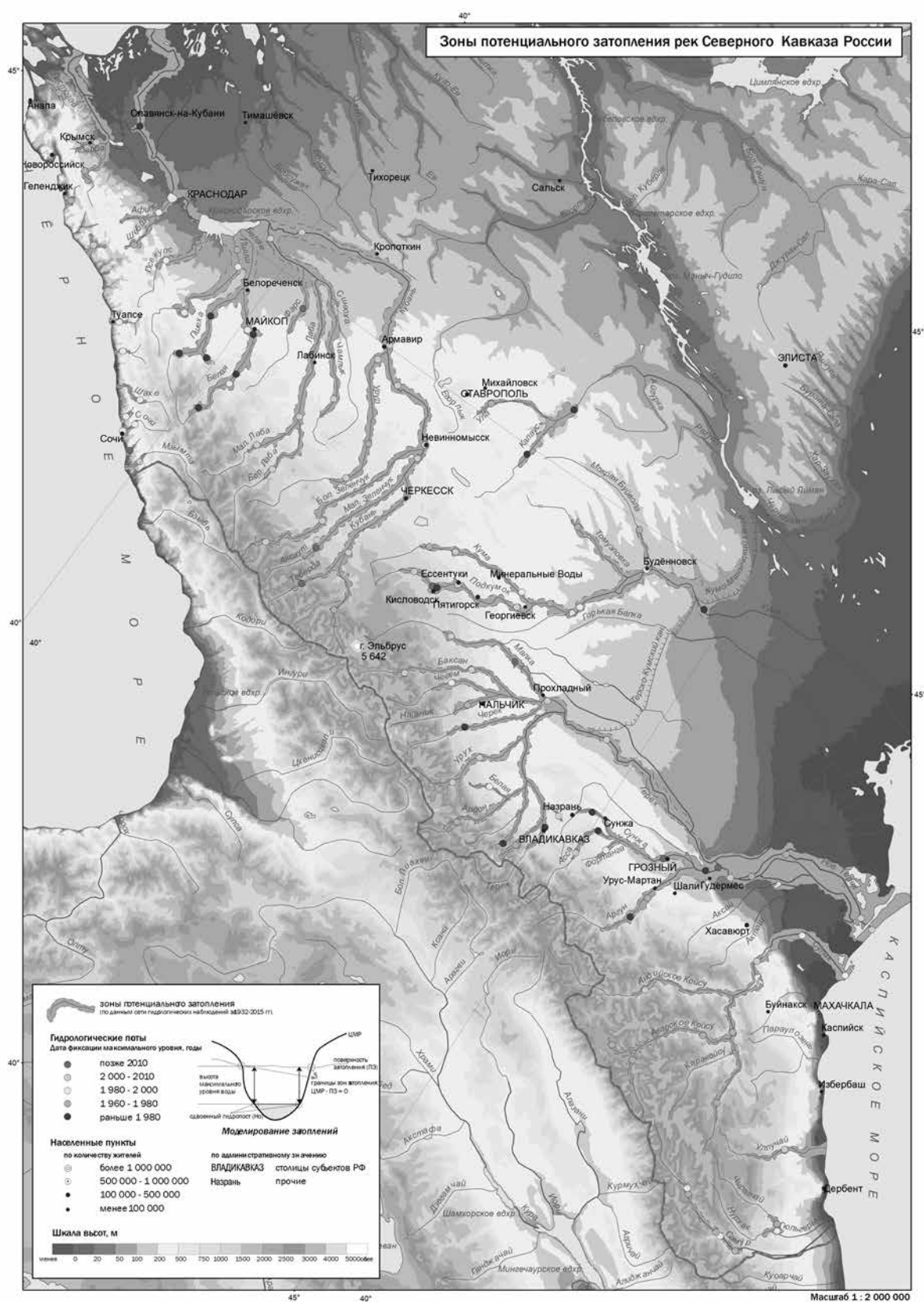


Рис. 1. Зоны потенциального затопления рек Северного Кавказа России, построенные на основе данных об исторических максимумах уровней воды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладкевич Г.И., Терский П.Н., Фролова Н.Л. Оценка опасности наводнений на территории Российской Федерации // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2012. № 2. С. 29–46.
2. Мироненко А.А., Рец Е.П., Фролова Н.Л. Оценка и картографирование опасности наводнений на Северном Кавказе: обзор и сопоставление существующих подходов // Геориск. 2018. Т. 12. № 2. С. 26–36.
3. Фалеев М.И., Черных Г.С., Старостин А.С. Оценка опасностей и угроз, обусловленных катастрофическими наводнениями, и предложения по защите населения и территорий от них // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. Т. 4. № 2. С. 18–32.
4. Frolova N.L., Kireeva M.B., Magritskiy D.V., Bolgov M.B., Kopylov V.N., Hall J., Semenov V.A., Kosolapov A.E., Dorozhkin E.V., Korobkina E.A., Rets E.P., Akutina Y., Dzhamalov R.G., Efremova N.A., Sazonov A.A., Agafonova S.A., Belyakova P.A. Hydrological hazards in Russia: origin, classification, changes and risk assessment // Natural Hazards. 2016. 88. 1. P. 103–131.
5. Rets E.P., Kireeva M.B. Hazardous hydrological processes in mountainous areas under the impact of recent climate change: case study of Terek River basin // Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources: Proc. of the Sixth World FRIEND Conference. 2010. IAHS Publ. P. 126–134.

ТИПЫ, СТРОЕНИЕ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕЙ В МЕЖДУРЕЧЬЕ ХОСТА – КУДЕПСТА ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА

С.Г. Миронюк¹, Е.В. Безуглова²

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

² *Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар
mironyuksg@gmail.com*

Береговая зона, склоны низкогорных хребтов и гряд Черноморского побережья Кавказа характеризуются интенсивным развитием оползневых процессов, что обусловлено, как и в других урбанизированных регионах, рядом природных и техногенных причин [Современные геологические ... 1973; Прогноз экзогенных ... 1979; Кюнтцель, 1980; Безуглова, 2014; Грохольский, 2015; Миронюк, 2019]. Активными оползнями здесь деформируются капитальные жилые дома, санаторные корпуса и частные постройки, дороги федерального и местного значения, ЛЭП и т.д. Особо активны оползневые процессы, согласно схеме районирования территории СевероЗападного и Западного Кавказа [Шуляков, 2010], в пределах т.н. «Сочинской» подобласти региона (между реками Шахе и Псоу) [Зарва, 1974; Гудкова, Оноприенко, 2011]. Еще в 1930-е гг. А.Л. Козлов отмечал, что «оползни являются для Сочинского района как бы нормальным эрозионным процессом» [Козлов, 1937]. В указанной работе отмечалось также, что на противооползневые мероприятия по району ежегодно затрачивалось несколько миллионов рублей. Высокая частота оползневых процессов, значительная пораженность территории оползнями в Сочинском регионе (коэффициент пораженности 0,12–0,3 [Шуляков, 2010]) позволили отнести территорию побережья Б. Сочи к району с чрезвычайно опасным проявлением рассматриваемого процесса [Атлас природных ... 2007] (на аналогичной карте Сочинского полигона среднего масштаба рассматриваемый участок побережья характеризуется преимущественно высоким и очень высоким уровнем оползневой опасности [Маркарьян, Вожик, 2012; Вожик, Шамурзаева, 2018]. С учетом параметров опасности, возможного ущерба от оползневых процессов вследствие разрушения и повреждения линейной инфраструктуры и жилых построек, оползневой риск в обсуждаемом районе Д.Ю. Шуляковым оценен как «средний» [Шуляков, 2010].

В начале прошедшего десятилетия нынешнего века (2011–2013 гг.) на северо-восточном побережье Чёрного моря повсеместно наблюдалась активизация опасных геодинамических, в т.ч. и оползневых процессов [Гудкова, Оноприенко, 2011; Крестин, Мальнева, 2015]. Главная причина их активизации – крупномасштабное строительство олимпийских объектов и других видов строительства, резко возросшие потоки большегрузных автомобильных и ж.-д. составов, сброс техногенных грунтов на склон, а также аномально большое количество атмосферных осадков, выпавших в указанные годы.

Наши исследования оползней в междуречье Хоста – Кудепста на прибрежном участке строительства газопровода «Джубга – Лазаревское – Сочи» методом наклонно-направленного бурения (ННБ) были выполнены в 2010–2011 гг. [Миронюк и др., 2011]. Здесь,

на участке берегового примыкания, проектом ННБ по типу «море-суша» была запланирована проходка пионерной скважины под автомобильной и железной дорогами приморским оползневым склоном Хостинского хребта (макс. высотой 229 м) с выходом ее на строительную площадку на левом склоне долины р. Змейки (длина перехода 1535 м).

Главными задачами исследования геодинамической обстановки на участке строительства газопровода являлись:

- 1) выявление (распознавание) всех генетических типов оползней на склоне;
- 2) уточнение строения оползневого массива и определение расположения поверхностей скольжения (зон смещения) оползней;
- 3) расчет устойчивости оползневого склона в месте выхода пионерной скважины на дневную поверхность.

Для решения указанных задач были выполнены следующие виды работ:

- 1) сейсморазведка методом КМПВ и сейсмотомография;
- 2) электроразведочные работы методом электротомографии;
- 3) георадиолокационные исследования;
- 4) рекогносцировочное обследование участка и картирование оползневых тел;
- 5) описание существующих деформаций зданий и сооружений;
- 6) описание оползневых тел и их морфологических элементов;
- 7) бурение скважин глубиной до 60 м и лабораторные испытания образцов грунтов.

Выполненный анализ архивных материалов ГУП «ЧерноморТИСИЗ» (2004–2005 гг.), Северо-Кавказского геоэкологического Центра (СК ГЭЦ), ООО «НТЦ ГеоПроект», ООО СочиТисизПроект», МГУ им. М.В. Ломоносова, данных буровых и геофизических работ показал следующее.



Рис. 1. Деформации подпорной стенки автодороги М-27 Джубга – Сочи

В разрезе изученного приморского склона по створу прослеживается не менее 3 оползневых массивов разного строения. По кадастру СК ГЭЦ в нижней части склона наблюдается оползень № 1195, в средней части, в пределах крупной балки, оползень №1181А и в верхней его части, на правом склоне р. Змейка (правый приток р. Кудепста), оползень № 1135. Наиболее активен и опасен оползень № 1195. Он наблюдался с 1952 по 2002 г. По данным СК ГЭЦ, постоянная ежегодная активизация оползня наблюдается с 1973 г., со времени начала строительства новой автомобильной дороги, которое сопровождалось высокими и протяженными подрезками склона. В его границах в период наших изысканий были зафиксированы деформации построенных в средней части оползня в 1970–1980-е гг. подпорных стенок (рис. 1).

Наблюдалась также повреждение асфальтового покрытия автомобильной дороги (появление поперечных и продольных трещин в дорожных одеждах, просадка покрытия и др.) (рис. 2), строений санатория «Аврора».



Рис. 2. Деформации (развитие продольных и поперечных трещин) дорожного полотна автодороги М-27 Джубга – Сочи

В зоне развития описываемого оползня склон сложен существенно глинистыми по составу терригенными отложениями палеогена, представленными кудепстинской (P_3^3 с), мысовидненской (P_3^3 mv) и сочинской ($(P_3^{1-2}$ сс) свитами. Крутизна склона 20–25°. Элементы залегания пород коренной основы имеют следующие значения: азимут падения 205–220°, углы падения от 25–30° до 32–40°, т.е. пласты флишеподобной толщи залегают субпараллельно поверхности склона. Уровень грунтовых вод преимущественно расположен на глубине 2,5–3,0 м. Наибольшая глубина залегания грунтовых вод (13,5 м) отмечена в подошве оползневых отложений на территории санатория «Аврора». К наиболее проницаемым отложениям палеогена приурочены подземные воды трещинно-пластового типа. Этот горизонт вскрыт в интервале 20–51 м. Общее направление грунтового потока – в сторону моря. В дождливое время года в зоне аэрации возможно развитие верховодки. Оползень № 1195 развивается от старой трассы Сухумского шоссе до уреза моря, пересекая линию железной дороги и две ветки автомобильной дороги М-27 Джубга – Сочи. Максимальная длина оползня 250 м, средняя ширина 200 м, площадь 50 тыс. м², мощность изменяется

от 3 до 15 м. В оползневое смещение вовлечены четвертичные склоновые (делювиальные) глинистые отложения (глина тугопластичная и полутвердая) и элювиальные образования коренных аргиллитов (глина твердая) и песчаников. Буровыми работами установлено, что мощность элювия колеблется от 0,9 м до 5,8 м (по данным сейморазведки КМПВ мощность выветрелой зоны аргиллитов оценивается в 6–7 м). Оползень принадлежит к классу поверхностных оползней, а по механизму смещения относится к типу «оползней течения» [Шуляков, Шулякова, 2011]. Плоскость скольжения проходит, вероятно, на контакте сильно выветрелых, водонасыщенных элювильных пород и пород коренной основы.

Активизация оползня носит очаговый характер. Интенсивная активизация наблюдается на участках переувлажнения грунтов ливневыми и грунтовыми водами при отсутствии или неэффективной работе системы дренажей и ливнестоков и в местах подрезки склона.

Рассмотренный оползень покровных образований сформировался как вторичный на теле древнего оползня, возникшего с большой вероятностью при сильном землетрясении [Миронюк и др., 2019]. Образование оползней сейсмогенной природы для района Б. Сочи не является редким событием. Так, в результате землетрясения 4 декабря 1970 г. интенсивностью 7–8 баллов ($M=5,1$) в районе поселка Лео в покровных обводненных породах сформировались оползни-потоки, а также т.н. оползни соскальзывания, образованные пакетами аргиллитов, сместившихся по плоскостям напластования [Хромовских, Никонов, 1984]. По типу смещения такие оползни являются консеквентными. Древнеоползневые накопления (dpQ_3) на рассматриваемом нами приморском склоне представлены смещенными блоками аргиллитов и песчаников мощностью около 25 м. Язык описываемого оползня находится ниже уровня моря. Оползневой массив в настоящее время находится в стабильном состоянии, его подошва располагается ниже базиса эрозии.

Оползень №1181^A в верховье водосборного бассейна безымянной балки прослеживается на обеих ее бортах от водораздельного хребта до Сухумского шоссе. Средний уклон поверхности составляет 9°. Размеры оползня в плане 500 ´ 250 м, общая мощность оползневых накоплений, по данным бурения, около 15 м. Развитие современного оползня течения, сложенного глиной с щебнем выветрелых аргиллитов и песчаников (до 20–30 %) мощностью 0,3–5,0 м, происходит на теле древнего оползня соскальзывания. Тело последнего включает следующие породы: аргиллит очень низкой прочности с тонкими прослоями песчаника, аргиллит перемятый до состояния полутвердой и твердой глины с включением щебня песчаника (оползневая брекчия). На контакте коренных пород с древнеоползневыми отложениями на глубине 15 м вскрыты подземные воды трещинно-жильного типа. В связи с наличием водоупора (оползневых масс) воды имеют напорный характер (зафиксирован самоизлив с дебитом 0,03 л/сек). Основным оползнеобразующим фактором развития здесь современных оползневых процессов является обильная обводненность массива четвертичных пород грунтовыми и хозяйственно-бытовыми водами.

Оползень № 1135 развивается от вершины водораздельного хребта до русла р. Змейка. Долина реки имеет ассиметричную форму и склоны сложной морфологии. В правом борту долины наблюдаются оползневые смещения небольших объемов (порядка первых сотен м³). Размер изученного активного оползня 400 ´ 180 м. Состоит из отдельных протяженных веерообразных очагов, сливающихся воедино в средней и нижней частях склона с базисом в русле реки. Оползневые образования представлены глиной с щебнем аргиллитов и песчаников мощностью более 20 м в языковой части оползня. Подземные воды приурочены к оползневым отложениям и элювию коренных пород. Установившийся их уровень зафиксирован на глубине 0,2–7,2 м. Основными факторами образования оползня являются:

крутизна склона в средней и нижней выположенных его частях – перенасыщение массива подземными водами, быстрое выветривание коренных пород, боковая эрозия реки.

Расчет устойчивости левого склона долины реки по формуле К. Терцаги показал, что его коэффициент устойчивости (K_u), с учетом сейсмичности 9 баллов ($K_c=0,1$), составляет 1,01, т.е. склон находится в состоянии предельного равновесия.

Проведенные обобщение и анализ материалов инженерных изысканий на приморском оползневом склоне в междуречье Хоста – Кудепста позволили уточнить типы развитых здесь оползней, их строение и факторы формирования. Было установлено, что основными локальными факторами, влияющими на формирование оползней течения, являются интенсивная обводненность грунтов на крутом склоне и его подрезка в ходе строительства транспортных объектов, а оползней соскальзывания – структурное строение склона, тектоническая трещиноватость коренных пород, наличие в массиве подземных вод трещинно-пластового типа. Региональным фактором оползнеобразования является высокая сейсмичность территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций РФ. Южный федеральный округ. М., 2007.
2. Безуглова Е.В. Оценка и управление оползневом риском транспортных природно-технических систем Черноморского побережья Кавказа: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Краснодар, 2014. 277 с.
3. Вожик А.А., Шамурзаева Д.А. Оперативное региональное прогнозирование активности оползневого процесса на примере Сочинского полигона // Геоинформатика. 2018. № 4. С. 59–70.
4. Грохольский Н.С. Научно-методические основы оценки интегрального риска экзогенных геологических процессов: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2015. 135 с.
5. Гудкова Н.К., Оноприенко М.Г. Об активизации опасных геодинамических процессов в результате увеличения техногенной нагрузки при строительстве в Сочинском регионе // Экологический вестник Северного Кавказа. 2011. Т. 7. № 3. URL: <http://ecokavkaz.ru/journal/2011/t-7-3>
6. Зарва А.В. Учет природной обстановки при борьбе с оползнями в районе Сочи // Тр. Всесоюз. НИИ гидрогеологии и инженерной геологии. 1974. Вып. 78. С. 49–54.
7. Козлов А.Л. Черноморское побережье в районе Сочи и низовья р. Мзымты // Экскурсия по Кавказу. Черноморское побережье / под ред. А.П. Герасимова. Международный геологический конгресс. XVII сессия. СССР. 1937. С. 26–44.
8. Крестин Б.М., Мальнева И.В. Активность оползневого и селевого процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2015. № 1. С. 58–66.
9. Кюнтцель В.В. Закономерности оползневого процесса на Европейской территории СССР и его региональный прогноз. М.: Недра, 1980. 213 с.
10. Маркарьян В.В., Вожик А.А. Районирование территории Сочинского полигона по уровню оползневой опасности на основе ГИС-анализа // Разведка и охрана недр. 2012. № 10. С. 7–10.
11. Миронюк С.Г., Кропоткин М.П., Ионов В.Ю. Оценка устойчивости обвально-оползневого склона Черноморского побережья с учетом возможных сейсмических воздействий //

- Изучение опасных природных процессов и явлений при инженерных изысканиях: мат-лы докл. Общерос. науч.-практ. конф) / под ред. К.С. Висхаджиева. М.: Геомаркетинг, 2019. С. 99–113.
12. Миронюк С.Г., Винда А.А., Ионов В.Ю., Науменко Д.А., Чичеров А.Л. // Опыт применения наклонно-направленного бурения при пересечении береговой зоны (на примере строительства газопровода на шельфе северо-восточной части Чёрного моря) // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2011. № 3. С. 35–42.
 13. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР / под ред. А.И. Шеко. М.: Недра, 1979. 239 с.
 14. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР / под ред. А.И. Шеко. М.: Недра, 1973. 220 с.
 15. Хромовских В.С., Никонов А.А. По следам сильных землетрясений. М.: Наука, 1984. 144 с.
 16. Шуляков Д.Ю. Анализ распространения и развития оползней на территории Северо-Западного и Западного Кавказа (в пределах Краснодарского края). Автореф. дис. ... канд. геог. наук. М., 2010. 23 с.
 17. Шуляков Д.Ю., Шулякова М.С. Классификация оползней на территории Северного Кавказа // Физическая география и биогеография, геохимия почв и геохимия ландшафтов. 2011. № 2 (41). С. 293–300.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСОВ КОНВЕКТИВНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ МЕЗОЦИКЛОНОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

С.А. Петриченко, О.В. Калмыкова, С.В. Козлов

*НПО «Тайфун», г. Обнинск Калужской обл.
psa@rpatyphoon.ru*

Полярный мезомасштабный циклон (ПМЦ) – это небольшой, но очень интенсивный морской циклон, зачастую вызывающий экстремальные погодные явления: штормовые волнение и ветер, обледенение судов и сооружений, снежные заряды с ухудшением видимости. Штормовая ситуация развивается обычно внезапно за короткий период. Горизонтальные размеры таких мезоциклонов варьируются в диапазоне от 100 до 1000 км, а в среднем составляют 200–600 км. Скорость приземного ветра в полярном мезоциклоне достигает штормовой силы.

В Северном полушарии областью наиболее активного мезомасштабного циклогенеза является акватория Северо-Европейского бассейна. Значительные межширотные термические контрасты в приводном слое, усиленные близостью массива дрейфующих льдов и проникновением теплых атлантических вод на север, в сочетании с интенсивным тропосферным переносом создают условия для развития бароклинной неустойчивости в этом регионе в холодное время года. Основными источниками энергии при образовании и развитии полярных мезоциклонов являются турбулентные потоки тепла и влаги от морской поверхности.

Над северными морями России, лежащими к востоку от Новой Земли (Карское море, море Лаптевых и Восточно-Сибирское море), ПМЦ возникают гораздо реже вследствие меньшей, чем в Северо-Европейском бассейне, площади свободной ото льда морской поверхности. Однако при наличии тенденции к увеличению акваторий открытой воды в условиях происходящего потепления в этом регионе следует ожидать и возрастания количества возникающих ПМЦ.

Поскольку размеры полярных мезоциклонов незначительны по сравнению с крупномасштабными барическими образованиями, а срок их жизни в большинстве случаев составляет менее суток, они достаточно редко обнаруживаются на синоптических картах в виде замкнутых изобар. На обширных арктических акваториях, где образуются полярные циклоны, зачастую отсутствуют данные стандартных метеорологических наблюдений, поэтому такие циклоны обнаруживаются по данным наблюдений облачного покрова с метеорологических спутников и радиофизическим измерениям. Интенсивность ПМЦ определяется качественно по структуре и степени яркости изображения облачных вихрей на спутниковых снимках. Фактически в настоящий момент спутниковые методы – это единственное средство обнаружения и идентификации такого явления, как полярные мезоциклоны.

Штормовые ПМЦ в российском секторе Северного Ледовитого океана наблюдаются обычно в период с августа по апрель. В этот период происходит процесс льдообразования, который приводит к усилению контрастов температуры в приводном слое.

Прогноз ПМЦ, как и их обнаружение, остается нерешенной проблемой.

Нам представляется, что для создания автоматизированной системы прогноза генезиса ПМЦ необходимо в первую очередь определиться с формальными прогностическими признаками, которые можно встроить в систему расчета вероятностей возникновения мезоциклонов. Для этого желательно использовать выходную продукцию современных региональных моделей. По нашему мнению, такими прогностическими признаками могут быть конвективные индексы, поскольку ПМЦ представляют собой развитые интенсивные конвективные системы.

Мы полагаем, что расчет полей конвективных индексов для уже идентифицированных ПМЦ и их сопоставление с наблюдаемыми характеристиками позволит выделить ограниченный перечень этих индексов в качестве прогностических признаков. Суперпозиция их полей, по нашему мнению, даст возможность составления вероятностного прогноза формирования ПМЦ.

Для расчетов полей метеовеличин в районах генезиса полярных мезоциклонов нами был использован программный комплекс Polar WRF v. 4.1.1 + Polar WPS v. 4.1. Результаты расчетов метеопараметров в узлах расчетной сетки использовались в качестве входных данных для расчета полей индексов конвективной неустойчивости атмосферы. Для этого на языках программирования C и Fortran были разработаны соответствующие программные средства.

Для оценки возможности использования конвективных индексов в качестве прогностических признаков были рассчитаны их поля для проанализированного ранее [Вереземская, Степаненко, 2016] полярного мезоциклона, который сформировался над Карским морем и прослеживался по спутниковым снимкам 30 сентября 2008 г. (рис. 1).

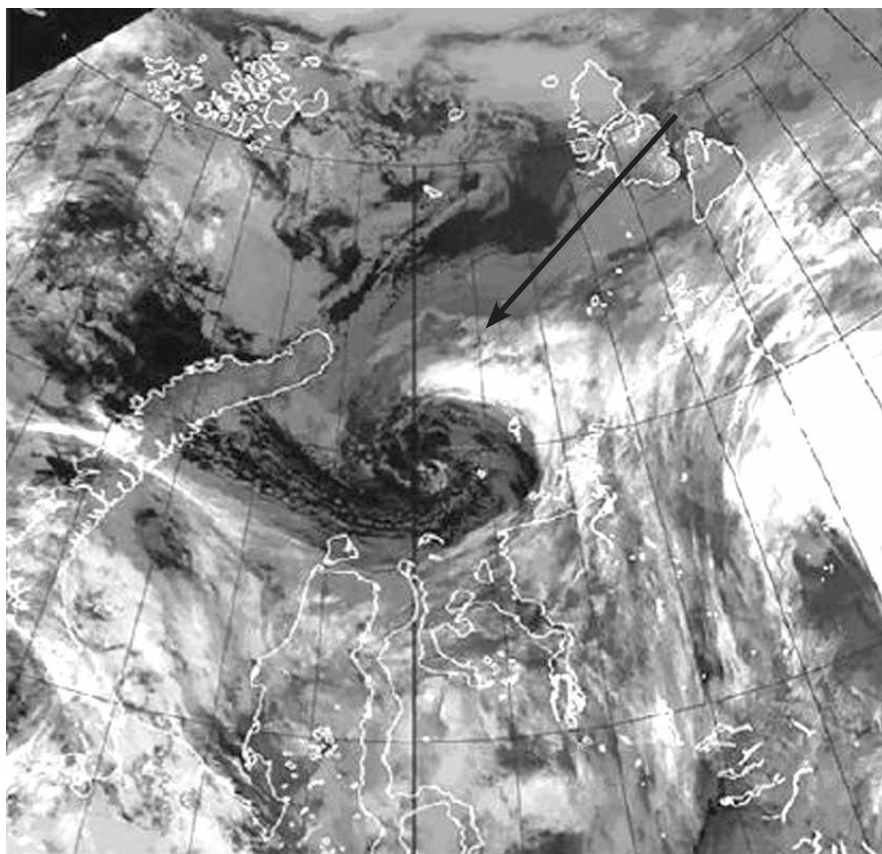


Рис. 1. Снимок облачности со спутников NOAA, 14:33 ВСУ 30.09.2008 (стрелкой показан ПМЦ)

При моделировании этого ПМЦ в качестве начальных и граничных условий для расчетов по модели WRF были использованы данные Final Analyses из CISL Research Data Archive.

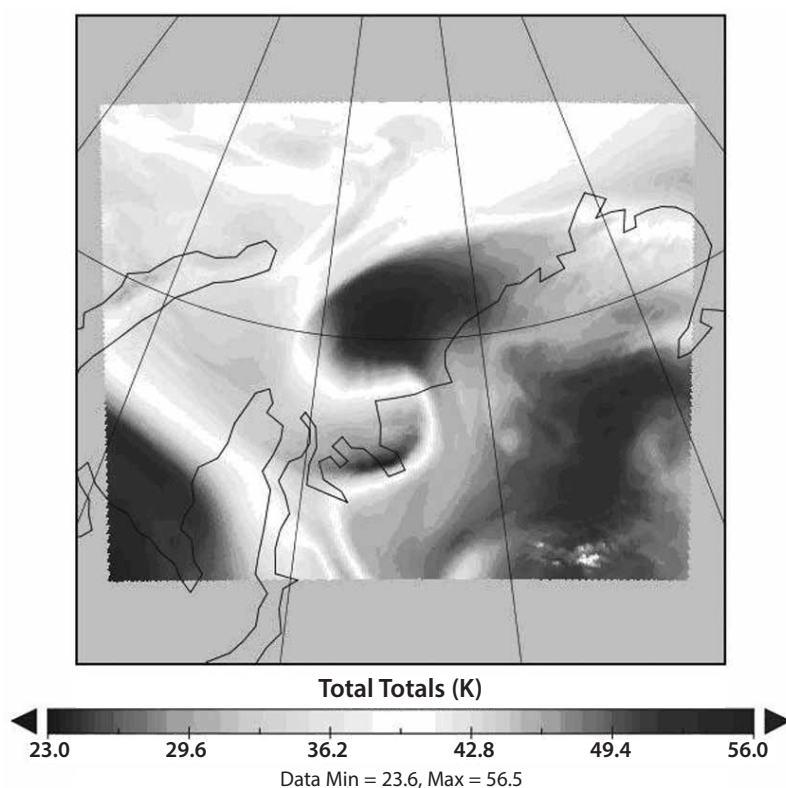


Рис. 2. Поле индекса ТТ, 12:00 ВСВ 30.09.2008

На рисунке 2 показано рассчитанное на базе разработанных программных средств поле индекса ТТ на 12:00 ВСВ 30.09.2008. Из рисунка видно, что область повышенных значений индекса ТТ над водной поверхностью располагалась в непосредственной близости от центра ПМЦ.

Анализ аналогичных полей других индексов конвективной неустойчивости позволил выявить ограниченную группу перспективных индексов, которые могут быть использованы для прогноза зарождения ПМЦ. С учетом полученных результатов был разработан алгоритм расчета областей риска их возникновения.

Алгоритм предполагает комплексирование полей отобранных индексов с последующей оценкой вероятности возникновения ПМЦ в каждом узле расчетной сетки. Предполагается, что чем больше индексов спрогнозировали условия высокой конвективной неустойчивости в атмосфере, тем больше вероятность образования ПМЦ:

$$P = (N_{\text{ex}} / N_{\text{total}}) \cdot 100 \%,$$

где N_{ex} – количество индексов, по которым в рассматриваемом узле сетки отмечаются превышения пороговых значений, N_{total} – общее количество рассматриваемых индексов (в данном случае оно равно 9).

Для программной реализации предложенного алгоритма на языке программирования С был разработан соответствующий программный модуль. В качестве входных данных этот модуль использует предварительно рассчитанные поля индексов конвективной неустойчивости, на выходе формирует файл с полем вероятности образования ПМЦ в формате NetCDF.

На рисунке 3 показаны рассчитанные с помощью разработанного модуля карты областей риска возникновения ПМЦ за период с 12 ч ВСВ 29.09.2008 по 18 ч ВСВ 30.09.2008 для вышеупомянутого ПМЦ над Карским морем. Из рисунка видно, что в 12 ч ВСВ 29.09.2008 область максимального риска (с вероятностью возникновения ПМЦ около 80 %) достаточно точно описывала реальное положение позже возникшего ПМЦ. С течением времени она постепенно размывалась, охватывая в том числе и материковую часть. Тем не менее довольно ярко очерченная область высокого риска в том месте, где возник ПМЦ, прослеживалась на протяжении всего рассматриваемого периода.

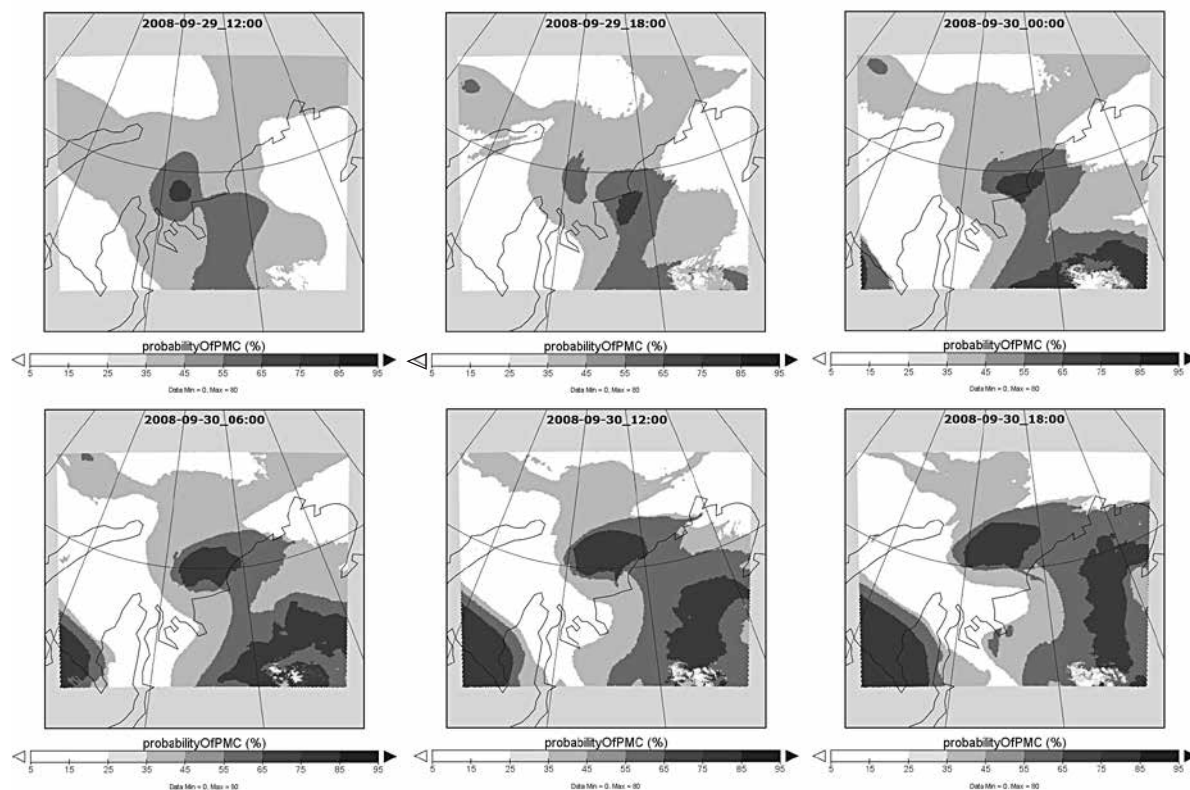


Рис. 3. Области риска возникновения ПМЦ
за период с 12 ч ВСВ 29.09.2008 по 18 ч ВСВ 30.09.2008

Комплексирование полей индексов конвективной неустойчивости для оценки рисков возникновения полярных мезоциклонов представляется перспективным направлением при разработке автоматизированной системы прогноза генезиса ПМЦ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вреземская П.С., Степаненко В.М. Численное моделирование структуры и эволюции полярного мезоциклона в Карском море. Ч. 1. Проверка модели и оценка механизмов неустойчивости // Метеорология и гидрология. 2016. № 6. С. 69–81.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТОРМОВЫХ НАГОНОВ В РАЙОНЕ МГС ТЕМРЮК

А.А. Полозок^{1, 2}, И.Н. Фомина²

¹ *Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь*

² *Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, г. Москва
polozok.umi@gmail.com*

В условиях сокращения финансирования морских станций поиск альтернативных способов пополнения базы данных морских наблюдений становится актуальной задачей. Эффективным методом пополнения и дополнения рядов значений является использование для расчета уровня моря численных гидродинамических моделей.

Цель данной работы – сравнение натурных данных наблюдений с численными результатами моделирования опасных нагонных колебаний уровня моря в районе МГС Темрюк. Указанная станция выбрана для проверки точности модели по следующим причинам:

- 1) в этом районе в течение последних 10 лет фиксируется ежегодно в среднем 2 опасных штормовых нагона;
- 2) для указанной станции за 2013 г. имеются непрерывные ряды ежечасных наблюдений уровня моря и поля скорости ветра и атмосферного давления над Азово-Черноморским бассейном из мезомасштабной метеорологической модели WRF.

Для сопоставления с модельными данными использованы ряды учащенных ежечасных наблюдений за уровнем моря в районе МГС Темрюк, полученные во время 3 длительных штормовых нагонов, наблюдаемых в марте, апреле и октябре 2013 г. Основные сведения по анализируемым штормовым нагонам в районе морской станции Темрюк представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика штормовых нагонов в районе МГС Темрюк в 2013 г.

Дата	Макс. уровень, см	Длительность нагона, ч	Ветер		
			направление	скорость средн., м/с	скорость макс., м/с
23–24.03.2013	564	7	З, ЗСЗ	9	14
08.04.2013	578	4	ВСВ, ССВ	7	10
19.10.2013	576	5	СЗ	10	13

По данным таблицы 1 видно, что экстремальные подъемы уровня моря наблюдались преимущественно при ветрах северных направлений при средних скоростях ветра от 7 до 9 м/с с порывами до 14 м/с. Для анализа брались опасные нагоны, длительность которых превышала 3 ч. Модельные данные рассчитывались на несколько суток таким образом, чтобы пик штормовой ситуации приходился примерно на середину расчетного периода.

Самый высокий уровень моря (578 см) наблюдался во время штормового нагона в апреле 2013 г. Штормовую ситуацию спровоцировал ветер ВСВ, ССВ направлений со средней скоростью 7 м/с.

Входными данными для модели являлись поля скорости ветра и атмосферного давления над Азово-Черноморским бассейном из мезомасштабной метеорологической модели WRF (ecobase.org.ua) с дискретностью по времени 3 ч и пространственным разрешением 0,05°. Расчеты уровня моря и полей течений в Азово-Черноморском бассейне выполнены с применением численной гидродинамической модели Advanced Circulation Model for Shelves Coasts and Estuaries (ADCIRC). Более подробно познакомиться с описанием модели и результатами ее использования можно в работах [Dietrich et al., 2011; Luettich et al., 1992; Sebastian et al., 2014]. Валидация модели по данным наблюдений за уровнем Азовского моря проводилась в работе [Фомин, Полозок, 2013].

Результаты сопоставления натурных данных наблюдений и данных моделирования представлены на рисунках 1–3.

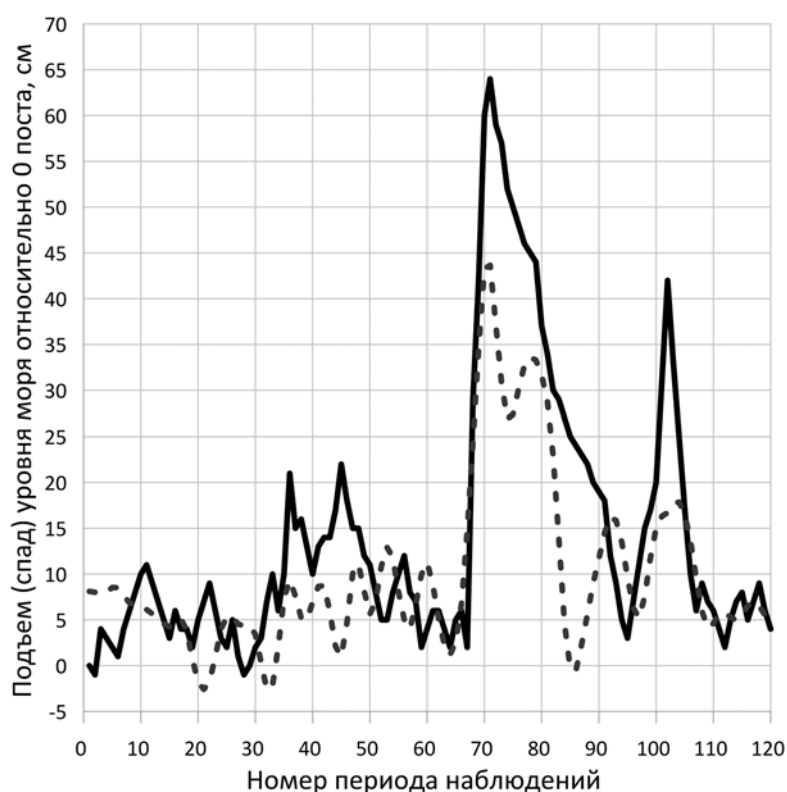


Рис. 1. Сопоставление данных моделирования и натурных данных в районе МГС Темрюк во время штормового нагона 23–24 марта 2013 г. Пунктирная линия – модельные данные, сплошная линия – натурные данные

Как мы видим, для всех проанализированных штормовых нагонов имеет место хорошая визуальная сопоставимость натурных и модельных значений. В то же время данные моделирования выглядят более сглаженными, иногда с запаздыванием повторяют спады и подъемы уровня моря. Подобный эффект связан с тем, что инструментальные измерения уровня проводились ежечасно, а модельные ежечасные значения рассчитывались на основе полей скорости ветра и атмосферного давления над Азово-Черноморским бассейном из мезомасштабной метеорологической модели WRF с дискретностью по времени 3 ч.

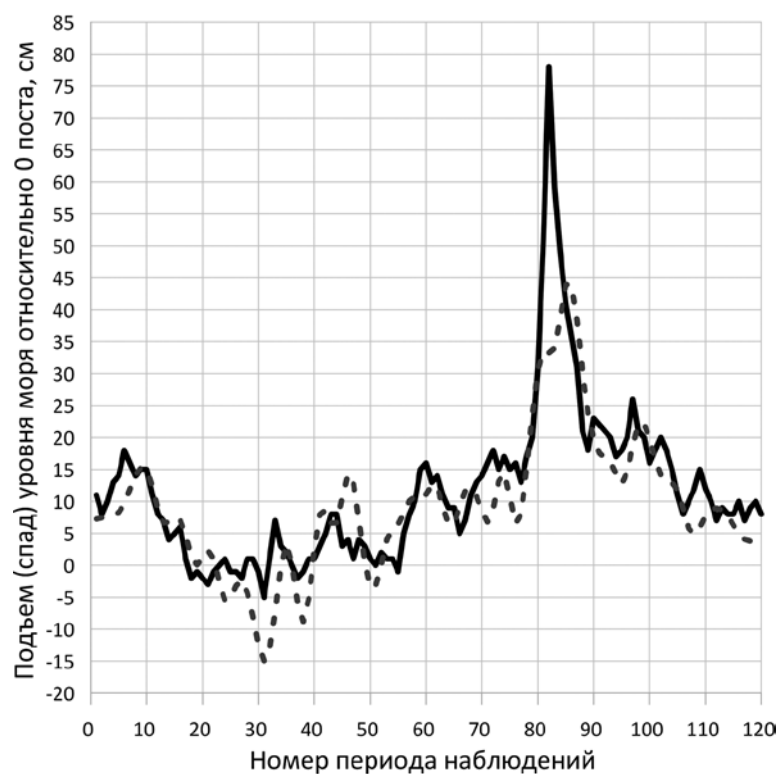


Рис. 2. Сопоставление данных моделирования и натурных данных в районе МГС Темрюк во время штормового нагона 8 апреля 2013 г. Пунктирная линия – модельные данные, сплошная линия – натурные данные

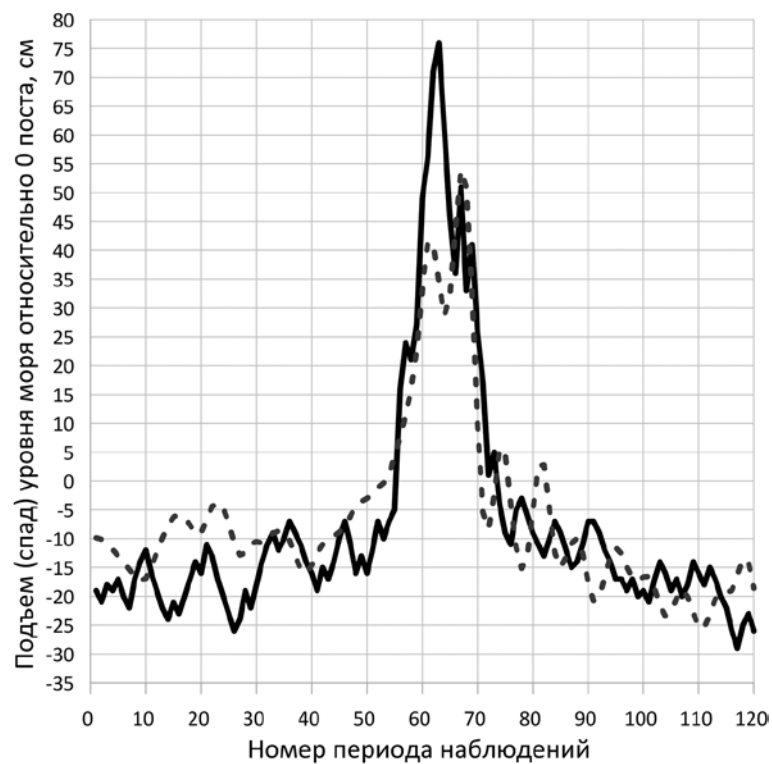


Рис. 3. Сопоставление данных моделирования и натурных данных в районе МГС Темрюк во время штормового нагона 19 октября 2013 г. Пунктирная линия – модельные данные, сплошная линия – натурные данные

Рассчитанные коэффициенты корреляции составили 0,83 для нагона в марте 2013 г., 0,84 для штормовой ситуации в апреле 2013 г. и 0,88 для нагона в октябре 2013 г. Указанные значения коэффициентов характеризуют высокую силу корреляционной связи.

В таблице 2 представлены базовые статистические характеристики исследуемых модельных и натурных данных уровня моря в районе МГС Темрюк во время 3 штормовых нагонов в 2013 г.

Таблица 2

**Статистика модельных и натурных данных для штормовых нагонов
в районе МГС Темрюк**

Показатель \ Дата нагона	23–24 марта 2013 г.		8 апреля 2013 г.		19 октября 2013 г.	
	фактич. данные	модельн. данные	фактич. данные	модельн. данные	фактич. данные	модельн. данные
Среднее значение вариационного ряда, см	14,4	10,0	11,5	9,3	–7,4	–6,2
Стандартное отклонение, см	14,7	9,6	12,4	9,7	20,9	16,1
Асимметрия	1,6	1,6	2,3	0,8	2,3	2,0
Экссесс	2,0	2,5	8,2	1,8	4,9	3,9
Минимальное значение вариационного ряда, см	–1,0	–2,6	–5,0	–14,9	–29,0	–25,4
Медиана, см	9,0	6,8	10,0	8,2	14,0	10,6
Максимальное значение вариационного ряда, см	64,0	43,7	78,0	44,0	76,0	53,9
Первый квартиль, см	5,0	4,7	3,0	3,8	–19,0	–15,3
Третий квартиль, см	18,7	11,8	16,0	13,1	–7,5	–4,4

Анализируя данные таблицы 2, можно сделать вывод, что модельные ряды значений имеют сглаженные (заниженные для максимальных значений и завышенные для минимальных значений) статистические характеристики для всех 3 штормовых ситуаций. Как было сказано ранее, главная причина в этом случае – расчет ежечасных значений уровня моря на основе полей скоростей ветра и атмосферного давления с дискретностью по времени 3 ч.

Положительным моментом является хорошая сопоставимость значений асимметрии и эксцесса фактических и модельных данных. В каждом случае наблюдается выраженная высоковершинность (то есть положительный эксцесс).

Похожие значения для натурных и модельных данных наблюдений получены для первого квартиля и медианы. Также по модельным данным с учетом небольшой корректировки в сторону увеличения можно рассчитывать средние значения вариационного ряда.

Полученные данные моделирования для каждого из трех проанализированных штормовых нагонов имеют высокую силу корреляции с данными натурных наблюдений. Рассчитанные коэффициенты корреляции составили от 0,83 до 0,88. Хорошую сопоставимость демонстрируют и основные статистические характеристики исследуемых рядов значений.

Модельные данные более усредненные и сглаженные, чем данные наблюдений. Это связано с тем, что для их расчета использовались поля скорости ветра и атмосферного давления над Азово-Черноморским бассейном из мезомасштабной метеорологической модели

WRF с дискретностью по времени 3 ч, в то время как фактические замеры уровня моря проводились ежечасно. Если бы дискретность по времени полей для моделирования составляла 1 ч, сопоставимость вариационных рядов была бы еще выше.

Полученные модельные значения при небольших корректировках в сторону увеличения подходят для дополнения пропусков в рядах наблюдений. Данные моделирования хорошо отражают основные тенденции изменчивости реальных значений уровня моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомин В.В., Полозок А.А. Технология моделирования штормовых нагонов и ветрового волнения в Азовском море на неструктурированных сетках // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. Вып. 27. С. 139–145.
2. Dietrich J.C., Zijlema M., Westerink J.J. et al. Modeling hurricane waves and storm surge using integrally-coupled, scalable computations // Coast. Engineer. 2011. 58, 1. P. 45–65. doi:10.1016/j.coastaleng.2010.08.001
3. Luettich Jr.R.A., Westerink J.J., Scheffner N.W. ADCIRC: an advanced three-dimensional circulation model for shelves coasts, and estuaries, report 1: Theory and methodology of ADCIRC-2DDI and ADCIRC-3DL. Dredging research program technical report DRP-92-6. Vicksburg: U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station, 1992. 137 p.
4. Sebastian A.G., Proft J.M., Dietrich J.C. et al. Characterizing hurricane storm surge behavior in Galveston Bay using the SWAN + ADCIRC model // Coast. Engineer. 2014. No. 88. P. 171–181. doi:10.1016/j.coastaleng.2014.03.002

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ И ВИДОВЫЕ ФОРМЫ СОСТАВЛЯЮЩИХ РИСКОВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БЕРЕГОВОЙ ЭКОСОЦИОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

Е.А. Румянцева¹, Г.Г. Гогоберидзе¹, М.Б. Шилин²

¹ Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
gogoberidze.gg@gmail.com; shilinspb@gmail.com

Для Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и ее береговой зоны как региона, в котором наблюдается значительное увеличение природных и техногенных рисков природопользования, в работах [Гогоберидзе и др., 2020, 2021] была предложена классификационная система, определяющая виды, источники, сферы действия и пространственный масштаб составляющих рисков природопользования. Принимая во внимание изложенную схему составляющих риска в виде последовательности риск-источник – риск-фактор – риск-объект, рассмотрим их классификационные признаки, а также градации воздействий на элементы арктических береговых экосоциоэкономических систем.

Риск-источники, являющиеся непосредственными элементами арктической береговой экосоциоэкономической системы, которые продуцируют риск природопользования, имеют три классификационных признака (рис. 1).



Рис. 1. Классификационные признаки риск-источника [Гогоберидзе и др., 2020]

Как непосредственный источник проявления риска, риск-источники имеют следующие градации:

- природные, риск-источник связан с проявлением опасных природных явлений в виде риск-факторов, фактически не зависит от воздействий антропогенных/техногенных воздействий;

- климатические, в которых риск-источник связан с проявлением глобальных климатических изменений (главным образом – температурных);
- техногенные, в которых риск-источник связан с возможными технологическими сбоями в работе предприятий и организаций в виде риск-факторов;
- социально-экономические, в которых риск-источник связан с проявлениями человеческого воздействия в последующих пробуждениях риск-факторов.

По степени управляемости по снижению рисков риск-источники подразделяются на следующие:

- управляемые риск-источники, подверженные процессам управления, позволяющим существенно снижать вероятность индуцирования ими риск-факторов;
- ограниченно управляемые риск-источники, имеющие ограниченные возможности по процессам управления и воздействия, позволяющим снижать вероятность индуцирования ими риск-факторов;
- неуправляемые риск-источники, практически не имеющие возможностей по процессам управления и воздействия, позволяющим снижать вероятность индуцирования ими риск-факторов.

По непосредственному отношению к береговой экосоциоэкономической системе риск-источники подразделяются на:

- внутрисистемные, при которых риск-источник располагается внутри рассматриваемой береговой экосоциоэкономической системы;
- внешние, при которых риск-источник располагается вне рассматриваемой береговой экосоциоэкономической системы и оказывает воздействие на нее извне.

Риск-факторы, несущие непосредственный риск (событие), возможность реализации которого исходит от риск-источника с разной степенью вероятности и интенсивности проявления, представляя угрозу природопользования для какого-либо объекта системы, имеют четыре классификационных признака (рис. 2).



Рис. 2. Классификационные признаки риск-фактора [Гогоберидзе и др., 2020]

По пространственному масштабу проявления риск-факторы подразделяются на:

- локальные, риск-фактор воздействует на единичный объект площадью до 1 км²;
- местные, риск-фактор воздействует на единичный объект или несколько компактно расположенных объектов на площади от 1 до 100 км²;
- региональные, риск-фактор воздействует на совокупность объектов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга на площади более 100 км²;
- глобальные, риск-фактор воздействует на совокупность объектов АЗРФ в пределах одного или нескольких регионов (субъектов Российской Федерации), с потенциальным воздействием на всю территорию АЗРФ в целом.

По временному масштабу воздействия риск-фактор и последствия его проявления подразделяются на:

- краткосрочные, с кратковременным (до 3 суток) воздействием на объект;
- среднесрочные, с непродолжительным (от 3 до 30 суток) воздействием на объект;
- долгосрочные, с долговременным (более 30 суток) воздействием на объект.

По степени прогнозируемости (вероятности проявления) риск-фактор и последствия его проявления подразделяются по следующим градациям:

- прогнозируемые, с высокой степенью вероятности прогноза (более 75 %);
- частично прогнозируемые, невысокая степень вероятности прогноза (25–75 %);
- непрогнозируемые, практически без возможности прогноза (менее 25 %).

По частоте возникновения выделяют следующие градации риск-фактора и последствий его проявления:

- единичные, единичный характер возникновения (не более 1 раза в 10 лет);
- редкие, имеющие редкий характер возникновения (не менее 1 раза в 3 года);
- регулярные, которые возникают регулярно (не менее 1 раза в год);
- частые, с периодичностью в среднем за год не менее 1 раза в 3 месяца.

Риск-объекты, представляющие собой непосредственный элемент арктической береговой экосоциэкономической системы, на который воздействует риск-фактор с разной степенью интенсивности и угрозы его устойчивому функционированию, имеют пять классификационных признаков (рис. 3).

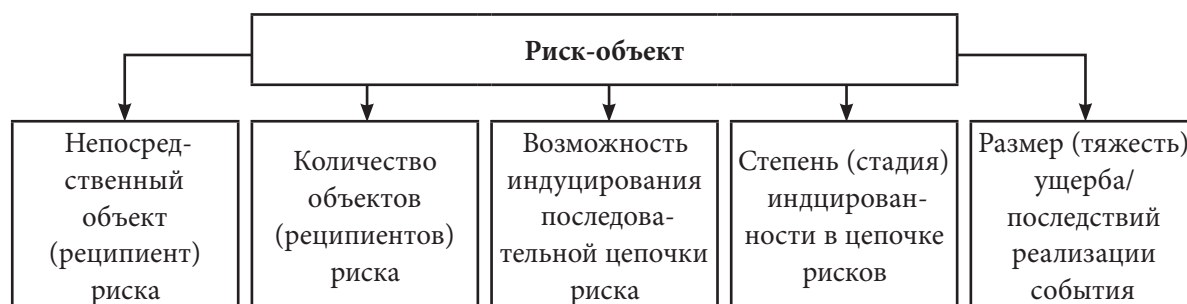


Рис. 3. Классификационные признаки риск-объекта [Гогоберидзе и др., 2020]

По непосредственному объекту (реципиенту) риска риск-объекты подразделяются на:

- социальные, риск-объект имеет социальную направленность;
- производственные (экономические), риск-объект имеет производственную направленность, предназначен для создания экономического продукта;
- экологические, риск-объект имеет природную направленность, непосредственно связан с элементами природной окружающей среды.

По признаку количества объектов (реципиентов) риска, располагающихся в пределах рассматриваемой территории АЗРФ, градации риск-объектов включают:

- единичные риск-объекты, 1 объект на территорию;
- лимитированные риск-объекты, до 5 объектов на территорию;
- частые риск-объекты, более 5 объектов на территорию.

По возможности индуцирования последовательной цепочки рисков риск-объекты имеют градации:

- высокая возможность продуцирования самостоятельных рисков (выступать риск-источником) вследствие воздействия на него риск-фактора;

- средняя (невысокая) возможность продуцирования самостоятельных рисков (выступать риск-источником) вследствие воздействия на него риск-фактора;
- низкая возможность, риск-объект практически не может продуцировать самостоятельные риски (выступать риск-источником) воздействия на него риск-фактора.

По степени (стадии) индуцированности в цепочке рисков риск-объекты подразделяются на:

- первичные, риск-объект подвержен первичному воздействию от риск-фактора;
- вторичные, риск-объект подвержен воздействию от риск-фактора, индуцированному от иного (или того же) риск-объекта.

По размеру (тяжести) ущерба и последствий реализации события риск-объекты имеют следующие градации:

- незначительный размер ущерба/последствий, при котором риск-объект имеет незначительные последствия воздействия риск-фактора, изменения в береговой системе не выходят за пределы обычной изменчивости, ущерб не превышает 1 млн руб.;
- существенный размер ущерба/последствий, при котором риск-объект имеет существенные последствия воздействия риск-фактора, изменения в береговой системе превышают пределы обычной изменчивости, ущерб измеряется в пределах 1–100 млн руб.;
- значительный размер ущерба/последствий, при котором риск-объект имеет значительные последствия воздействия риск-фактора, происходят значительные изменения в береговой системе, с нарушением отдельных ее компонентов, ущерб измеряется в пределах 100–1000 млн руб.;
- катастрофический размер ущерба/последствий, при котором риск-объект имеет катастрофические последствия воздействия риск-фактора, происходят значительные изменения в береговой системе с необратимыми нарушениями ее компонентов, ущерб превышает 1 млрд руб.

Приведенные классификационные признаки и видовые формы составляющих риска и их воздействия на элементы арктических береговых экосоциоэкономических систем необходимы для последующего учета в матричной методике оценки риска.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00312.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гогоберидзе Г.Г., Румянцева Е.А., Шилин М.Б. Природные и техногенные риски природопользования в береговых экосоциоэкономических системах Арктической зоны Российской Федерации // Региональная экономика: теория и практика. 2021. Т. 19. № 2 (485). С. 360–383.
2. Гогоберидзе Г.Г., Шилин М.Б., Румянцева Е.А. Принципы классификации рисков природопользования и их взаимодействия с элементами береговой экосоциоэкономической системы АЗРФ // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления – II»). Мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 318–320.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ШТОРМЫ НА БАЛТИКЕ В ПЕРИОД С 1979 ПО 2018 г., ПО ДАННЫМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Н. Соколов^{1, 2}, Б.В. Чубаренко¹

¹ *Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, г. Москва*

² *Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград*

Волны, значительная высота которых достигает 8 и более метров, фиксируются в Балтийском море крайне редко. По данным Финского института метеорологии (Finnish Meteorological Institute, <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/wave-height-records-in-the-baltic-sea>), таких событий за историю инструментальных измерений высот волн (начиная с 70-х годов прошлого века) было всего три. Максимальная измеренная с помощью волнового буя значительная высота волны в Балтийском море составила 8,2 м. Она была зафиксирована буем NBP в Северной Балтике при прохождении шторма Рафаэль 22 декабря 2004 г. 12 января 2017 г. тем же буем при прохождении шторма Тоини была зафиксирована значительная высота волны – 8 м. Значительные высоты волн – более 7 м – были измерены в январе 1984 г. буем Almagrundet у побережья Швеции, а в октябре 2009 г. и феврале 2011 г. – буем SBP в Юго-Восточной Балтике. Измерения высоты волн в центральной части Ботнического залива начались позже, чем в других локальных акваториях (только в 2011 г.), и 2 января 2019 г. во время шторма Аарели была зафиксирована значительная высота волны – 8,1 м. Следует отметить, что речь идет о значительных высотах волн, а не о максимальной высоте индивидуальных волн. Под значительной высотой понимается среднее значение высот $1/3$ самых высоких волн во временной последовательности. Это примерно такая высота волны, которая оценивается человеком при наблюдении без измерительных приборов.

Редкие факты фиксации очень высоких волн связаны не только с относительной редкостью штормов ураганной силы на Балтике, но и с крайне разреженной сетью измерительных приборов. Практически единственной возможностью получить полное представление о волновой обстановке в таком крупном водоеме является математическое моделирование. В последние десятилетия в открытом доступе в сети Интернет появились данные глобальных реанализов, имеющие высокое пространственное (до долей градуса) и временное (до 1 часа) разрешение. Используя эти данные в качестве граничных условий, можно успешно проводить моделирование самых различных природных процессов.

Целью настоящей работы было произвести описание ряда штормовых ситуаций в Балтийском море, ускользнувших от измерительных приборов, но вызвавших, согласно нашим расчетам, волны со значительной высотой – до 9 и более метров. В проведенном исследовании были использованы результаты математического моделирования, выполненного авторами по данным глобального реанализа ERA-Interim с использованием модели MIKE 21 SW DHI Software (<https://www.mikepoweredbydhi.com>), в результате которого был получен массив данных параметров ветрового волнения в акватории Балтийского моря за период с 1979 по 2018 г. [Соколов, Чубаренко, 2020].

На рисунке 1 представлены средние (а) и максимальные (б) за 40 лет значительные высоты волн в Балтийском море по нашим расчетам. Пространственная локализация

и абсолютные величины средних высот (с максимальным значением порядка 1,3 м) практически совпадают с результатами предыдущих исследований, например [Tuomi et al., 2011; Bjorkqvist et al., 2018]. Распределение же максимальных высот достаточно неожиданно. Выделяются акватории вокруг острова Готланд, Юго-Западная Балтика и северная оконечность Ботнического моря, или центральная часть Ботнического залива (если, как это принято в русскоязычной литературе, не разделять эти водоемы). Числами 1–4 на рисунке 1а отмечены точки, заслуживающие, с нашей точки зрения, особого внимания, поскольку в этих частях Балтийского моря инструментальные измерения высот волн никогда не проводились на регулярной основе и их локализация не совпадает с местами максимумов средних значений для значительных волн.

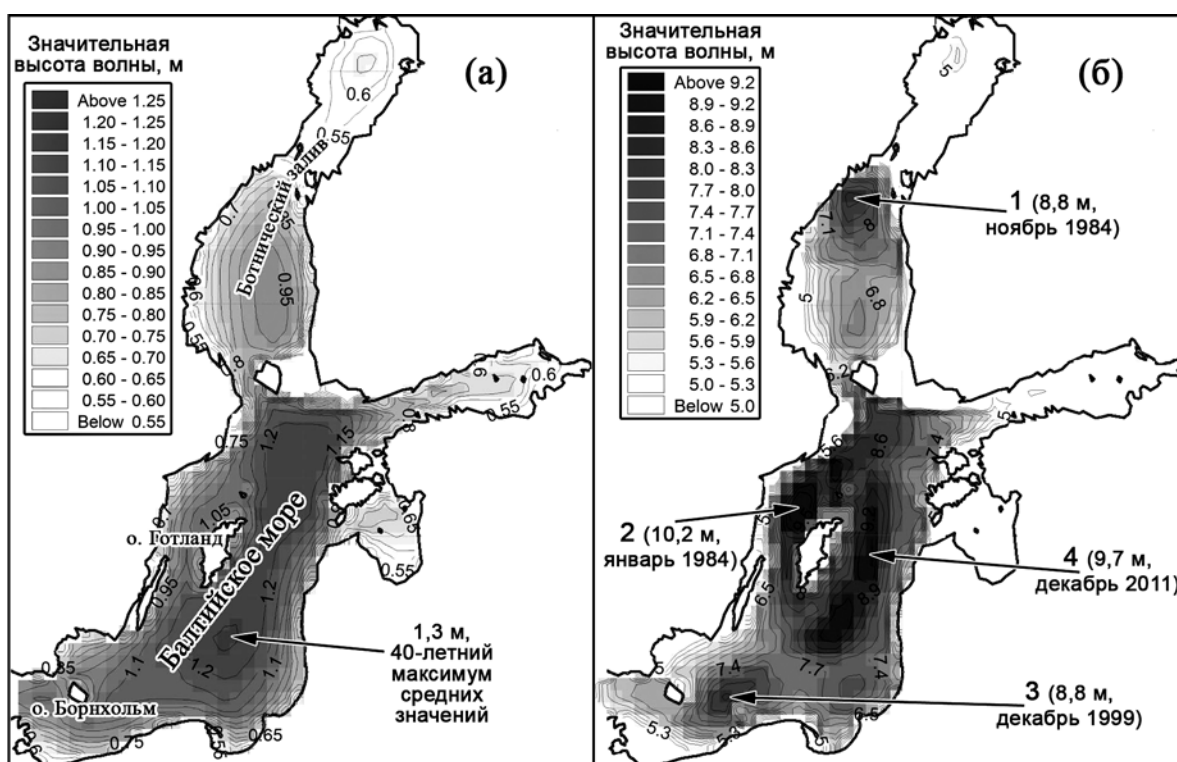


Рис. 1. Значительные высоты волн в Балтийском море. Средние (а) и максимальные (б) за 40 лет (1979–2018 гг.) величины. Стрелками показаны места с особенностями высот волн

Рассмотрим экстремальные явления 1984 г., во время которых расчетные значительные высоты волн в точках 1 и 2 (рис. 1б) достигали абсолютного максимума за рассматриваемый период. Максимальная рассчитанная величина значительной высоты волны (8,8 м) для точки 1 пришлась на ноябрьский шторм 1984 г. Средняя скорость южного ветра 28 ноября 1984 г. у восточного берега центральной части Ботнического залива достигла 24 м/с. Столь сильный южный ветер, а также длина разгона волны в несколько сотен километров привели к возникновению волн со значительной высотой 8,8 м. К сожалению, измерительных буев, расположенных хотя бы в относительной близости от точки 1, нет, и в литературе не удалось найти данных по шторму 28 ноября 1984 г., поэтому сопоставить данные наших расчетов с измерениями или данными других исследований не удалось.

Шторм в ночь с 13 на 14 января 1984 г. привел к возникновению наиболее высоких волн северо-западнее острова Готланд. Максимальная расчетная значительная высота волны составила 10,2 м (рис. 2). Это самое большое значение, которое показали наши расчеты во всем Балтийском море за период с 1979 по 2018 г. Поля ветра (ERA-Interim) и волнения (расчеты) на Балтике в 19:00 GMT 13 января показаны на рисунке 2. Северная часть Ботнического залива покрыта льдом, поэтому волны здесь отсутствуют.

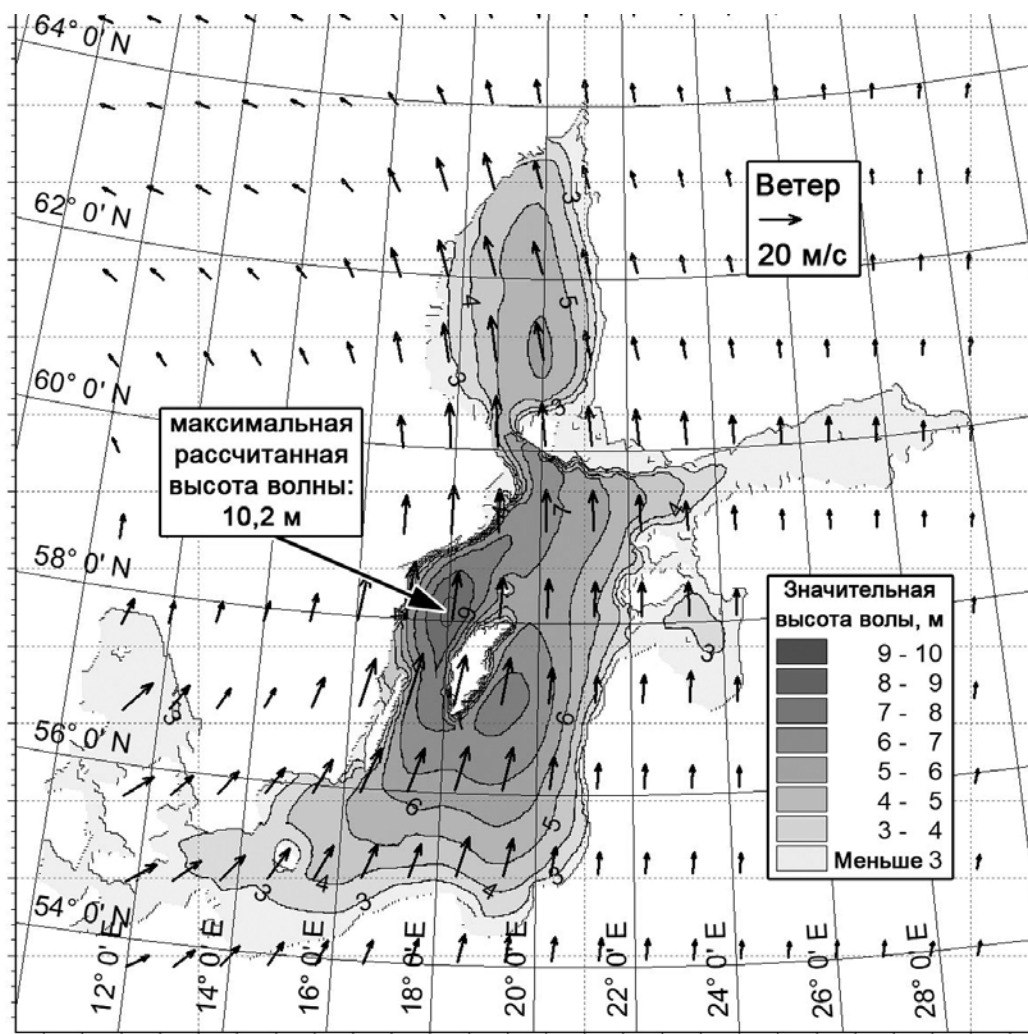


Рис. 2. Поля волнения и ветра 13 января 1984 г. в 19:00 GMT, когда расчетная значительная высота волны превысила 10 м. Северная часть Ботнического залива покрыта льдом

Во время этого штормового события почти во всей акватории Балтики наблюдался южный ветер со скоростью более 20 м/с, а в области чуть южнее максимума волнения скорость ветра достигала 28 м/с. Причем ветер со скоростью порядка 20 м/с и более держался порядка 10 часов. Столь высокая скорость ветра, его продолжительность, а также длина разгона волн в несколько сотен километров с юго-юго-запада и привела к возникновению сильных волн. В отличие от штормового события в Ботническом заливе, описанного ранее, в данном случае можно сопоставить данные расчета и измерений. Измерительный буй Almagrundet, расположенный примерно в двухстах километрах северо-восточнее

расчетного максимума волнения, согласно [Broman et al., 2006], как раз при прохождении шторма 13–14 января 1984 г. зарегистрировал максимальное значение 7,8 м. По нашим расчетам, максимальная величина значительной высоты волны для района расположения буя Almagrundet при прохождении данного шторма составила 7,7 м, что очень хорошо согласуется с результатами измерений.

Перейдем к рассмотрению шторма в Борнхольмском бассейне Балтийского моря (точка 3 на рис. 1). 3 декабря 1999 г. на Данию, Северную Германию и юг Швеции обрушился сильнейший шторм Anatol, пришедший из Северной Атлантики [Ulbrich et al., 2001]. Скорость ветра на побережье Северного моря достигала в порывах 50 м/с. Погибло более десяти человек и сотни были ранены. Ущерб, нанесенный Дании, оценивался более чем 3 млрд долл. В ночь с 3 на 4 декабря 1999 г. шторм, несколько ослабев (средняя скорость западного ветра составляла уже не 35–40, а «только» 28 м/с), переместился в Балтийское море и вызвал, по нашим расчетам, волны, значительная высота которых восточнее острова Борнхольм достигла 8,8 м. Восточнее точки 3 ветер достаточно быстро ослабевал и менял направление на юго-западное, подчиняясь циклонической циркуляции. Несмотря на то, что скорость ветра при заходе циклона в Балтийское море была практически такая же, как во время рассмотренного выше шторма 13–14 января 1984 г., значительная высота волны не превысила 9 м. Это объясняется, скорее всего, достаточно малой длиной разгона волн, движущихся в Борнхольмский бассейн с запада.

В начале декабря 2011 г. из Северной Атлантики пришел очередной шторм, получивший название Friedhelm. В Шотландии, где это событие произвело наибольшие разрушения, его называли ураган Bawbag. В центральной части Балтики (точка 4 на рис. 1) этот циклон, по нашим расчетам, привел к возникновению (9 декабря 2011 г.) волн со значительной высотой до 9,7 м. Этому способствовал как южный ветер со средней скоростью до 28 м/с, так и большая длина разгона, которая, с учетом циклонической спирали, составила несколько сотен километров.

Все рассмотренные штормовые события в Балтийском море характеризовались ветрами с максимальной средней скоростью порядка 30 м/с южного и западного направлений. Такой характер вполне закономерен, поскольку наиболее сильные штормы связаны с циклонами, приходящими из Северной Атлантики, имеющими наибольшую силу у западных берегов Балтики и постепенно ослабевающими при движении на восток. При «входе» в Балтийское море (возможно, за исключением Ботнического залива) направление ветра в циклонической спирали варьируется от южного до западного. Поэтому и направление наиболее интенсивных ветров обычно локализуется в этом секторе. Кроме того, наибольшие длины разгона волн в Балтийском море из-за особенностей береговой линии также приходятся на юго-западный сектор, способствуя возникновению волн максимальной высоты. Следует отметить, что во время всех рассмотренных штормов максимальные волны охватывали области в совершенно разных частях моря и с характерным размером не более нескольких десятков километров, поэтому «поймать» максимальные волны стационарными измерительными приборами крайне сложно.

Проведение расчетов параметров волнения и представление результатов на данной конференции были поддержаны проектом РФФИ 18-05-80035. Анализ данных был проведен в ходе исполнения темы 0128-2021-0012 государственного задания ИО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов А.Н., Чубаренко Б.В. Временная изменчивость параметров ветровых волн в Балтийском море за период 1979–2018 годов по результатам численного моделирования // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36. № 4. С. 383–395. DOI:10.22449/0233-7584-2020-4-383-395.
2. Bjorkqvist J.-V., Lukas I., Alari V., van Vledder G.P., Hulst S., Pettersson H., Behrens A., Mannik A. Comparing a 41-year model hindcast with decades of wave measurements from the Baltic Sea // Ocean Engineering. 2018. 152. P. 57–71.
3. Broman B., Hammarklint T., Rannat K., Soomere T., Valdmann A. Trends and extremes of wave fields in the north-eastern part of the Baltic Proper // Oceanologia. 2006. 48 (S). P. 165–184.
4. Tuomi L., Kahma K.K., Pettersson H. Wave hindcast statistics in the seasonally ice-covered Baltic Sea // Boreal Environ. Res. 2011. 16 (6). P. 451–472.
5. Ulbrich U., Fink A.H., Klawa M. and Pinto J.G. Three extreme storms over Europe in December 1999 // Weather. 2001. 56 (3). P. 70–80.

ПЕРВЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ДАННЫЕ О ПЫЛЬНОЙ БУРЕ В ВОСТОЧНОМ ПРИАЗОВЬЕ В КОНЦЕ СЕНТЯБРЯ – НАЧАЛЕ ОКТЯБРЯ 2020 г.

**В.В. Сорокина¹, В.В. Титов¹, Р.В. Вереин²,
Ю.В. Попов³, Г.В. Ковалева¹, И.Ю. Гаврилова¹**

¹ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

² Северо-Кавказское УГМС, г. Ростов-на-Дону

³ Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
v.sorok@mail.ru

Песчаные и пыльные бури (ПБ) относительно недавно признаны Генеральной ассамблеей Организации Объединенных Наций и всемирными метеорологическими конгрессами в качестве серьезных опасностей, которые могут повлиять на погоду, климат, окружающую среду, здоровье людей и экономику во многих частях мира.

В засушливых и полузасушливых регионах, к которым относятся степи Восточного Приазовья, ПБ довольно частое явление. Они возникают, когда сильные ветры (10–20 м/с) поднимают в атмосферу большое количество песка и пыли с открытых, сухих почв полей, а также примыкающих обширных полупустынных и пустынных районов Средней Азии.

В литературных источниках есть сведения о весенних пыльных бурях 1928, 1929, 1936, 1939, 1947, 1948, 1949, 1952, 1957, 1960, 1965, 1972 гг., зимней 1969 г., зимне-весенней 1984 г. [Панов и др., 1961; Батова, 1966; Хрусталеv, Федюнина, 1975; Хрусталеv и др., 1988; Хрусталеv и др., 2002]. Наиболее сильными и продолжительными (до 2 недель), охватившими огромные пространства Северного Кавказа, Нижнего Дона и Нижнего Поволжья, были черные бури 1928, 1947, 1960, 1969 и 1984 гг.

Повторяемость ПБ (категории ОЯ) за период с конца 1960-х гг. по 2020 г. в отдельных населенных пунктах юго-востока Ростовской области составляет: г. Зернограде – 1 раз в 15 лет, г. Матвеевом Кургане – 1 раз в 20 лет; пос. Маргаритово, г. Шахтах, г. Ростове-на-Дону – 1 раз в 30 лет; г. Таганроге – 1 раз в 60 лет. Слабые ПБ, не достигающие критериев ОЯ, наблюдаются практически ежегодно в Калмыкии, на юго-востоке Ростовской области, северо-востоке Краснодарского края, севере Ставропольского края и Дагестана, юго-западе Астраханской области.

Снижение частоты и интенсивности ПБ в Восточном Приазовье во второй половине XX – начале XXI в. [Ивлиева, Сорокина, 2006] привело к тому, что этому явлению перестали уделять достаточно внимания. Основной целью данного пилотного исследования была разработка комплексного подхода к изучению ПБ, включая анализ метеорологической обстановки, вещественно-минералогический и биогенный состав пыли, с учетом региональных особенностей юга России.

В работе использованы справочные издания по климату и агроклиматическим ресурсам Ростовской области [Агроклиматические ресурсы ... 1978; Научно-прикладной справочник ... 1991; Климат ... 2002], Северного Кавказа [Батова, 1966], а также данные метеорологических ежемесячников с 1966 по 2020 г.

Для получения информации о составе атмосферной пыли нами исследованы 7 проб, отобранных в черте г. Ростова-на-Дону (низовья р. Дон) и на северном побережье Таганрогского залива Азовского моря (г. Таганрог и пос. Вареновка (Неклиновский район)) после ПБ в сентябре 2020 г. В качестве дополнительной информации о составе сухих атмосферных выпадений мы также приводим данные двух проб, отобранных на северном побережье Таганрогского залива в октябре 2019 г. (табл. 1).

Таблица 1

Места отбора проб эоловой пыли и ее гранулометрический состав (%)

Дата, место	№ образца	Размер фракций, мм				
		0–0,005	0,005–0,01	0,01–0,05	0,05–0,1	0,1–0,25
30.09–02.10.2020						
г. Ростов-на-Дону						
ул. Русская, 60	3	19	30,1	48,2	2,4	0,3
ул. Петрашевского, 20	4	26,6	34,2	37,9	1,2	0,1
пер. Островского, 97	5	15,3	25,3	55,6	3,6	0,2
пер. Островского, 97	6	–	–	–	–	–
ул. Петрашевского, 20	9	21,6	31,9	44,5	1,8	0,2
г. Таганрог, ул. Розы Люксембург, 38	7	27,3	33,1	38,1	1,4	0,1
пос. Вареновка (долина р. Самбек)	8	30,4	29,7	37,9	1,8	0,2
20–22.10.2019						
г. Таганрог, ул. Розы Люксембург, 38	1	11,4	23,3	59,3	5,2	0,8
пос. Вареновка (долина р. Самбек)	2	14,2	26,2	56,2	3,2	0,2

Примечание: «–» – нет данных.

Минеральный состав образцов эоловой пыли определен методом качественного рентгенографического фазового анализа на дифрактометре «ARLX'TRA». Препараты с пылью исследованы электронно-зондовыми методами на растровом электронном микроскопе VEGA II LMU производства фирмы Tescan с системой энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 450/XT. Гранулометрический состав определен с помощью лазерного анализатора микрочастиц «Ласка-Т(Д)» в трехкратной повторности для каждой пробы пыли.

Метеорологические условия

Анализ синоптической ситуации показал, что в начале третьей декады сентября 2020 г. в отроге Азорского антициклона (с осью через Британские острова – юг Скандинавского полуострова – восток Балтийского моря – северо-восток Чёрного моря) началось формирование антициклона над востоком Европы. Дальнейшее его развитие привело к распространению на юго-восток (на территорию Северного Кавказа) и далее через Каспийское море на западные районы Казахстана, со смещением его центра на северо-восток, где к середине третьей декады сентября в районах Среднего и Южного Урала он стал малоподвижным

высоким барическим образованием, с квазивертикальной осью, оказывая блокирующее действие и создавая макромасштабные нарушения зонального переноса.

В середине третьей декады сентября сформировавшийся над севером Атлантики циклон сместился на юг Европы, в район Адриатического моря, где начал постепенно заполняться. В конце декады адвекция холода в тыл заполняющегося циклона привела к увеличению термического контраста и образованию на холодном фронте нового углубляющегося циклона с его дальнейшим смещением на северо-восточное Причерноморье.

Географическое положение глубокого циклона и высокого антициклона обусловило 30.09–01.10.2020 устойчивый юго-восточный перенос воздушных масс по линии северо-восток Каспийского моря – север Азовского моря с увеличением барического градиента и усилением средней скорости ветра в отдельных районах до 10–15 м/с (рис. 1).

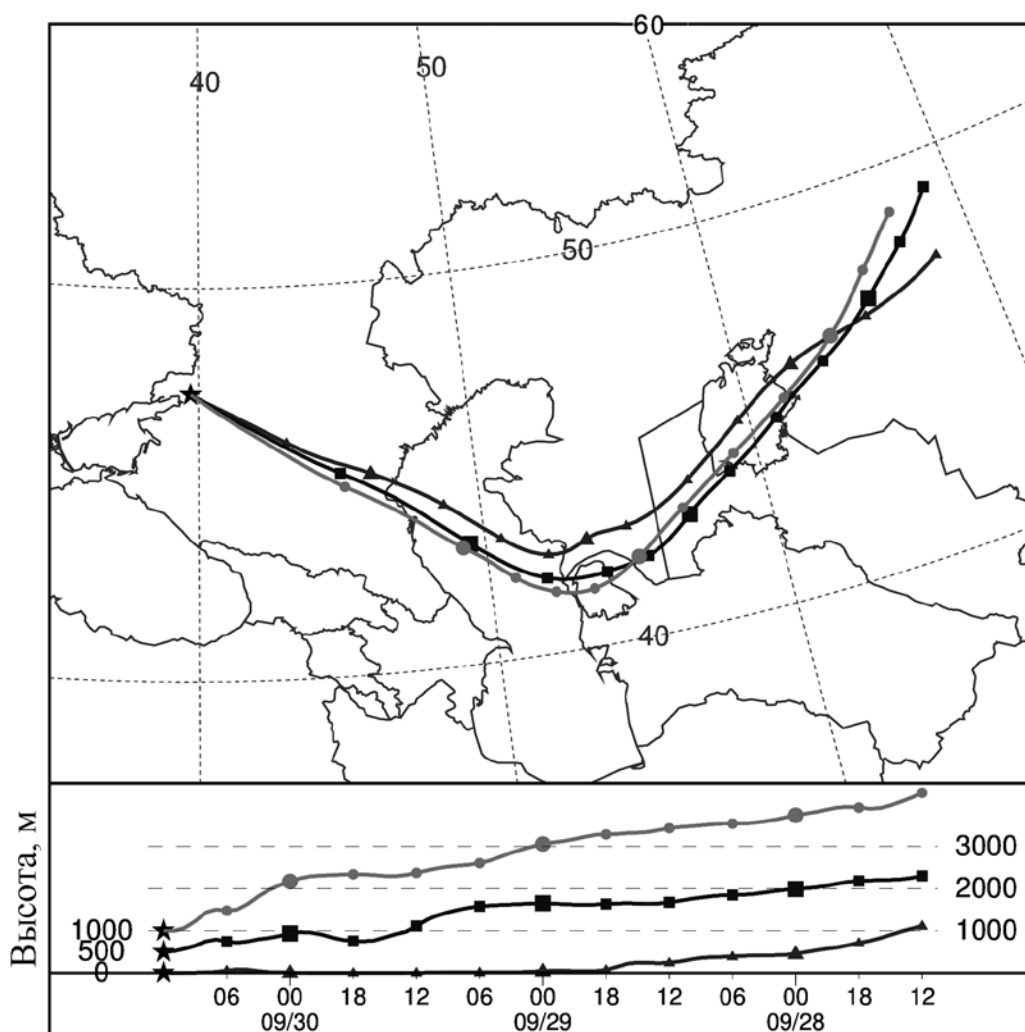


Рис. 1. Обратные 72-часовые траектории переноса воздушных масс, поступивших в приземный слой и на высоты 500 и 1000 м над уровнем моря в г. Ростове-на-Дону в 12:00 гринвичского времени 30 сентября 2020 г. Траектории рассчитаны с помощью модели HYSPLIT [Draxler, Rolf, 2003]. Положение воздушных масс показано через каждые 6 ч

Предшествующие ПБ метеорологические условия в регионе характеризовались жаркой погодой и длительным дефицитом осадков, что способствовало уменьшению запасов

влаги в почве и иссушению ее верхнего слоя. Так, в период с марта по сентябрь наблюдалась почвенная засуха категории ОЯ: в общей сложности в Ростовской области 155 дней, Ставропольском крае – 131 день, Волгоградской области – 118 дней, Краснодарском крае – 101 день, Калмыкии – 41 день. Также в период июнь – август отмечалась атмосферная засуха категории ОЯ: в Дагестане продолжительностью 40 дней, Краснодарском крае – 41 день, Ростовской области – 43 дня, Ставропольском крае – 60 дней, Волгоградской области – 68 дней, Калмыкии – 77 дней.

Сложившиеся агро- и метеорологические условия (табл. 2) привели к возникновению в дневные и вечерние часы 30.09 и 01.10 пыльных бурь на территории Ростовской области. Пыльная буря в г. Ростове-на-Дону была отнесена к неблагоприятному метеорологическому явлению, т.к. не достигла всех критериев ОЯ.

Таблица 2

**Сравнение фактических данных метеорологической обстановки
с критериями опасного явления**

Критерий опасного явления «пыльная (песчаная) буря» на территории ЮФО и СКФО*	Фактически наблюдавшиеся условия в Приазовье**
Видимость – 500 м и менее Средняя скорость ветра – 15 м/с и более Продолжительность – 12 ч и более	Видимость – 500 м Средняя скорость ветра – 8–11 м/с Продолжительность – 4–12 ч

Примечания: * установлен приказом ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» в соответствии с требованиями руководящих документов Росгидромета с учетом климатической повторяемости метеорологических явлений;

** по данным метеорологических станций Таганрог, Маргаритово, Зерноград, Матвеев Курган, Шахты.

Компонентный состав эоловой пыли

Гранулометрический анализ, а также просмотр пыли под сканирующим электронным микроскопом показал преобладание во всех пробах минеральных частиц пелитовой и мелкоалевритовой фракций (табл. 1).

Основными минеральными компонентами песчано-алевритовой фракции эоловой пыли являются кварц, близкий к альбиту плагиоклаз, микроклин, кальцит, иллит, слюды, сцементированные карбонатами или водными оксидами железа агрегаты гидрослюд, почвенные частицы, реже кристаллики гипса, иногда галита.

Глинистая фракция представлена преимущественно иллитом (иногда на дифрактограммах ориентированных препаратов присутствует также слабое отражение $4.72\text{\AA}$, характерное для железистых хлоритов (hkl 003)).

Среди акцессорных минералов резко преобладают циркон, ильменит, магнетит, титаномагнетит, рутил. Эти минералы в целом широко распространены, но их высокое содержание может указывать на дефляцию вмещающих титан-циркониевые россыпи пород Ставропольской россыпной провинции, для которой их повышенное содержание наиболее характерно [Бойко, 2004].

Техногенные компоненты представлены в разной степени корродированными частицами металлов и обильными алюмосиликатными и магнетитовыми микросферами – типич-

ными продуктами высокотемпературного сжигания топлива, источниками которых могут являться отходы металлургической (доменные шлаки, сталеплавильные шлаки) и топливной (золы и золы-уноса ТЭС) промышленности.

Биогенные компоненты представлены целыми и фрагментированными створками диатомовых водорослей и пылью. Характерно присутствие в пробах бентосных диатомей в ассоциации с фромбоидальным пиритом (в виде самостоятельных зерен или в пелитовой матрице), а также хорошей сохранности сростков кристаллов гипса и оторочек галита на глинистых агрегатах. Это указывает на поступление части материала из обнаженных в период сгона воды участков Таганрогского залива как в 2020 г., так и в 2019 г.

Створки диатомовых водорослей обнаружены в четырех образцах: 1, 2, 4, 8, а пыльца только в образце 6.

Идентифицировать до вида удалось только три вида диатомовых водорослей: *Staurosirella martyi* (Héribaude) E.A. Morales & K.M. Manoylov, *Cocconeis pediculus* Ehrenberg и *Amphora ovalis* (Kützinger) Kützinger. Еще три таксона можно было идентифицировать только до рода (*Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Anomoeoneis* sp.) и один (обломок панциря) идентифицирован до уровня семейства Coscinodiscaceae.

В пробах 1, 2 и 8 (г. Таганрог и пос. Вареновка на побережье Таганрогского залива, 2019, 2020 гг.) обнаружено несколько экземпляров створок бентосных диатомовых водорослей *Staurosirella martyi* и *Amphora ovalis*. Оба вида имеют широкий ареал обитания (космополиты) и часто встречаются в микрофитобентосе Таганрогского залива [Ковалева, 2008].

Наибольшее разнообразие диатомовых отмечено в образце 4 (г. Ростов-на-Дону, ул. Петрашевского, 20). Там также найдены несколько створок *S. martyi*, а кроме нее эпифитный вид *Cocconeis pediculus*, который широко распространен в пресноводных водоемах всего мира. Кроме них в образце 4 встречены обломки створок *Navicula* sp., *Anomoeoneis* sp., Coscinodiscaceae. Такой состав диатомовых может иметь как аллохтонное происхождение, так и быть принесен из ближайшего водоема (река Дон и ее притоки).

Staurosirella martyi (рис. 2а), которая встречена во всех пробах, где обнаружены панцири диатомовых, – широко распространенный вид, который обычно обитает на дне водоемов или прикрепляясь к частичкам грунта. В бассейне Азовского моря вид отмечен в дельте Дона и в восточной части Таганрогского залива, а также в микрофитобентосе на косах Камышеватая и Ясенская [Ковалева, 2008]. Помимо этого, *S. martyi* находили в Черном, Каспийском и Аральском морях, а также в лиманах северо-западного побережья Черного моря.

Amphora ovalis (рис. 2б) тоже космополитный вид, типичный для бентоса и обрастаний пресноводных и солоноватоводных водоемов. В бассейне Азовского моря вид часто присутствует в микрофитобентосной флоре дельты Дона, Таганрогского залива, Бейсугского и Ахтарского лиманов (юго-восточное побережье Азовского моря). Кроме того, этот вид был обнаружен в микрофитобентосе и обрастаниях р. Маныч, Западенского и Шахаевского лиманов [Ковалева, 2008]. За пределами Приазовья вид часто находят в опресненных участках Балтийского, Черного, Каспийского, Аральского и других морей.

Вероятно, что при периодическом осушении дна водоемов створки *Staurosirella martyi*, *Amphora ovalis* и других диатомовых вместе с частицами грунта и попадают в воздух. Близость Таганрогского залива к местам отбора образцов 1, 2 и 8 – наиболее вероятный путь попадания створок диатомовых в эоловые отложения.

В образце 6 обнаружено несколько пыльцевых зерен представителей семейства Asteraceae (рис. 2в), вероятнее всего амброзии (*Ambrosia* sp.). Космополитизм амброзии не позволяет использовать пыльцу данного рода в качестве индикатора происхождения эоловой пыли.

Данная работа является пилотным исследованием эоловой пыли с использованием комплексного подхода, сочетающего метеорологические данные и анализ вещественно-минералогического и биогенного состава сухих атмосферных выпадений. Подобные комплексные исследования на стыке наук демонстрируют перспективу для дальнейшей работы. Авторы надеются, что накопление большего объема данных поможет прояснить многие вопросы, касающиеся региональных особенностей формирования и негативных последствий пыльных и песчаных бурь в Приазовье; внесут вклад в изучение переноса микрочастиц в наземных и водных экосистемах юга европейской части России.

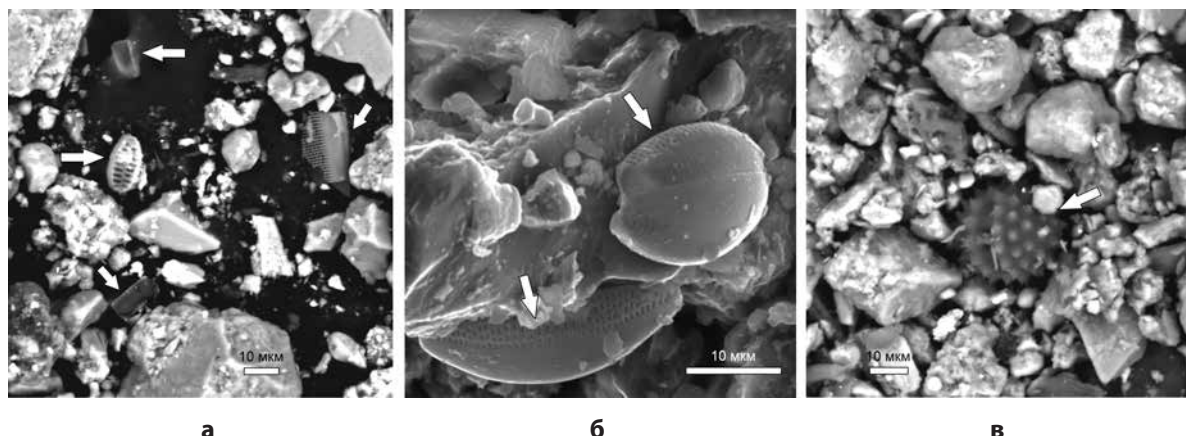


Рис. 2. Створки диатомовых водорослей *Staurosirella martyi* (а), *Amphora ovalis* (б) и пыльцы амброзии (в) в образцах пыли

Авторы признательны В.П. Шевченко за полезные советы при исследовании данной темы, К.В. Дюжовой за консультации по идентификации пыльцы, сотрудникам ЮНЦ РАН за помощь в сборе проб, сотрудникам Лаборатории воздушных ресурсов Американской национальной администрации по исследованию океана за возможность строить обратные траектории переноса воздушных масс.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-50099 «Микрочастицы в донных отложениях Азовского моря: происхождение, экологическое значение».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 127 с.
2. Батова В.М. Агроклиматические ресурсы Северного Кавказа. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 156 с.
3. Бойко Н.И. Титан-циркониевые россыпи Ставрополя // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 6. С. 602–609.
4. Ивлиева О.В., Сорокина В.В. Поступление эолового материала на акваторию Азовского моря // Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем юга России. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 493–504.
5. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю.П. Хрусталеv, В.Н. Василенко, И.В. Свисюк [и др.]. Ростов н/Д.: Батайское книжное изд-во, 2002. 184 с.

6. Ковалева Г.В. Систематический список микроводорослей бентоса и планктона прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов // Современные проблемы альгологии: мат-лы Междунар. науч. конф. и VII Школы по морской биологии (9–13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. С.174–192.
7. Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам СССР. Сер. 2. Ч. 1. Вып. 13. Ростов н/Д., 1991. 639 с.
8. Панов Д.Г., Малик С.А., Спичак М.К. О некоторых последствиях пыльной бури 1960 года в Азовском море. Автоф. науч.-исслед. работ Ростовского ун-та, 1960. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1961. С. 139–140.
9. Хрусталеv Ю.П., Василенко В.Н., Свисюк И.В., Панов В.Д., Ларионов Ю.А. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области. Ростов н/Д.: Батайское кн. изд-во, 2002. 184 с.
10. Хрусталеv Ю.П., Грудина Л.Я., Серова В.В., Жмурко В.Я. Роль эолового материала в морском седиментогенезе аридной зоны (на примере Азовского моря) // Литология и полезные ископаемые. 1988. № 2. С. 55–64.
11. Хрусталеv Ю.П., Федюнина В.И. Роль эолового фактора в современном осадконакоплении Азовского моря // Докл. АН СССР. Т. 224. 1975. № 2. С. 434–436.
12. Draxler R.R., Rolf G.D. HYSPLIT (Hebrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Silver Spring (MD): NOAA Air Resources Lab., 2003. URL: <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>

МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ

М.В. Ушаков

*Северо-Восточный комплексный НИИ им. Н.А. Шило ДВО РАН, г. Магадан
mvilorih@narod.ru*

Известно, что весеннее половодье на реках охватывает большие территории и нередко наносит большой ущерб экономике и населению.

В данной работе ставится цель получить представление о многолетних колебаниях максимальных расходов воды весеннего половодья на реках северного побережья Охотского моря (Северного Приохотоморья). Для данного района этот вопрос еще никем не рассматривался.

Рассматриваемая территория относится к Тихоокеанской области умеренного климатического пояса. Среднегодовые температуры воздуха лежат в пределах $-3,5 \dots -9,5$ °С [Научно-прикладной справочник ... 1990]. Для этой зоны свойственно избыточное увлажнение, холодное лето, снежная зима [Север Дальнего Востока, 1970]. Распространение многолетнемерзлых пород примерно до с.ш. прерывистое, а севернее – слабо прерывистое [Геокриология СССР, 1989; Готов, Готова, 2008].

В теплую часть года (май – октябрь) протекает основная масса воды (94–98 %) [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1969]. С ноября по апрель наблюдается зимняя межень. Весеннее половодье проходит в мае – июне, дождевые паводки отмечаются в июне – сентябре, реже в октябре.

Исходными данными послужили многолетние наблюдения за стоком на восьми гидрологических постах Колымского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Погодичные значения максимальных расходов воды весеннего половодья выбирались из [Многолетние данные ... 1985] и гидрологических ежегодников Государственного водного кадастра. Пропуски в наблюдениях восстанавливались методом гидрологической аналогии [Владимиров, 1990].

Для анализа многолетних колебаний максимумов половодья исходные ряды были представлены в стандартных отклонениях

$$t_{ij} = (Q_{ij} - \bar{Q}_j) / \sigma_j,$$

где Q_{ij} – максимальный расход воды весеннего половодья в год i в пункте j ; $\bar{Q}_j$ – среднемноголетний максимум ряда j ; σ_j – среднеквадратичное отклонение ряда j .

Далее был рассчитан ряд средневзвешенного динамического среднего максимума половодья по Северному Приохотоморью (рис. 1):

$$\tilde{K}_i = \sum_{j=1}^m t_{ij} / m,$$

где m – число пунктов наблюдений.

Согласно критерию Стьюдента и Фишера, при уровне значимости 5 % ряд динамического среднего максимальных расходов воды однороден.

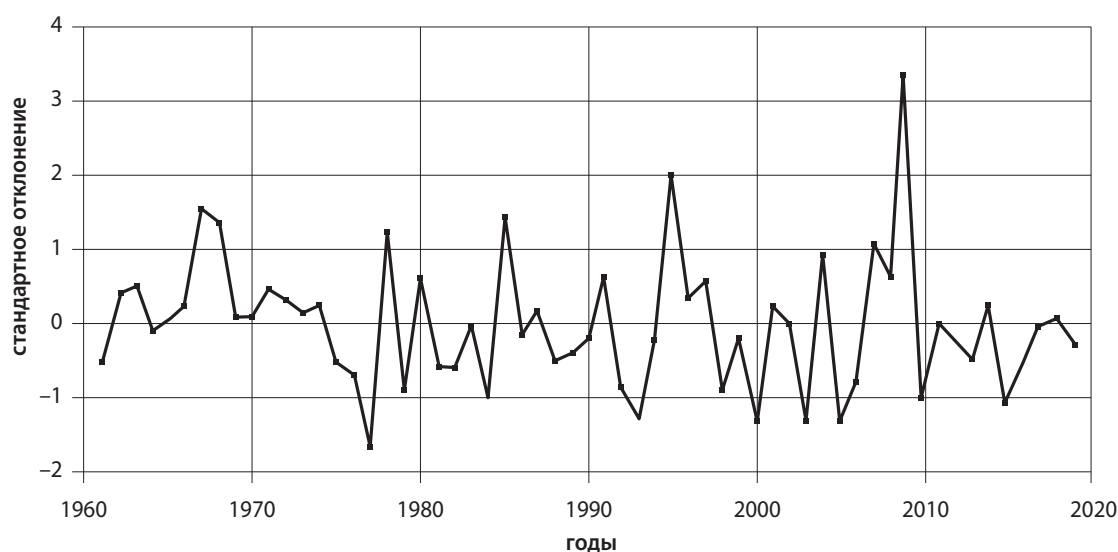


Рис. 1. Многолетние колебания динамического среднего максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Северного Приохотоморья, выраженных в стандартных отклонениях

Получить представление о частотной структуре временных рядов помогает спектральный анализ [Дженкинс, Ваттс, 1971]. Спектральная функция рассчитывалась с использованием фильтра Хэмминга [Шелутко, 1991]:

$$S(T) = 1/2\pi + \sum_{\tau=1}^m [(0,54 + 0,46\cos(\pi\tau/m))r(\tau)\cos(2\pi\tau/T)]/\pi,$$

где T – период ($T = 1, 2, \dots, m$ лет); τ – сдвиг по времени с дискретностью 1 год; m – максимальный сдвиг по τ ($m = n/2$ лет); $r(\tau)$ – ординаты автокорреляционной функции.

На спектрограмме (рис. 2) видно, что спектральная функция имеет статистически значимый пик на периоде 6 лет. Интересно заметить, что в работе [Ушаков, 2019] в многолетних колебаниях объема стока весеннего половодья в бассейне Верхней Колымы, который расположен по другую сторону Главного водораздела Земли, тоже был выявлен 6-летний цикл.

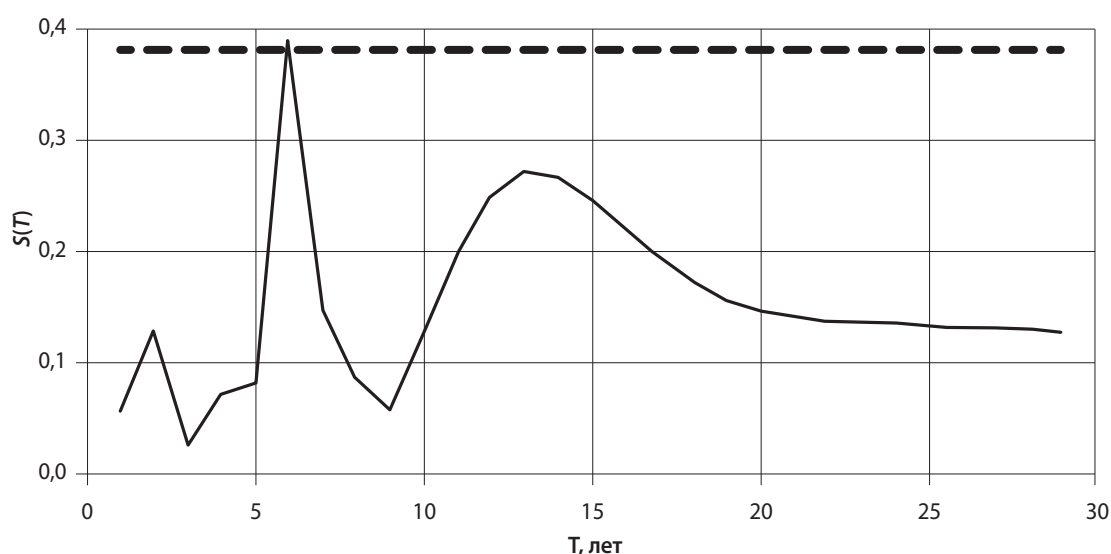


Рис. 2. Спектрограмма колебания динамического среднего максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Северного Приохотоморья.
Пунктиром проведен доверительный уровень 95 %

Коэффициент автокорреляции исследуемого ряда имеет околонулевое значение ($r(1) = -0,06$), поэтому можно принять гипотезу, что многолетние колебания максимальных расходов воды весеннего половодья на реках северного побережья Охотского моря представляют из себя сложную цепь Маркова. Отсюда можно сделать вывод, что многолетние колебания максимумов половодья на реках Северного Приохотоморья можно прогнозировать. Для этого нужно отыскивать дальние асинхронные связи с различными индексами атмосферной и океанической циркуляции. Это предмет дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №18-05-60036.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 366 с.
2. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 515 с.
3. Глотов В.Е., Глотова Л.П. Гидрогеология северной береговой зоны Охотского моря // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 28. № 6. С. 12–132.
4. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971. 288 с.
5. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. I. Вып. 17. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 429 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Ч. 1–6. Вып. 33. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 566 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 19. Северо-Восток. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 282 с.
8. Север Дальнего Востока / под ред. Н.А. Шило. М.: Наука, 1970. 487 с.
9. Ушаков М.В. Пространственно-временные колебания стока весеннего половодья на реках Верхней Колымы // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15) Вып. 4. С. 319–333.
10. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 239 с.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТОПЛЕНИЯ ДЕЛЬТЫ ДОНА ПРИ НАГОНАХ

А.Л. Чикин¹, Л.Г. Чикина²

¹ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

² Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

chikin1956@gmail.com

Устьевая область Дона простирается на 291 км от условной линии, соединяющей Должанскую и Белосарайскую косы в Таганрогском заливе на западе, до станицы Раздорской на востоке [Мишин, Полонский, 2013; Симов, 1989]. Устьевая область Дона состоит из устьевого участка реки (от станицы Раздорской до вершины дельты в районе г. Ростова-на-Дону), дельты Дона и Таганрогского залива и характеризуется проявлением здесь сгонно-нагонных колебаний уровня. В ее пределах наблюдаются такие опасные и неблагоприятные процессы, как сгонно-нагонные колебания уровня, заиливание рукавов и морских каналов, а также поступление морских трансформированных вод в рукава дельты Дона.

Расчет течений и уровня поверхности воды в Таганрогском заливе проводится с помощью математической модели, основанной на уравнениях мелкой воды и подробно описанной в [Чикин, Чикина, 2020].

Алгоритм изменения береговой линии за счет осушения или затопления области расчета довольно простой и основан на определении принадлежности расчетных ячеек к суше или к воде.

На акваториальной поверхности с использованием массива глубин исследуемого водоема строится равномерная по каждому направлению двумерная сетка с шагами h_1 и h_2 . В узлы плоской прямоугольной разностной сетки, покрывающей акваторию, заносятся значения глубин, а в узлы сетки, покрывающей предполагаемую область затопления, заносятся значения высот. Разностные ячейки представляют прямоугольник.

С учетом значения глубин в узлах плоской сетки определяются ячейки, находящиеся в воде или на суше. Логический массив KG_0 , характеризующий тип ячеек («вода», «суша»), задает конфигурацию всей расчетной области и не изменяется в процессе расчета.

В процессе расчета некоторые ячейки с малой глубиной могут осушаться в силу сгонного явления и переходить в разряд «суша». Это происходит в том случае, если величина $H + \zeta$ перестает быть положительной. Ячейки, перешедшие в разряд «суша», в силу сгонного явления могут возвращаться в разряд «вода». Также в разряд «вода» могут попадать ячейки «суша» в предполагаемой области затопления. Это происходит в том случае, если наблюдается повышение уровня воды и средняя по соседним ячейкам глубина не меньше устанавливаемого критического значения h_{cr} . Значение глубины в текущей ячейке задается с учетом закона сохранения массы. Логический массив KG может изменяться в процессе расчета и характеризует тип ячеек («вода», «суша»), которые могут осушаться или затопливаться.

Во всех случаях изменения характера разностных ячеек необходимо проводить переиндексацию всей расчетной области.

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма определения береговой линии водоема в случае сгонно-нагонных явлений. Алгоритм основан на определении глубины водоема в зависимости от значения перепада уровня водной поверхности. Перебирая все расчетные ячейки по значениям логической переменной $KG0$, сразу отбрасывают те, что заведомо не входят в расчетную область ($KG0 = \text{false}$). Затем по переменной KG определяется осушение, затопление или с ячейкой ничего не происходит.

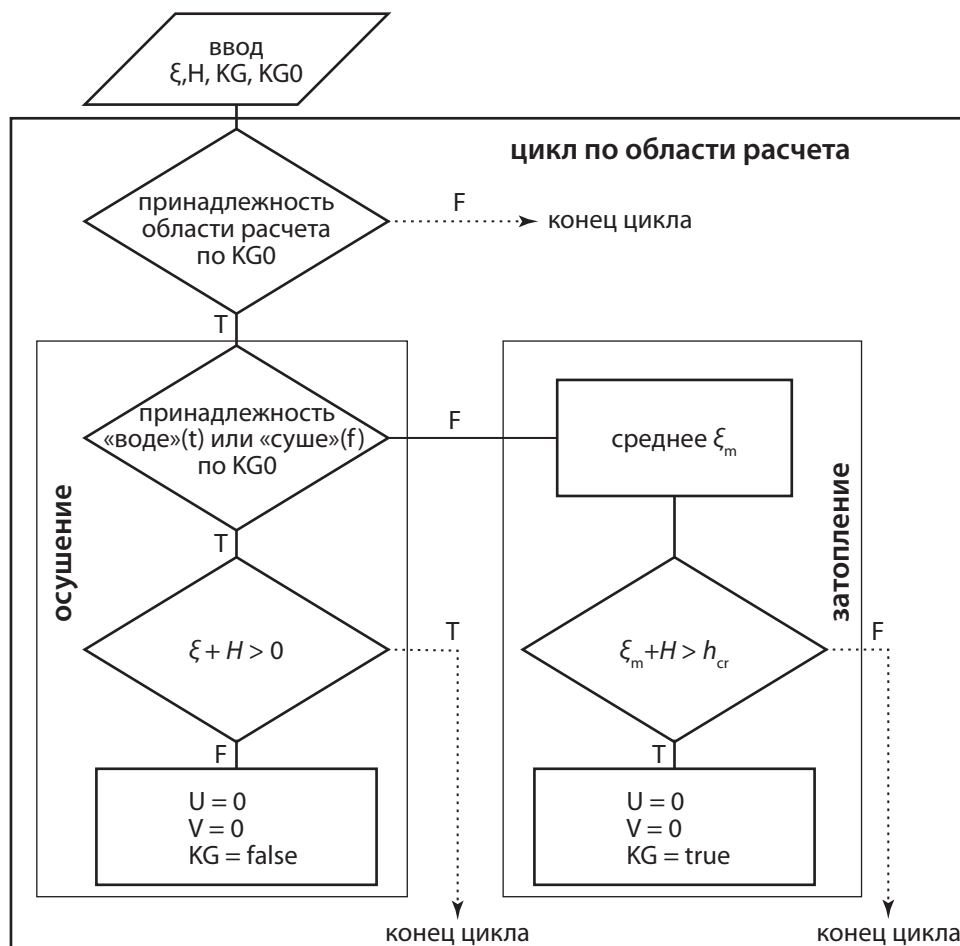


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета области затопления и осушения

Если ячейка находилась в водоеме ($KG = \text{true}$), то в случае $H + \zeta \leq 0$ эта ячейка переходит в разряд «суша», а переменная KG принимает значение “false”. В противном случае осушение в данной ячейке не происходит.

Если ячейка, находящаяся в области расчета ($KG0 = \text{true}$), и в данный момент является сухой ($KG = \text{false}$), то возможно ее затопление. Это произойдет, если $\zeta_m + H \geq h_{cr}$, где ζ_m – среднее по соседним ячейкам значение перепада уровня воды. В этом случае ячейка переходит в разряд «вода», а переменная KG принимает значение “true”.

Была рассмотрена дельтовая область, которая может затапливаться и осушаться за счет нагона и последующего сгона воды. Ветровая ситуация задавалась на период 19–23 апреля 2018 г.

Расчетные значения уровня воды на посту Донской и в х. Дутино представлены на рисунке 2. Здесь же приведены наблюдаемые значения уровня в Донском.

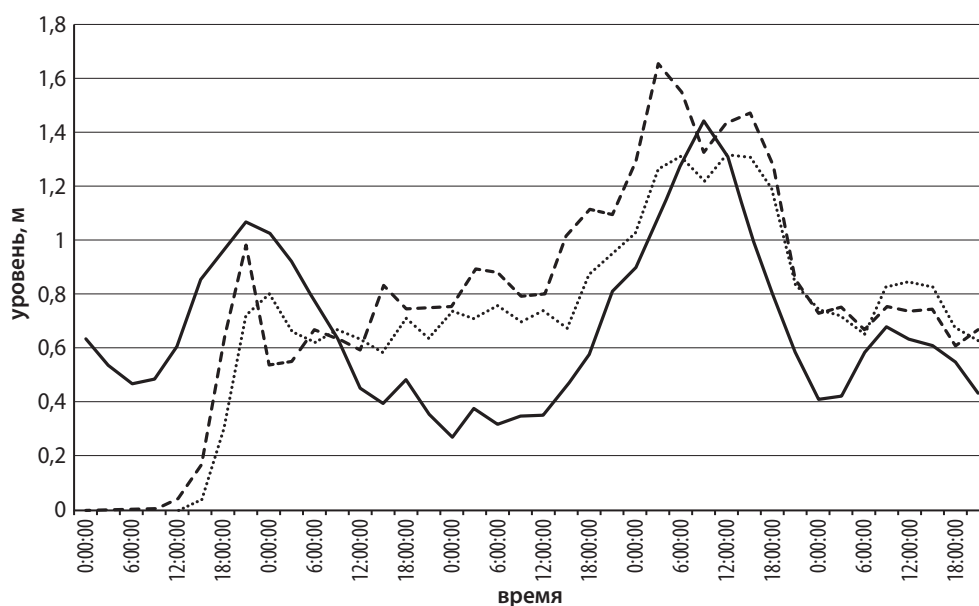


Рис. 2. Рассчитанные уровни воды в Донском и Дугино, а также наблюдаемый уровень в Донском

Рассчитанные значения хорошо коррелируют с наблюдаемыми значениями в п. Донской. Большие расхождения расчетных и наблюдаемых значений, возможно, объясняются заданием начального нулевого распределения параметров расчета, а также возможными проблемами в калибровке модели. Расчеты на этот период показали наилучшее совпадение с наблюдаемыми значениями уровня воды.

Был также просчитан случай экстремального нагона воды 23–26 сентября 2014 г. На рисунке 3 показана дельтовая область Дона в начале нагона. На рисунке 4 показана эта же область в момент максимального подъема уровня воды. На легенде представлена глубина H в метрах.

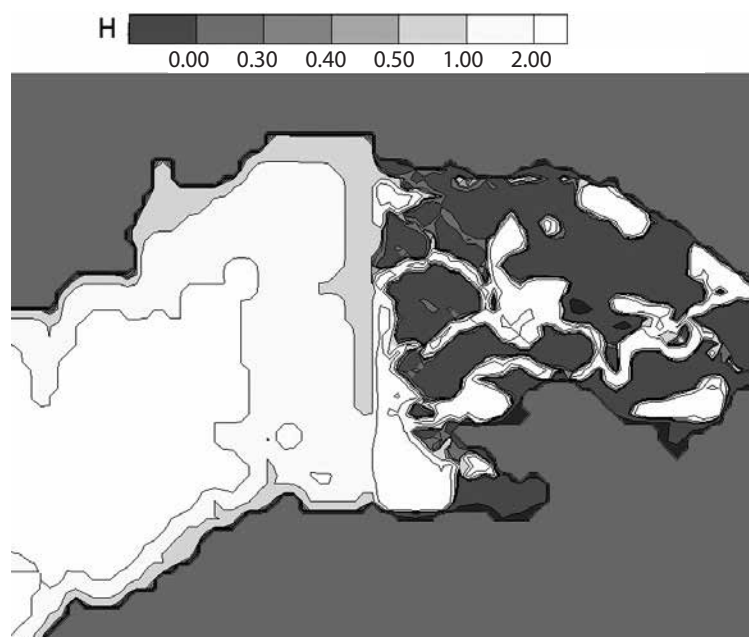


Рис. 3. Дельтовая область Дона в начале нагона 23 сентября 2014 г.

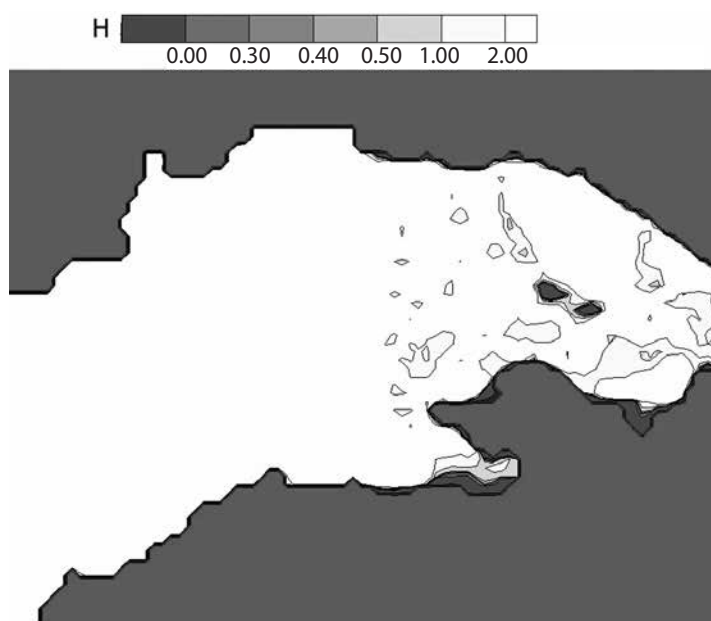


Рис. 4. Дельтовая область Дона в момент максимального подъема уровня воды 24 сентября 2014 г.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 18-05-80010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мишин Д.В., Полонский В.Ф. Исследование нестационарных водных потоков в неприливном устье реки Дон // Труды Государственного океанографического института. 2013. № 214. С. 166–179.
2. Симов В.Г. Гидрология устьев рек Азовского моря. М.: Гидрометеиздат, 1989. 328 с.
3. Чикин А.Л., Чикина Л.Г. Двухслойная модель переноса вещества в водоемах с большой неоднородностью глубин // Океанология. 2020. Т. 60. № 4. С. 507–514. DOI: 10.31857/S0030157420040048.

АНАЛИЗ СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА В 2017–2018 гг. ТЕХНОЛОГИЯМИ GPS

В.Л. Шестопалов¹, М.В. Карцева², В.А. Фоменко²

¹ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

² АО «Южморгеология», г. Геленджик

valcpg@mail.ru, KartsevaMV@rusgeology.ru, FomenkoVA@rusgeology.ru

Исследование сейсмогеодинамической активности в районе Таманского полуострова проводилось по данным измерений GPS-сети из четырех постоянно действующих пунктов: Анапа, Тамань, Порт-Кавказ и Темрюк – в период повышенной сейсмической активности в 2017–2018 гг. (рис. 1). Расстояние между пунктами составило от 56 до 23 км.

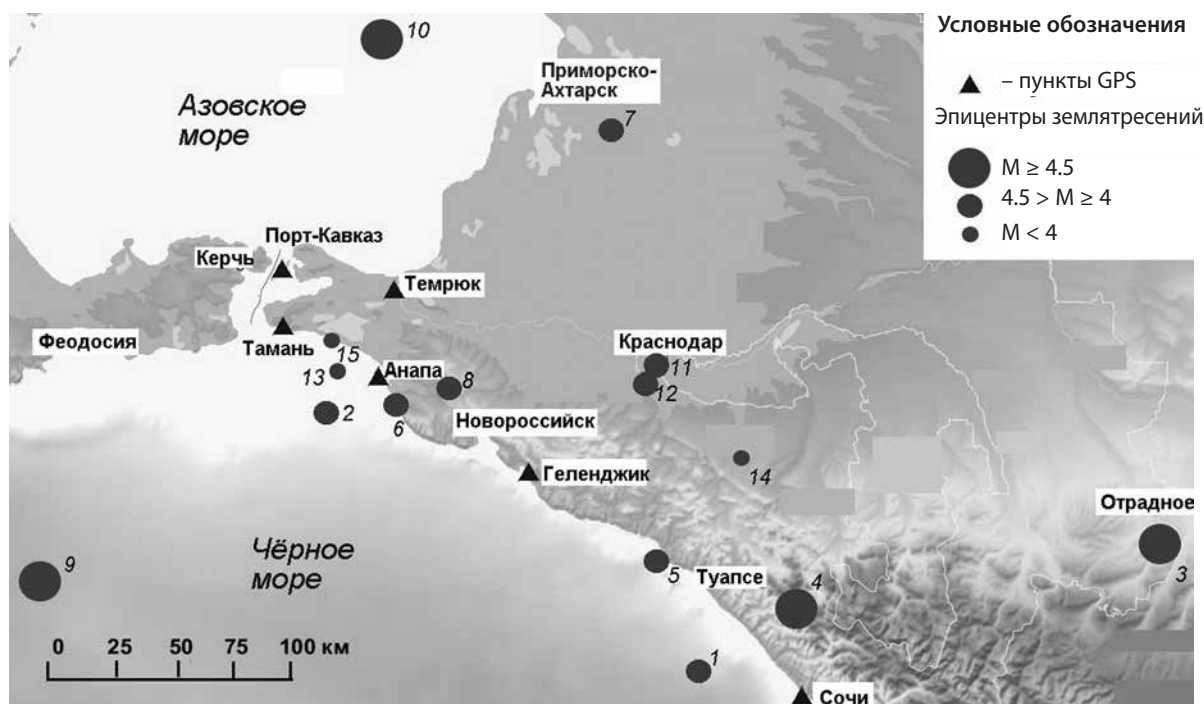


Рис. 1. Схема сети GPS-пунктов и эпицентры землетрясений в районе Азово-Черноморского побережья РФ в 2017–2018 гг.

Цифрами обозначены номера землетрясений с характеристиками, приведенными в таблице 1

За время наблюдений в районе Азово-Черноморского побережья РФ было зафиксировано 42 землетрясения, из которых был составлен каталог из 12 сейсмособытий с $M \geq 4$ и эпицентрами на суше и в акваториях Азовского и Чёрного морей (табл. 1). В каталог были включены также события № 13 и 14 ($M < 4$) с целью анализа геодинамической активности в начале 2017 г. и событие № 15, произошедшее 16.06.2017 ($M = 3,5$) в 5 км к юго-востоку от ст. Благовещенская, составляющее дуплет землетрясений с событием № 2.

Таблица 1

**Характеристики землетрясений
в районе Азово-Черноморского побережья РФ в 2017–2018 гг.**

№	Дата	Координаты эпицентра		Глубина очага, км	Магнитуда М	U, МДж
		широта	долгота			
1	30.04.2017	43,82 N	38,96 E	10	4,0	6,3 10 ⁴
2	16.06.2017	44,85 N	36,86 E	10	4,3	17,8 10 ⁴
3	24.08.2017	44,32 N	41,52 E	10	4,5	35,5 10 ⁴
4	28.09.2017	44,06 N	39,48 E	10	4,5	35,5 10 ⁴
5	26.01.2018	44,26 N	38,73 E	10	4,0	6,3 10 ⁴
6	31.01.2018	44,87 N	37,25 E	15	4,2	12,6 10 ⁴
7	20.02.2018	45,96 N	38,46 E	10	4,0	6,3 10 ⁴
8	24.04.2018	44,95 N	37,54 E	10	4,2	12,6 10 ⁴
9	14.08.2018	44,17 N	35,24 E	10	4,5	35,5 10 ⁴
10	15.10.2018	46,32 N	37,19 E	10	4,7	70,8 10 ⁴
11	24.11.2018	44,99 N	38,66 E	10	4,3	17,8 10 ⁴
12	25.11.2018	45,08 N	38,73 E	10	4,4	25,1 10 ⁴
13	01.02.2017	44,90 N	36,97 E	15	3,6	1,6 10 ⁴
14	24.02.2017	44,62 N	39,40 E	10	3,3	0,6 10 ⁴
15	16.06.2017	45,00 N	37,16 E	10	3,5	1,1 10 ⁴

Энергия землетрясений U в зависимости от магнитуды M оценивалась по формуле [Садовский и др., 1991]

$$\lg U = 1,5 M + 4,8,$$

где U – в Дж.

Расстояние от эпицентров землетрясений ($4,7 > M \geq 4,0$) до геометрического центра сети GPS-пунктов в пределах Таманского полуострова составило от 32 до 45 км. Эмпирический радиус деформации Добровольского [Dobrovolsky et al., 1979] для магнитуд 4,0–4,7 дает оценку 52 км и 105 км соответственно, что указывает на возможность проявления для этих расстояний деформационных признаков на пунктах GPS. Расстояние от эпицентра наиболее дальнего землетрясения № 3 24.08.2017 в районе пос. Отрадное ($M = 4,5$) до ближайшего пункта Анапа составило 340 км. Указанное землетрясение включено в анализ с целью проверки чувствительности системы мониторинга к удаленным сейсмическим событиям.

Измерения на пунктах производились приемниками GPS/ГЛОНАСС Prego JNSS и Trimble 5700 с высокоточными антеннами, установленными на стабильных спецоснованиях. Обработка данных выполнена с помощью пакета GAMIT (V 10.7) и комплекса программ в среде Matlab, разработанных в Южном научном центре Российской академии наук (ЮНЦ РАН). За период наблюдений с 2017 по 2018 г. были накоплены временные ряды пространственного положения пунктов мониторинга с точностью 3–6 мм в горизонтальной плоскости и 6–12 мм по высоте в международной координатной системе ITRF2014, реализация которой осуществлялась опорными станциями ARTU (г. Екатеринбург, Россия), MOBN (г. Обнинск, Россия), GLSV (г. Киев, Украина), JOZ2 (Польша), PENC (Венгрия), WTZR (Германия) и ZECK (станция Зеленчукская, Карачаево-Черкесская Республика, Россия).

Для оценки напряженно-деформированного состояния земной коры вычислялся интегральный критерий с использованием алгоритма [Бабешко и др., 2020] на основе методов многомерной статистики для обработки временных рядов низкочастотных систем геофизического мониторинга [Любушин, 1993].

Задавалось скользящее временное окно длиной 60 суток и смещением 1 сутки, в котором формировалась многоканальная матрица спектральной мощности. В качестве ИК выбиралось максимальное собственное число $\lambda(f, t)$ спектральной матрицы для частоты f и заданного момента времени t . Входной массив данных каждого окна состоял из 12 скалярных временных рядов ежесуточных приращений широты, долготы и высоты для четырех GPS-пунктов (Темрюк, Анапа, Порт-Кавказ и Тамань). За временную координату скользящего окна принималась правая граница временного интервала. Частотный интервал был ограничен величиной $f_{max} = 0,05$ цикла в сутки, что соответствует периоду 20 суток, в пределах которого можно предположить возникновение геодинамических аномалий. Эволюция $\lambda(f, t)$ показана на рисунке 2.

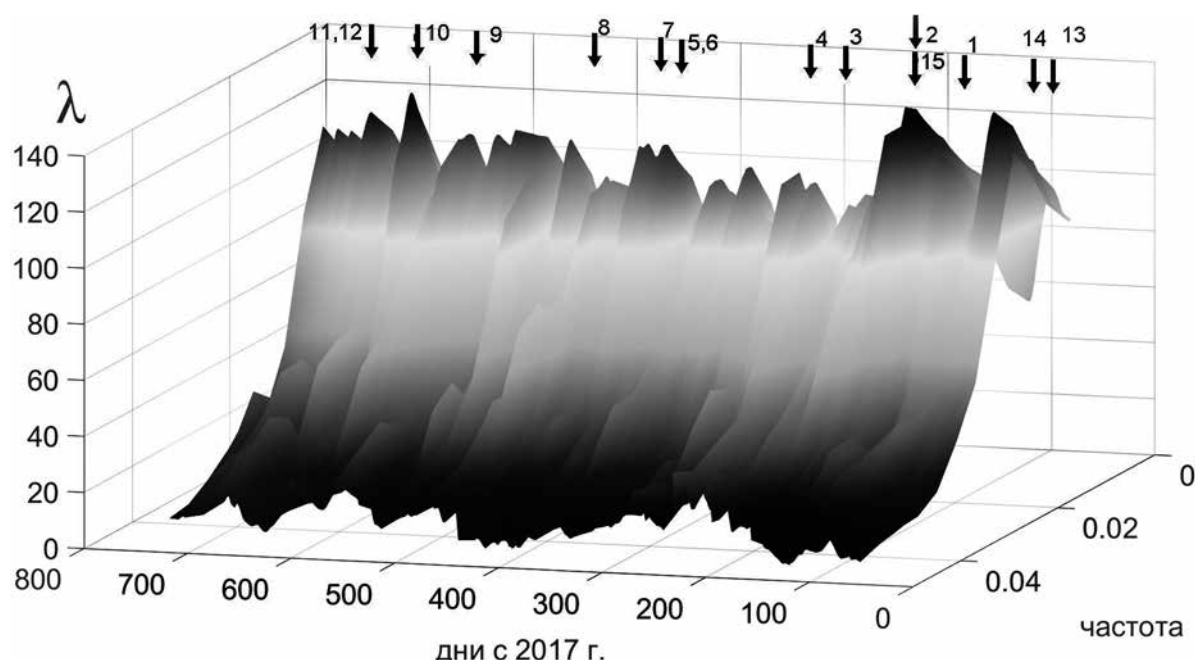


Рис. 2. Эволюция максимального собственного числа спектральной матрицы $\lambda(f, t)$ в районе Таманского полуострова в 2017–2018 гг. Время выражено в днях с начала 2017 г., частота в циклах в день. Входные данные – приращение высоты, широты и долготы для GPS-пунктов Темрюк, Анапа, Порт-Кавказ и Тамань. Стрелки – землетрясения согласно таблице 1

Рисунок 2 показывает три заметных максимума вариаций $\lambda(f, t)$ (далее – ИК) в низкочастотной области. Первый максимум совпадает по времени с сейсмической активностью в феврале 2017 г.

Следующий максимум ИК соответствует по времени дуплету землетрясений 16.06.2017 у побережья г. Анапа. Наиболее сильное за весь период наблюдений сейсмособытие № 10 ($M = 4,7$), отмеченное максимальным значением ИК, произошло 15.10.2018 в Азовском море в 116 км к северу от ближайшего пункта наблюдений Темрюк. Локальный максимум ИК в октябре – декабре 2018 г. отражает, по-видимому, состояние напряженности земной коры, на фоне которого произошли землетрясения № 11 ($M = 4,3$) и № 12 ($M = 4,4$) у г. Краснодар.

Общий критерий $\lambda_{st}(t_i)$ для каждого i -го момента времени t_i можно получить из выражения

$$\lambda_{st} = \sum_j \lambda(f_j, t_i),$$

где суммирование выполняется по всем выбранным частотным диапазонам f_j .

Сравнение нормированного значения $\lambda_s(t)$ с нормированным значением отношения энергии землетрясений U к расстоянию L до геометрического центра сети GPS-пунктов представлено на рисунке 3.

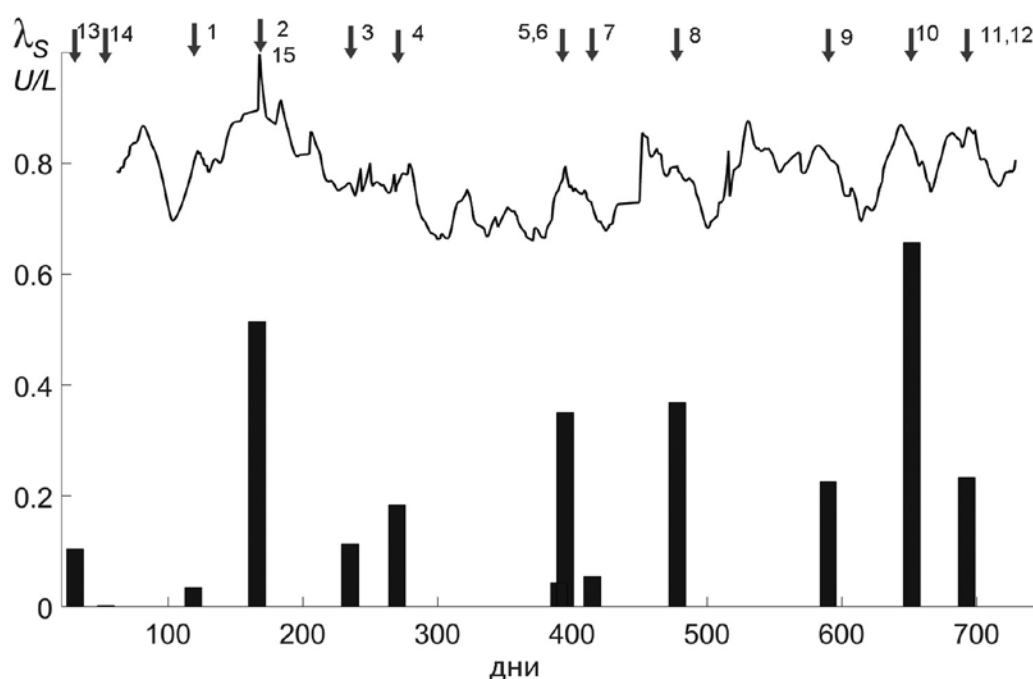


Рис. 3. Эволюция нормированного общего критерия $\lambda_s(t)$ и нормированного отношения энергии землетрясений U к расстоянию L до геометрического центра сети GPS-пунктов в районе Таманского полуострова в 2017–2018 гг. Время выражено в днях с начала 2017 г. L – в километрах. Стрелки – землетрясения (согласно таблице 1)

Анализ графиков на рисунке 3 показывает соответствие главного максимума λ_s дуплету землетрясений 16.06.2017 у побережья г. Анапа (события № 2 и № 15 с суммарной энергией $18,9 \cdot 10^4$ Мдж). Событию № 10 в Азовском море на удалении 126 км от геометрического центра GPS-сети с максимальной энергией $70,8 \cdot 10^4$ Мдж соответствует всего лишь локальный максимум. Наблюдается также примерно одинаковое значение λ_s для удаленных событий № 5, 7, 9, 11 и 12. Низкое значение λ_s наблюдалось для самых дальних землетрясений № 1, 3 и 4.

Полученные результаты дают возможность сделать следующие выводы:

1. Для территории Таманского полуострова с высоким уровнем сейсмической опасности показана возможность мониторинга сейсмогеодинамической активности с использованием редкой сети GPS-пунктов. Применялся интегральный критерий уровня напряженно-деформированного состояния земной коры $\lambda(f, t)$, разработанный в ЮНЦ РАН и апробированный на территории Сочинской сейсмоактивной зоны.

2. Предложен общий критерий $\lambda_s(t)$ суммированием $\lambda(f, t)$ по всем частотам выбранного диапазона от 0 до 0,05 цикла в сутки. Наблюдается соответствие амплитуды $\lambda_s(t)$ значе-

нию отношения энергии землетрясений U к расстоянию L до геометрического центра сети GPS-пунктов, что дает возможность выделить наиболее значимый уровень напряженного состояния исследуемой территории в процессе подготовки сейсмического события или опасных геодинамических движений.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН № гр. проекта 01201354241 и контракта АО «Южморгеология» № 03731001358200000050001 от 23.04.2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабешко В.А., Калинин В.В., Шестопалов В.Л. Интегральный признак напряженно-деформированного состояния среды по данным GNSS-наблюдений // Наука Юга России. 2020. Т. 16. № 1. С. 3–10. DOI: 10.7868/S25000640200101
2. Любушин А.А. Многомерный анализ временных рядов систем геофизического мониторинга // Физика Земли. 1993. № 3. С. 103–108.
3. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1991. 101 с.
4. Dobrovolsky I.P., Zubkov S.I. & Miachkin V.I. Estimation of the size of earthquake preparation zones // PAGEOPH. 1979. 117. P. 1025–1044.

ВАРИАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГАЗ-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО ПОЛЕЙ В ПЕРИОД СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ В 2020 г.

В.Л. Шестопалов¹, М.В. Карцева², В.А. Фоменко², В.В. Куликова², А.М. Бородако²

¹ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

² АО «Южморгеология», г. Геленджик
valcp@mail.ru, KartsevaMV@rusgeology.ru

В 2020 г. мониторинг сейсмической активности в районе Азово-Черноморского побережья РФ выполнялся на 2 пунктах наблюдения в г. Сочи и г. Геленджике в составе сейсмостанции Дельта-Геон и измерителя объемной активности радона MR-107. В Геленджике дополнительно проводились измерения естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). На пунктах Темрюк и Анапа использовались сейсмостанции Дельта-Геон. Полученная информация сравнивалась с данными GPS-измерений на всех 4 пунктах мониторинга. Использовалась аппаратура АО «Южморгеология» и приёмники Южного научного центра РАН (ЮНЦ РАН). На рисунке 1 представлена схема расположения пунктов мониторинга на российском сегменте Азово-Черноморского побережья и эпицентры землетрясений в 2020 г.

Согласно современным данным сейсмической изученности Северо-Западного Кавказа РФ, район Азово-Черноморского побережья РФ на карте предельно возможного (максимального) распределения балльности относится к зоне 9-балльных сотрясений [Рогожин и др., 2014].

За время наблюдений в районе мониторинга было зафиксировано 7 сейсмособытий с магнитудами от 2,6 до 4,3. Наибольшая сейсмическая активность наблюдалась в июне и в первых числах сентября. Характеристики землетрясений в районе Азово-Черноморского побережья в 2020 г. представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики землетрясений в районе Азово-Черноморского побережья в 2020 г.

№	Дата	Координаты эпицентра, град.		Глубина очага, км d	Магнитуда М
		широта	долгота		
1	15.03.2020	44,82 N	37,07 E	49	4,3
2	01.06.2020	45,10 N	37,70 E	10	3,9
3	03.06.2020	45,06 N	37,66 E	10	3,5
4	20.06.2020	43,79 N	39,81 E	10	2,6
5	01.09.2020	43,94 N	38,95 E	10	4,3
6	29.10.2020	44,86 N	40,72 E	10	3,4
7	29.11.2020	43,72 N	39,06 E	30	2,9

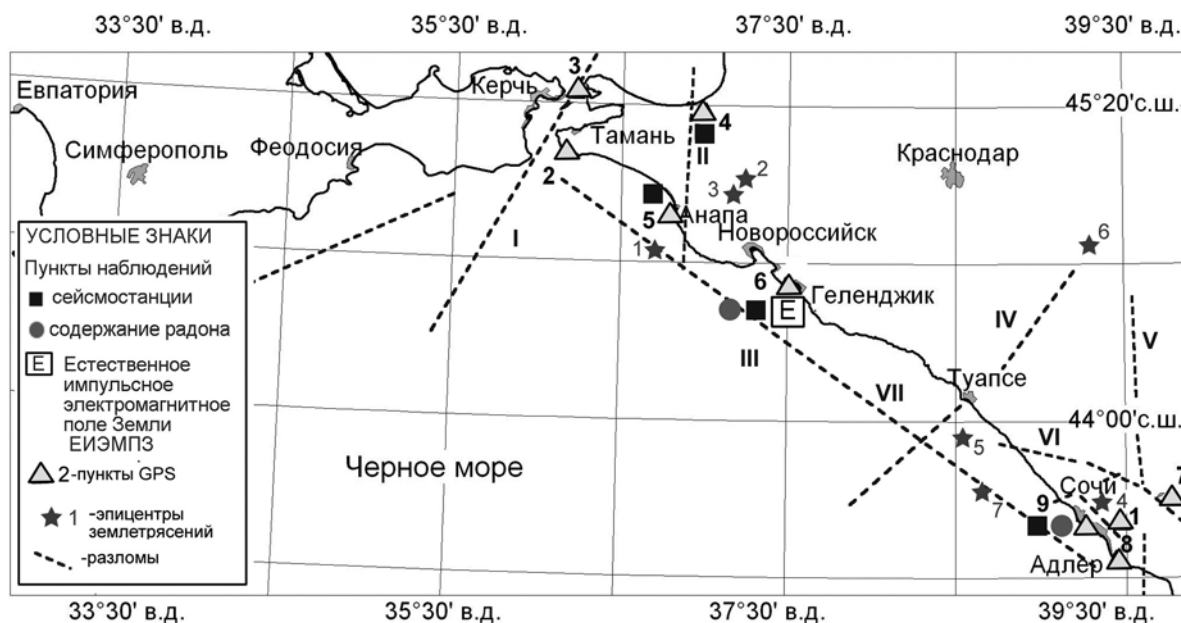


Рис. 1. Схема расположения пунктов мониторинга на российском сегменте Азово-Черноморского побережья и эпицентры землетрясений в 2020 г. Номера землетрясений соответствуют таблице 1. *Крупные разломы:* I – Керченский, II – Джигинский; III – Восточно-Черноморский; IV – Туапсинская поперечная флексурная зона; V – Пшехско-Адлерская зона разрывных нарушений; VI – Краснополянский; VII – Монастырский. *Пункты GPS:* 1 – Крым; 2 – Тамань; 3 – Порт-Кавказ; 4 – Темрюк; 5 – Анапа; 6 – Геленджик; 7 – Эсто-Садок; 8 – Адлер; 9 – Сочи. *Обозначения пунктов GPS:* 1 – Лесное; 2 – Тамань; 3 – Порт-Кавказ; 4 – Темрюк; 5 – Анапа; 6 – Геленджик; 7 – Эсто-Садок; 8 – Адлер; 9 – Сочи

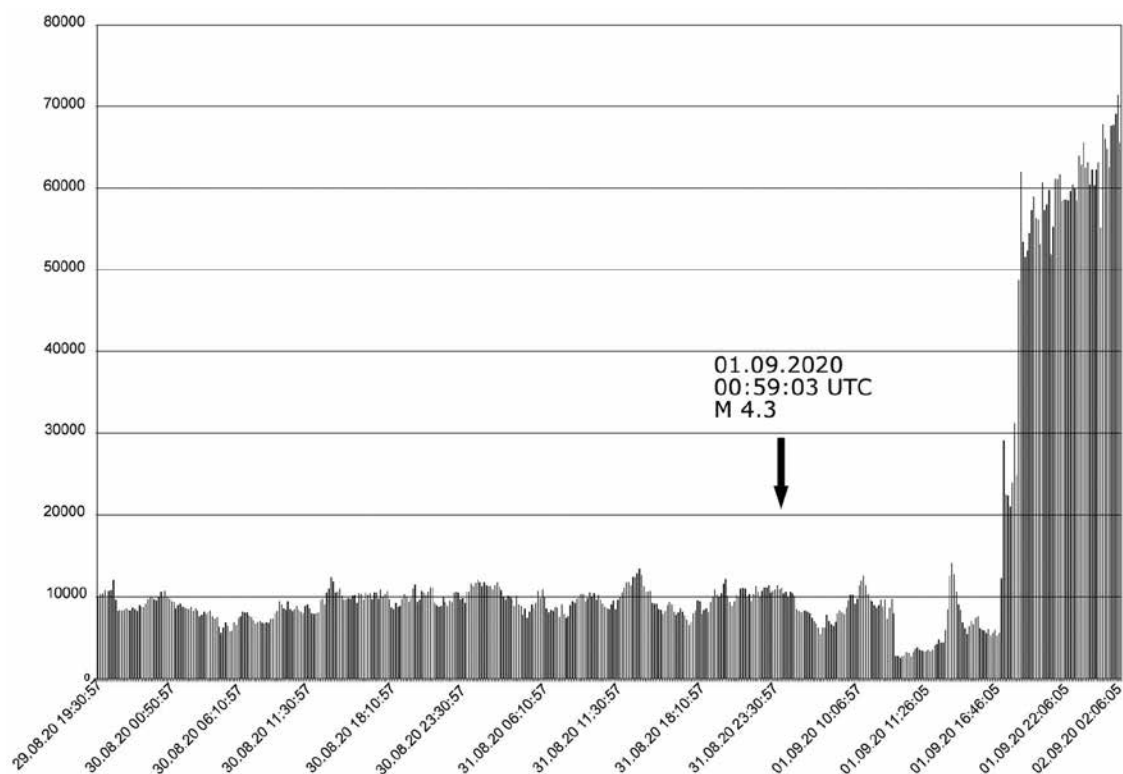


Рис. 2. График вариаций количества и амплитуды электромагнитных импульсов на пункте г. Геленджик в сентябре 2020 г.

В 2020 г. проводилось несколько видов работ, в том числе измерения ЕИЭМПЗ. Исследования ЕИЭМПЗ начались в 1970-х гг. с целью использовать явление увеличения интенсивности потока импульсов в период подготовки землетрясения. Однако до настоящего времени не удалось получить однозначную интерпретацию получаемых результатов [Долгий, Катаев, 2017]. В настоящей работе по результатам обработки данных регистратора ЕИЭМПЗ на пункте г. Геленджик построен график вариаций количества и амплитуды электромагнитных импульсов в диапазоне 17,9–18,2 кГц за сентябрь 2020 г. Исследовался случай реакции ЕИЭМПЗ на подготовку сейсмического события № 5 01.09.2020 в море в 0 ч 59 мин по Гринвичу. Анализ графика на рисунке 2 показывает нарастание количества импульсов электромагнитного поля через 18 ч после землетрясения.

Одной из причин наблюдаемого явления может быть экранирующая роль морской среды при распространении электромагнитных волн в земной коре в результате преобразования тектонической энергии в электрическую. Импульсная компонента электромагнитного поля может быть также причиной мощных грозových разрядов.

Обработка данных мониторинга эндогенных газов производилась с помощью программы ПО Radex Data Center. Изменения объемной активности (ОА) радона на пункте наблюдения в августе – сентябре представлены на рисунке 3 (г. Сочи) и рисунке 4 (г. Геленджик).

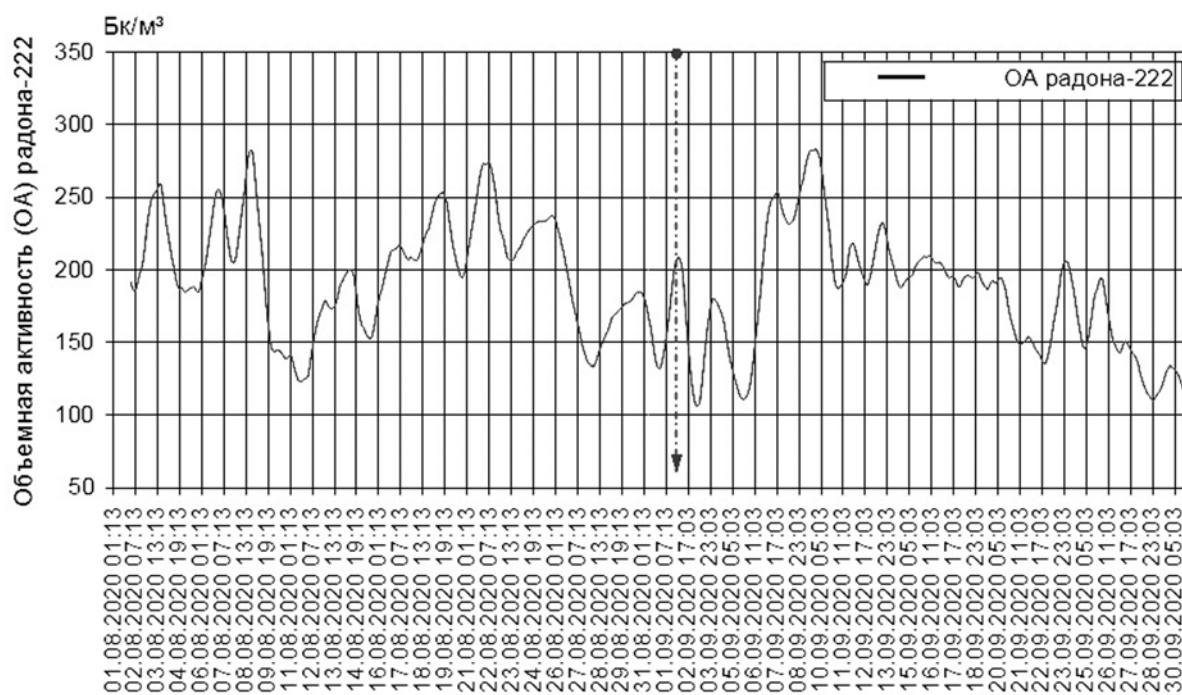


Рис. 3. ОА радона-222 на пункте г. Сочи в августе – сентябре 2020 г.
Стрелкой отмечен момент землетрясения № 5 01.09.2020 (M = 4,3)

На пункте Сочи в период прохождения сейсмического события № 5 в Чёрном море в 73 км к северо-западу от пункта наблюдения фиксировался локальный максимум графика ОА радона с общей тенденцией предварительных наблюдений к спаду, что соответствует современным представлениям об уменьшении эманаций радона в условиях сжатия горных пород [Уткин, Юрков, 2010] (рис. 3).

На пункте Геленджик в августе наблюдался спад показаний ОА радона за несколько дней до момента прохождения события № 5 на расстоянии 98 км к юго-востоку от пункта наблю-

дения. За сутки до сейсмического события на этом пункте также фиксировался локальный максимум ОА радона (рис. 4).

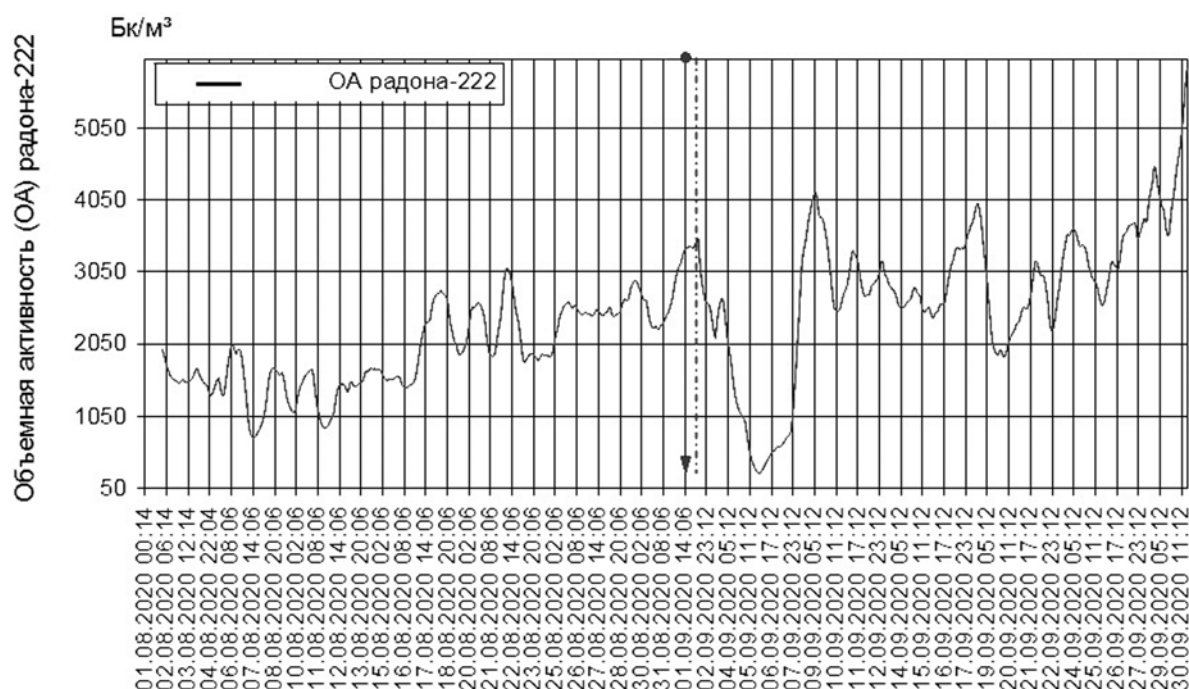


Рис. 4. ОА радона-222 на пункте г. Геленджик в августе – сентябре 2020 г.
Стрелкой отмечен момент землетрясения № 5 01.09.2020 ($M = 4,3$)

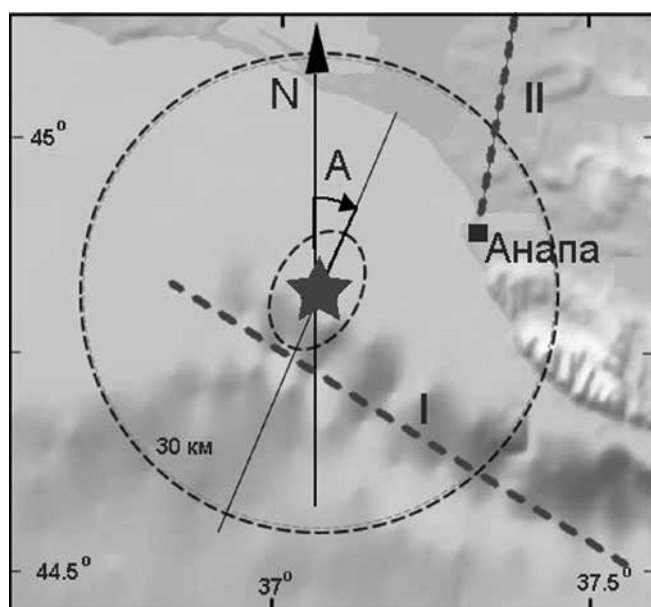


Рис. 5. Схема положения эпицентра землетрясения 15.03.2020 ($M = 4,3$) в районе черноморского побережья. А – азимут большой полуоси эллипса рассеивания локации эпицентра.
Крупные разломы:
I – Восточно-Черноморский; II – Джигинский

В 2020 г. наиболее заметное сейсмическое событие № 1 с магнитудой 4,3 было зафиксировано 15.03.2020 в прибрежной зоне Черного моря в 22 км к западу от г. Анапа на глубине 49 км. В настоящей работе продолжается исследование возможности определения характеристик очага землетрясения по сейсмическим данным координирования его эпицентра [Шестопалов и др., 2019]. Для сейсмического события № 1 азимут большой полуоси эллипса рассеивания локации эпицентра А составил 21° . Это дает основание предположить движение плоскости разрыва вдоль морского продолжения Джигинского разлома (рис. 5).

Для сейсмического события № 7 29.11.2020 азимут большой полуоси эллипса рассеивания локации эпицентра А составил 116° , что указывает на возмож-

ный сдвиг плоскости разрыва вдоль направления Восточно-Черноморской прибрежной системы разломов.

На графиках горизонтального движения пункта Лесное заметна геодинамическая аномалия в виде деформационной петли в направлении север-северо-запад в период прохождения близкого сейсмособытия № 4 20.06.2020 ($M = 2,6$) в 18 км к северо-западу от г. Сочи (рис. 6). На графике горизонтального движения этого пункта в 2019 г. наблюдалась отчетливо выраженная геодинамическая аномалия северо-западного направления, соответствующая асейсмической геодинамической активности с марта по май и описанная в работе [Бабешко и др., 2020].

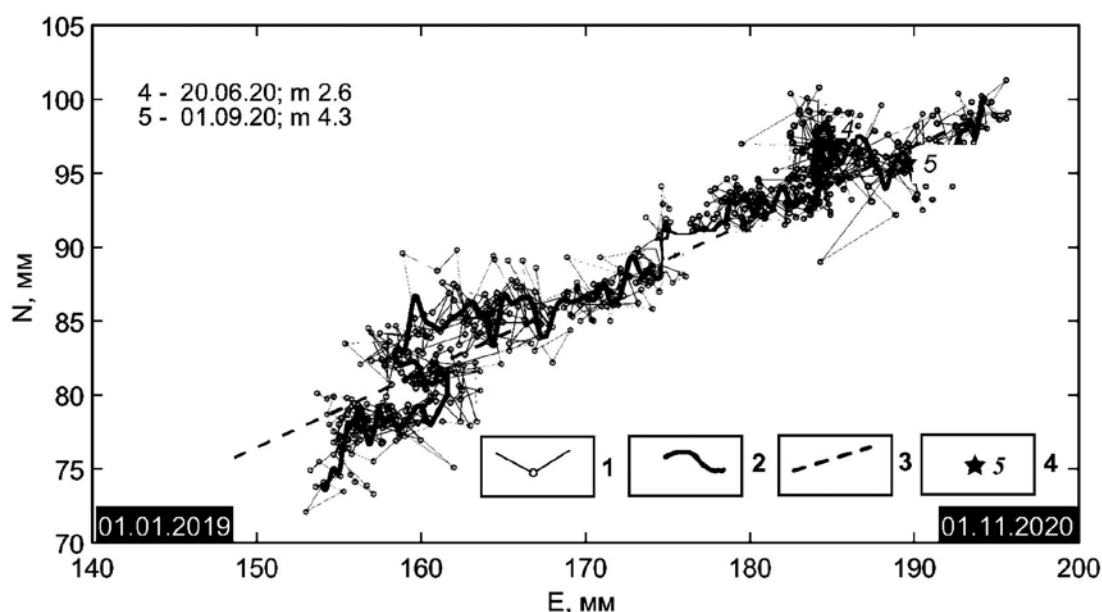


Рис. 6. Горизонтальное движение GPS-пункта Лесное в 2019–2020 гг.

1–3 – траектория движения: 1 – исходная (посуточная), 2 – сглаженная, 3 – тренд.

Даты на темном фоне указывают на начало и конец наблюдений.

N, E – смещение в северном и восточном направлении соответственно

На пункте Геленджик западного сегмента сети GPS глубокофокусному сейсмическому событию № 1 15.03.2020 ($M = 4,3$, $d = 30$ км) на пересечении Восточно-Черноморского разлома и Джигинской поперечной разломной зоны предшествовала отчетливо выраженная геодинамическая аномалия северо-западного направления. Землетрясение № 5 01.09.2020 ($M = 4,3$) у побережья г. Туапсе на графике движения этого пункта отмечено петлеобразной траекторией (рис. 7).

На рисунке 8 событие № 1 15.03.2020 ($M = 4,3$) в Чёрном море у берегов Анапы и событие 29.10.2020 ($M = 3,4$) сопровождалось резким подъемом земной поверхности. Заметные флуктуации высоты этого пункта отмечались перед событием № 5 01.09.2020 ($M = 4,3$) вблизи г. Туапсе и № 4 20.06.2020 ($M = 2,6$) в 18 км к северо-западу от г. Сочи.

Полученные результаты дают возможность сделать следующие выводы:

1. В период подготовки и прохождения сейсмических событий в районе Азово-Черноморского побережья РФ в 2020 г. наблюдалось аномальное поведение траекторий движения GPS-пунктов, а также измеряемых параметров геофизических и газ-геохимического полей.

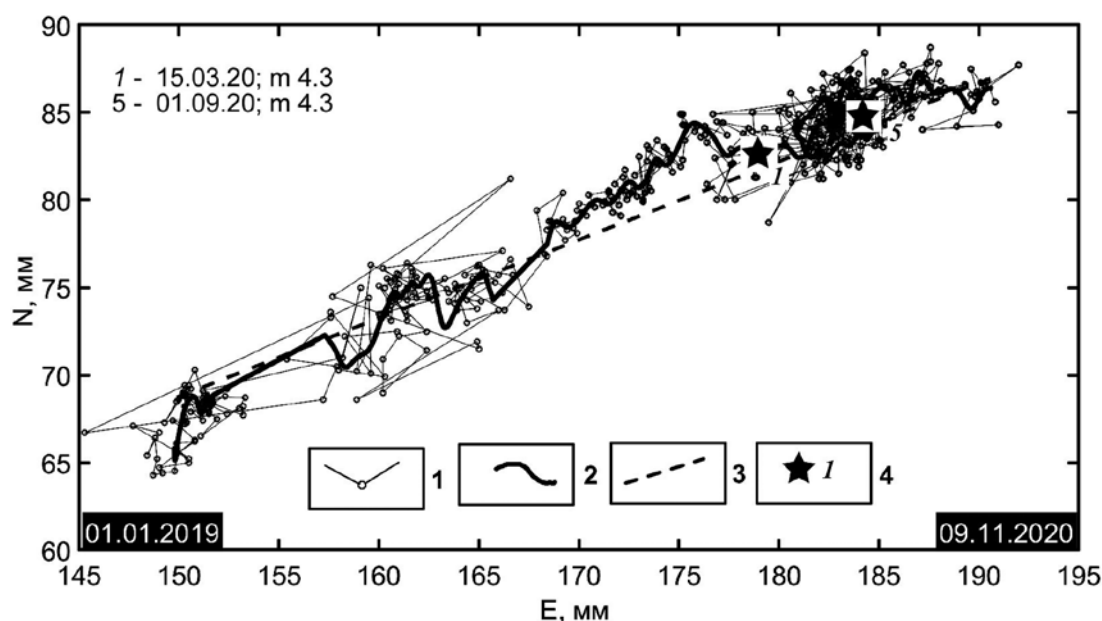


Рис. 7. Горизонтальное движение GPS-пункта Геленджик в 2020 г.
Условные обозначения даны на рисунке 6

2. Согласованное поведение показаний ОА радона на пунктах Сочи и Геленджик в период прохождения землетрясения № 5 с магнитудой 4,3 фиксировалось в течение суток, что соответствует временному масштабу краткосрочного прогноза. За пределом временного интервала в несколько суток характер показаний ОА радона на обоих пунктах был различным.

Вертикальное движение GPS-пункта Сочи в 2020 г. представлено на рисунке 8.

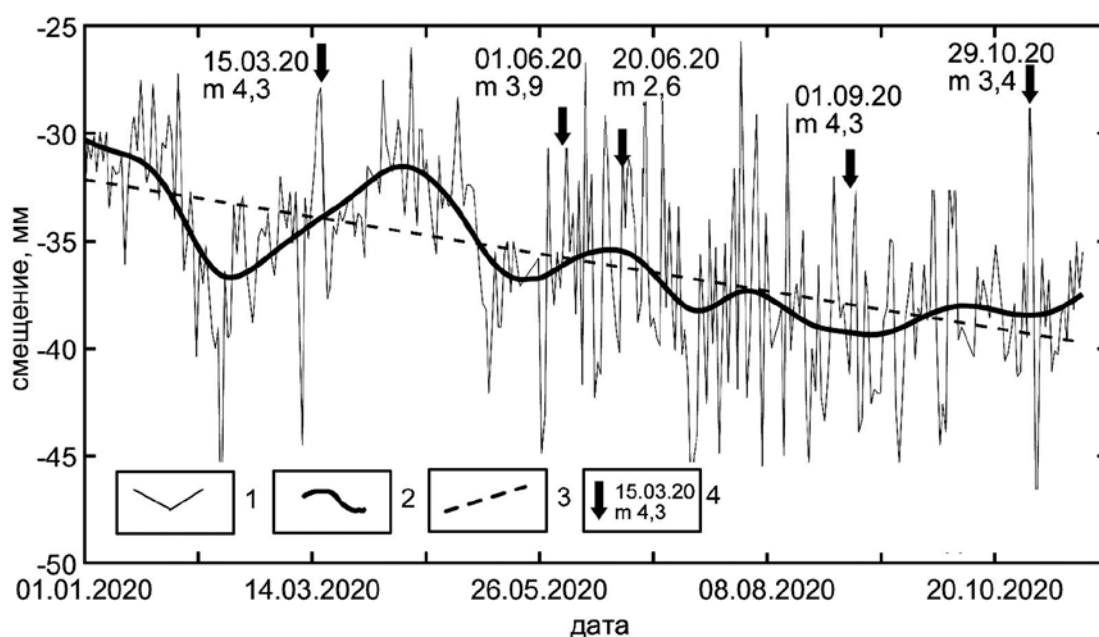


Рис. 8. Вертикальное движение GPS-пункта Сочи в 2020 г.
1-3 – траектории движения: 1 – исходная (посуточная), 2 – сглаженная,
3 – тренд; 4 – сейсмособытие (дата и магнитуда)

3. Анализ результатов измерений регистратора ЕИЭМПЗ показывает необходимость дополнительных исследований режима его непрерывной устойчивой работы в районе наблюдений, что даст возможность сравнить показания прибора в период подготовки и прохождения землетрясений различной удаленности и силы как на суше, так и в море.

4. На примере сейсмических событий № 1 (15.03.2020) с магнитудой 4,3 и события № 7 (29.11.2020) с магнитудой 2,9 подтверждается возможность использования определения характеристик очага землетрясения по сейсмическим данным координирования его эпицентра.

5. Графики траекторий движения GPS-пунктов показывают отчетливо выраженные геодинимические аномалии в горизонтальной плоскости за несколько недель до землетрясения. На графиках вертикальных движений отдельные локальные максимумы соответствовали прохождению сейсмических событий. Однако большие флуктуации вертикальных GPS определений и задержка оперативных эфемерид спутников при вычислении получаемых решений в пакете GAMIT на 2–3 суток не дают возможность уверенного использования этих измерений для краткосрочного прогноза. В целом наблюдения за геодинимическими аномалиями движения GPS-пунктов с периодом 1 сутки дают ценную информацию для уверенного среднесрочного прогноза в системах раннего предупреждения землетрясений и опасных асейсмических движений геологической среды.

При дальнейшем развитии работ по сейсмогеодинимическому мониторингу территории Краснодарского края авторы предлагают следовать подходу академика Страхова, который рассматривал отдельные предвестники в качестве неустойчивых компонент устойчиво целой системы прогноза сейсмической опасности, включающей широкое комплексирование всех доступных физических, геохимических, биологических, метеорологических и других природных процессов, предшествующих землетрясению [Страхов, Савин, 2013]. Поступающий информационный поток разнородных геофизических полей должен обрабатываться современными математическими методами многомерной статистики и спектрального анализа [Бабешко, Калинин и др., 2020 и др.].

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН № гр. проекта 01201354241 и контракта АО «Южморгеология» № 03731001358200000050001 от 23.04.2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабешко В.А., Шестопалов В.Л., Глазырин Е.А., Фоменко В.А., Карцева М.В. Итоги и перспективы применения GNSS-пунктов для мониторинга состояния геодинимической активности Северо-Кавказского сейсмоактивного региона // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. 2020. Т. X. Ч. 2. С. 21–27.
2. Бабешко В.А., Калинин В.В., Шестопалов В.Л. Интегральный признак напряженно-деформированного состояния среды по данным GNSS-наблюдений // Наука Юга России. 2020. Т. 16. (1). С. 3–10.
3. Долгий М.Е., Катаев С.Г. Исследование естественного импульсного электромагнитного поля Земли // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 34 (12). С. 61–70.
4. Маринин А.В., Расцветаев Л.М. Структурные парагенезы Северо-Западного Кавказа // Проблемы тектонофизики. М.: ИФЗ РАН, 2008. С. 194–224.

5. *Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е. и др.* Эндогенные опасности Большого Кавказа. М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.
6. *Страхов В.Н., Савин М.Г.* О научных основах краткосрочного прогноза землетрясений // Геофизический журнал. 2013. Т. 35. № 2. С. 18–23.
7. *Уткин В.И., Юрков А.К.* Радон как индикатор геодинамических процессов // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 2. С. 277–286.
8. *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 // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»). Мат-лы Междунар. науч. конф. Ростов н/Д., 2019. С. 99–102.

ШТОРМОВОЕ ВОЛНЕНИЕ В АЗОВСКОМ МОРЕ С 1979 ПО 2019 г., ПО ДАННЫМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ГЛОБАЛЬНОГО РЕАНАЛИЗА ERA-INTERIM

Н.А. Яицкая

*Субтропический научный центр РАН, г. Сочи
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
yaitskayan@gmail.com*

В статье представлены результаты эксперимента по ретроспективному анализу штормового волнения в Азовском море с 1979 г. с помощью математического моделирования и глобального реанализа на основе высокоточных батиметрических данных.

Для исследования штормов в Азовском море использована математическая модель SWAN (Simulating WAVes Nearshore), версия 41.01A – волновая модель третьего поколения для получения реалистичных параметров при заданном ветре, батиметрии и текущих условиях в мелководных акваториях – прибрежных регионах, озерах и эстуариях. Модель разработана на факультете гражданского строительства и наук о Земле Делфтского технического университета, Нидерланды. Описание модели приведено в работах [Holthuijsen et al., 1993; Ris et al., 1999; Booij et al., 1999; Zijlema and Van der Westhuysen, 2005]. Это одна из наиболее активно используемых в настоящее время моделей, которая показывает достоверные результаты как для глубоководных областей, так и для мелководных замкнутых акваторий. Модель применяется для расчетов волнения в Чёрном море [Akpınar et al., 2012; Van Vledder and Akpınar, 2015].

Для расчетов в модели SWAN принята за основу разработанная ранее [Яицкая, 2017] расчетная сетка Азовского моря с пространственным разрешением $0.01^\circ \times 0.01^\circ$. В качестве ветрового форсинга использован глобальный атмосферный реанализ ERA-Interim ECMWF в виде наборов зональной и меридиональной компонент на высоте 10 м над уровнем моря. Временная дискретность – 1 час. Пространственное разрешение сетки реанализа составляет около 80 км.

Верификация модели SWAN к условиям Азовского моря выполнялась в соответствии с разработанным автором подходом [Yaitskaya, Tretyakova, 2014; 2016].

В результате проведенных экспериментов был определен ряд основных процессов и коэффициентов, включенных в итоговые расчеты: линейный рост волны в соответствии с подходом, изложенным в работе [Komen et al., 1984]; диссипация из-за «забурунивания»; опрокидывание волн на мелководье, вызванное изменением глубины; придонное трение, параметризованное константой спектра JONSWAP [Hasselmann et al., 1973]; трех- и четырехволновое взаимодействие волн друг с другом.

Шаг расчетов по времени составил 15 минут с 1979 г. На каждом временном шаге значения искомых параметров рассчитывались в каждой ячейке сетки и записывались в выходные файлы. Значения внешних факторов (скорость и направление ветра) изменялись каждые 3 часа. Результатом работы модели SWAN являются рассчитанные значения

ветро-волновых характеристик: значительная высота, средние (нулевой и минус первый моменты спектра) период, длина и направление волны, параметры волн зыби.

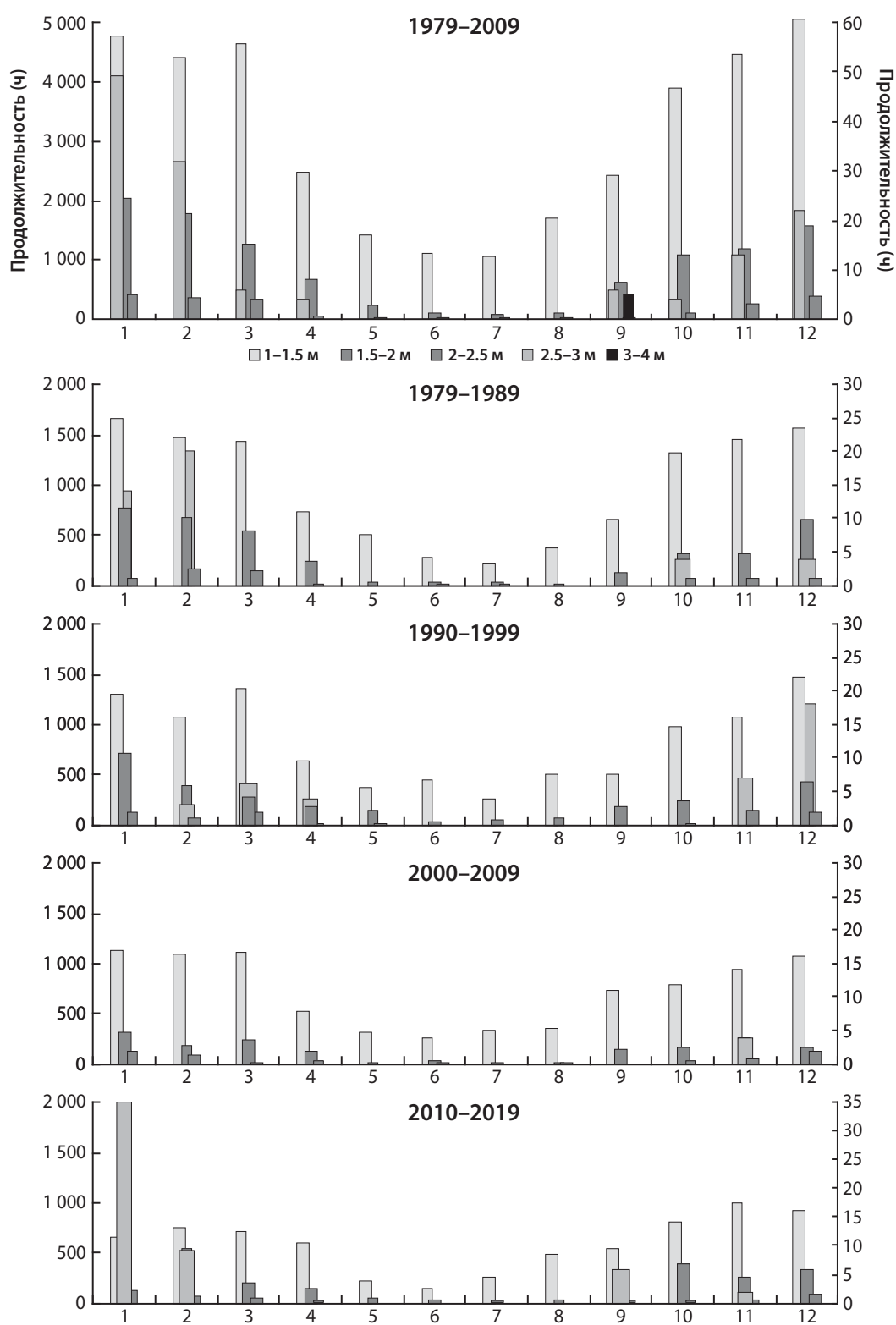


Рис. 1. Суммарная продолжительность волнения различной высоты по месяцам в целом и по десятилетним периодам в Азовском море (без учета Таганрогского залива и Керченского пролива). По вспомогательной оси волнение от 2,5 м и более

В соответствии с Инструкцией по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями РД 52.04.563–2013 и Перечнем и критериями опасных природных гидрометеорологических явлений, утвержденных приказом ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» от 26.02.2016 № 22 с изменениями, утверждёнными приказами ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» от 17.05.2016 № 69, от 22.06.2016 № 81 и от 30.05.2017 № 65, сильным волнением в Азовском море считается волнение с высотой волны от 3,0 м и более.

С 1979 г. можно выделить 72 синоптические ситуации, при которых было возможно развитие штормовых ситуаций в Азовском море. Но в части случаев развитие штормов было лимитировано ледяным покровом более 20 %. По результатам расчетов выделено 49 штормов, из них 4 – в теплую половину года. Из них же 3 наиболее крупных шторма, сопровождавшихся нагонами: 15.11.1992, 11.11.2007, 24.09.2014.

Максимальное развитие волнения (максимальные высоты волн), характерное в среднемноголетнем режиме водоема для холодного сезона, после 2002 г. смещается на летне-осенний период. При этом для этого же сезона увеличивается продолжительность волнения высотой 1,5–2,0 м (рис. 1), что связано с уменьшением ледового сезона, и, как следствие, развитие волнения не лимитируется ледовым покровом.

При штормовом волнении области с максимальной высотой волн сосредоточены в центральной части моря. Относительная симметричность в конфигурации береговой линии и ограниченность глубин не дают мигрировать областям с сильным волнением, как, например, в Чёрном море.

Несмотря на изменения в режиме волнения, наиболее штормовыми остаются месяцы с ноября по март. Внутрисуточной штормовой динамики не отмечается.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-77-00083).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яицкая Н.А. Результаты ретроспективного анализа ветрового волнения в Азовском море (на примере зим 2015–2017 гг.) // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 4. С. 60–70. DOI: 10.23885/2500-0640-2017-3-4-60-70
2. Akpınar A., van Vledder G.Ph, Kömürçü M.İ., Özger M. Evaluation of the numerical wave model (SWAN) for wave simulation in the Black Sea // Cont. Shelf Res. 2012. 50–51, 80–99.
3. Booij N., Holthuijsen L.H., Ris R.C. A third-generation wave model for coastal regions. Model description and validation // Journal of Geophysical Research. 1999. Vol. 104. No. C4. P. 7649–7666.
4. 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) // Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift. 1973. Vol. 8. No. 12. P. 1–95.
5. Holthuijsen L.H., Booij N., Ris R.C. A spectral wave model for the coastal zone // Proceedings of the 2nd International symposium on ocean wave measurement and analysis. 1993. P. 630–641.
6. Komen G., Hasselmann S., Hasselmann K. On the existence of a fully developed wind sea spectrum // Journal of Physical Oceanography. 1984. Vol. 14. P. 1271–1285.

7. *Ris R.C., Holthuijsen L.H., Booij N.* A third-generation wave model for coastal regions: 2, verification // *Journal of Geophysical Research*. 1999. Vol. 104. No. C4. P. 7667–7681.
8. *Van Vledder G.Ph., Akpınar A.* Wave model predictions in the Black Sea: sensitivity to wind fields // *Applied of Ocean Research*. 2015. Vol. 53. P. 161–178.
9. *Yaitskaya N., Tretyakova I.* Mathematical Modeling of Dangerous Storm and Surge Phenomena in the Basin of the Sea of Azov (March 24, 2013) // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2016. Vol. 3. P. 481–488. DOI: 10.5593/SGEM2016/B31/S12.063
10. *Yaitskaya N., Tretyakova I.* The study of hazardous natural phenomena in the Sea of Azov basin by mathematical modeling and GIS technologies // *Geoinformation Sciences and Environmental Development: New Approaches, Methods, Technologies*. Collection of articles of the II International conference. Rostov-on-Don, 2014. P. 152–165.
11. *Zijlema M., Van der Westhuysen A.J.* On convergence behaviour and numerical accuracy in stationary SWAN simulations of nearshore wind wave spectra // *Coastal Engineering*. 2005. Vol. 52. No. 3. P. 237–256.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ, ПРИВОДЯЩИХ К СБОЮ РАДИОСВЯЗИ, К ОШИБКАМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

СРАВНЕНИЕ СТЕПЕНИ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА В СТЕПНОЙ И ВЫСОКОГОРНОЙ ЗОНАХ НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

М.А. Алимпиева, Е.В. Завьялова, О.Э. Кузнецова

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

Климатические изменения, происходящие на нашей планете, очевидны. Наиболее ярко они проявляются в ходе изменений температуры приземного слоя воздуха. Статистический анализ температурных трендов с конца XIX в. позволил С.В. Морозовой выделить естественные климатические периоды состояния земной климатической системы (ЗКС) – промежутки времени, в течение которых наблюдается определенная тенденция изменения температуры [Морозова, 2019; Morozova et al., 2019].

Укажем, что температура воздуха является главнейшей характеристикой климата. Сведения о температурных режимах в различные естественные климатические периоды можно найти, например, в IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013]. Другой важной характеристикой климата являются атмосферные осадки. Сведения об их изменениях на фоне глобальных климатических тенденций можно также найти в IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013], Также в Оценочных докладах [Второй оценочный доклад Росгидромета ... 2014] публикуются сведения об изменениях режима циркуляции, снежном покрове, облачности, радиационном режиме, экстремальности климата и др. Однако практически не упоминается о такой климатической характеристике, как степень его континентальности. Считаем, что рассмотрение континентальности климата на фоне климатической изменчивости представляет большой интерес.

Целью настоящей работы стало сравнение степени континентальности климата в различные естественные климатические периоды на двух территориях, расположенных в различных климатических зонах, – в зоне степного аридного климата (по данным м/с Саратов) и на юге Европейской части России (ЕЧР) с более мягкими климатическими условиями (м/с Грозный). Отметим, что подобные работы для различных климатических провинций уже выполнялись коллективом авторов [Завьялова, Морозова, 2017; Морозова, 2019].

Данные по метеостанции Саратов имеются с 1912 г., данные по метеостанции Грозный – с 1966 г. Поэтому в настоящей статье изменение степени континентальности климата на юго-востоке ЕЧР (м/с Саратов) рассматриваются в три естественных климатических периода (первая волна глобального потепления, период стабилизации, вторая волна глобального потепления), изменения степени континентальности климата на юге ЕЧР – только в два климатических периода – стабилизацию и вторую волну глобального потепления. Исходные материалы были взяты с сайта «Погода и климат».

Степень континентальности климата можно оценивать, используя различные индексы, – С.П. Хромова, Н.Н. Иванова, Л.А. Горчинского и др. По исследованиям С.Н. Лапиной [Лапина, 2017], из вышеперечисленных трех индексов наиболее чувствительным является показатель Л.А. Горчинского. Однако в данной работе для оценки степени континентальности климата используется не сам индекс Л.А. Горчинского, а только годовая амплитуда температуры воздуха. Согласно С.П. Хромову [Хромов, 1983], годовая амплитуда температур является главной характеристикой континентальности климата. Кроме того, эта характеристика входит практически во все индексы. Поэтому авторы посчитали целесообразным в качестве оценки степени континентальности использовать только годовую амплитуду температур: $\Delta T = T_{\text{июля}} - T_{\text{января}}$.

На основании имеющихся данных рассчитаны годовые амплитуды температур и построены линейные тренды ее изменения в различные климатические периоды. Оценка значимости изменений проводилась методом доверительных интервалов по формуле [Гмурман, 2003]:

$$\bar{x} \pm t_{\gamma} \frac{s}{\sqrt{n}},$$

где $\bar{x}$ – среднее значение; t_{γ} – статистика Стьюдента, где γ – показатель уровня значимости (95 %); s – среднее квадратическое отклонение; n – длина ряда.

Использовался 5 %-ный уровень значимости.

На рисунке 1 представлены тренды изменения степени континентальности климата по метеостанции Саратов. Как видно из рисунка, в каждом естественном климатическом периоде наблюдается рост степени континентальности климата. Однако скорость роста степени континентальности от периода в периоду замедляется. Наибольшая скорость роста этого показателя имеет место в первую волну глобального потепления. Коэффициент наклона линейного тренда в этот период $\alpha = 0,2966$. В период стабилизации рост степени континентальности замедляется ($\alpha = 0,1072$). И самая малая тенденция роста отмечается во вторую волну глобального потепления ($\alpha = 0,0326$).

Оценка значимости изменений представлена в таблице 1.

Таблица 1

**Оценка статистической значимости изменений
средней годовой температуры воздуха на юго-востоке ЕЧР**

Периоды, гг.	Годовая амплитуда температуры воздуха			
	Саратов, м/с Саратов ЮВ			
	α	x	σ	Доверительные интервалы
1	0,297	33,17	4,29	[31,881; 34,450]
2	0,107	32,65	4,25	[31,349; 33,941]
3	0,033	30,62	3,87	[29,611; 31,622]

Согласно данным таблицы 1, исследование изменения степени континентальности климата методом доверительных интервалов не показало статистической значимости, так как границы всех интервалов перекрываются. Укажем, что изменчивость годовых амплитуд температур также падает от периода к периоду (σ). В первую волну глобального потепления и в период стабилизации она была примерно одинаковой и сильно уменьшилась во вторую волну глобального потепления. Таким образом, в условиях сухого юго-востока ЕЧР степень континентальности климата на фоне климатической изменчивости снижается.

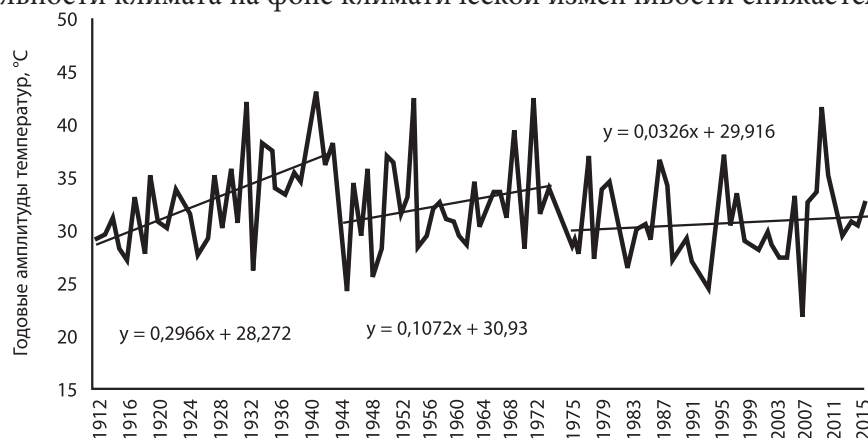


Рис. 1. Изменение степени континентальности климата (годовой амплитуды температур) по данным м/с Саратов Юго-Восток

Рассмотрим изменение степени континентальности климата в районе с более мягкими климатическими условиями – по данным метеостанции Грозный (рис. 2).

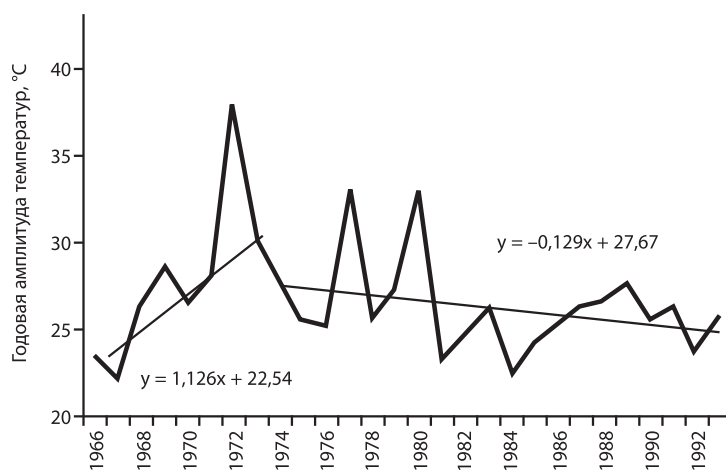


Рис. 2. Изменение степени континентальности климата (годовой амплитуды температур) по данным м/с Грозный

Как видно из рисунка 2, изменение степени континентальности в условиях более мягкого климата отличается от изменения этой характеристики в сухой зоне. Так, в период стабилизации степень континентальности на юге ЕЧР возрастала ($\alpha = 1,126$), причем гораздо сильнее, чем на юго-востоке ЕЧР в области аридного климата. Во вторую волну глобального потепления степень континентальности климата в этом районе падает ($\alpha = -0,129$). Укажем, что в ранее выполненных исследованиях [Завьялова, Морозова, 2017] в области гумидного климата (северо-запад ЕЧР, м/с Санкт-Петербург) в период стабилизации степень континентальности климата тоже уменьшается.

Таким образом, на юге ЕЧР изменение степени континентальности климата не идентично изменению этой характеристики на северо-западе и юго-востоке ЕЧР на территориях с гумидным и аридным климатом соответственно.

В таблице 2 приведена оценка статистической значимости изменений. Видим также отсутствие перекрытия интервалов, что указывает на отсутствие статистической значимости.

Таблица 2

**Оценка статистической значимости изменений
средней годовой температуры воздуха на юге ЕЧР**

Периоды, гг.	Годовая амплитуда температуры воздуха			
	Грозный, м/с Грозный			
	α	x	σ	Доверительные интервалы
2	1,126	28,2	3,48	[25,578; 30,822]
3	-0,129	26,4	2,77	[24,470; 28,330]

Однако в целом по материалам исследования можно заключить, что на Северном Кавказе имеют место специфические климатические тенденции, отличающиеся и от глобальных, и от тенденций в отдельных регионах, различающиеся степенью засушливости климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М., 2014. 60 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Изд-во Высшая школа, 2003. 480 с.
3. Завьялова Е.В., Морозова С.В. Сравнительная характеристика степени континентальности климата в контрастных по влагообеспеченности районах // Гидрометеорология и экология. Научные и образовательные достижения и перспективы: Труды Всерос. конф. к 70-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки, д.ф.-м.н., профессора Л.Н. Карлина. СПб.: Изд-во Аграф+, 2017. С. 199–203.
4. Лапина С.Н. Характеристика континентальности климата Саратова и Санкт-Петербурга на фоне глобального потепления // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17. Вып. 4. С. 219–221. DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-4-219-221
5. Морозова С.В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2019. 132 с.
6. Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов / изд. третье. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 456 с.
7. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
8. Morozova S.V., Polyanskaya E.A., Kononova N.K., Molchanova N.P., and A.P. Solodovnikov. Peculiarities of the global climate tendencies in the south-east Russian plains [электронный ресурс] // International Scientific and Practical Conference in commemoration of Corr., 2019. Vol. 381. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/381/1/012064/pdf> (дата обращения: 02.05.2021).

ОПАСНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В АЗОВСКОМ МОРЕ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ (результаты проекта РФФИ 18-05-80082)

*С.В. Бердников¹, Л.А. Беспалова², А.Д. Хаванский²,
В.В. Кулыгин¹, А.А. Магаева¹, С.А. Мисиров¹, Ю.Ю. Меринова²,
О.А. Хорошев¹, А.Е. Цыганкова², А.Р. Иошпа²*

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

berdnikovsv@yandex.ru

Междисциплинарный проект РФФИ 18-05-80082 выполнялся группой исследователей из Южного федерального университета и Южного научного центра РАН в течение 3 лет. Его целями были анализ закономерностей и условий формирования опасных явлений в береговой зоне Азовского моря под влиянием гидрометеорологических и антропогенных факторов, разработка методов мониторинга и прогнозирования абразионных и оползневых процессов, анализ социально-экономических последствий их проявлений, разработка методов оценки риска для населения и экономики побережья, разработка рекомендаций по предупреждению и предотвращению негативных последствий.

Решались три взаимосвязанных задачи.

1. Анализ закономерностей и условий формирования абразионных и оползневых явлений в береговой зоне Азовского моря в зависимости от природных факторов с учетом наблюдаемой и ожидаемой климатической изменчивости, характера хозяйственного освоения побережья и степени антропогенного воздействия (как в прошлом, так и в ближайшем будущем).

2. Разработка новых методов мониторинга и прогнозирования опасных береговых процессов (ОБП), ориентированных на современные технологии контактных и дистанционных наблюдений, передачи и обработки данных, с учетом возможности их применения в практике предупреждения населения (Госкомгидромет, МЧС, прибрежные муниципальные образования).

3. Анализ социально-экономических последствий опасных процессов в береговой зоне Азовского моря, связанных с абразией и оползневыми явлениями, разработка методов оценки социально-экономического риска и рекомендаций по повышению защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия ОБП и их последствий.

Выполнен анализ природных и антропогенных факторов, определяющих развитие опасных береговых процессов в Азовском море.

Берега Азовского моря на всем протяжении сложены рыхлыми осадочными малоустойчивыми породами: лёссовидными суглинками, скифскими и аллювиальными глинами, песками. Это обуславливает прежде всего большую активность процессов абразии. Морфология и морфометрические характеристики береговых обрывов также влияют на степень проявления ОБП. К ним относятся высота и крутизна берегового склона, его устойчивость. Интенсивность абразии при прочих равных условиях значительно больше в случае высоких обрывистых берегов. Высота берегов Азовского моря изменяется от нескольких метров до 25–30 м, на керченских берегах до 40–50 м, крутизна склонов – от 600 до 900. Интенсивное разрушение фиксируется на берегах, сложенных скифскими глинами и четвертичными суглинками, перед которыми выработана широкая абразионная терраса – глинистый бенч без осадочного чехла, т.к. содержание пляжеобразующей фракции в материале абразии невысокое (от 5 до 30 %). Напротив, широкие песчаные накопления у основания береговых обрывов являются причиной замедления темпа абразии.

Установлено, что гидродинамические факторы в развитии ОБП являются определяющими. Ветровое волнение – самый активный геоморфологическим фактор, определяющий процессы абразии и аккумуляцию на берегах Азовского моря. Оценена роль эвстатических колебаний уровня, выявлен положительный тренд за период с 1923 г. (0,19 см/год), обуславливающий в сочетании с преобладающими отрицательными современными тектоническими движениями незатухающий процесс абразии на отмелях азовских берегах (уклоны подводного склона не превышают обычно 0,005, ширина абразионной террасы может достигать более 2 км). Неравномерность развития ОБП в пространстве и во времени обусловлена экстремальными нагонами совместно со штормовым воздействием волн. В связи с глобальными климатическими изменениями увеличением частоты опасных погодных явлений, ОБП интенсифицировались. Выявлена хорошая корреляционная зависимость между увеличением скорости отступления берегов и проявлением экстремальных нагонных явлений. В последнее время их повторяемость резко возросла. По наблюдениям на реперной сети все экстремумы по скоростям абразии характерны для 2013–2014 гг. В годы с повышенной активностью проявления ОБП скорости абразии достигали 8–9 м/год, в периоды снижения – менее 0,5 м/год, при средних значениях более 1 м/год.

Воздействие морских льдов на берега Азовского моря изучено недостаточно. При образовании припая абразия приостанавливается. Но при этом опасным является воздействие стамух, навалов льда, торосов, дрейфующих льдов на берега.

Антропогенное влияние может быть связано как с глобальными и региональными воздействиями через экосистемные изменения, зарегулирование речного стока, загрязнения среды, так и с локальным – нерациональная берегозащита, промышленная и сельскохозяйственная деятельность в берегозащитной зоне, несанкционированное изъятие пляжевого материала и др.

На основе динамического районирования берегов Азовского моря по скорости абразии для каждого из рассматриваемых участков побережья выполнено описание основных факторов формирования ОБП.

Разработан и апробирован метод оценки изменения береговой линии на основе разновременных спутниковых снимков среднего и высокого разрешения. Выполнена оцифровка и привязка к береговой линии спутниковых снимков CORONA (рассекречены Министерством обороны США) за 01.04.1971 и 01.07.1975; SPOT за 17.10.1986, Sentinel 2 за 19.01.2020 и на их основе скоростей абразии северного и юного участка берега Таганрогского залива. Показано, что в период 1976–1986 гг. скорость абразии по сравнению с периодом 1971–1975 гг. возросла, затем в период 1987–2019 гг. снизилась.

Установлено, что существующая реперная сеть недостаточна для мониторинга динамики берегов на всем протяжении участков. Интенсивность абразии на участках между реперами может быть более значительной. Выявлены наиболее опасные (аварийные) участки берега, в которых наблюдаются максимальные скорости отступления берега.

Выявлены участки активной береговой абразии в районах впадения малых рек, что, по-видимому, связано с их зарегулированием, прекращением выноса твердых наносов и последующим интенсивным размывом дельт.

Показана положительная роль берегоукрепительных мероприятий в стабилизации береговых процессов на участке в районе г. Ейска, где в 1990–1995 гг. был террасирован склон и созданы свободные галечные пляжи в сочетании с каменно-набросными дамбами.

Применение спутниковых снимков среднего и высокого разрешения после их привязки и оцифровки береговой линии дает возможность получить динамику изменения берега во времени, а также сделать прогноз ее изменения на перспективу.

Второе направление применения данных дистанционного зондирования Земли из космоса (ДДЗЗ) связано с классификацией участков береговой зоны по типу землепользования. Для этих целей использовались мозаики регулярно обновляемых спутниковых снимков Bing Maps с разрешающей способностью 2 м.

В зависимости от прогнозируемого разрушения берега в результате абразионных процессов этот подход позволяет получить оценку возможного экологического и социального ущерба с приемлемой пространственной локализацией, выявить объекты, попадающие в опасную зону и с учетом кадастровой (или рыночной) стоимости капитальных объектов и земли оценить экономический ущерб.

Второе направление применения этого инструмента – мониторинг изменений в землепользовании. Наиболее актуален этот подход для анализа распашки береговых обрывов, а также для аккумулятивных форм рельефа – кос, где активно развивается рекреационная инфраструктура. Эта задача может решаться в автоматизированном режиме после обучения соответствующего ИИ-алгоритма.

Разработан метод вероятностной оценки скорости абразии и связанного с ней риска, основанный на байесовском подходе. Концепция Байесовских сетей (БС) позволяет объединять в единую сеть многочисленные разнородные факторы, необходимые для анализа рисков опасных природных явлений. Для оценки абразионной опасности в береговой зоне Азовского моря создана соответствующая БС, состоящая из двух подсетей, с которыми можно работать по отдельности. Первая подсеть («Оценка опасности») описывает влияние экзогенных факторов на скорость абразии, вторая («Оценка риска») предназначена для определения последствий (величины ожидаемых потерь) проявления абразионного процесса. Выделены следующие факторы, участвующие в оценке скорости абразии: литологи-

ческий состав, строение и состояние горных пород, высота и крутизна берегового склона, ударная сила волн, тип хозяйственной деятельности на побережье.

В свою очередь эффективность волнового воздействия зависит от частоты возникновения ветров эффективных направлений и величины эвстатического подъема уровня. Пляж выполняет защитную функцию, однако в период сильных штормов пляж полностью заливается водой и волны достигают основания клифа. При наличии пляжа достаточной ширины (более 20 м) энергия штормовых волн практически полностью гасится в его пределах. Наличие инженерных средств берегозащиты выступает дополнительным защитным фактором. Среди факторов, не вошедших в этот список, но влияющих на интенсивность береговых процессов, можно отметить следующие: сейсмические явления (землетрясения и современные тектонические колебательные движения); защитную роль припайного льда в период осенне-зимних штормов с одной стороны и разрушительного воздействия плавающих льдин на берег с другой стороны; атмосферные осадки (насыщение грунта водой и снижение прочностных характеристик склона).

Предложенная байесовская модель является пространственной за счет связи с геоинформационной системой (ГИС) «Береговые процессы в Азовском море».

Разработана структура геоинформационной модели интегральной оценки рисков опасных природных явлений в береговой зоне Азовского моря, которая включает ГИС «Береговые процессы в Азовском море» в качестве информационной основы и встроенные в нее пространственные инструменты поддержки принятия решений для оценки природных и социально-экономических рисков.

Разработана методика идентификации и анализа социально-экономических объектов, подверженных влиянию опасных абразионных и оползневых процессов в береговой зоне. В береговой зоне Азовского моря выделено 38 функциональных участков и прогнозируемая на 20-летний период зона воздействия опасных абразионных и оползневых процессов.

Разработаны два метода оценки социально-экономического риска проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря, которые включают оценку степени опасности береговых процессов и определение возможных материальных потерь. Детерминированный метод базируется на расчете индекса социально-экономического риска на основе балльных оценок. Метод вероятностной оценки скорости абразии и связанного с ней риска основан на байесовском подходе.

Впервые в береговой зоне Азовского моря произведена оценка возможного социально-экономического ущерба от воздействия опасных абразионных и оползневых процессов.

Экономический ущерб в береговой зоне Азовского моря за счет проявления абразионных и оползневых процессов в течение прогнозируемого 20-летнего периода для всего побережья Азовского моря составит 756,7 млн руб., из которых 107,9 млн руб. приходится на капитальные строения и 648,8 млн рублей на земельные участки, преимущественно сельскохозяйственные угодья. На северном побережье Таганрогского залива прогнозируемый экономический ущерб составит 114,4 млн руб., на южном берегу Таганрогского залива – 156,8 млн руб. и на юго-восточном побережье Азовского моря – 485,6 млн руб.

На основе международных стандартов (ISO 14001:2015, ISO 45001:2018) и российского законодательства в области охраны окружающей среды и обеспечения безопасности разработаны модель и основные элементы системы управления опасными природными и техногенными процессами в береговой зоне Азовского моря.

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ БЕРЕГОВЫХ ЛИНИЙ МОРЕЙ, РЕК, ВОДОХРАНИЛИЩ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ РАЗРАБОТОК И СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д.А. Бердыев, Ю.Ю. Гречина

*ООО Национальная компания «Евразия», г. Самара
office@nceurasia.com*

Разрушающиеся берега морей, рек, водохранилищ и больших озер, возникающие естественным путем под воздействием гидрологических или геологических факторов, являются одной из самых больших проблем государственных структур Российской Федерации, отвечающих за содержание берегов [Сорокин, Щодро, 2020].

По данным ГАУ ЯО «Яргосстройэкспертиза», только в Ярославской области определено 173 км разрушающихся берегов по Волге, Рыбинскому и Угличскому водохранилищам.

Разрушение береговых линий как естественный фактор происходит по двум направлениям: со стороны водоемов (волновое размывание) и со стороны берега (в основном из-за геологических факторов).

Основной проблемой курортов является размыв пляжных песчаных зон из-за волновой нагрузки на побережье Черного, Азовского, Балтийского морей.

В местах эксплуатации подводно-технических переходов магистральных трубопроводов, находящихся под давлением до 10МПа в местах охранной зоны берегов, идет сильное обрушение, что ведет в свою очередь к напряженно-деформированному состоянию магистральных трубопроводов под давлением, что может привести к аварийной ситуации и экологической катастрофе.

По данным эксплуатирующей организации ООО «Газпромтрансгаз Чайковский», порядка восьми участков охранной зоны магистральных газопроводов находятся в зоне разрушенных берегов.

Учитывая вышеизложенное, самым эффективным методом можно считать двухсхемную модель: мероприятия со стороны водоемов и со стороны берегов [Щодро, Сорокин, 2020], что обосновывается публикациями д.т.н. А.Е. Щодро (ФГБНУ «ИПТС», г. Севастополь), при применении микроцементных составов для крепления берегов методом инъекций под давлением и применения волногасящих элементов сквозного типа со стороны водоемов. [Щодро, Сорокин, 2020].

Двухсхемная модель защиты береговых линий от естественных природных разрушений состоит из следующих мероприятий:

1. Первый этап – со стороны водоемов (рис. 1, 2, 3); включает в себя мероприятия от размыва околопляжных зон, а именно монтаж волногасящих элементов в межбуновом пространстве (рис. 1).

В свою очередь морской этап делится на надводную и подводную часть строительно-монтажных работ. Надводная часть морского этапа заключается в монтаже конструкции волногасящего элемента на берегу с последующей его транспортировкой до места установки при помощи плавкрана (рис. 2).

ЭТАП МОРСКОЙ | СХЕМА 1: ПОДВОДНАЯ ЧАСТЬ

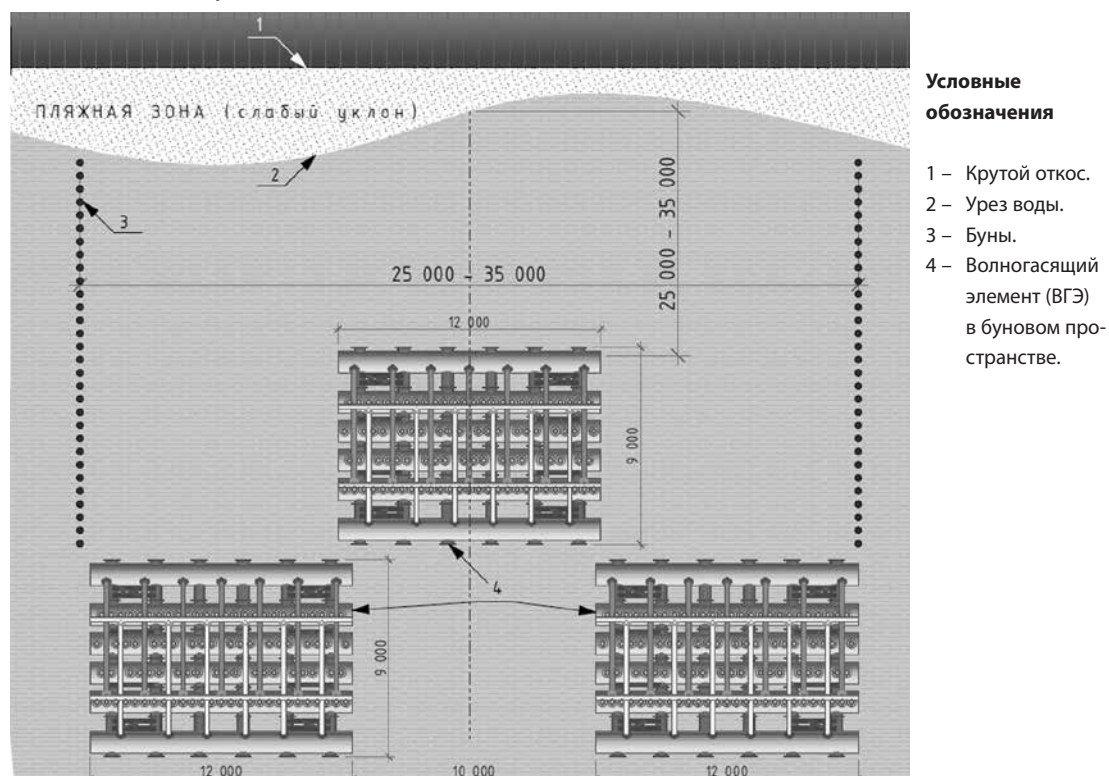


Рис. 1. Мероприятия от размыва околопляжных зон. Этап морской

ЭТАП МОРСКОЙ | СХЕМА 2: НАДВОДНАЯ ЧАСТЬ СМР

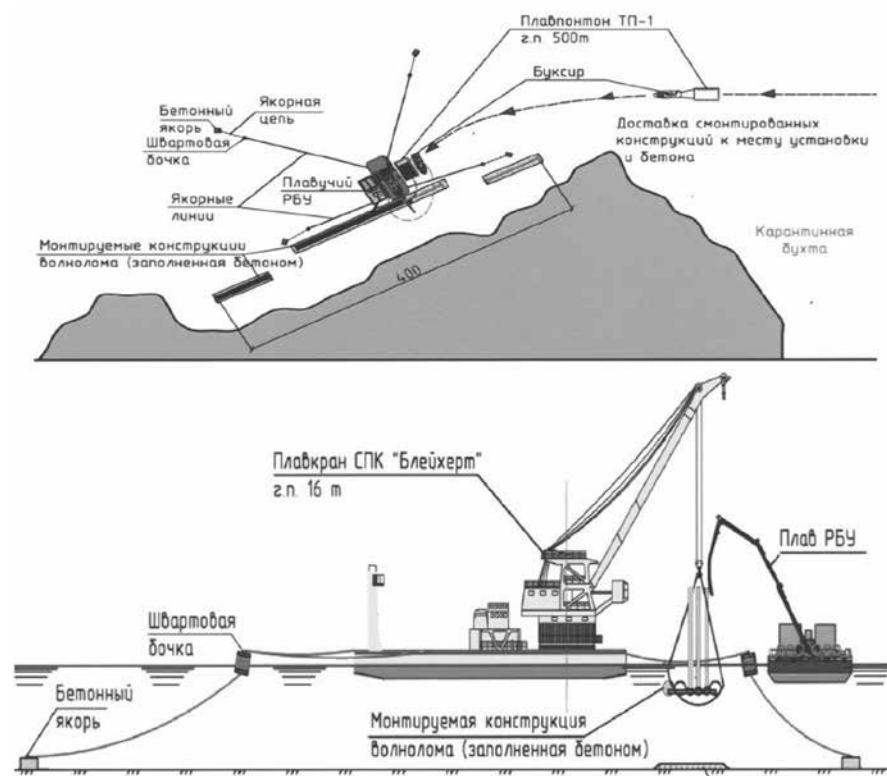


Рис. 2. Монтаж волногасящих элементов. Надводная часть морского этапа

Подводная часть строительно-монтажных работ заключается в монтаже волногасящих элементов водолазами на подготовленную поверхность дна водоема с последующим пригрузом бетонными якорями (рис 3).

ЭТАП МОРСКОЙ | СХЕМА 3: ПОДВОДНАЯ ЧАСТЬ – 3d-модель

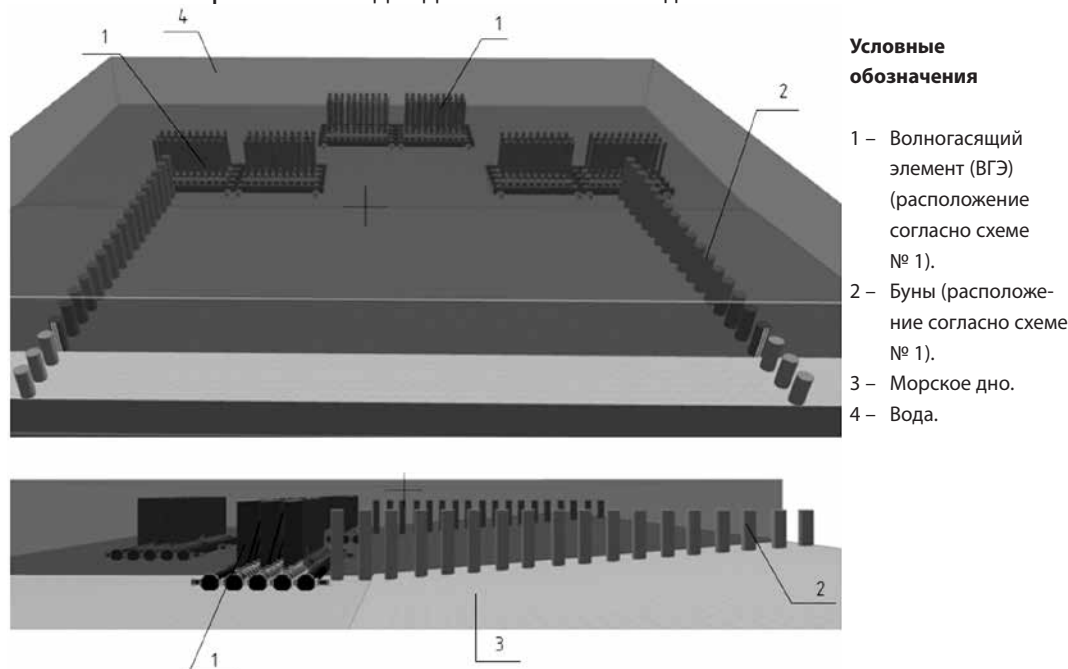


Рис. 3. Принципиальная схема защиты берегов со стороны водоемов. Подводная часть морского этапа. 3d-модель установки волногасящих элементов в междуновом пространстве

Второй этап со стороны берегов делится на прибрежный (рис. 4, 5, 7) и береговой (рис. 6) и включает в себя мероприятия по защите берегового массива и установке микроцементных скважин с распределительными поясами.

Прибрежный этап строительно-монтажных работ заключается в монтаже лицевой стенки из стеклобазальтопластиковых (СБПТ) труб, устройством распределительных поясов и анкерных тяг (рис. 6, 7).

Рис. 4. Прибрежный этап. Принципиальная схема вертикальной проекции лицевой стенки из СБПТ-труб устройством распределительных поясов, анкерных тяг и верхним строением береговой линии



ЭТАП ПРИБРЕЖНЫЙ | СХЕМА 5: ЗАЩИТА БЕРЕГОВОГО МАССИВА (УСТАНОВКА ЛИЦЕВОЙ СТЕНЫ)

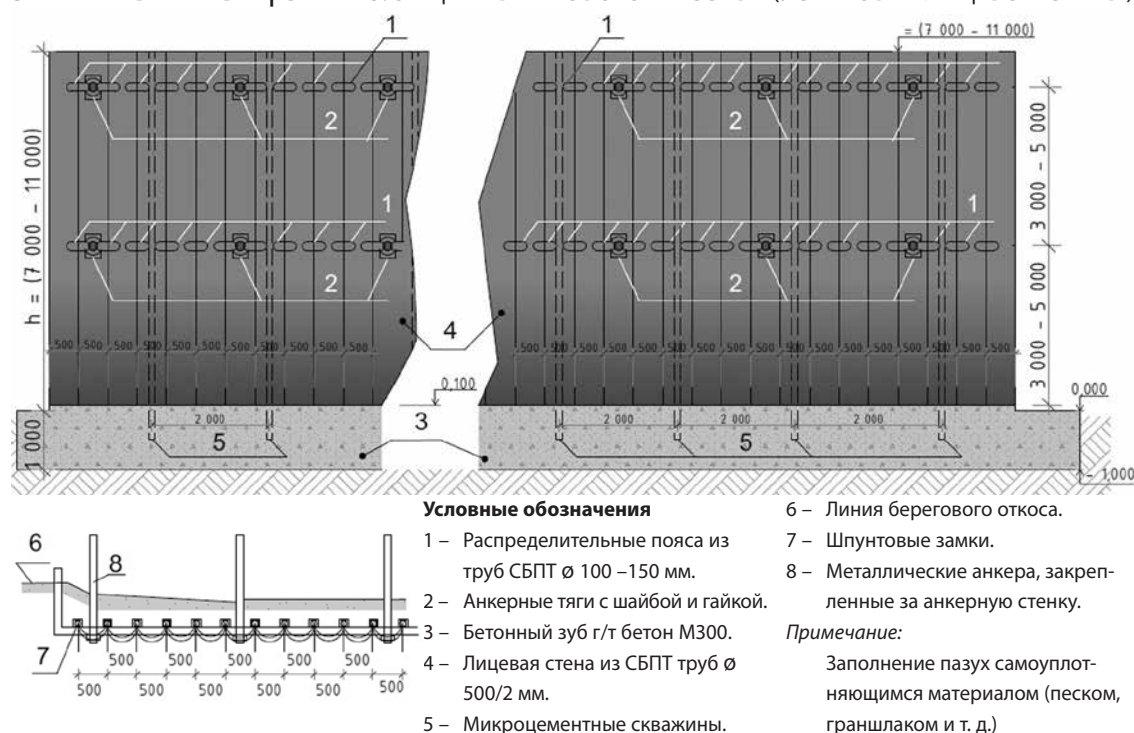


Рис. 5. Прибрежный этап. Принципиальная схема фронтальной проекции установки лицевой стенки из СБПТ труб, устройством распределительных поясов, анкерных тяг

Береговой этап строительно-монтажных работ по укреплению берегового массива включает в себя устройство сетки армированных микроцементных скважин и сетки анкерных металлических щепированных тяг (рис. 6).

ЭТАП БЕРЕГОВОЙ | СХЕМА 6: РАСПОЛОЖЕНИЕ СЕТКИ МИКРОЦЕМЕНТНЫХ СКВАЖИН

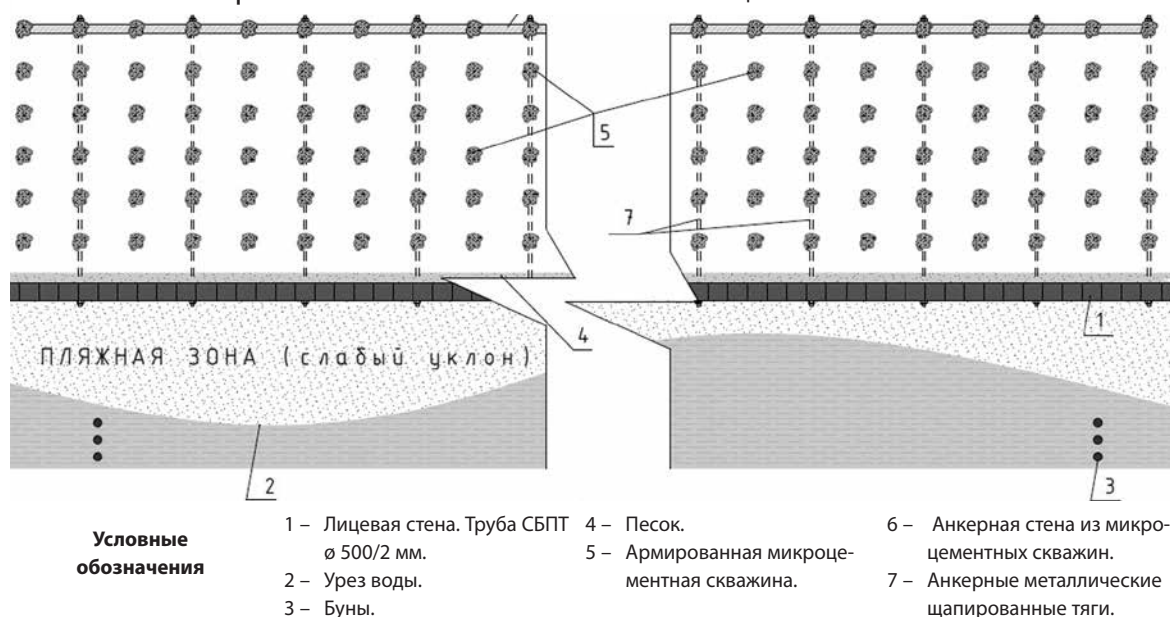


Рис. 6. Береговой этап. Принципиальная схема горизонтальной проекции укрепления берегов микроцементными составами

ЭТАП БЕРЕГОВОЙ

СХЕМА 7: АКСОНОМЕТРИЯ ЛИЦЕВОЙ ШПУНТОВОЙ СТЕНКИ ИЗ ТРУБ СБПТ С РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ПОЯСАМИ, АНКЕРНЫМИ ТЯГАМИ И БЕТОННЫМ ЗУБОМ ЗАЩЕМЛЕНИЯ (типовое предложение)

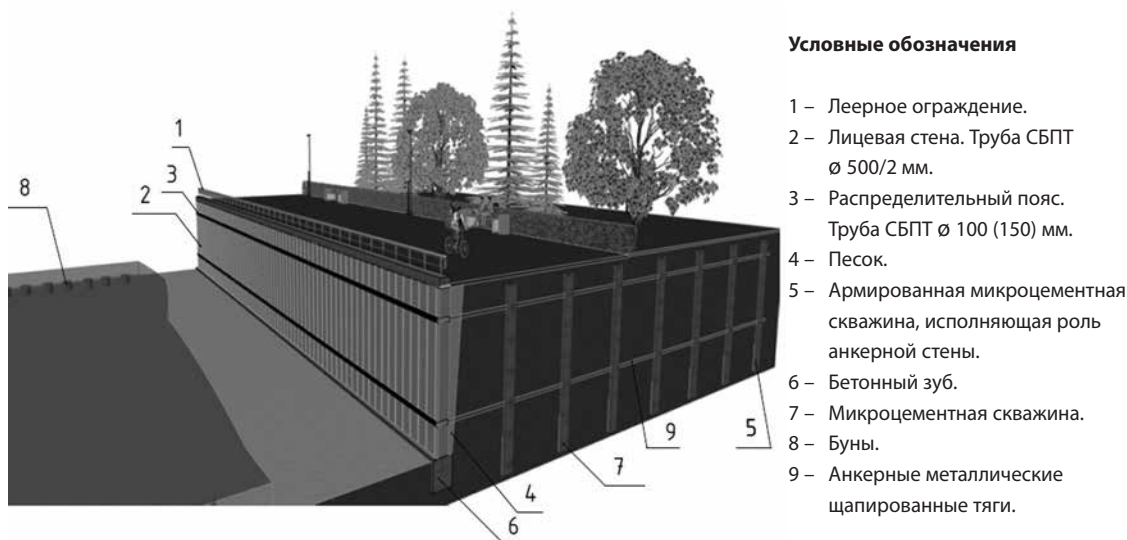


Рис. 7. Береговой этап. Аксонометрия принципиальной схемы лицевой шпунтованной стенки из труб СБП с распределительными поясами, анкерными тягами и бетонным зубом защемления

В настоящее время в рамках программы НИОКР и авторского произведения к.т.н. Д.В. Иванова «Волногасящий элемент шарнирного типа из стеклобазальтопластиковых труб креплением фланцевыми соединениями» (авторские права у ООО НК «Евразия») появилась концепция разработки обслуживаемой конструкции волногасящих элементов со съемно-разъемными соединениями для удобства и простоты эксплуатации установки конструкции в водоеме и его дальнейшей эксплуатации.

Разработана конструкторская документация на волногасящие элементы, идет подготовка к лотковым (модельным) испытаниям и физико-механическим испытаниям узлов: буртовых соединений (сталь-композит), имитирующих природные условия эксплуатации конструктивных элементов (рис. 8).

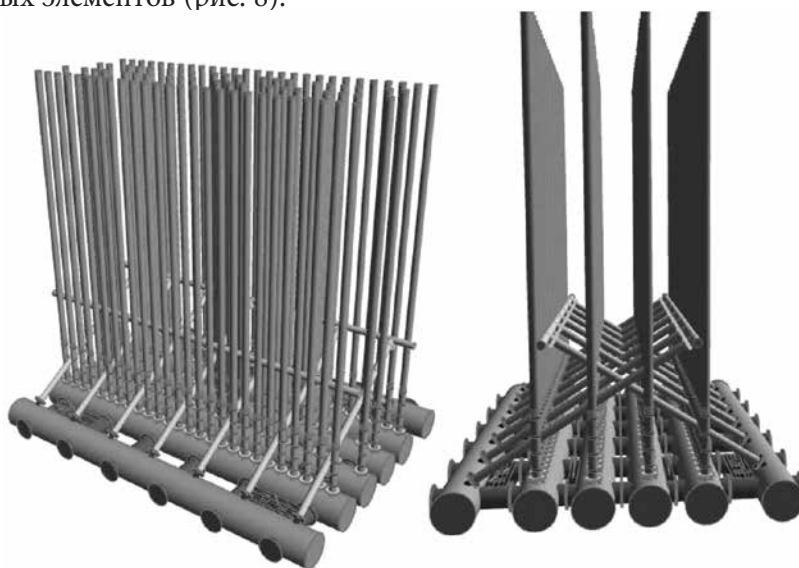
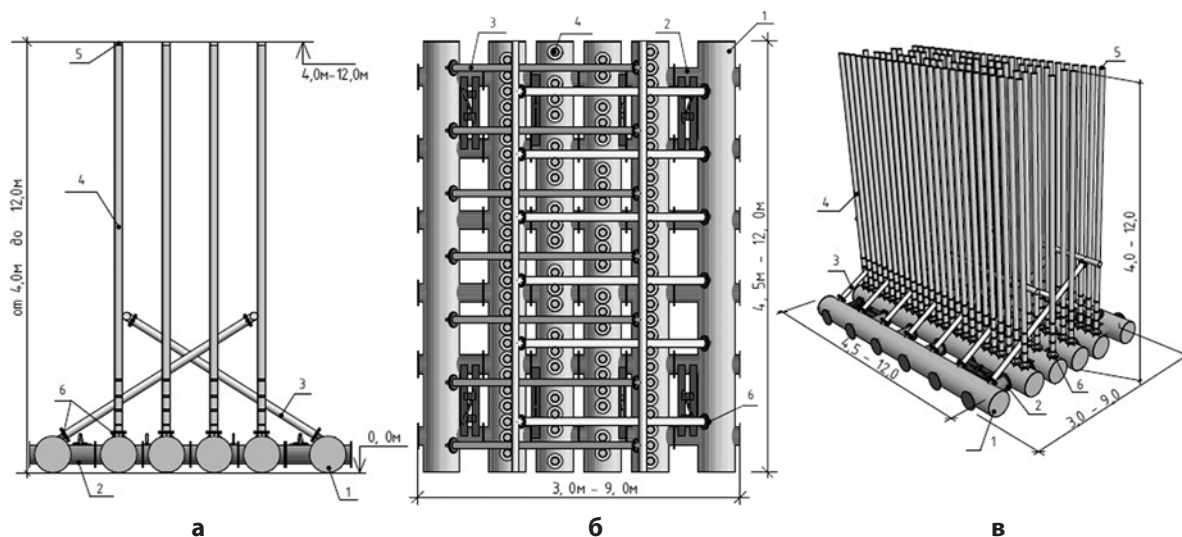


Рис. 8. Внешний вид волногасящего элемента

Длина одной морской конструкции составляет от 4,5 до 12 м, высота – от 4 до 12 м (в зависимости от глубин применения), ширина – от 3,0 до 9,0 м (в зависимости от площади монтажа). Нижние конструктивные элементы изготавливаются из металлических труб Ду 1000–1200 мм, связь между ними обеспечивает фланцевое соединение с деталями из труб Ду 500–700 мм (рис. 9).



Условные обозначения

1 – Нижний конструктивный элемент: металлическая труба Ø от 1000 мм до 1200 мм	4 – Вертикальный конструктивный элемент, расположенный под углом 90°: труба из композитного материала Ø 200 мм.
2 – Связевой конструктивный элемент: металлическая труба Ø от 500 до 700 мм по средствам фланцевого соединения с нижним конструктивным элементом (1).	5 – Заглушка из композитного материала.
3 – Вертикальный конструктивный элемент, расположенный под углом 75°: труба из композитного материала Ø 200 мм.	6 – Фланцевое соединение на нижнем конструктивном элементе.

Рис. 9. Основные параметры волногасящего элемента:

а) профильная проекция; б) горизонтальная проекция; в) аксонометрия

Вертикальные конструктивные элементы состоят из композитных труб Ду 200 мм (бурт) и монтируются через фланцевое соединение с нижним конструктивным элементом через каждый вертикальный элемент под углом 90° и углом 75°. Сверху детали бурта предусмотрена заглушка для предотвращения попадания морской воды (рис. 9).

Фланцевое соединение на нижнем конструктивном элементе монтируется при помощи сварки в заводских условиях расстоянием, не превышающим 200 мм, через единицу вертикального элемента. Для усиления ребра жесткости к нижнему конструктивному элементу и фланцу приваривается деталь из трубы не более Ду 150 мм и длиной 1,5–2 м.

При монтаже вертикальных буртовых соединений на деталь ребра жесткости монтируются резиновые кольца, равные диаметру околотрубного пространства между ребром жесткости и внутреннего диаметра композитной трубы. Для бетонирования гидротехническим бетоном в нижние конструктивные элементы монтируются армокаркасы из арматуры D-27 мм А-1. Предусматривается усиленная мастичная гидроизоляция металлических деталей типа «БИУРС» или иная, предусмотренная проектом (рис. 10).

В соответствии с разработанными техническими условиями, конструкторской документацией, съемно-разъемные соединения волногасящих элементов вертикальных узлов (рис. 10) позволяют более эффективно эксплуатировать конструкции со стороны водоемов, по сравнению с аналогичными сооружениями (волноломами), так как имеется возмож-

ность последующего ремонта (замены) вертикальных элементов, не прибегая к подъему всего сооружения на поверхность.

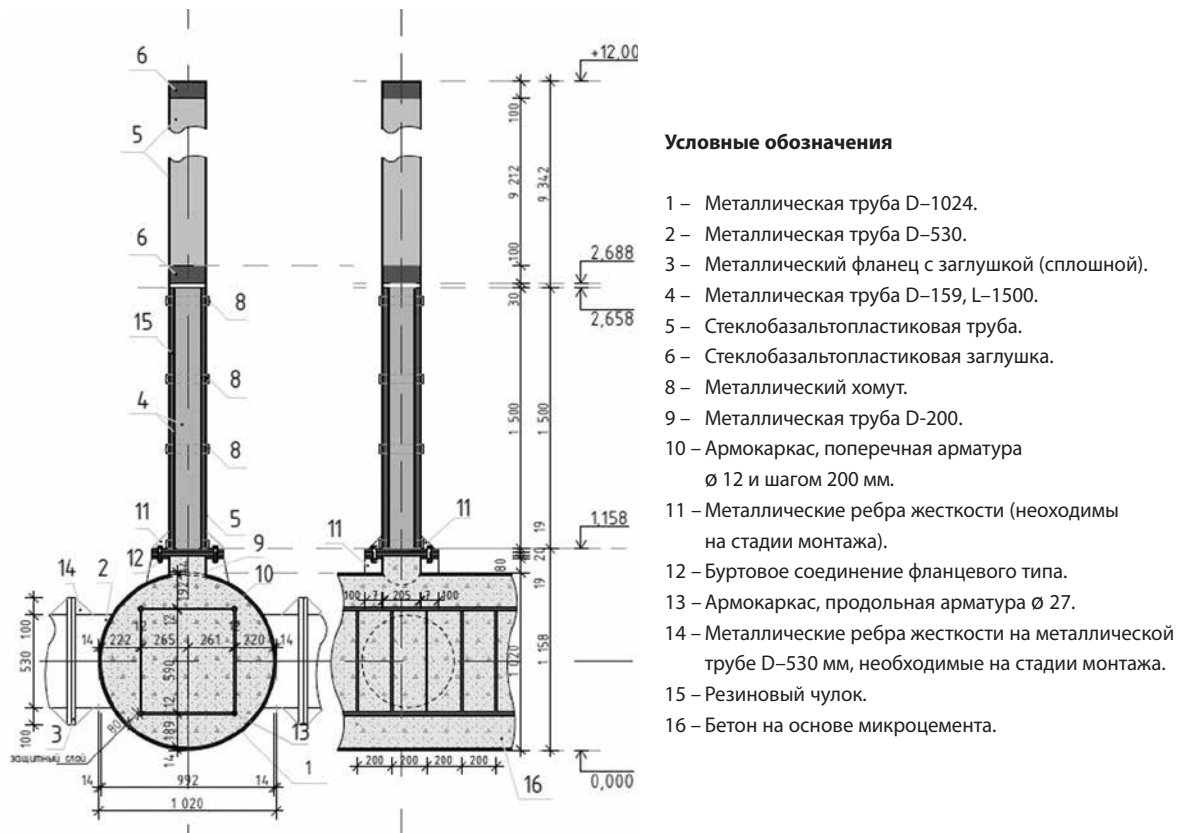


Рис. 10. Вертикальный узел волногасящего элемента

В дальнейшем с учетом мероприятий программы НИОКР планируются натурные испытания волногасящих элементов морского и речного типов, разработка Унифицированных проектных решений (УПР) на двухсхемную модель защиты берегов от разрушений, разработка Государственных элементных сметных норм.

Авторы выражают благодарность ФГБНУ «Институт природо-технических систем» (ИПТС): директору ИПТС к.г.н. В.Н. Масловой, научному руководителю ИПТС, чл.-корр. РАН, проф. А.Б. Полонскому, д.т.н. А.Е. Щодро; ГАУ ЯО «Яргосстройэкспертиза»: директору А.В. Гаврилову, зам. директора В.В. Лисицыну, начальнику отдела ценообразования и сметного нормирования М.С. Забелиной и отдельно к.т.н. Д.В. Иванову, инженеру-гидротехнику С.Л. Черных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сорокин А.Н., Щодро А.Е. Волногасящие сооружения сквозного типа с гибкими элементами и принципы их работы // Моря России: исследования береговой и шельфовых зон. Тезисы докладов Всерос. науч. конф. (XXVIII береговая конференция). Севастополь, 2020. С. 333–334.
2. Щодро А.Е., Сорокин А.Н. Сквозные волногасящие сооружения для защиты берегов от размыва, сохранения пляжей и улучшения состояния прибрежных акваторий // Актуальные проблемы контроля окружающей среды. Мат-лы семинара. Севастополь, 2020. С. 61.

ОПАСНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ АЗОВСКОГО МОРЯ В МНОГОЛЕТНЕМ АСПЕКТЕ

Л.А. Беспалова, А.Е. Цыганкова

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
bespalowaliudmila@yandex.ru*

Предметом исследования является оценка степени проявления опасных береговых процессов (ОБП) при воздействии различных природных факторов, как постоянных во времени (геологическое строение, высота берегового обрыва), так и изменяющихся (динамики уровня, волнения, ветрового режима) и воздействии техногенных причин.

При проведении исследований использовался методический подход, основанный на классических принципах, применяемый в геоморфологии морских берегов (в береговых исследованиях) (экспедиционные, картографические, экспериментальные, расчетные), применялись статистические методы обработки информации, ГИС-технологии, методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), беспилотные летательные аппараты.

Наличие большой базы собственных данных, многолетний опыт организации и проведения подобных работ позволили оценить современное состояние берегов, выполнить их системное описание на основе принятых в морской геоморфологии подходах, получить новые знания о закономерностях развития опасных береговых процессах (ОБП), актуализировать природные и антропогенные факторы их активизации в условиях изменения климата, выполнить районирование берегов на основе нового динамического подхода (или по степени проявления абразионно-оползневых процессов) [Матишов и др., 2016; Цыганкова и др., 2020].

Для районирования азовских берегов по степени интенсивности проявления ОБП для каждого берегового участка (рис. 1) дана комплексная характеристика по следующим показателям:

- 1) географическая и информационная привязка (координаты границ участков, их протяженность, административная принадлежность, географическая привязка, протяженность участка, номер репера),
- 2) геолого-геоморфологическая характеристика (единица районирования по [Мамыкина, Хрусталева, 1980]), тип берега, геологическое строение (стратиграфия, литология), высота берегов обрыва (м), уклон склона, задернованность, ширина пляжа, интенсивность проявления ЭП (ср., макс., мин.),
- 3) гидродинамический фактор (повторяемость волноопасных ветров, величины сгонно-нагонных колебаний уровня, волноопасные румбы высоты волн,
- 4) техногенный фактор (наличие берегозащитных сооружений их описание, состояние; антропогенная деятельность (распашка, свалки мусора, и др.)),
- 5) фото- и видеоматериалы (съемки с БЛА: период съемки, номер полета, фотографии, видео, графика поперечного профиля склона).

Анализ этих данных позволил выделить пять периодов проявления активности береговых процессов со следующей периодичностью: стабилизация – 5–6 лет, активизация –

1–2 года. За период наблюдений отмеченные циклы происходят практически на всех мониторинговых площадках синхронно (рис. 2).

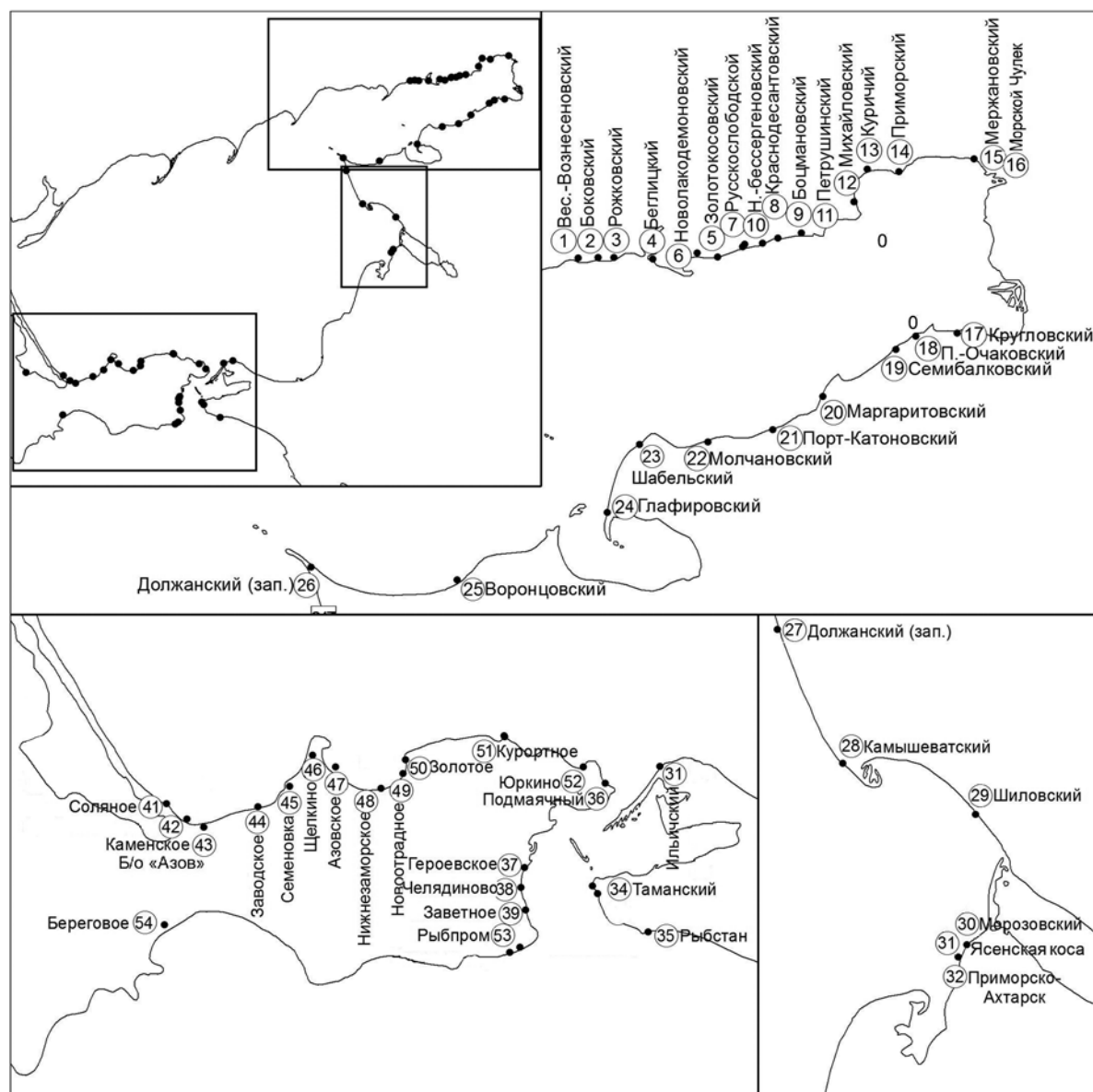


Рис. 1. Система реперов для мониторинга опасных береговых процессов (ОБП)

По результатам многолетнего мониторинга, за период 1980–2020 гг., построены карты интенсивности проявления ОБП, т.е. выполнено динамическое районирование берегов, выделены активные, пассивные и стабильные берега Азовского моря. Установлено 4 типа ОБП: I тип – с очень высокой (>4 м/год), II тип – с высокой (4–2 м/год), III тип – со средней (2–1 м/год), IV тип – со слабой скоростью (<1 м/год) абразии. В пределах каждого типа выделены подтипы (1 – абразионный, 2 – абразионно-оползневой, 3 – абразионно-обваль-ный) в зависимости от процессов, которые обеспечивают разрушение берегов.

По данным мониторинговых исследований построены карты динамических типов ОБП для различных периодов: среднемноголетнего (1980–2020 гг.), интенсивного проявления (2013–2014 гг.) и периода с относительно спокойным проявлением ОБП (2018–2020 гг.).

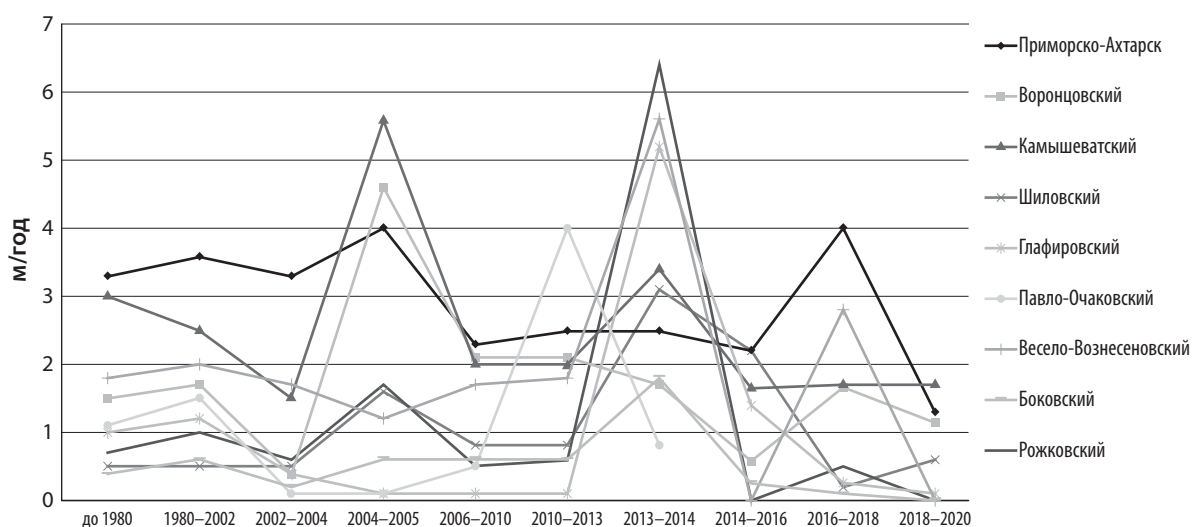


Рис. 2. Динамика интенсивности проявления ОБП по береговым участкам

Для Азовского моря характерна различная степень проявления ОБП в связи с неоднородностью геологического строения, ориентировкой береговой линии по отношению к волновой равнодействующей, величиной и частотой проявления нагонов, мощностью и шириной прислоненных пляжей, степенью эрозионной расчлененности.

На основе многолетнего анализа разработана матрица перехода мониторинговых участков из одного типа в другой при различной интенсивности проявления береговых процессов (табл. 1).

Таблица 1

**Матрица перехода береговых участков по типам
при различной интенсивности проявления ОБП**

Типы ОБП	№ п/п	Участки	Интенсивность проявления ОБП по типам											
			высокая				средняя				слабая			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1	Весело-Вознесенский	+						+					+
	2	Боковский	+						+					+
	3	Рожковский	+						+					+
	4	Золотокосовский	+						+					+
	5	Краснодесантовский	+							+				+
	6	Глафировский	+						+					+
	7	Воронцовский	+						+					+
	8	Морозовский	+					+					+	
II	1	Боцмановский		+						+				+
	2	Павло-Очаковский		+						+				+
	3	Маргаритовский		+						+				+
	4	Должанский (восточный)		+						+				+
	5	Должанский (западный)		+					+					+
	6	Камышеватский		+				+						+
	7	Шиловский		+					+					+
	8	Ясенская коса		+				+				+		
	9	Приморско-Ахтарский		+				+					+	
	10	Рыбпром		+					+					+

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
III	1	Молчановский			+					+				+
	2	Подмаячный			+					+				+
	3	Героевское			+				+					+
	4	Челядиново			+					+				+
	5	Б/о «Азов»			+					+				+
	6	Золотое			+					+				+
IV	1	Беглицкий				+				+				+
	2	Руссослободской				+				+				+
	3	Петрушинский				+				+				+
	4	Приморский				+				+				+
	5	Мержановский				+				+				+
	6	Морской Чулек				+				+				+
	7	Кругловский				+				+				+
	8	Семибалковский				+				+				+
	9	Порт-Катоновский				+				+				+
	10	Шабельский				+				+				+
	11	Ильичевский				+				+				+
	12	Таманский				+				+				+
	13	Рыбстан				+				+				+
	14	Заветное				+				+				+
	15	Заводское				+				+				+
	16	Семеновка				+				+				+

Таким образом, выделяются стабильные берега, которые никогда не меняют своего типа при изменении условий. К ним относятся в основном берега IV типа ОБП. Это самая многочисленная группа.

Участки всегда относительно стабильные, отличаются отмершими клифами, задернованы, невысокие.

Берега I типа ОБП выделяются лишь только при штормовых условиях и для среднесезонного режима не характерны.

Эти участки характеризуются высокими (10–17 м) обрывами с крутизной склона 80–90°. Обрывы сложены легкоразмываемыми породами. Скорость неотектонических движений невысокая, опускание берега происходит со скоростью 0,7–1 мм/год. Пляжи не широкие (до 20 м), не обеспечивают защиту берега. Уровень может подниматься до отметок более 3 м, высоты волн на таком нагоне при З и ЮЗ ветрах имеют параметры 1,5–2,0 м. Данные факторы определяют эти участки по динамическому районирования с очень сильной абразией.

Остальные берега IV, III и II типов ОБП могут переходить в другие типы, увеличивающие свою активность в большей или меньшей степени.

Результаты проведенных исследований показывают необходимость учета динамических процессов. Эти особенности следует учитывать при проектировании и строительстве прибрежной инфраструктуры. Антропогенная компонента действует в совокупности и прояв-

ляется по-разному на берегах различного типа. По итогам исследования можно предложить комплекс мероприятий берегозащиты и планирования строительства, особенно это актуально для участков I типа ОБП. Данный вывод необходимо также учитывать при оценке социально-экономических последствий ОБП.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-05-80082 Опасные явления по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамыкина В.А., Хрусталева Ю.П. Береговая зона Азовского моря. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. 154 с.
2. Матишов Г.Г., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Кропьянко Л.В. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады Академии наук, 2016. Т. 471. № 4. С. 483–486.
3. Цыганкова А.Е., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Магаева А.А. Использование динамического подхода при районировании берегов Азовского моря // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2020. Т. 1. № 5. С. 207–213.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ШТОРМОВОГО НАГОНА АЗОВСКОГО МОРЯ

Б.В. Дивинский, Р.Д. Косьян, С.Б. Куклев

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
rkosyan@hotmail.com*

Основной вклад в короткопериодные изменения уровня Азовского моря вносят сейшевые, анемобарические колебания, а также штормовые сгонно-нагонные явления, которые в силу относительной мелководности водоема могут иметь катастрофические последствия [Дьяков, Фомин, 2002; Фомин, Шульга, 2007; Фомин, Полозок, 2013; Черкесов и др., 2017; Беспалова и др., 2019; Яицкая, 2020]. Основная цель представленной работы – построение адекватной физической модели штормовых нагонов Азовского моря с использованием современных методов математического моделирования.

В настоящем исследовании используется объединенная модель DHI MIKE213, состоящая из гидродинамической и спектральной волновой моделей и позволяющая учитывать все основные факторы развития штормовых нагонов: донное и боковое трение, силу Кориолиса, ветровое касательное напряжение, градиентное приземное барометрическое поле атмосферы, компоненты радиационного напряжения, связанного с обрушением волн, нелинейные межволновые взаимодействия, взаимодействие поверхностных волн с течениями. В модели также реализован механизм, позволяющий учитывать затопление или осушение участков суши.

В замкнутых водоемах, подобных Азовскому морю, перестройка полей течений, ветрового волнения и уровня под воздействием внешних условий происходит довольно быстро. При ветрах северо-западных румбов на фоне общего повышения уровня у восточных берегов развивается интенсивное ветровое волнение, которое дополнительно приводит к образованию волнового нагона, связанного с радиационным напряжением и обрушением волн. Нарастание максимальных высот волн связано с локальным увеличением общей глубины моря, являющейся лимитирующим фактором образования предельных волн. Используемая объединенная модель учитывает динамическое взаимодействие течений, уровня и ветрового волнения и адекватно воспроизводит характер колебаний.

При расчетах штормовых нагонов особое значение принимает качество исходных данных, служащих граничными и начальными условиями вычислительных экспериментов. В число таковых исходных данных входят:

- поля приземного атмосферного давления, скорректированные по данным береговых метеостанций;
- локальная батиметрия (точность ее задания в процессе покрытия расчетной акватории сеткой);
- локальная топография (для задач определения зон осушения-подтопления прибрежных участков).

Расчетная сетка, состоящая из 17 тысяч элементов, неравномерно покрывает акваторию Азовского моря со сгущением в зоне мелководья.

Настройка и верификация объединенной гидродинамической модели проведена на примере экстремального нагона 28–29 октября 1969 г., для которого собрана наиболее полная гидрометеорологическая информация и получены следующие данные:

- ход уровня моря по посту Темрюк;
- отметки уровня моря в фазу максимального развития нагона по постам Гениченск, Приморско-Ахтарск;
- ход уровня воды в зоне затопления на участке Темрюк – Приморско-Ахтарск;
- распределение скоростей ветра над Азовским морем в стандартные сроки метеонаблюдений;
- высоты волн в фазу максимального развития шторма.

В результате проведенных численных экспериментов получены пространственные поля распределений значительных высот волн и возвышений уровня моря. Наблюдается хорошее соответствие наблюдаемых и расчетных данных по максимальным высотам волн (порядка 4 м в юго-восточной части моря). Перепад уровня моря по условной линии Геническ-Темрюк составил порядка 4 м (рис. 1).

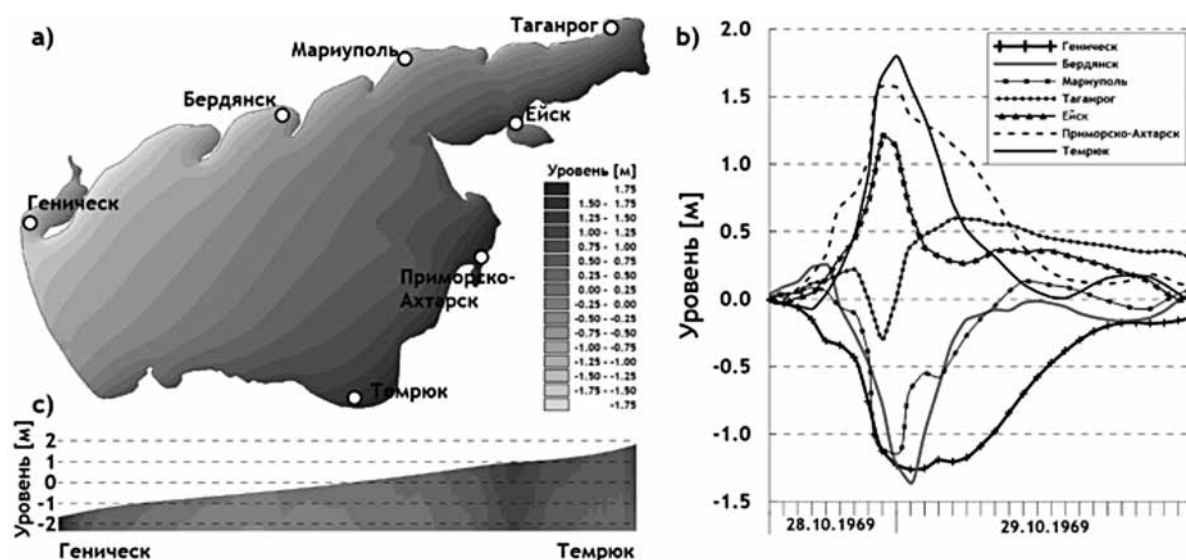


Рис. 1. Экстремальный шторм на акватории Азовского моря 28–29.10.1969:

- возвышение уровня на стадии максимального развития шторма;
- кривые хода уровня по данным прибрежных ГМС;
- перепад уровня по линии Геническ-Темрюк

Воздействие нагонной волны сказывается на довольно значительной по ширине прибрежной полосе, которая оказывается таким образом в зоне подтопления. Материалы полевых наблюдений показывают, что нагонная волна может распространяться вглубь территории на десятки километров. Для исследования процессов затопления построена расчетная область, захватывающая 30 км прибрежной зоны, для которой характерны обширные низменные области с растительным покровом. Граничные условия на жидкой границе задавались в виде рассчитанных по более крупной модели (всё Азовское море с учетом водообмена через Керченский пролив) колебаний уровня свободной поверхности.

Присутствие растительности сказывается на общей гидродинамике процесса: замедляется скорость распространения нагонной волны, уменьшаются длины и высоты волн.

В вычислительных моделях учет растительности производится на основе построенных пространственных ландшафтных карт дельты р. Кубань (от г. Темрюка до г. Приморско-Ахтарска), характеризующих видовой состав и состояние растительного покрова прибрежной зоны, затапливаемой во время экстремальных нагонов. Всего выделено пять районов по типу преобладающего растительного покрова: сельскохозяйственные земли на месте приазово-черноморских степей; разнотравно-злаковые луга; болотистые луга длительнозаливаемых пойм (плавни, заросли камыша); злаковые галофитные луга; сочетание сообществ на литоральных песках, галифитнолуговых и тростниковых. При расчетах среднего течения принимается, что растительный покров редуцирует турбулентную диффузию и увеличивает шероховатость дна. Учет растительности в этом случае достигается путем настройки соответствующих коэффициентов. Калибровочным параметром при расчете параметров ветрового волнения является коэффициент сопротивления, оказывающий значительный вклад в процессы волновой диссипации на растительном покрове.

Растительность рассматривается как препятствие волновому движению, испытывающему отражение, рассеивание и в целом ослабление. В случае погруженного (затопленного) растительного поля можно выделить три слоя диссипации волновой энергии: придонный, непосредственно слой растительности и турбулентный выше растительного слоя. Обобщенный коэффициент сопротивления представляет собой функцию динамических параметров потока и параметров растительности.

Численные эксперименты проводились в рамках 2D- и 3D-моделей. Пространственные особенности растительного покрова учитываются путем построения карт соответствующих коэффициентов для пяти выделенных районов:

- для двумерной гидродинамической модели – горизонтальные коэффициенты турбулентной вязкости, а также коэффициенты сопротивления в терминах числа Маннинга;
- для трехмерной – горизонтальные и вертикальные коэффициенты турбулентной вязкости, коэффициенты донного трения (или как аналог – параметр шероховатости);
- для спектральной волновой модели – коэффициенты трения.

Модель верифицировалась исходя из данных наблюдений Темрюкской устьевой станции по отметкам максимального поднятия уровня по створам каналов, протоков и лиманов дельты р. Кубань (Куликовская и Сладковская группы) за период катастрофического наводнения 1969 г. Как показали расчеты, при таком подходе модель адекватно описывает процессы затопления (рис. 2).

Вклад чисто волнового воздействия может составлять до 20 % от общей величины нагона и сильно зависит от определяющих параметров (уклон дна, положение береговой линии по отношению к фронту волны, диссипацией на растительности). Расчеты, проведенные по двумерной и трехмерной моделям, качественно дают схожие результаты, отличающиеся не более чем на 10–15 %. При этом трехмерная модель лучше реагирует (подстраивается) на изменение вынуждающих факторов (неравномерность поля ветра, смена генерального направления).

Стоит отметить, что в вычислительном плане объединенная трехмерная гидродинамическая и волновая спектральная модель крайне ресурсоемкая. С точки зрения оперативности (и с небольшой потерей качества) наиболее приемлемы расчеты по двумерной гидродинамической модели, объединенной с волновым блоком. Поведение нагонной волны определяется соотношениями поступательного момента, направлением и скоростью ветра в текущий момент и скоростью диссипации энергии движения при следовании по покры-

тым растительностью участкам. При этом особенно важным является качественное описание локальной топографии и состояния растительного покрова.

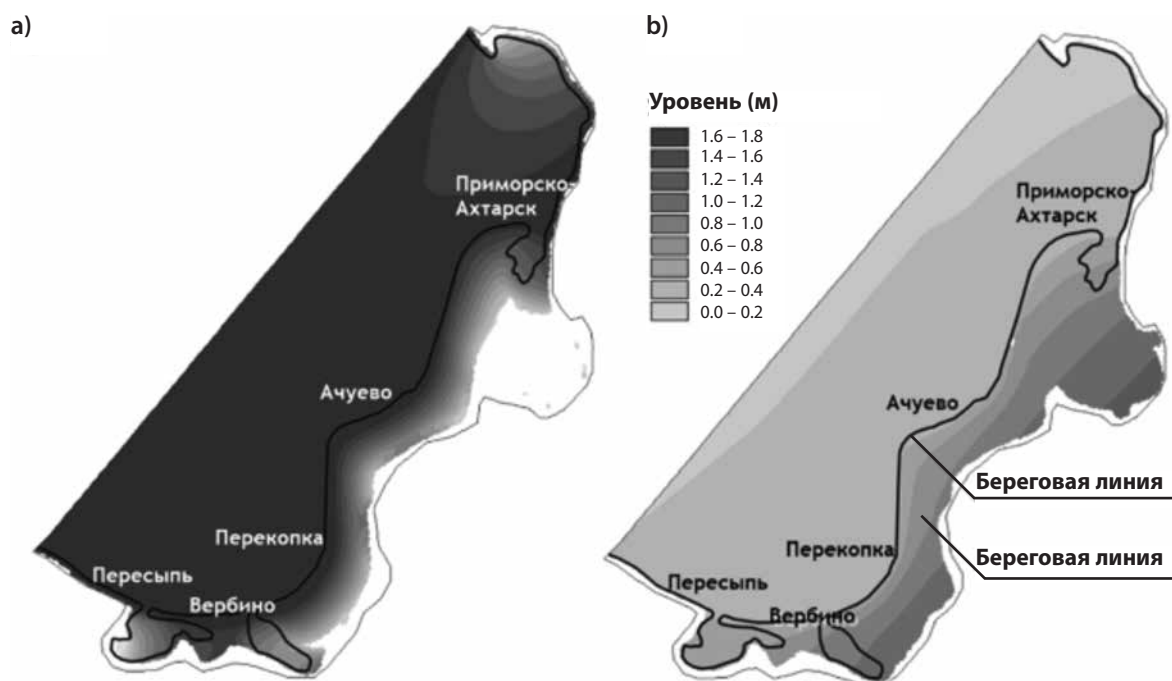


Рис. 2. Карты затопления на моменты времени 0 (а) и 18 (б) часов 29 октября 1969 г.

Таким образом, использование объединенной трехмерной гидродинамической модели позволяет получать весь спектр характеристик штормового воздействия, в частности уровенную поверхность моря, поля ветрового волнения и течений, зоны затопления-осушения прибрежных областей. Для практического использования (оперативного прогноза) вполне приемлемо использование двумерной гидродинамической модели, объединенной с волновым блоком.

Постановка задачи настоящего исследования выполнена в рамках проекта РНФ № 20-17-00060, математическое моделирование и вычислительная часть – при поддержке грантов РФФИ (проекты № 19-05-00041, 19-45-230001, 19-45-230002, 19-45-230004). Анализ результатов выполнен в рамках проекта РФФИ № 20-05-00009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Беспалова Е.В., Мисиров С.А. Опасные штормовые нагоны и разрушение берегов азовского моря // Наука Юга России. 2019. С. 29–38. DOI:10.7868/s25000640190204.
2. Дьяков Н.Н., Фомин В.В. Синоптические условия возникновения аномальных колебаний уровня Азовского моря // Труды УкрНИГМИ. 2002. Вып. 250.
3. Фомин В.В., Полозок А.А. Технология моделирования штормовых нагонов и ветрового волнения в Азовском море на неструктурированных сетках // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2013. Вып. 27. С. 139–145.

4. Фомин В.В., Шульга Т.Я. Исследование сгонно-нагонных колебаний уровня Азовского моря с использованием прогностических полей ветра // Доклады НАН Украины. 2007. № 12. С. 121–126.
5. Черкесов Л.В., Шульга Т.Я., Дьяков Н.Н., Станичная Р.Р. Численное исследование сгонно-нагонных процессов и течений Азовского моря в период экстремальных ветров // Морской гидрофизический журнал. 2017. № 5. С. 3–20. DOI: 10.22449/0233-7584-2017-5-3-20.
6. Яицкая Н.А. Математическое моделирование ветрового волнения Азовского моря // Труды Южного научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 8. С. 86–96. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-86-96.

ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ДИНАМИКИ ФЛИШЕВЫХ БЕРЕГОВЫХ ОБРЫВОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА

О.Н. Липка¹, А.П. Андреева¹, А.Ю. Богданович¹, М.В. Крыленко², К.О. Добролюбова³

¹Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля, г. Москва,

²Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, г. Геленджик

³Геологический институт РАН, г. Москва

olipka@mail.ru, krylenko@mail.ru

Черноморское побережье Кавказа характеризуется не только высокой привлекательностью для рекреации по своим погодно-климатическим условиям, но также значительным риском опасных гидрометеорологических явлений и их последствий. Экстремальные значения температуры воздуха, скорости ветра или осадков, а также опасные гидрометеорологические явления могут существенно влиять на динамику береговых систем.

Северо-западная часть Кавказского побережья России относится к северной части субтропического пояса сухого типа, сходного со средиземноморским. Современные климатические изменения проявляются в повышении среднегодовой приземной температуры воздуха со скоростью около 0,9 °С/10 лет [Булыгина и др., 2021; Алешина и др., 2018]. К концу XXI в., по данным результатов численного моделирования климата, в регионе ожидается дальнейшее существенное потепление. Изменение среднегодовой суммы осадков не наблюдается, но, по данным моделирования, к концу XXI в. ожидается уменьшение количества осадков [Ефимов и др., 2015]. Однако повышение температуры поверхности моря приводит к повышению интенсивности и вероятности экстремальных осадков над морем [Meredith и др., 2015]. Экстремальные значения сумм осадков могут быть значительными. Так, в Новороссийске, согласно данным метеонаблюдений [Расписание погоды ...], за период 2006–2020 гг. только в мае, июле, августе и сентября за 12 часов может выпасть больше месячной нормы суммы осадков. Экстремальные значения скорости ветра встречаются довольно часто. Доля случаев скорости ветра более 20 м/с в Новороссийске за период 2006–2020 гг. составляет до 15 %, среднегодовое число суток с бурей – 30–40 дней [Ефимов и др., 2019; Гавриков, Иванов, 2015].

От мыса Анапский до м. Кодош простирается флишевая зона береговых обрывов. Берег сложен слабосцементированными карбонатными скальными и полускальными породами (мергели, глинистые и мергелистые известняки, аргиллиты, песчаники). Характерной особенностью, обусловившей общий дефицит наносов, является их малая прочность и подверженность истиранию. Конфигурация берега представляет собой чередование выступов и бухт, наиболее крупные из которых Новороссийская (Цемеская) и Геленджикская. Берег практически везде имеет абразионный характер и представлен клифом высотой до 100 м [Крыленко и др., 2021]. У берегового уступа абрадируется только нижняя часть до высоты волнового заплеска, после чего в верхней части развиваются или активизируются склоновые процессы (осыпи, обвалы, смывы). Широко развиты формы обвально-оползневого генезиса (рис. 1).

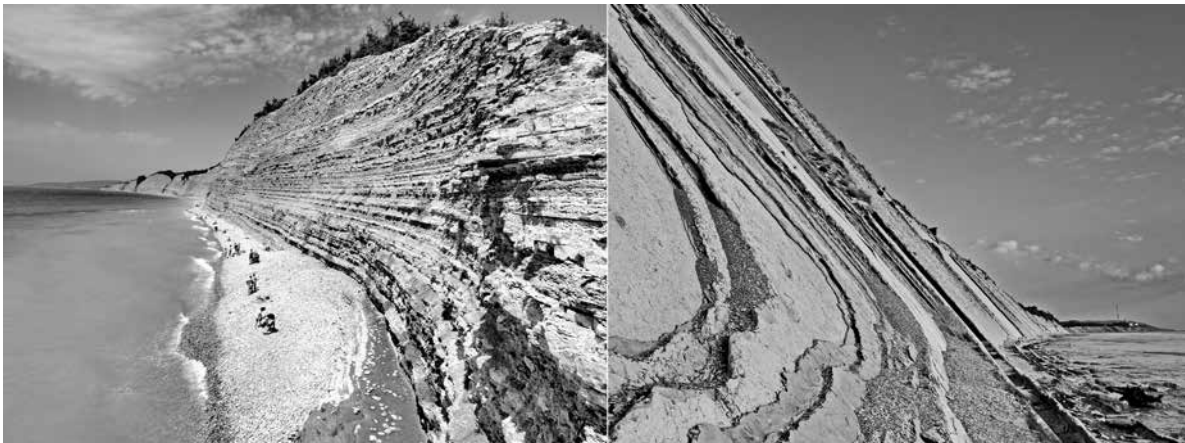


Рис. 1. Характерный вид флишевых абразионных берегов

Определяющими геоморфологическими факторами динамики данного типа берегов являются уклоны подводного склона и берегового уступа, а локальные отличия в ходе протекания береговых процессов обусловлены наличием тектонических нарушений, различиями в составе пород, структуре флиша.

С точки зрения динамики рассматриваемых берегов важную роль играют экстремальные осадки, которые могут являться причиной оползней и обвалов различной мощности. Высокие летние температуры способствуют растрескиванию пород и физическому выветриванию. Новороссийская борá оказывает на береговые системы незначительное воздействие, т.к. береговые уступы находятся в основном с подветренной стороны по отношению к северо-восточным ветрам. Гораздо существеннее воздействие сильных ветров южного направления, вызывающих штормовое волнение.

7 июля 2012 года в Новороссийске был зафиксирован новый исторический многолетний максимум суммы осадков за одни сутки – 275 мм (при среднемесечной норме 98 мм), а в Геленджике – 311 мм [Георгиевский, Ткаченко, 2012]. На морском берегу произошли многочисленные обвалы и оползни, которые сопровождалось поступлением на берег крупнообломочного каменного материала с незначительной примесью мелкозема. В устьях временных водотоков отмечено образование конусов выноса (преимущественно не окатанного щебня). В результате дальнейшей волновой переработки этих материалов конусов выноса, обвалов и оползней ширина пляжа местами увеличилась до 10 м [Крыленко и др., 2014; Исупова и др., 2015]. Оползни и обвалы произошли на участках, где пласты скальных пород под действием выветривания потеряли устойчивость и экстремальный ливень способствовал их обрушению. На участке с горизонтальным залеганием слоев флиша оползней и обвалов не отмечено. Это показывает, что устойчивость клифа к денудационным процессам в гораздо большей степени зависит от характера залегания слоев флиша, чем от крутизны склона, состава залегающих пород или скорости абразии [Крыленко и др., 2012].

Экспедиционные исследования и результаты дешифрирования космических снимков показали, что обвально-оползневые процессы отмечаются на клифах постоянно, но ливни приводят к их резкой активизации, а потом следует период ослабления активности. При обильных осадках условия для массового схода оползней могут сформироваться в чрезвычайно короткий период, что затрудняет их своевременное прогнозирование.

Оценивая вероятность повторения данного природного явления подобной силы, необходимо определить, происходили ли они в прошлом. В естественных горно-лесных ланд-

шафтах следы экстремального ливня на поверхности будут практически незаметны через пару лет. На морском берегу, как показывает опыт изучения литодинамических процессов в регионе, полная волновая переработка даже больших обвально-оползневых масс происходит не более чем за 5–10 лет. Это затрудняет поиск следов подобных природных явлений в прошлом [Крыленко и др., 2012]. Экстремальный ливень 2012 г. привел к значительным разрушениям берегов. Оползни и обвалы произошли на участках, где уже имелись условия их образования. На определенный период, до появления новых ослабленных участков, сход новых оползней и обвалов должен резко сократиться, что подтверждается полевыми исследованиями 2019–2020 гг.

По данным климатических наблюдений, экстремальные ливни на восточном побережье Черного моря наблюдались в прошлом и имеют все условия для дальнейшего их проявления: согласно прогностическим данным, в том числе по данным численного моделирования климата, в исследуемом регионе могут несколько развиваться благоприятные условия для их возникновения. Экстремальные ливни, аналогичные произошедшему в 2012 г., имеют низкую вероятность. Тем не менее исключить их, а также менее сильные, но более вероятные с учетом нарастающей экстремальности климата будет непредусмотрительно. В дальнейшем они могут приводить к активизации оползней на значительных участках вдоль побережья, особенно в местах антропогенных нарушений и развития новых мест ослабления склонов.

Проведенные исследования показали, что может существовать определенная цикличность в развитии берега, сложенного флишем, обусловленная погодно-климатическими факторами. В случае реализации наиболее жесткого сценария изменения климата в XXI в. в связи с изменением температуры воздуха, скорости ветра, количества осадков и других метеовеличин ожидается возрастание повторяемости штормовых ситуаций на Черном море и активизации развития опасных природных процессов [Кислов и др., 2016].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 19-05-00716).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешина М.А., Торопов П.А., Семенов В.А. Изменения температурно-влажностного режима Черноморского побережья Кавказа в период 1982–2014 гг. // Метеорология и гидрология. 2018. №. 4. С. 41–53.
2. 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. URL: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных>
3. Гавриков А.В., Иванов А.Ю. Аномально сильная бора на Черном море: наблюдение из космоса и численное моделирование // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2015. Т. 51. № 5. С. 1–12.
4. Георгиевский В.Ю., Ткаченко Ю.Ю. Катастрофический паводок в бассейне р. Адагум 6–7 июля 2012 г. и его причины. URL: <http://meteoweb.ru/biblio/27.pdf>
5. Ефимов В.В., Володин Е.М., Анисимов А.Е., Барабанов В.С. Региональные проекции изменений климата в Черноморско-Каспийском регионе в конце XXI столетия // Морской гидрофизический журнал. 2015. № 5 (185). С. 53–73.

6. Ефимов В.В., Комаровская О.И., Баянкина Т.М. Временные характеристики и синоптические условия образования экстремальной новороссийской боры // Морской гидрофизический журнал. 2019. Т. 35. № 5. С. 409–422.
7. Исупова М.В., Дзагания Е.В., Крыленко В.В., Крыленко М.В. Воздействие ливня экстремальной интенсивности (6–7 июля 2012 г.) на гидролого-морфологические процессы в бассейнах малых горных рек (на примере р. Ашамбы) // Водные ресурсы. 2015. Т. 42. №. 1. С. 92–92.
8. Кислов А.В., Суркова Г.В., Архипкин В.С. Повторяемость штормовых ситуаций в Балтийском, Черном и Каспийском морях в изменяющихся климатических условиях // Метеорология и гидрология. 2016. № 2. С. 67–77.
9. Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Крыленко М.В., Подымов И.С. Поступление твердого материала в прибрежную зону в районе г. Геленджика в результате экстремального ливня // Океанология. 2012. Т. 54. №. 1. С. 88–94.
10. Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Крыленко М.В. Берега северо-западной части черноморского побережья Кавказа в начале XXI века // Океанологические исследования. 2021. № 1. С. 68–92.
11. 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 Geoscience. 2015. № 8 (8). С. 615–619.
12. Расписание погоды. Архив данных срочных наблюдений за 2006–2020 гг. URL: <https://rp5.ru>

ЭЛЕКТРОННЫЙ АТЛАС АБРАЗИОННОЙ И ЛЕДОВО-ЭКЗАРАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

**С.А. Огородов, А.В. Баранская, Н.Г. Белова, Д.М. Богатова, О.В. Кокин, А.А. Маслаков,
Н.Н. Шабанова, С.В. Мазнев, А.В. Новикова, Д.М. Кондратьева, А.П. Вергун**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
ogorodov@aha.ru*

Завершена работа над бета-версией «Электронного атласа абразионной и ледово-экзарационной опасности прибрежно-шельфовой зоны Российской Арктики», создание которого поддержано грантом Российского научного фонда 16-17-00034-П. Под опасностью в контексте данной работы подразумевается возможность возникновения условий, при которых природные процессы и явления способны прямо или косвенно наносить вред или вызывать нежелательные последствия человеческой деятельности, причинять ущерб промышленной или гражданской инфраструктуре. Атлас включает в себя серию обзорных и региональных карт, аналитических и фотоматериалов, наглядно иллюстрирующих распространение в береговой зоне замерзающего моря двух потенциально опасных для человеческой деятельности процессов – абразии и ледовой экзарации.

Абразия – процесс разрушения берегов и подводного склона в процессе механического воздействия волн [Морская геоморфология ... 1980]. В Российской Арктике, где большая часть побережья расположена в зоне вечной мерзлоты (криолитозоне), а морские берега сложены мерзлыми льдистыми грунтами, помимо механической волновой абразии также выделяют термическую, развивающуюся в процессе оттаивания грунтов в результате контакта с водой и воздухом. За динамически активный период года, когда акватория освобождается ото льда, такие берега могут разрушаться со скоростью от 1 до 3 м в год. В последние десятилетия на фоне потепления климата и снижения ледовитости эти скорости увеличились местами до 2–5 м/год [Ogorodov et al., 2020].

Ледовая экзарация – выдавливание и выпахивание грунта в процессе механического воздействия ледяного покрова (торосов и айсбергов) на берега и подводный склон [Огородов, 2011]. В результате образуются борозды ледового выпахивания глубиной в первые метры, шириной в десятки метров и длиной до нескольких километров. В морях Российской Арктики торосы могут царапать дно до глубины моря 20–50 м, айсберги – до 100–150 м. Навалы морских льдов на береговые уступы могут достигать 20-метровых отметок, а надвиги на пологий низменный берег продвигаться на несколько сотен метров вглубь суши [Огородов, 2011].

В настоящее время начинается новый этап освоения отдаленных месторождений на побережье и шельфе арктических морей Российской Арктики. Абразионные и ледово-экзарационные процессы могут существенно осложнить условия строительства и эксплуатации различных сооружений как на берегах, так и на шельфе: терминалов, платформ, трубопроводов, портов, других объектов инфраструктуры. Строительство инженерных сооружений диктует необходимость полноценного учета природных факторов, во многом

определяющих как геотехническую безопасность самих объектов, так и экологическую прилегающих к ним территорий и акваторий. В этой связи появление «Электронного атласа абразионной и ледово-экзарационной опасности прибрежно-шельфовой зоны Российской Арктики» оказалось не только актуально, но своевременно и востребовано.

На начальном этапе была разработана структура атласа, создан его вводно-методический раздел. Разработана структура легенды карт абразионной и ледово-экзарационной опасности, описаны ее принципы. Слой абразионной опасности показывает типы берегов на основании классификации, приведенной выше (классификация дается либо на верхнем, либо на более детальном уровне в зависимости от масштаба карты), а также измеренные и экстраполированные предполагаемые среднесезонные скорости отступления береговых сегментов в XX–XXI вв. Типизация берегов Российской Арктики по абразионной опасности включает геоморфологическую (тип берега) и динамическую (скорость отступления/проградации береговой линии) составляющую (рис. 1). Карты позволяют определить, каким типом берега (абразионным, аккумулятивным или другим) представлен данный отрезок береговой линии и с какой скоростью идет процесс отступления (проградации) береговой линии.

Морфогенетический тип берега	Скорость отступления берега, м/год				
	Стабильные или проградирующие	< 0,5	0,5–2	2–5	> 5
Абразионные в скальных породах	—————				
Абразионные в дисперсных отложениях (талых или малольдистых)					
Абразионно-термоденудационные		▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	
Термоабразионные		▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲	▲▲▲▲▲
Аккумулятивные пляжевые*	○○○○○○○	○○○○○○○	○○○○○○○		
Лагунные и лайдовые	—————	—————	—————		
Дельтовые	—————	—————	—————		

Примечание: * включают барьерные береговые формы, абразионные участки

Рис. 1. Легенда к слою абразионной опасности

В слое ледово-экзарационной опасности изображаются зоны различной интенсивности ледово-экзарационных воздействий на дно. Районирование прибрежно-шельфовой зоны подразумевает ее разделение на сегменты экзарации различной интенсивности в зависимости от типичных ледяных образований и интенсивности их воздействий на дно (рис. 2). В легенде выделены следующие зоны: 1) зона припайных льдов с ограниченными ледово-экзарационными воздействиями; 2) зона мористой кромки припая с воздействиями средней интенсивности; 3) зона сплоченных дрейфующих льдов с наиболее интенсивными воздействиями; 4) зона разреженных дрейфующих льдов с редкими воздействиями; 5) зона за пределами воздействий морских льдов, но с вероятными айсберговыми воздействиями; 6) зона маловероятных айсберговых воздействий. Основой для районирования по интенсивности ледовых воздействий является батиметрическая карта и схемы состояния ледяного покрова.

В качестве картографической основы для карт электронного атласа абразионной и ледо-во-экзарационной опасности прибрежно-шельфовой зоны Российской Арктики предполагается использовать основы, разработанные и обновленные ВСЕГЕИ для создания Государственной геологической карты (<http://vsegei.ru/ru/info/topo/>), а также международные ресурсы: цифровая модель рельефа (ЦМР) дна Северного Ледовитого океана IBCAO 3.0.

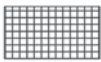
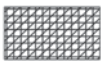
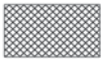
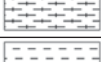
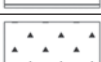
	Зона	Виды ледяных образований	Интенсивность экзарации
	Припай (стабильный и на плаву)	Гряды торосов и стамухи в береговой зоне с ограниченной мобильностью, перемещающиеся при подвижках припая при сжатиях, мобильные в периоды ледостава и очищения акватории ото льда	Низкая или средняя
	Припай стабильный	Гряды торосов и стамухи в береговой зоне	Низкая
	Припай на плаву	Гряды торосов и стамухи в береговой зоне	Средняя
	Кромка припая и/или дрейфующие льды (закрытая глубоководная акватория с дрейфующими льдами)	Торосы и гряды торосов на кромке припая, образующиеся в результате взаимодействия припая и дрейфующих льдов	Высокая
	Кромка припая и/или дрейфующие льды (закрытая глубоководная акватория с дрейфующими льдами)	Торосы и гряды торосов на кромке припая, образующиеся в результате взаимодействия припая и дрейфующих льдов	Максимальная
	Кромка припая и/или дрейфующие льды (открытая глубоководная акватория с дрейфующими льдами)	Торосы и гряды торосов на кромке припая, образующиеся в результате взаимодействия припая и дрейфующих льдов	Низкая
	Кромка припая и/или дрейфующие льды (закрытая мелководная акватория, большую часть времени занятая припаем)	Торосы и гряды торосов на кромке припая, образующиеся в результате взаимодействия припая и дрейфующих льдов	Низкая
	Кромка припая и/или дрейфующие льды (открытая мелководная акватория)	Торосы и гряды торосов на кромке припая, образующиеся в результате взаимодействия припая и дрейфующих льдов	Высокая
	Дрейфующие льды на мелководье	Торосы и несяки, вмержшие в дрейфующие поля	Высокая
	Дрейфующие льды (открытая глубоководная акватория)	Торосы и несяки, вмержшие в дрейфующие поля	Низкая или средняя
	Дрейфующие льды (открытая глубоководная акватория)	Торосы и несяки, вмержшие в дрейфующие поля	Высокая
	Область возможного айсбергового воздействия	Айсберги	Низкая

Рис. 2. Легенда к слою ледо-во-экзарационной опасности

Вводный раздел атласа содержит обзорные карты, показывающие параметры, наиболее значимые для понимания абразионной и ледо-во-экзарационной опасности, которой подвергаются берега и дно морей Российской Арктики. На карте литолого-геоморфологического строения побережья отображены морфология берегов и слагающие их породы. На карте геокриологии

побережья и шельфа показано распространение многолетнемерзлых пород, тип и льдистость грунтов, область распространения многолетнемерзлых пород на шельфе и современные ледники. Карта изменений относительного уровня моря и вертикальных движений земной коры отражает средние скорости поднятия или опускания относительного уровня морей Российской Арктики в голоцене. На картах сезонного нарастания и таяния ледяного покрова показано среднее положение 15 % концентрации морских льдов с шагом в месяц. Карты строения ледяного покрова в период его максимального распространения, усредненного для периода до (1979–1999 гг.) и во время (2005–2018 гг.) глобального потепления, показывают, что структура и площадь, занимаемая разными типами льда, значительно изменилась в результате потепления климата. Подобные изменения приводят к смещению зон наиболее интенсивного воздействия ледяных образований на дно. На карте источников и ареалов распространения айсбергов отображены наиболее крупные ледники, от которых могут откалываться (телиться) айсберги, области их максимальной концентрации и южная граница встречаемости.

Для «погружения» читателя в материал и лучшего понимания механизма развития абразионного и экзарационного процессов в атласе даны описания и примеры основных типов берегов, а также схемы, иллюстрирующие особенности строения ледяного покрова в береговой зоне. Дополнительно в виде серии обзорных карт рассмотрены основные факторы, определяющие характер и распространение абразионного и экзарационного процессов в морях Российской Арктики. Сами карты, иллюстрирующие развитие абразионных и ледово-экзарационных процессов, имеют 3 уровня детальности: обзорный – для всего побережья Российской Арктики, региональный – отдельно для каждого из морей, и третий, наиболее детальный, – для него специально выбраны ключевые районы нефтегазового освоения. Обзорная карта позволяет увидеть общие закономерности распространения опасных экзогенных процессов в прибрежно-шельфовой зоне всей Российской Арктики в целом. Региональные карты атласа могут служить в качестве источника базовых знаний и информации о типах морских берегов и скоростях их разрушения, масштабах и видах воздействий ледяного покрова на дно. Детальные карты могут быть востребованы при проектировании инженерных сооружений в береговой зоне морей Российской Арктики.

Бета-версия атласа доступна на сайте <https://arcticcoast.ru/> рабочей группы «Динамики берегов и дна арктических морей» лаборатории геоэкологии Севера МГУ. В настоящее время ведется работа над интерактивной версией атласа.

В работе над атласом использованы методические приемы, разработанные ранее в рамках темы госзадания НИЛ геоэкологии Севера географического ф-та МГУ. Атлас также планируется использовать в учебном процессе по программе магистратуры «Природная и социальная среда Арктики».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения / научн. ред. В.П. Зенковича и Б.А. Попова. М.: Мысль, 1980. 280 с.
2. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны. М.: Изд-во МГУ, 2011. 173 с.
3. Ogorodov S., Aleksyutina D., Baranskaya A., Shabanova N., and Shilova O. Coastal erosion of the Russian arctic: An overview, *Journal of Coastal Research* 95. 2020. P. 599–604. URL: <https://doi.org/10.2112/SI95-117.1>

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЗАТОПЛЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

А.В. Павлова¹, В.С. Архипкин², С.А. Мысленков^{1, 2}

¹Гидрометцентр России, г. Москва

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
anna.pavlova-16@yandex.ru; victor.arkhipkin@gmail.com; stasoccean@gmail.com

Изучение особенностей влияния штормовых нагонов на побережье Каспийского моря является актуальной задачей. Под воздействием сильных и продолжительных ветров могут формироваться сгонно-нагонные колебания до 2–3 м и приводить к затоплению или осушению прибрежной территории до 20–40 км от береговой черты.

В данной работе для оценки опасности затопления прибрежных территорий проводился расчет экстремальных значений уровня моря, возможный раз в 5, 10, 25, 50 и 100 лет. Также были рассчитаны повторяемость и обеспеченность уровня моря вдоль берега.

Исследования проводились с помощью гидродинамической модели ADCIRC за период с 1979 по 2017 г. Для моделирования сгонно-нагонных колебаний в Каспийском море была построена неструктурированная расчетная сетка высокого разрешения, которая подробно описывает батиметрию, что позволяет моделировать процессы осушения дна и затопления суши. Длины сторон треугольных ячеек изменяются от 500 м у берега до 10 км в центре моря. В качестве входных данных задавались поля приземного ветра и атмосферного давления из реанализов NCEP/CFSR и NCEP/CFSv2 [Saha et al., 2010, 2014].

Расчет экстремальных характеристик уровня моря. В соответствии с Национальным стандартом Российской Федерации [ГОСТ Р 58112–2018] режимные распределения высот суммарного уровня моря относятся к типу экспоненциальных распределений и следовательно для определения экстремальных характеристик используют распределение Гумбеля:

$$F(V) = e^{-e^{-\frac{V-A}{B}}},$$

параметры A , B которого могут определяться по ранжированной выборке из N годовых максимумов высот суммарного уровня с помощью метода наименьших квадратов:

$$R_i = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i}{N} \right) \right], \quad i = 1, N;$$

$$A = \frac{\sum_i V_i \sum_i R_i^2 - \sum_i V_i R_i \sum_i R_i}{N \sum_i R_i^2 - (\sum_i R_i)^2}, \quad B = \frac{N \sum_i V_i R_i - \sum_i V_i \sum_i R_i}{N \sum_i R_i^2 - (\sum_i R_i)^2}.$$

После определения параметров A и B , значения V_T , возможные один раз в T лет, определяются как квантили $\left(1 - \frac{1}{T}\right) \cdot 100$ % обеспеченности распределения, определяемого $F(V)$,

$$V_T = A - B \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right].$$

Существуют два способа составления выборок для расчета экстремальных значений. При первом способе эмпирические функции распределения строятся по ряду годовых экстремумов. При втором способе выборки составляют по данным, которые выходят за пределы некоторого произвольно выбранного базисного уровня, что более предпочтительно с теоретической точки зрения, поскольку повышает достоверность оценки параметров исходного распределения за счет увеличения объемов однородных выборок. В. Лангбейном было установлено соотношение между периодом повторяемости T' и количеством значений m' в используемой выборке, превышающих некоторое значение статистической переменной:

$$T' = 1/[1 - \exp(-m'/N)],$$

где N – число лет наблюдений.

Расчет обеспеченности суммарного уровня. Уровни заданной обеспеченности уровня моря рассчитывались по методике, изложенной в своде правил при строительстве морских берегозащитных сооружений [СП 277.1325800.2016].

Сначала значения максимальных отметок уровня из наивысших и средних за год располагают в убывающем порядке, а минимальных из самых низших – в возрастающем порядке. Далее производится вычисление среднемноголетних их значений, а также коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s . По вычисленным значениям в таблице Фостера – Рыбкина «Отклонения ординат биномиальной кривой обеспеченности» снимают ординаты Φ , по которым по форме, представленной в таблице А.1 (СП 277.1325800.2016), рассчитывают отметки уровней соответствующей обеспеченности для максимальных, средних и минимальных значений уровня. Далее по данным таблицы строят теоретические кривые обеспеченности отметок уровня из наивысших, средних и самых низших отметок за год, на которые накладываются уровни эмпирической обеспеченности.

Для анализа экстремальных значений, повторяемости и обеспеченности были выделены 6 точек вдоль берега моря, которые характеризуют районы исследования: 1 и 2 – на западе, 3 – на севере, 4 и 5 – на востоке, 6 – на юго-западе (рис. 1).

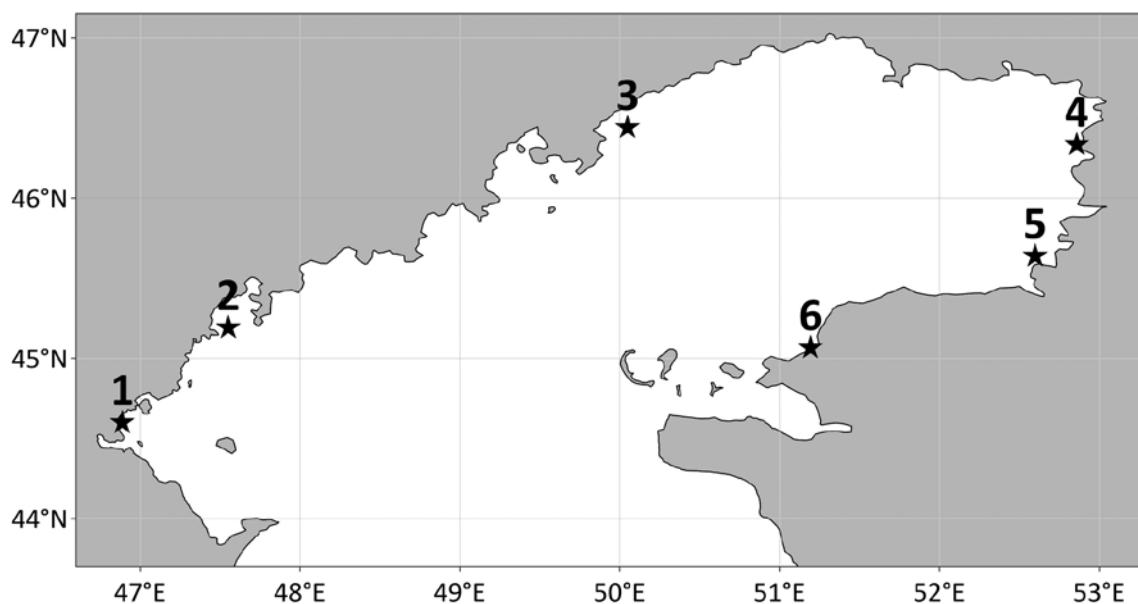


Рис. 1. Карта выделенных точек

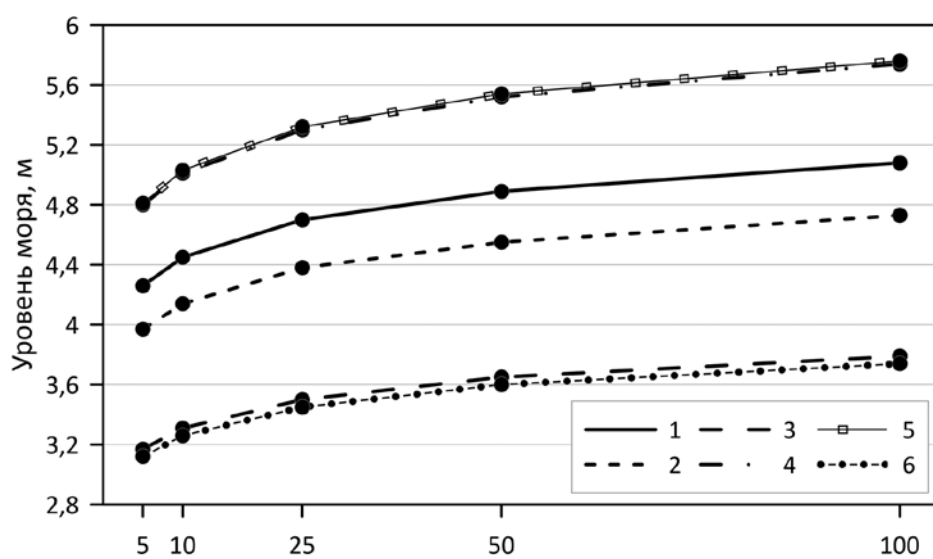


Рис. 2. Экстремальные значения уровня моря на станциях 1–6, возможные раз в 5, 10, 25, 50 и 100 лет

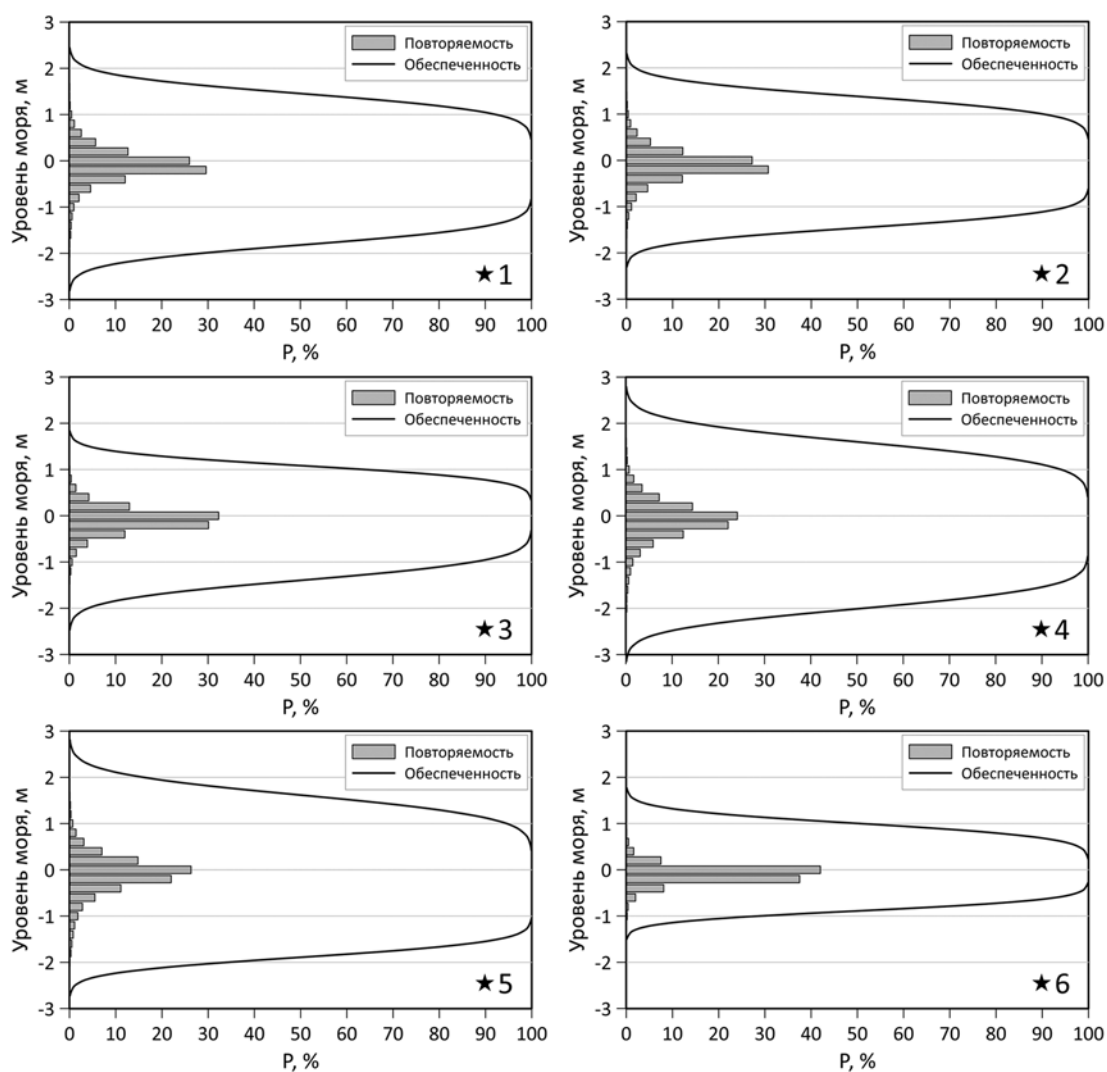


Рис. 3. Гистограммы повторяемости и кривые обеспеченности уровня моря за период с 1979 по 2017 гг. на станциях 1–6

На рисунке 2 представлен график экстремальных значений уровня моря, возможный раз в 5, 10, 25, 50 и 100 лет. В точках 3 и 6 наблюдаются минимальные экстремальные значения, а в точках 4 и 5 – максимальные. Связано это с преобладающими ветрами, вызывающими наибольшие нагоны на западном и восточном побережье, при этом волна повышения уровня проходит вдоль северного и юго-восточного берега. На восточном побережье уровень, который достигается раз в 100 лет, соответствует отметке 5,8 м, а на восточном – 4,3 м.

На рисунке 3 представлены графики повторяемости и кривые обеспеченности по 6 станциям за период с 1979 по 2017 г. Весь диапазон повторяемости разбит на интервалы по 0,2 м. Как и ожидалось, наибольшая повторяемость (от 30 до 40 %) наблюдалась в интервалах от 0 до 0,2 м и от 0 до – 0,2 м. Уровень моря 1 % обеспеченности изменяется в пределах от 1,6 до 2,5 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 58112–2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Нефтяная и газовая промышленность. Арктические операции. Управление ледовой обстановкой. Сбор гидрометеорологических данных. М., 2018.
2. СП 277.1325800.2016. Сооружения морские берегозащитные. М., 2016.
3. Saha S. *et al.* The NCEP climate forecast system reanalysis // Bull. Am. Meteorol. Soc., 2010. Vol. 91. No. 8. P. 1015–1057.
4. Saha S. *et al.* The NCEP Climate Forecast System Version 2, Journal of Climate, 2014. No. 27(6), 2185–2208. DOI: [org/10.1175/JCLI-D-12-00823.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00823.1)

ОПАСНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ КАК СДЕРЖИВАЮЩИЙ ФАКТОР ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНОГО ТУРИЗМА В РОССИИ

А.Ю. Санин

*Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова,
Росгидромет, г. Москва
eather86@mail.ru*

В настоящее время особенно актуальным представляется развитие внутреннего туризма в России. Пандемия COVID-19 привела к существенным, преимущественно негативным последствиям: снижение реальных доходов значительной части населения, удорожание и усложнение туристических поездок за рубеж (рост стоимости билетов, затраты на тестирование и т.д.), рост психологических опасений думающих о выезде за рубеж туристов (из-за введения коронавирусных ограничений, как обоснованных, так и лишь усугубляющих ситуацию, например комендантского часа, а также опасения заразиться COVID-19 или заразить им родных и близких и т.д.), «закрытие» многих стран. Однако отдых и туризм были и остаются необходимыми каждому россиянину, они способствуют повышению работоспособности, укреплению здоровья, улучшению отношений в семьях и т.д. В силу этого альтернативой выступает внутренний туризм, который благодаря мультипликативному эффекту способствует развитию экономик туристических регионов, позволяет сохранить средства туристов в стране.

Особенную привлекательность для туризма представляют прибрежные зоны как некоторых из российских морей, так и внутренних водных объектов: некоторых озер, водохранилищ, крупных и средних рек.

Развитие туризма в любом регионе, как и любая другая хозяйственная деятельность человека, сдерживается неблагоприятными и опасными явлениями природы (НОЯ). Особенно разнообразны и опасны они в горных районах. Их необходимо учитывать и в ходе управления природопользованием в прибрежных районах, в частности в управлении рекреационным природопользованием.

Специфические неблагоприятные и опасные явления природы свойственны берегам морей и крупных озер и водохранилищ, равно как и рек (для последних несколько другие, что объясняется течением и отсутствием волнения). Самым известным из НОЯ считается абразия, или переработка или размыв берегов. Следует отметить, что часто берегам свойственны и склоновые процессы – оползни и т.д., – которые так или иначе провоцируются абразионными и могут даже их сдерживать (например, такое имеет место на Южном берегу Крыма). Примерно 41 % берегов морей и 36 % берегов водохранилищ России в настоящее время активно разрушаются [Рагозин, 1993], причем в связи с повышением уровня Мирового океана и воздействием человека (например, изъятие наносов из береговой зоны) процент разрушаемых берегов возрастает. Для некоторых морей процент абразионных берегов существенно больше: так, 70 % общей протяженности берегов Азовского моря подвержены размыву [Селиванов, 2001]. Для морских побережий России средняя скорость отступления берегов оценивается в 1,2 м в год [Природные ... 2002]. Разумеется, в большинстве случаев

это неосвоенные или слабо освоенные берега, но к ним могут относиться и те, на которых планируется активная рекреационная деятельность, создаются объекты рекреационной инфраструктуры.

Для многих прибрежных зон морей и внутренних водных объектов: Южного берега Крыма, Северо-Кавказского побережья, окрестностей Ейска, Владивостока, Санкт-Петербурга, Калининграда, берегов Волги в окрестностях крупных волжских городов, берегов Конаковского водохранилища и т.д. – характерно развитие туризма в течение достаточно долгого времени (в некоторых случаях даже с XIX в.) и высокая интенсивность туристических потоков, что ставит вопрос об их перераспределении в пространстве и времени для снижения воздействия на природные ландшафты регионов, их рекреационную инфраструктуру, сохранения их рекреационного потенциала. Возникает необходимость освоения так называемых рекреационных пустынь – участков прибрежных зон с высоким рекреационным потенциалом, но слабым туристическим потоком (причины малого числа рекреантов могут быть самыми различными: мода и предпочтения туристов, слабый уровень развития рекреационной инфраструктуры и др.).

Но если для участков прибрежных зон, для которых длительное время характерен массовый туризм, как правило, имеются исследования по воздействию на человека и инженерные сооружения неблагоприятных и опасных явлений природы (выявлены современные и древние оползни, оценены скорости абразии, выявлены селеопасные долины рек и ручьев и т.д.), а часто применены меры их сдерживания (проведены берегоукрепительные и противооползневые работы и т.д.), то для участков, освоение которых только начинается, НОЯ могут быть изучены намного хуже и опасность их может быть недооценена.

Примером недооцененной рекреационной территории является Дагестан. В течение долгого времени рекреантов отталкивали опасения террористических актов и конфликтов с местными жителями, часто необоснованные (если не брать во внимание, например, начало Второй чеченской войны), а также слабый уровень развития рекреационной инфраструктуры: в отличие от Черноморского побережья Кавказа или Крыма после 2014 г. развивается здесь она весьма медленно. Дагестан привлекает не только морским побережьем, но и горными ландшафтами, в частности Сулакским каньоном. Однако его морское побережье предоставляет дефицитную в России возможность пляжно-купальной рекреации, популярной среди жителей страны. Температура воды летом достигает 25–26 °С, по количеству солнечных дней западный берег Каспия превосходит Черноморское побережье, купание в море возможно в сентябре и даже в октябре, «бархатный сезон» здесь длится дольше, чем на Черном море.

Планы увеличения туристического потока в Дагестан упираются в необходимость реконструкции имеющихся рекреационных объектов и создания новых. При этом, разумеется, необходимо учитывать угрозу со стороны абразионных процессов. Наблюдающийся подъем уровня Каспийского моря привел к активизации абразионных процессов. К настоящему времени до трети берегов Каспийского моря в пределах России подвержены абразии (тогда как несколько десятилетий назад, до начала подъема уровня, их было не более 10 %). В целом для Дагестана по интенсивности процесса абразии очень опасными являются 3 % протяженности побережья, опасными – 5 % и умеренно опасными – 12 % [Атлас ... 2005], однако к таким берегам относится часть берегов в пределах Махачкалы и Каспийска, удобные для пляжно-купальной рекреации из-за их расположения. В силу высокой стоимости берегоукрепительных работ они рекомендуются лишь для наиболее ценных участков с имеющимися объектами инфраструктуры, тогда как новые здания, дороги и сооружения реко-

мендуется строить на берегах с отсутствием абразионных процессов или на достаточном расстоянии от берега. Однако в некоторых случаях потребность собственников проживать около моря либо привлекать туристов расположением около воды приводит к несоблюдению данной рекомендации, впрочем, не только в Дагестане.

На тех участках берега, для которых угроза со стороны абразионных процессов отсутствует, как правило, наибольшую опасность представляют характерные для Каспийского моря сгонно-нагонные явления, т.к. это типичные для моря-озера низменные берега, которые очень чувствительны к любым, как к вековым и десятилетним, так и короткопериодным колебаниям уровня Каспийского моря. Важная особенность Каспийского моря, характерная только для него из всех морей и крупных озер России, – многолетние колебания уровня вод с амплитудой до 3 м и более. Этот факт необходимо учитывать при застройке как жилыми домами, так и объектами туристической инфраструктуры. Наконец, на некоторых участках берега абразионные процессы провоцируют активизацию склоновых, в частности оползневых. И следует принимать во внимание, как и для Южного берега Крыма и побережья Краснодарского края, сейсмическую угрозу. Так, в 1970 г. в Дагестане произошло землетрясение силой в 9 баллов. Учет сейсмической угрозы значительно удорожает строительство, особенно это относится к многоэтажным зданиям, однако существенно уменьшает вероятность жертв среди туристов и местных жителей и заметно снижает потенциальные материальные потери в случае разрушений зданий и сооружений.

Другой важной и недооцененной с точки зрения возможностей для массового туризма территорией (в частности для купально-пляжной рекреации) представляется Нижнее Поволжье. Высокий потенциал для рекреации имеют как Саратовское и Волгоградское водохранилища, так и Волга и Ахтуба ниже Волгограда, а также Волго-Ахтубинская пойма. Последняя в качестве места для любительской рыбной ловли привлекает туристов со всей Европейской части России, мощный поток рекреантов сюда направлен из Москвы и Санкт-Петербурга. Наибольшие скорости абразии для берегов волжских водохранилищ, как правило, были характерны в первые годы их существования, однако и сейчас угроза со стороны абразионных процессов сохраняется. Так, Волгоградское водохранилище было создано в 1958 г., наиболее активный размыв его берегов пришелся на первые 10–15 лет его существования [Природные ... 2002]. Для крупных водохранилищ эта величина варьирует от примерно 5 м/год в активной стадии процесса разрушения берегов до 1,5 м/год в стадии замедляющегося разрушения [Природные ... 2002]. Однако и в настоящее время на долю берегов, разрушающихся вследствие абразии, по разным оценкам, приходится от 37 до 48 % их общей протяженности, для Саратовского водохранилища – 68 % [Копосов и др., 2013], для Волгоградского – 72 % [Семененко, 2017]. Распространение абразионных процессов и их высокие скорости объясняются рыхлостью слагающих берега пород и параметрами ветровых волн, которые, в частности для Волгоградского водохранилища, имеют длину разгона до 50 км; повторяемость волн высотой более 1 м здесь составляет несколько процентов [Филиппов и др., 2001]. Как и в случае с морскими побережьями, абразионные процессы провоцируют оползневые. Для Саратовского водохранилища более 11 % берегов характеризуется активными оползнями, главным образом это крутые склоны Правобережья [Копосов и др., 2013]. Разумеется, все это необходимо учитывать при выборе участков прибрежной зоны для сооружения объектов рекреационной инфраструктуры. В настоящее время рекреационная инфраструктура на берегах водохранилищ развита слабо, что позволяет выбирать для ее строительства участки со слабыми абразионными процессами или с их отсутствием, несмотря на их сравнительно малый процент.

Прибрежная зона Дагестана и водохранилищ Нижнего Поволжья – лишь пример, на котором показано сдерживающее влияние неблагоприятных и опасных явлений природы на рекреационное природопользование. Для минимизации вероятности человеческих жертв и максимального уменьшения материального ущерба от них необходимо избегать строительства объектов рекреационной инфраструктуры на участках берега с активными абразионными и склоновыми процессами. Довольно часто они выявлены, нанесены на специализированные карты и схемы, но использование последних для предварительного выбора участка для строительства может быть затруднено вследствие их низкой степени детальности, что подтверждает необходимость дальнейших исследований НОЯ в прибрежных зонах морей и внутренних водных объектах, особенно на тех из них, которые активно используются человеком. Кроме полевых исследований возможно применение методов математического моделирования, сопоставления разновременных космических снимков для берегов с большими скоростями абразионных процессов для оценки их скорости и некоторые другие методы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации: коллективная монография / под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. 134 с.
2. *Копосов Е.В., Соболев И.С., Ежков А.Н.* Прогнозирование абразионной и оползневой опасности побережий Волжских водохранилищ // Вестник МГСУ. 2013. № 6. С. 170–176.
3. Природные опасности России / под общ. ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу. Т. 3: Экзогенные геологические опасности. М.: КРУК, 2002. 345 с.
4. *Рагозин А.Л.* Ранжирование опасных природных и техноприродных процессов по социально-экономическому ущербу от их проявления на территории России // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1993. Вып. 2. С. 50–61.
5. *Селиванов А.О.* Береговая катастрофа на Азовском море. Миф или реальная угроза? М.: ГЕОС, 2001. 84 с.
6. *Семененко С.Я.* Волгоградское водохранилище: история, проблемы, решения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 53–63.
7. *Филиппов О.В., Плякин А.В., Золотарев Д.В.* Мониторинг разрушения берегов как инструмент управления береговой зоной Волгоградского водохранилища. Эколого-экономическая безопасность региона Нижнего Поволжья. Волгоград: ВолГУ, 2001. 108 с.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВДОЛЬБЕРЕГОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТИКОВОГО МУСОРА, ПОЯВЛЯЮЩЕГОСЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А.Н. Соколов^{1, 2}, Б.В. Чубаренко¹

¹Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, г. Калининград

²Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград
tengritag@gmail.com

Мотивацией для данной работы явились результаты полевых исследований, проведенных экспедицией лаборатории прибрежных систем АО ИО РАН летом 2018 года [Kileso et al., 2019]. Участники экспедиции двигались вдоль берегов Самбийского полуострова и Куршской косы (рис. 1а), фиксируя количество фрагментов пластикового мусора того или иного типа на каждом из 500-метровых участков пляжа (рис. 1в). Расположение источников загрязнений большинства типов, например фрагментов рыбачьих сетей, полиэтиленовых пакетов, воздушных шариков и пр. были неизвестны. В то же время расположение источников таких загрязнений, как пластиковые составляющие конструкций берегозащитных сооружений, были известны заранее. Точнее, были известны места расположения самих сооружений, которые можно рассматривать как «первичные», точечные источники пластикового мусора определенного типа. В данной работе в качестве такого источника выступают берегозащитные сооружения в районе г. Светлогорск Калининградской области (рис. 1б). Основой их конструкции являются габионы, пластиковая оплетка металлической сетки которых после разрушения становится пластиковым мусором.

Габионные конструкции в районе Светлогорска находятся достаточно близко от уреза и при штормовом нагоне подвергаются разрушительному действию волн. Металлическая сетка, удерживающая камни, постепенно перетирается. Разрушается и покрывающая сетку защитная трубчатая оболочка из ПВХ/ПВДВ-пластика [Есюкова и др., 2018], далее именуемая *оплетка*. Фрагменты оплетки, обычно имеющие длину 6–10 см [Kileso et al., 2019], уносятся штормовыми волнами в море. Таким образом «первичный» источник – защитное сооружение – во время каждого достаточно сильного шторма «распыляет» вокруг себя какое-то количество пластикового мусора. Ввиду практически нейтральной плавучести, фрагменты под действием волн и течений могут переноситься на значительные расстояния (до сотен километров), но обычно они выбрасываются на берег сравнительно недалеко от «первичного» источника. Место, где в конце шторма фрагменты осядут на берег, предсказать невозможно [Khatmullina, Chubarenko, 2019]. После оседания на берегу «круговорот» мусора не останавливается, т.к. при очередном шторме пластиковые фрагменты может снова смыть в море, а значит, появляются зоны «вторичных» источников загрязнения. Распределение фрагментов оплетки по данным экспедиции АО ИО РАН 2018 г. показано на рисунке 1в. Оно неравномерно и характеризуется смещением максимума на восток

от «первичного» источника. Смещение максимума выглядит достаточно естественно, учитывая преобладание на калининградском побережье ветров западных направлений (см. розу ветров на рис. 1б).

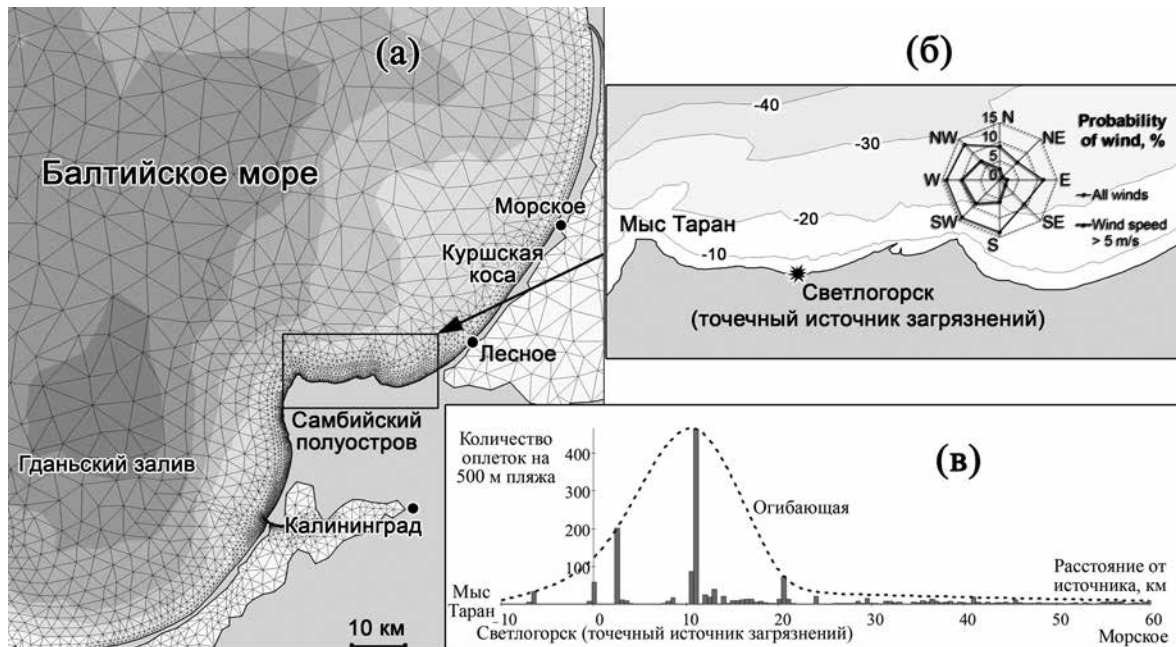


Рис. 1. Район исследования:

- (а) фрагмент расчетной сетки в Юго-Восточной Балтике;
- (б) расположение габионных конструкций (первичного источника загрязнений) возле Светлогорска;
- (в) вдольбереговое распределение фрагментов оплеток габионной сетки

В данной работе анализируется применение метода вероятностного описания вдольберегового распределения пластикового мусора в виде некоего «распределенного» источника загрязнений [Sokolov, Chubarenko, 2020]. Такое представление может быть полезно как для анализа загрязненности тех или иных участков побережья, так и для последующего мезомасштабного моделирования. Очевидно, что рассматриваемый подход может быть применен только в случае, если известно положение «первичного» источника загрязнений.

В случае однородности побережья, равной вероятности направления и силы штормовых ветров и отсутствия прибрежных течений, можно предположить, что распределение пластикового мусора вдоль побережья будет нормальным с максимумом в районе «первичного» источника (см. рис. 2а). Тогда функция плотности вероятности:

$$p_1(x, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где x – расстояние от «первичного» источника, а σ – дисперсия, параметр распределения, определяющий степень его растянутости вдоль берега.

При наличии доминантного вдольберегового переноса, например, связанного с неодинаковой вероятностью штормовых ветров разного направления или наличием устойчивых береговых течений, следует ожидать, что максимум плотности вероятности будет смещен в сторону доминантного переноса, а хвост распределения растянут в ту же сторону.

Т. е. плотность вероятности в этом случае должна выглядеть примерно так, как показано на рисунке 26. Легко заметить, что огибающая на рисунке 1в качественно похожа на кривую, показанную на рисунке 26.

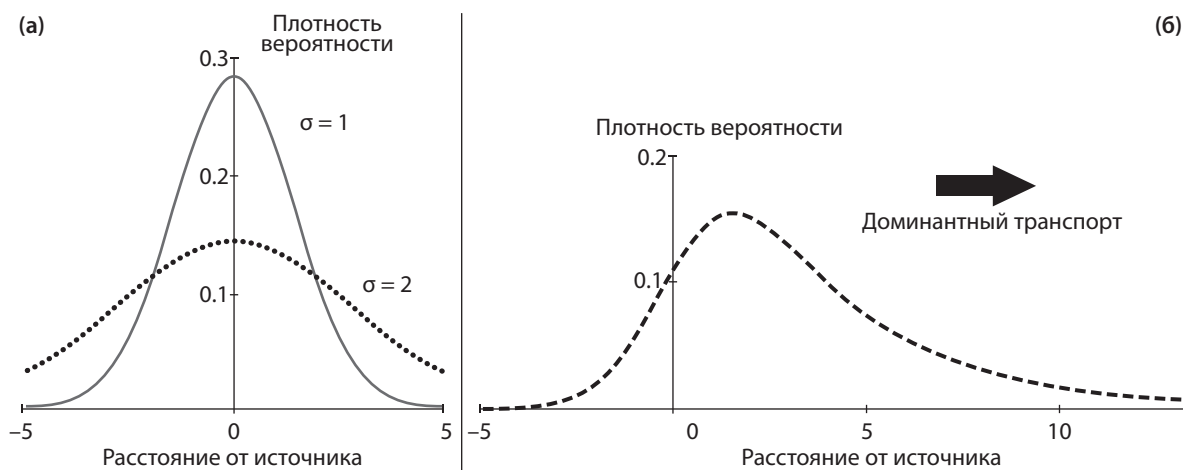


Рис. 2. Ожидаемые формы кривых плотности вероятности при отсутствии доминантного вдольберегового переноса (а) и при его наличии (б)

Можно предположить, что в связи с уносом фрагментов на большие глубины вероятность повторного осаждения пластиковых фрагментов на пляже уменьшается с удалением от «первичного» источника и может быть описана, например, экспоненциальным распределением:

$$\rho_1(x, \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & \text{if } x \geq 0 \\ 0 & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

где x – расстояние от источника, а λ – параметр распределения.

Тогда, по прошествии достаточно длительного времени, распределение пластикового мусора вдоль берега определяется суммой двух этих случайных величин, одна из которых распределена нормально, а другая – экспоненциально. Если это так, то результирующая плотность вероятности будет сверткой плотностей распределения этих случайных величин:

$$p(x) = \int_{-\infty}^{\infty} p_1(t) \cdot p_2(x-t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} p_1(x-t) \cdot p_2(t) dt = (p_1 \cdot p_2)(x). \quad (3)$$

Для оценки числовых параметров используемых распределений мы разделили их влияние на итоговую плотность вероятности $p(x)$. Поскольку при удалении от источника плотность вероятности нормального распределения убывает очень быстро, как e^{-x^2} (показатель степени пропорционален x^2), а экспоненциального – как e^{-x} (показатель степени пропорционален x^1), то при значительном удалении от источника будет доминировать экспоненциальное распределение. Следовательно, итоговая плотность вероятности (3) может быть аппроксимирована функцией (2). Тогда, учитывая распределение фрагментов только в этих удаленных от «первичного» источника областях, можно, например с помощью метода наименьших квадратов, оценить параметр λ экспоненциального распределения. Далее, применяя метод наименьших квадратов уже для свертки и охватывая весь имеющийся диапазон

значений x , можно вычислить значение параметра σ для нормального распределения (1). Рисунок 3 иллюстрирует полученные результаты.

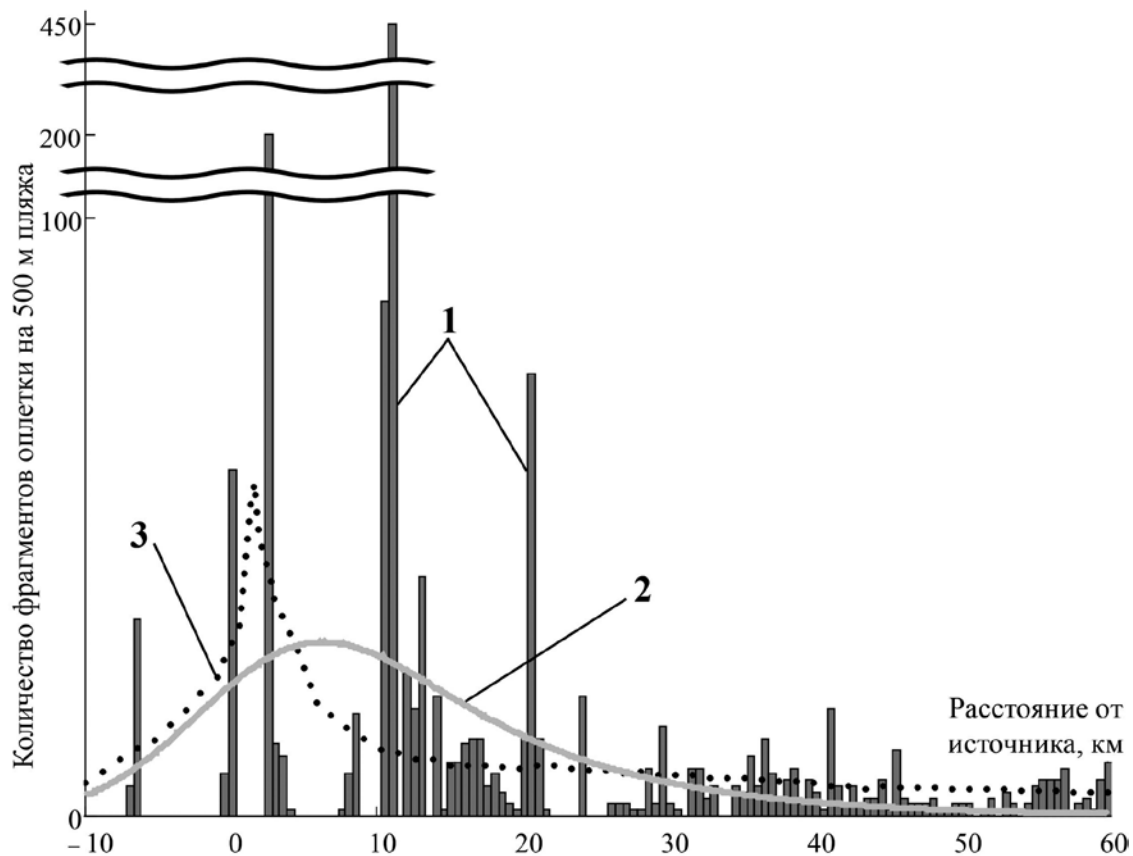


Рис. 3. Зависимости количества фрагментов оплетки на 500 м пляжа от расстояния до «первичного» источника:

- 1 – данные экспедиции АО ИО РАН 2018 г.; 2 – распределенный источник (кривая свертки);
3 – вдольбереговая концентрация после 5-летнего усреднения

Кроме того, на рисунке 3 показана и усредненная за 5 лет концентрация примеси в прибрежных водах (кривая 3), полученная в результате модельных расчетов в предположении, что источником примеси нейтральной плавучести является только берегозащитное сооружение (без эффекта переотложения). Расчет гидродинамических параметров и концентрации проводился на сетке, охватывающей всё Балтийское море (со сгущением вдоль интересующего нас участка берега), а данные по атмосферному воздействию брались из базы данных реанализа ERA-Interim (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>). Видно, что кривая распределения концентрации (кривая 3 на рис. 3) не так хорошо качественно описывает реальное распределение оплеток, как введенная нами функция распределенного источника (кривая 2 на рис. 3). Кривая 3 имеет более острый пик, и этот пик практически совпадает с «первичным» источником. Это, скорее всего, связано с тем, что расчет многолетнего движения консервативной примеси учитывает ее вдольбереговые перемещения (возвратно-поступательные) даже при малых ветрах (и, соответственно, течениях), в то время как в реальности снос оплеток с пляжа и их вдольбереговое перемещение происходит только при сильных ветрах, которые имеют преимущественное направление с запада на восток.

Предложенный подход позволяет перешагнуть через прямые модельные расчеты сложного процесса переноса, отложения, смыва и переотложения фрагментов геосинтетических материалов от «первичного» источника, калибровку и верификацию этой модели на натурных данных, а получить основанную на тех же натурных данных итоговую функцию «распределенного» источника. Эта функция далее может использоваться в расчетах транспорта пластикового мусора на основе Эйлера или Лагранжева подходов. Последующим развитием предложенного нами параметрического описания может быть учет изменения мощности распределенного источника во времени, например, в зависимости от количества актов штормового заплеска на пляж.

Создание расчетной сетки и обработка данных полевых исследований выполнялось в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0128-2021-0012). Анализ, интерпретация и представление результатов на данной конференции были поддержаны проектом РФФИ № 18-55-76002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есюкова Е.Е., Чубаренко Б.В., Бурнашов Е.М. Геосинтетические материалы как источник загрязнения пластиковым мусором морской среды // Региональная экология. 2018. № 3 (53). С. 15–28. DOI: 10.30694/1026-5600-2018-3-15-28.
2. Kiles A.V., Esiukova E.E., Pinchuk V.S., Chubarenko B.V. Traces of the transboundary pollution of the shore of the South-Eastern Baltic by the debris of geosynthetic materials // Proc. Int. Conf. “Actual problems of Earth Science: study of transboundary regions”. Brest, Belorussia, 12–14 Sep. 2019. Part 1. Brest, 2019. P. 215–216.
3. Khatmullina L., Chubarenko I. Transport of marine microplastic particles: why is it so difficult to predict? // Anthropocene Coasts 2019. 2. P. 293–305. URL: <https://doi.org/10.1139/anc-2018-0024>.
4. Sokolov A., Chubarenko B. Representation of a source of plastic debris as a convolution of two functions of random variables // Abstract book. 6th IAHR Europe Congress, June 30 – July 2, 2020. Warsaw, Poland. 2021. P. 343–345.

ОЦЕНКА МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА ПРОЯВЛЕНИЯ АБРАЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИАЗОВСКИХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

О.А. Хорошев¹, А.Д. Хаванский², Ю.Ю. Меринова²

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
ourregion@mail.ru, khovansk@yandex.ru, yuliyamerinova@yandex.ru

Азовское побережье Краснодарского края, согласно многолетним исследованиям специалистов Южного научного центра РАН и Южного федерального университета [Матишов и др., 2015; Матишов и др., 2016; Цыганкова и др., 2018; Беспалова, Цыганкова, 2020], подвержено опасным береговым, в частности, абразионным процессам. Последствия проявления береговой абразии выражаются в том числе в причиняемом материальном ущербе социально-экономическим (СЭ) объектам: жилым постройкам, объектам социально-хозяйственной инфраструктуры, историко-культурного наследия, земельным участкам различного назначения и пр.

В статье представлены результаты оценки прогнозируемого на 20-летний период материального ущерба СЭ-объектам от последствий проявления абразионных процессов в разрезе приазовских муниципальных образований Краснодарского края. Расчеты проводились по разработанной ранее методике [Khavansky et al., 2020; Хорошев и др., 2020] с использованием материалов береговых экспедиционных работ 2018–2020 гг., генеральных планов сельских поселений, спутниковых снимков, а также данных и инструментария интерактивной публичной кадастровой карты Росреестра [Публичная кадастровая ... 2020]. Все расчеты прогнозируемого ущерба СЭ-объектам приморских районов края выполнены по кадастровым ценам на начало 2020 г. В связи с отсутствием пунктов наблюдения за абразией (реперов) не учитывался прогнозируемый ущерб СЭ-объектам береговой зоны городов Ейска и Приморско-Ахтарска, морских лиманов. Также не рассчитывался ущерб объектам капитального строительства (ОКС), сооружениям различного назначения и пр., не отмеченным на публичных кадастровых картах Росреестра.

Азовское побережье Краснодарского края подвержено воздействию активных абразионных и оползневых процессов на протяжении более 130 км (без учета береговой зоны городов Ейска, Приморско-Ахтарска и морских лиманов). При этом более 75 % всей длины разрушающихся берегов занято землями сельскохозяйственного назначения (СХН).

В перспективе на два ближайших десятилетия море может разрушить 440 га земель Краснодарского края (или 0,006 % его территории). В разрезе районов края больше всего площадей земель различного хозяйственного использования может потерять Ейский район (более 315 га). В среднем потеря земель от абразии в регионе может составить 36 м² на 1 погонный километр морского абразионного берега за 20 лет. Величина прогнозируемого суммарного ущерба СЭ-объектам края от последствий абразионного воздействия

в береговой зоне Азовского моря может составить 608 млн руб., из которых более 57 % составит ущерб землям прочего назначения (ЗПН), представленными в основном землями особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

В разрезе административных районов региона отмечается неоднородность структуры прогнозируемого ущерба земельным участкам. Так, в Щербиновском и Темрюкском районах преобладающим может быть ущерб землям населенных пунктов (НП), в Ейском – ЗПН, представленных протяженными участками прибрежных ООПТ, а в Приморско-Ахтарском районе – землям СХН. Существенно различаются и показатели прогнозируемого материального ущерба СЭ-объектам по сельским поселениям (СП) приморских районов (рис. 1).

В пределах Щербиновского района наибольший суммарный ущерб (21,4 млн руб.) от абразии может быть причинен Шабельскому СП. Практически все побережье данного муниципального образования, за исключением аккумулятивных берегов Сазальницкой косы, подвержено активному проявлению абразионных и абразионно-оползневых процессов, интенсивность которых составляет в среднем 1,4 м/год. Берег СП в зоне возможного разрушения представляет собой территорию с преобладанием земель аграрного использования в прибрежной зоне. Несмотря на то, что в зоне прогнозируемого разрушения отсутствуют ОКС и прочие сооружения, относительно высокий размер ущерба обусловлен высокой кадастровой стоимостью земель НП, соседствующих с игровой зоной «Азов-Сити», функционировавшей еще в недавнем времени.

В структуре прогнозируемого ущерба в разрезе сельских (и одного городского) поселений Ейского района максимальное значение отмечается у Должанского СП (355,2 млн руб.). Это максимальное значение ущерба среди других СП не только Краснодарского края, но и Ростовской области. В данном СП основные материальные потери могут быть связаны с разрушением ЗПН, занятых прибрежными ООПТ.

Расположенные южнее косы Долгой земли ООПТ (земли рекреационного назначения) представляют собой почти 7 км занятых преимущественно полеводством берегов с активными и высокоинтенсивными абразионными процессами (2,9 м/год), имеющих рекордно высокую для всего азовского побережья кадастровую стоимость ЗПН (822,8 руб/м²). В целом на долю прогнозируемого суммарного ущерба СЭ объектам Должанского СП приходится более 58 % ущерба, который может причинить береговая абразия за 20 лет всему побережью Краснодарского края.

В пределах Приморско-Ахтарского района наибольший прогнозируемый суммарный ущерб от последствий абразии может быть почти в равной пропорции распределен между Бородинским СП и Приморско-Ахтарским ГП – 2,0 и 1,6 млн руб. соответственно. Подавляющую часть абразионной береговой зоны данных СП занимают земли СХН с невысокой по сравнению с соседним Ейским районом кадастровой стоимостью сельхозземель (14,8–33,0 руб/м²). Учитывая незначительную среди других СП края протяженность берегов с активной абразией (около 7,5 км), отсутствие в зоне возможного разрушения ОКС и прочих сооружений, суммарный ущерб СЭ-объектам в Бородинском СП и Приморско-Ахтарском ГП будет относительно невысоким, по сравнению с другими муниципальными образованиями края.

В Темрюкском районе наибольший суммарный ущерб от абразионно-оползневых процессов – 96,0 млн руб. – может быть причинен Фонталовскому СП, две трети протяженности берегов которого (подверженных разрушению) занимают дорогостоящие земли курортных НП (468,4–654,8 руб/м²), в частности известного центра пляжного туризма

азовского побережья – пос. Кучугуры. Кроме того, на землях НП данного муниципального образования (в пос. Кучугуры) могут попасть под разрушение три дорогостоящих объекта капитального строительства. Многократно меньший ущерб – 6,2 млн руб. – может быть причинен соседнему Ахтанизовскому СП. Здесь основная доля ущерба СЭ-объектам также может прийти на дорогостоящие земли НП, в частности курортного поселка Пересыпь, кадастровая стоимость земель в котором (в береговой зоне, подверженной абразии) достигает 451,2 руб/м².

Работа выполнена в рамках научного проекта РФФИ № 18-05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е. Абразионные процессы и их последствия // Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 97–110. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-97-110
2. Матишов Г.Г. и др. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады Академии наук. 2016. Т. 471. № 4. С. 483–486. DOI: 10.7868/S086956521634020X
3. Матишов Г.Г. и др. Современные опасные экзогенные процессы в береговой зоне Азовского моря: монография. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. 324 с.
4. Публичная кадастровая карта. Роскадастр. Кадастр недвижимости в России. URL: <http://roscadastr.com/map> (дата обращения: 01.12.2020).
5. Хорошев О.А. и др. Оценка социально-экономического ущерба проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря // Труды Южного научного центра Российской академии наук. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 300–311. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-300-31
6. Цыганкова А.Е. и др. Динамика береговой линии Азовского моря за многолетний период // Экология. Экономика. Информатика. Серия: системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3. С. 270–275. DOI: 10.23885/2500-395x-2018-1-3-270-275
7. Khavansky A.D. et al. Risk assessment of hazardous abrasion and landslide processes in the coastal zone of the Azov Sea // E3S Web of Conferences. 2020. 175(1): 06008. DOI: 10.1051/e3sconf/202017506008

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НАНОСОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОНИЦАЕМЫХ ВОЛНОГАСЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ С ГИБКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

А.Е. Щодро¹, А.Н. Сорокин²

¹*Институт природно-технических систем г. Севастополь*

²*НИЦ МО Российской Федерации, г. Севастополь*

alexeyug@hotmail.com

В данной работе проведен анализ влияния сквозных берегозащитных сооружений с гибкими элементами на движение наносов, дается описание механического взаимодействия ветро-волнового течения с различными типами берегозащитных сооружений и отмечаются преимущества сооружений с гибкими элементами.

Новая техническая концепция укрепления пляжных зон прибрежной части моря возникает из существующей проблемы постоянного сужения и исчезновения пляжей в прибрежной зоне моря, а также обрушения грунтовых массивов, преимущественно возвышающихся над пляжной зоной и находящихся на некотором удалении от береговой линии. Такая проблема очень актуальна для Крыма и других регионов России, омываемых морем.

Пляжная зона представляет собой слабо наклоненный к морю (практически горизонтальный) участок побережья, состоящий из мелкодисперсного грунта: песок, галька, галечник, булыжник, – постоянно сползающего и уносимого в море за счет уноса пляжного материала с более глубоких горизонтов ветро-волновыми течениями. Основной прибреговой грунтовый массив при этом постоянно приближается к воде, разрушаясь, и его осыпавшийся материал пополняет пляжные отложения.

Укрепление самих пляжей и береговых массивов, нависающих на пляжной зоной, предлагается производить по следующей схеме, включающей две группы мероприятий:

1. Первая – мероприятия со стороны моря, направленные на уменьшение количества грунтового материала, смываемого в море, и его частичное пополнение;

2. Вторая группа мероприятий – это мероприятия по укреплению пляжной зоны и недопущению скатывания грунта в море и укреплению самого грунтового массива.

Первую задачу предполагается решать с помощью возводимых на некотором удалении от берега продольных, ориентированных вдоль береговой линии, сплошных или сквозных волноломов, устанавливаемых по прерывистой схеме на участках активного разрушения берега. Возможно также их установление в две линии.

При этом компоновка сооружений на каждом конкретном участке и их параметры должны учитывать возможность поступления наносов со стороны открытого моря и наносы, переносимые вдольбереговыми течениями.

Вторая группа мероприятий – это укрепление грунтовых массивов, например, габионами, вертикальными, наклонными и горизонтальными анкерными связями и применение цементационных завес, а также других конструкций. Аспекты этой группы мероприятий обсуждались в работе [Сорокин, Щодро, 2020]. Волногасящие сооружения с гибкими элементами [Волногаситель ... 2019] представляются следующим образом (рис. 1).

Основными функциональными элементами являются вертикальные трубы, выполняемые из стеклобазальтопластика, главные преимущества которого отмечены ниже; фундаментную основу конструкции составляют трубы из любого материала, например стальные, которые заполняются бетоном и служат для придания устойчивости сооружению. Дополнительными элементами волногашения являются горизонтальные стержни из гибкого материала, соединяющие верхние концы основных вертикальных труб, а также скользящие контр-упоры для крайних вертикальных рядов гибких элементов, упирающиеся в крайние трубы фундаментной части сооружения и ограничивающие колебания слишком большой амплитуды при прохождении шторма.

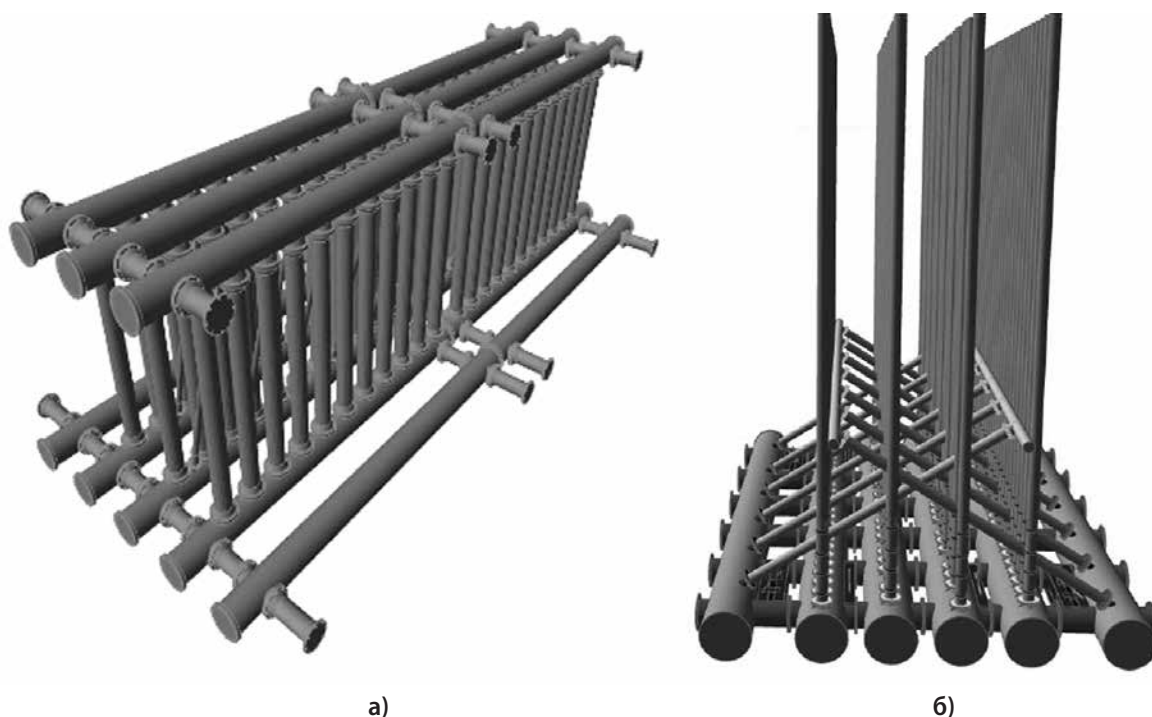


Рис. 1. Сооружения с гибкими элементами:

- а) с верхними горизонтальными связями гибких элементов;
- б) со скользящими контр-упорами для крайних вертикальных рядов гибких элементов. Рисунок сделан НК ООО «Евразия»

Следует отметить основные преимущества предлагаемого волногасящего сооружения (элемента фланцевого типа). Они заключаются в том, что это сквозное сооружение, влияющее на ветро-волновые течения более «мягко», чем влияют сплошные сооружения, и в то же время оно достаточно эффективно гасит волны за счет регулируемой гибкости его вертикальных элементов. При этом появляется возможность создания дополнительного упругого отпора, оказываемого сооружением на ветро-волновой поток, что приводит к более эффективному волногашению. Несомненные преимущества самого материала стеклобазальтопластика: коррозионная устойчивость, прочность, износостойчивость, гибкость, технологичность производства и относительная дешевизна.

Преимущества крепления элементов сооружения фланцевым соединением через полнообхватные фитинги с фланцевыми соединениями: высокая технологичность сборки, облегченная транспортировка, возможность сборки на берегу, облегченные технологические схемы транспорта сооружений с берега в море, возможность замены поломанных

труб и элементов в период эксплуатации, возможность перекомпоновки существующих сооружений и прочие.

Волногасящие сооружения с гибкими элементами работают по принципу перераспределения расходов набегающего ветроволнового потока в пространстве и во времени, а также в пространстве между берегом и сооружениями по их фронту, ориентированному вдоль защищаемого берега.

Волнение на поверхности моря или достаточно широкого водохранилища обычно вызывается направлением подхода волн, которое определяется в основном преимущественным направлением ветра, а также процессом рефракции волн, который приводит к изменению направления подхода, и обычно волны по мере приближения к берегу разворачиваются параллельно его кромке. Длина, высота и период волн могут быть определены по данным [Ефремова, 2019; СНиП 2.06.04-82].

Механика процессов перераспределения удельных расходов воды в наличии рассматриваемых сооружений может быть описана следующим образом. При подходе волны к сооружению гибкий его элемент деформируется под влиянием гидродинамической нагрузки и, запасая в себе энергию, после отката волны отдает ее. Элементы сооружения распрямляются и передают часть накопленной энергии всему потоку, который на них набегаёт, ускоряя его в противоположную сторону и обуславливая дополнительные гидродинамические сопротивления всему ветро-волновому потоку.

В результате большая часть волнового потока проникает в пространства между соседними сооружениями и дополнительно вовлекает с собою наносы; вошедшие массы воды в пространство между берегом и осью сооружений начинают свое движение в направлении, параллельном оси сооружений, и инициируют дополнительное движение наносов в направлении к центральной части пространства перед берегом. За каждым сооружением, где наносы откладываются, образуя некую отмель, берег укрепляется и нарастает. Такие отмели мы можем видеть на рисунках 2а, эффект волногашения виден на рисунке 2б, 2в.

При наличии вдольберегового потока наносов, переносимых водными массами, можно расположить систему волногасящих сооружений с некоторыми зазорами между ними перпендикулярно берегу. Замыкая пространства, огражденные волногасящими сооружениями и берегом, будем иметь аналогичную картину увеличенного проникновения наносов в пространство между сооружениями. Причем эти дополнительные наносы поступают в прибереговое пространство за счет вдольберегового потока наносов. Также наносы проникают к берегу и на участках самих сооружений, перескакивая через их донные трубы, в замкнутое пространство; линии пляжа при этом отодвигаются от берега в сторону открытого моря.

При натекании на глухое или сквозное волногасящее сооружение, энергия волны переходит частично в потенциальную энергию, то есть повышается уровень воды перед сооружением. За счет разницы уровней перед сооружением и за ним возникает сосредоточенное течение в пространстве между секциями волногасителя, а также между берегом и рядом сооружений, где создаются также и местные градиенты давления. Течения в этом пространстве заставляют поток наносов собираться в центральной зоне, напротив каждого сооружения, где наилучшим образом закрепляется и сам пляж.

На приводимых ниже фотографиях рассмотрим два случая восстановления пляжей: пляжа города Тель-Авива (рис. 3а) и восстановление одного из черноморских пляжей с помощью продольных волноломов, которые сработали положительно (рис. 3б).



а)



б)



в)

Рис. 2. Сооружения с гибкими элементами на Балтийском море – район города Светлогорска:
а) восстановление пляжа; б), в) гашение трехбалльного шторма (фото В.И. Ефремова)



а)



б)

Рис. 3. Защита пляжей с помощью сплошных массивных продольных волноломов:
а) пляж города Тель-Авива;
б) создание и защита зацементированных в виде бухт пляжей с помощью набросных волноломов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидротехнические сооружения. Учебник для вузов. М., 2008. URL: <http://engineeringsystems.ru/gidrotehnicheskiye-sooruzheniya/nagorniye-yavleniya.php>
2. Ефремова М.В. Волногаситель. Патент Ru 187014 U1. Публикация: 2019.02.13. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU187014U1_20190213
3. СНиП 2.06.04–82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Ч. 5.
4. Сорокин А.Н., Щодро А.Е. Волногасящие сооружения сквозного типа с гибкими элементами и принципы их работы // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон (XXVIII береговая конференция). Тез. докл. Всерос. научн. конф. 21–25 сентября 2020 г. Севастополь, 2020. С. 333–334.

СХЕМЫ ЗАЩИТЫ БЕРЕГОВ РЕК И ВОДОХРАНИЛИЩ ОТ ВОЛН И ТЕЧЕНИЙ

А.Е. Щодро¹, А.Н. Сорокин²

¹ *Институт природно-технических систем, г. Севастополь*

² *198 НИЦ МО Российской Федерации, г. Севастополь
alexeug@hotmail.com*

В данной работе проведен анализ предположения об использовании волногасящих сооружений с гибкими элементами вместо низких затапливаемых полузапруд, используемых обычно на реках для защиты берегов от эрозии. Делается вывод о возможности одновременной защиты русла от волновых воздействий и внутренних течений, обуславливающих размывы.

В реках и водохранилищах действует несколько активных факторов, влияющих на размыв берегов. В первую очередь следует отметить следующие из них:

1. Ветро-волновые течения, приводящие к размыву берегов и переносу грунтового материала в реках и водохранилищах;
2. Общий перенос масс воды (основное течение);
3. Вторичные течения, накладывающиеся на основной поток и обусловленные разными причинами:
 - местными сжатиями и расширениями русла, взаимодействием со сложными морфологическими элементами речного русла, например донными грядами, различными мезо- и макроформами речного дна;
 - сложной геометрией русла;
 - поворотом потока в плане;
 - местными ускорениями и замедлениями струй;
 - деформациями водной поверхности;
 - отрывом потока от твердых границ и образованием замкнутых отрывных течений;
 - образованием незамкнутых отрывных течений пространственного вида.

Сооружения, рассматриваемые в качестве основных типов морских берегозащитных средств от размыва (сквозные буны – сооружения с гибкими элементами, вертикальными стержнями, выполненными из стеклобазальтопластика), предложенные М.В. Ефремовой [Ефремова, 2019], могут быть удачно использованы для защиты берегов рек и водохранилищ (рис. 1).

Сооружение, отмеченное на рисунке, образует «полупроницаемую стенку», такое сооружение оказывает отпор – гидродинамическое сопротивление, тормозящее основной поток. Но в то же время его влияние на поток не особенно резкое, оно мягкое, создающее предпосылки для широкого применения таких сооружений в практике регулирования русел и защиты берегов от размыва.

Такое сооружение, будучи установленным под углом 25–35° навстречу потоку (почти параллельно последнему), работает почти как сплошная стенка, вызывая отклонение

транзитного потока, проходящего над этим сооружением, в сторону ближе к нормали к гребню водослива, которым является гребень самой этой «стенки». Это сооружение формирует незамкнутое винтообразное течение с низовой ее стороны, а само это течение обладает интереснейшими свойствами: повышенными скоростями – поступательными и вращательными; повышенной наносотранспортирующей способностью; концентрирует в себе взвешенные наносы. В винтообразном течении повышается также содержание кислорода. Схема гидравлической работы таких сооружений ближе к схеме работы сквозных полузапруд (шпор) с гидравлическим барьером, расположенных под тупым углом к берегу, которые изучены в ряде работ [Бухин и др., 1988; Кириенко и др., 1988].

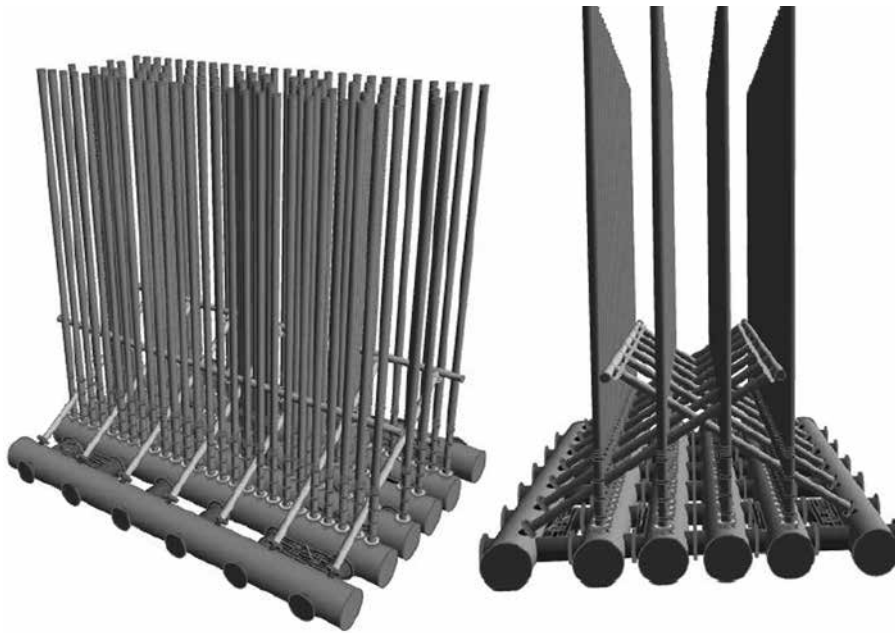


Рис. 1. Сооружение сквозного типа «Гребенка» для защиты берегов рек и водохранилищ (схема НК ООО «Евразия»)

В каждом конкретном случае необходимо изучить все обстоятельства, связанные с основным и вторичными течениями, вызываемые различными указанными причинами. При более-менее сосредоточенном движении потока вдоль берега в пределах защищаемого участка берега, размещение указанных сооружений рекомендуется производить не параллельно потоку, как это делается в случае защиты морских берегов, а под углом 25–35 градусов к береговой линии. При этом сооружение будет работать в полную меру как волногасящее и как наносоуправляющее при косом расположении его гребня относительно набегающего потока. Об эффективности отдельных аспектов работы этого сооружения можно судить по рисункам 2–4.

Низкие и проницаемые волногасящие наносоуправляющие сооружения являются также экологическими, они усиливают массообменные процессы, не препятствуют естественному водообмену, способствуют сохранению качества воды, препятствуют зарастанию водоема, загниванию и другим негативным факторам.

Идея гидроэкологического применения бун изложена в работах [Щодро, 2015; Щодро, Мокляк, 2013], а также в патенте [Щодро, Мокляк, 2020]. Являясь предметом реализации идеи

об использовании внутренней энергии потока для управления движением наносов и улучшения экологического состояния гидросферы, она находит широкий отклик у специалистов гидротехников как максимально дешевое и эффективное средство решения поставленных задач. Дополнительные конструктивные элементы, требуемые для повышения эффективности рассматриваемых бун, – это боковое препятствие и береговое отверстие (рис. 5).

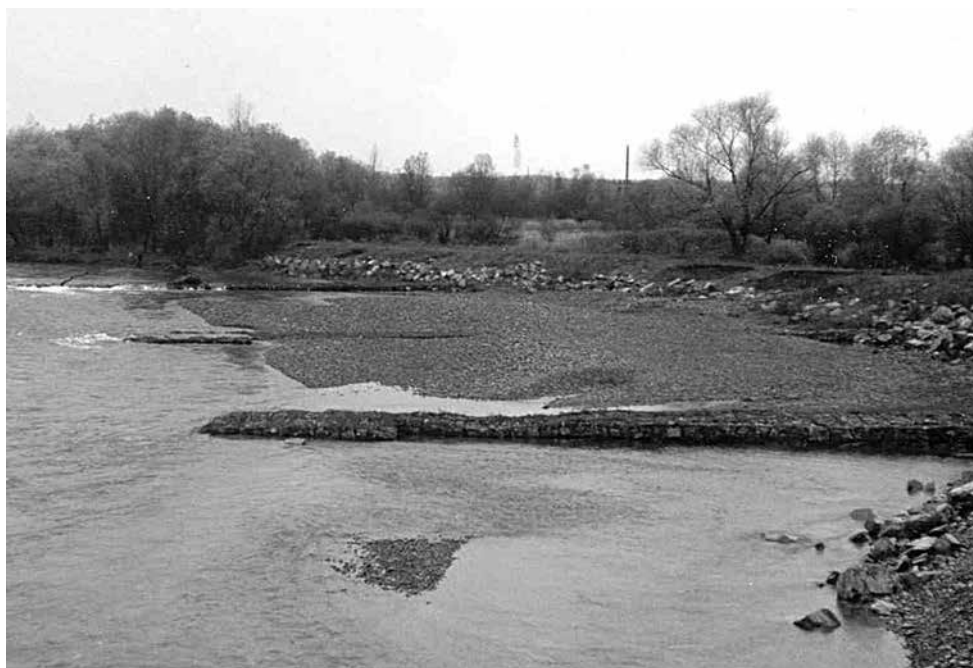


Рис. 2. Защита берега реки Ломницы от размыва галечниковым материалом, принесенным самим потоком, отложенным в межполузапрудных пространствах



Рис. 3. Почти идеальная стабилизация участка резкого поворота русла, у вогнутого берега с помощью косорасположенных донных порогов малой высоты. Направление транзитных струй – справа налево

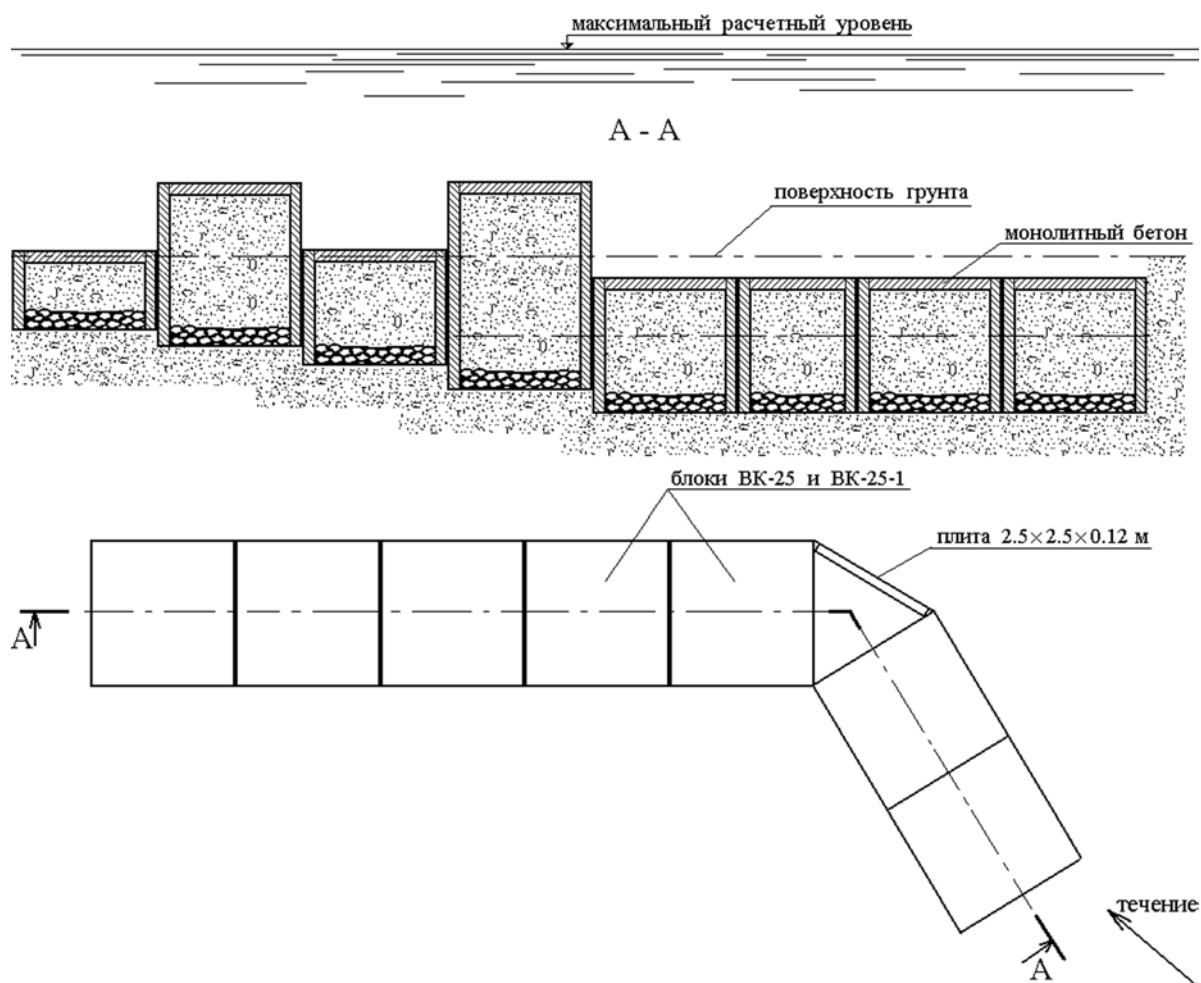
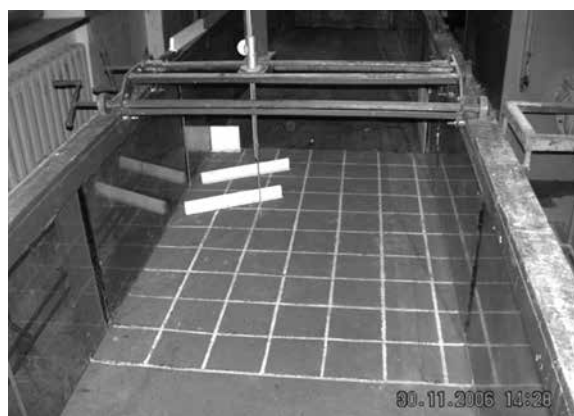


Рис. 4. Схема сквозной полузапруды, дающей минимальные размывы у ее оголовка. Оголовок расположен под острым углом навстречу потоку и имеет пониженные отметки гребня у головной ее части



а)



б)

Рис. 5. Лотковые гидравлические исследования низких бун, расположенных по потоку, с береговым отверстием и боковой преградой:

- а) схема исследуемой системы;
б) характер притока воды через береговое отверстие в зону отрыва

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ефремова М.В.* Волногаситель Патент Ru 187014 U1 МПК E02B 3/06. Публикация: 2019.02.13. Заявка: 2018137512, 2018.10.23. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU187014U1_20190213
2. *Бухин М.Н., Кириенко И.И., Щодро А.Е.* Экспериментальные исследования полузапруды сквозной конструкции // Мелиорация и водное хозяйство. Киев, 1988. Вып. 69. С. 63–69.
3. *Кириенко И.И., Щодро А.Е., Шуминский В.Д. и др.* Обтекание потоком сквозной полузапруды // Гидравлика и гидротехника. 1988. Вып. 47. С. 30–34.
4. *Щодро А.Е.* Проектирование русло-регулирующих полузапруд с целью защиты берегов от размывов // Вестник Национального транспортного университета. Автомобильные дороги и дорожное строительство. Вып. 95. Киев, 2015. С. 172–180. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/172-180.pdf
5. *Щодро А.Е., Мокляк Н.Н.* Низкие затопленные полузапруды как сооружения для защиты берегов от размыва и улучшения экологического состояния водотока // Hydroynzhenerya 1–2 (15–16). Tbilisi, Georgia, 2013. С. 20–35.
6. *Щодро А.Е., Мокляк Н.Н.* Способ интенсификации водообмена в акватории и управления движением наносов и устройство для его осуществления. Патент № 2711810, МПК E 02 B 15/00, E 02 B 8/02, Заявка: 2018134728, 01.10.2018, Гос. регистрация 22.01.2020.

МОРСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ. РИСКИ ОТ РАСТУЩЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БИОТЕХНОЛОГИИ СОДЕРЖАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОЛУЧЕНИЯ ИКРЫ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА – ВОЗМОЖНОГО ОБЪЕКТА АКВАКУЛЬТУРЫ

Н.Г. Журавлева

*Мурманский морской биологический институт, г. Мурманск
NonnaZh@yandex.ru*

Арктический голец – голарктический лососевый вид рыб с пресноводной и особой промежуточной полупроходной формами. Эта северная рыба, как правило, рассматривается как самая холодноводная из пресноводных рыб. Арктический голец чрезвычайно полиморфен с точки зрения экологической и фенотипической изменчивости с большой диверсификацией в характеристиках жизненного цикла между и внутри разных штаммов. Факультативно анадромные арктические гольцы обычно остаются в соленой воде только в летние месяцы, где они быстро растут и достигают значительной степени жирности за относительно короткое время. Затем они проводят остаток года в пресной воде, т.е. живут осенью и зимой в бедной пищевыми ресурсами и холодной окружающей среде пресных вод [Аверинцев, 2005]. В Скандинавии арктического гольца выращивают с начала 1990-х гг. В Швеции и Исландии действуют селекционные программы и основная масса товарного производства гольца ведется с использованием потомства от национальных селекционных программ в каждой стране. Арктический голец славится своей способностью к высоким темпам роста при низкой температуре и поэтому особенно подходит для аквакультуры в высоких широтах и высотах [Черницкийи др., 1987]. Благодаря успеху селекционного разведения, гольцы, используемые в фермерских хозяйствах, растут быстрее и созревают при большем размере и возрасте, чем оригинальный дикий голец. По прогнозам, хотя в настоящее время объемы выращивания незначительны, аквакультура арктического гольца будет расти во всех трех странах. Содержание маточного стада и получение качественной икры – наиболее важный этап для аквакультуры гольца. Разработанные инструкции и биотехнологии по разведению и выращиванию семги не применимы для арктического гольца, поскольку их эколого-физиологические особенности в значительной

мере отличаются. В материалах представлены некоторые рекомендации по содержанию производителей и получению качественной икры.

Производителей маточного стада арктического гольца следует содержать при низкой температуре воды (не выше 2–3 °С). Это актуально в летний период (июнь – август) и за 3–4 недели перед нерестом рыб, поскольку при более высокой температуре в желтке ооцита образуются иные профили жирных кислот, которые не способствуют в дальнейшем высокой выживаемости эмбрионов и молоди. Таким образом, проблемы, связанные с перезреванием ооцитов в теле самки и плохим качеством яйцеклеток, могут быть преодолены при содержании маточного стада при низкой и регулируемой температуре воды круглый год, но особенно в летние месяцы (июль – август) и в течение месяца до овуляции и нереста.

Приемы оценки готовности производителей к нересту общие для всех видов рыб, однако особенности их применения зависят от видовой принадлежности и размеров особей, а также от типа рыбоводных емкостей, в которых они содержатся [Михайленко, 1992]. В настоящее время используют визуальный осмотр внешних признаков производителей, анатомические методы и методы с применением современной аппаратуры. При осмотре производителей важно снизить до минимума стрессовые воздействия. Не следует осматривать рыб раньше наступления нерестовых температур или расчетного времени созревания. Перед нерестом у самок брюшко с боков и снизу становится мягким и слегка увеличивается, на половом отверстии появляется слизь. При надавливании на брюшко или при сгибании рыбы вбок из полового отверстия появляется овариальная жидкость с отдельными икринками. На следующем этапе созревания вместе с овариальной жидкостью вытекает икра. При овуляции икры надавливание на заднюю часть брюшка или сгибание рыбы приводит к выделению струи икры.

Сходные признаки созревания половых продуктов наблюдаются и у самцов гольца. Как и у самцов большинства видов рыб, у них отмечен порционный нерест, поэтому от них можно получить несколько порций спермы. Как правило, перед нерестом у производителей повышается двигательная активность, что служит сигналом к отбору половых продуктов.

Кроме визуальной оценки готовности производителей к нересту в рыбоводстве применяют анатомические методы изучения степени зрелости ооцитов рыб: биопсия, оперативный метод и прямая пальпация. Биопсия гонад осуществляется путем введения через брюшную стенку специального стального щупа. Щуп вводят в заднюю треть брюшка рыбы под острым углом к оси тела. При повороте щупа по оси в канавке остается ткань гонады. Отбор икринок можно осуществлять при помощи жесткого тefлонового катетера диаметром 5–7 мм через небольшой (6 мм) абдоминальный разрез. Несколько ооцитов фиксируют в кипящей воде в течение 1–2 минут, затем их разрезают лезвием бритвы на две равные части по продольной оси, проходящей через его анимальную и вегетативную части, и с помощью лупы определяют положение ядра (зародышевый пузырек) по отношению к анимальной области. Если ядро находится у оболочек в зоне микропиле, то ооцит взят из яичника самки с завершенной IV стадии зрелости. Если ядро отстоит менее чем на свой диаметр от анимального полюса, то яичник самки близок к завершению IV стадии зрелости. Если ядро расположено на расстоянии 1,5–2 своих диаметров от края, то ооцит взят из яичника самки незавершенной IV стадии зрелости. Если ядро занимает центральное положение, то ооцит взят из яичника самки III стадии зрелости. При оперативном методе в брюшной стенке особи делается небольшой надрез (около 2 см), через который извлекают пробу ткани гонад. При данном способе возможен визуальный контроль анализируемой ткани. Недостатком вышеперечисленных методов является их травматичность.

В настоящее время применяют методы изучения гонад с использованием современной аппаратуры: лапароскопия, эндоскопия и ультразвуковая диагностика. При лапароскопии делается небольшой надрез (около 2 см) в брюшной стенке и производится визуальное изучение гонад с помощью овоскопа с подсветкой. Эндоскопия позволяет определять пол рыб и изучать гонады производителей визуально при помощи медицинского исследовательского цистоуретроскопа. Его вводят в полость тела рыб через прокол в брюшной стенке или через половое отверстие. Изучение гонад осуществляется через оптико-волоконную систему прибора. Оптическая система позволяет видеть мельчайшие детали строения и окраски тканей. При эндоскопии все особи должны быть полностью обездвижены с помощью анестезирующих препаратов. Ультразвуковой сканер позволяет обследовать состояние гонад рыб без какого-либо вмешательства извне. Готовность производителей к нересту можно оценивать биофизическими методами интерскопии (микрорентген ооцитов, голографическая интерферометрия и др.) и экспресс-методами физиолого-биохимической диагностики (определение интенсивности энергообмена, содержания белка, липидов и гемоглобина в крови рыб).

Для повышения репродуктивного качества, увеличения плодовитости, ускорения синхронизации созревания диких самок производителей и для более высокой оплодотворяемости икры разработан метод инъектирования производителей витаминами С (аскорбиновая кислота) и Е (α-токоферол) в период преднерестового содержания. На рыбоводных заводах для этих целей используют фармацевтические препараты: 10 %-ный раствор аскорбиновой кислоты (100 мг/мл) и 30 % α-токоферол-ацетат (300 мг/мл). Наибольший эффект достигается при разовом введении витамина С (из расчета 10 мг на 1 кг тела самки) и двухнедельном курсе введения витамина Е (4-разовое инъектирование из расчета 15 мг/кг) перед нерестом.

Применяя одновременно традиционные и современные элементы биотехнологии, можно достичь высокого качества получаемой икры арктического гольца.

Исследования проведены в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» проекта «Разработка технических средств, биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб и беспозвоночных для прогресса аквакультуры Южного и Северо-Западного федеральных округов России», соглашение № 14.607.21.0163 от 03.10.2016, уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60716X0163.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверинцев В.Г. Лососевые речных систем // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана: биология, экология, ресурсы. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 47–122.
2. Михайленко В.Г. Разведение арктического гольца. Апатиты: Изд-во КНЦ АН, 1992. 48 с.
3. Черницкий А.Г., Матишов Г.Г., Ермолаев В.В. Возможность использования арктического гольца для товарного лососеводства в Баренцевом море. Сер. Полярная марикультура. Апатиты: Изд-во КНЦ АН, 1987. 40 с.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

А.А. Оганесян, Е.А. Смирнова, А.И. Савикин

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
avetis1975@gmail.com

Таганрогский залив – морской водоем эстуарно-шельфового типа, характеризующийся малой инертностью и стремительной реакцией на естественные и антропогенные воздействия. В связи с этим изучение фаунистической структуры, выявление чужеродных видов и путей их проникновения, уровня воздействия на экосистемы в настоящее время является одной из ключевых задач гидробиологии. Бентосные организмы имеют способность накапливать токсичные вещества, радиоактивное загрязнение и тяжелые металлы, следовательно, они являются индикаторами изменений, происходящих в Таганрогском заливе. Поэтому изучение динамики видов имеет особое преимущество. Также структурный анализ популяций, биоценозов бентосных организмов позволяет провести контроль качества водных объектов. По видовому составу донных организмов, его количественному развитию и биомассе можно судить об уровне загрязнения грунта и придонного слоя воды.

Изучение бентосных организмов Азовского моря началось более 250 лет назад. На сегодняшний день данные о современном состоянии и закономерностях распределения макрозообентоса Таганрогского залива представлены в различной литературе [Воробьев, 1949; Мордухай-Болтовской, 1939; Некрасова, 1977; Шохин и др., 2006].

Основными определяющими факторами для развития зообентоса являются кислородный режим и соленость. С 2014 по 2015 г. в восточной части Таганрогского залива развивается вселившаяся солоноватоводная североамериканская спионида *Marenzelleria arctia* (Mesnil, 1896), которая стала доминантной [Афанасьев и др., 2020; Ковалев, 2019].

В западной части залива в массовом количестве развиваются и формируют сообщества морские виды моллюсков *Cerastoderma glaucum* (Poiret, 1789) и *Abra segmenta* (Recluz, 1843) [Афанасьев и др., 2020]. В северо-западной части Ейского лимана (южная часть Таганрогского залива) отмечают сообщества с доминированием *Tubificidae* Vejdovsky, 1884 [Набо-

женко, 2011]. В центральной части распространены сообщества с доминированием *Alitta succinea* (Frey et Leuckart, 1847) и сообщества с доминированием *Chironomidae* Macquart, 1838, *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) и *Ostracoda* Latreille, 1802 [Живоглядова, 2020; Ковалев, 2019].

Целью исследования является определение современной структуры бентосных сообществ Таганрогского залива. Для реализации цели были определены систематическое положение бентосных организмов, обитающих на каждой из станций Таганрогского залива, их количественные показатели: биомасса и плотность населения, пересчитанные на 1 м².

Исследование основано на материале, собранном Южным научным центром РАН (ЮНЦ РАН) в ходе экспедиционных исследований Таганрогского залива в 2016, 2017, 2019 и 2020 гг. Всего было исследовано 16 станций Таганрогского залива (рис. 1).



Рис. 1. Станции отбора бентосных проб в Таганрогском заливе (экспедиции ЮНЦ РАН), Google Карты

Отбор и обработка проб проводились в полевых и лабораторных условиях соответственно по общепринятой методике [Руководство ... 1983]. Пробы макрозообентоса отбирались дночерпателем Петерсена площадью захвата 0,034 м². На каждой станции брались по три дночерпательных пробы, которые промывались и фиксировались 4 %-ным раствором формальдегида.

В лаборатории донных животных разбирали по группам, определяли по возможности до вида с помощью определителей [Анистратенко и др., 2011; Мордухай-Болтовской и др., 1968, 1969, 1972], подсчитывали их численность и биомассу. Для постоянного хранения животных перекладывали в 70 %-ный раствор этанола.

Всего было выделено 20 таксонов. Из них до вида определено 17. Полный список выделенных организмов (табл. 1) и диаграмма таксономического состава за каждый год (рис 2.) представлены ниже.

Таблица 1

Список выделенных бентосных организмов

Polychaeta	<i>Corophium volutator</i> (Pallas, 1766)
<i>Alitta succinea</i> (Frey et Leuckart, 1847)	<i>Gammaridae</i> (Leach, 1813–1814)
<i>Aracia</i> sp. (Nogueira, Fitzhugh & Rossi, 2010)	<i>Iphinoe maeotica</i> (Sowinsky, 1893)
<i>Hypania invalida</i> (Grube, 1860)	<i>Pseudocuma (Stenocuma) graciloides</i> (G.O. Sars, 1894)
<i>Hypaniola kowalewskii</i> (Grimm, 1877)	<i>Pterocuma pectinatum</i> (Sowinsky, 1894)
<i>Marenzelleria arctica</i> (Chamberlin, 1920)	Bivalvia
<i>Nephtys cirrosa</i> (Ehlers, 1868)	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Poiret, 1789)
<i>Streblospio gynobranchiata</i> (Rice & Levin, 1998)	<i>Monodacna colorata</i> (Eichwald, 1829)
Oligochaeta	Gastropoda
<i>Tubificidae</i> (Vejdovsky, 1884)	<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)
Crustacea	<i>Laevicaspia lincta</i> (Milaschewitsch, 1908)
<i>Amphibalanus improvisus</i> (Darwin, 1854)	Insecta
<i>Caspiocuma campylaspoides</i> (G.O. Sars, 1897)	<i>Chironomus plumosus</i> (Linne, 1758)

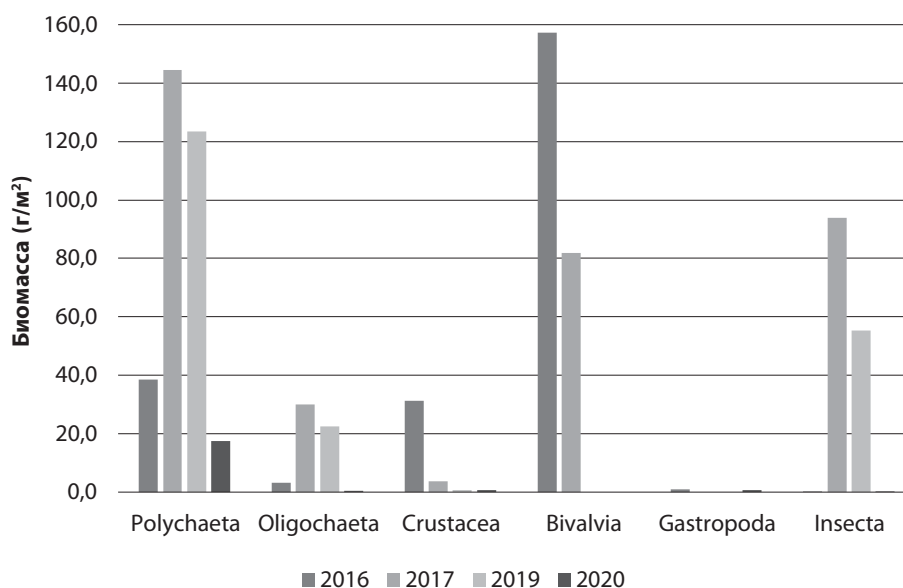


Рис. 2. Диаграмма таксономического состава бентосных организмов за каждый исследуемый год

При анализе материалов исследованных районов в 2016 г. были выделены сообщества с доминированием *Alitta succinea* и *Tubificidae*, они являлись наиболее распространенными. Также было выявлено сообщество с доминированием *Cerastoderma glaucum* и *Amphibalanus improvisus* в качестве субдоминанты. Это может указывать на высокую соленость (до 12 ‰) Таганрогского залива в 2016 г., что и позволило эвригалинному моллюску *Cerastoderma glaucum* углубиться в залив восточнее (вплоть до пос. Приморка) по сравнению с его местобитанием в 2010 г. [Савикин, 2010].

В 2017 г. наиболее характерны сообщества с доминированием полихеты-вселенца *Marenzelleria arctica* и *Chironomidae* в качестве субдоминанты, а также сообщества с доминированием *Tubificidae* и субдоминантой *Marenzelleria arctica*.

В 2019 г. характерны сообщества с доминированием *Alitta succinea* и *Tubificidae* как субдоминанты, а также сообщества с доминированием *Chironomidae*, *Tubificidae* и *Hypaniola kowalewskii*.

В 2020 г. во всех рассмотренных станциях доминирует полихета *Alitta succinea* с *Tubificidae* или *Corophium volutator* в роли кодоминанты.

Таким образом, в рассмотренном промежутке времени в центральной и восточной частях Таганрогского залива всё большую роль начинают играть организмы, более устойчивые к осолонению, к примеру *Alitta succinea* и *Cerastoderma glaucum*. Виды же, предпочитающие более низкую соленость, чаще встречаются ближе к эстуарной части залива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анистратенко В.В., Халиман И.А., Анистратенко О.Ю. Моллюски Азовского моря. Киев: Наукова думка, 2011. С. 184.
2. Воробьев В.П. Бентос Азовского моря // Труды АзчерНИРО. Симферополь: Крымиздат, 1949. Вып. 13. С. 195.
3. Живоглядова Л.А., Фроленко Л.Н., Афанасьев Д.Ф. Донные биоценозы Азовского моря на пике современного осолонения // Морские исследования и образование (MARESEDU-2020). Труды IX Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 26–30 октября 2020 г. М.: ПолиПРЕСС, 2020. С. 305–307.
4. Ковалев Е.А. Зообентос восточного и центрального районов Таганрогского залива // Понт Эвксинский – 2019: мат-лы XI Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам водных экосистем, посв. памяти д.б.н., проф. С.Б. Гулина. Севастополь, 23–27 сентября 2019 г. Севастополь: ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, 2019. С. 34–36.
5. Мордухай-Болтовской Ф.Д. О годовых изменениях в бентосе Таганрогского залива // Зоологический журнал. 1939. Т. 18. Вып. № 6. С. 989–1009.
6. Мордухай-Болтовской Ф.Д., Грезе И.И., Василенко С.В. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Киев: Наукова думка, 1968. Т. 1. С. 437.
7. Мордухай-Болтовской Ф.Д., Грезе И.И., Василенко С.В. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Киев: Наукова думка, 1969. Т. 2. С. 536.
8. Мордухай-Болтовской Ф.Д., Грезе И.И., Василенко С.В. // Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Киев: Наукова думка, 1972. Т. 3. С. 340.
9. Набоженко М.В., Коваленко Е.П. Современное распределение донных сообществ макрозообентоса в Ейском лимане (Таганрогский залив Азовского моря) // Океанология. 2011. Т. 51. № 4. С. 669–674.
10. Некрасова М.Я. Изменения бентоса Азовского моря под влиянием осолонения // Зоол. журн. 1977. Т. 56. Вып. 7. С. 983–989.
11. Афанасьев Д.Ф., Мирзоян З.А., Сафронова Л.М. и др. Планктон и бентос Азовского моря. Многолетняя динамика // Морские исследования и образование (MARESEDU-2020). Труды IX Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 26–30 октября 2020 г. М.: ПолиПРЕСС, 2020. С. 132–134.
12. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
13. Савикин А.И., Набоженко М.В. Распространение двустворчатого моллюска *Cerastoderma glaucum* (Poiret, 1789) (*Bivalvia: Cardiidae*) в Таганрогском заливе Азовского моря // Вестник Южного научного центра РАН. 2010. Т. 6. № 4. С. 105–107.
14. Шохин И.В., Набоженко М.В., Сарвилина С.В., Титова Е.П. Современное состояние и закономерности распределения донных сообществ Таганрогского залива // Океанология. 2006. Т. 46. № 3. С. 432–444.

**МАТЕРИАЛЫ ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ
CYDALIMA PERSPECTALIS (WALKER, 1859) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)
В ГОРОДЕ РОСТОВЕ-НА-ДОНУ В ПЕРИОД 2015–2021 гг.**

Р.В. Романчук^{1, 2}, Р.Н. Оспищев^{1, 3}

¹Академия биологии и биотехнологии

Южного федерального университета (АБиБ ЮФУ), г. Ростов-на-Дону

²Ростовский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ВНИИКР),
г. Ростов-на-Дону

³Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
roma.romanchuk.95@bk.ru; defiel34@gmail.com

Инвазии неаборигенных видов организмов тесно связаны с текущими процессами биотической глобализации и являются одной из крупнейших экологических и экономических проблем современности [Lambinon, 1997; Blossey, 1999]. Негативное влияние чужеродных биологических видов на местные экосистемы приводит как к снижению биологического разнообразия и дестабилизации природных сообществ, так и к значительным материальным потерям в народном хозяйстве [Pimentel et al., 2001; Алимов, Богущкая, 2004; Тишков, 2005].

Наблюдающаяся с 2012 г. в европейской части страны активность самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) – яркий пример стремительной инвазии, нанесшей серьезнейший вред естественным рощам и искусственным насаждениям самшита (*Viburnum* sp.) на юге России [Щуров, 2014; Нестеренкова и др., 2016; Гниненко и др., 2018; Карпун и др., 2019]. Первые находки *C. perspectalis* и сообщения о характерных повреждениях самшита в Ростове-на-Дону фиксировались в период 2015–2017 гг. [Полтавский, 2017]. Предполагается, что вредитель попал в Ростовскую область (РО) с посадочным материалом из Краснодарского края [Оспищев, Романчук, 2021]. Между тем не исключаются и возможные расселительные миграции, поскольку имаго обоих полов активно летают и за сезон способны преодолевать расстояния до 10 км [Стрельцов, 2008; Нестеренкова и др., 2016]. В последующие годы гусеницы вредителя в больших количествах отмечались на мониторинговых маршрутах, охватывавших Западный жилой массив Советского муниципального района, жилые массивы «Военвед» и «Каменка» Октябрьского муниципального района и Северный жилой массив Ворошиловского муниципального района Ростова-на-Дону [Оспищев, Дудкин, 2020].

В статье мы приводим краткую сводку о выявлении очагов вредителя, эпизодичных сборах имаго и результатах применения ряда химических препаратов для борьбы с гусеницами огнёвки.

2015–2017 гг. В августе 2016 г. получены первые достоверные сообщения о повреждении самшита в Ростове-на-Дону [Полтавский, 2017; Оспищев, Дудкин, 2020; Оспищев, Романчук, 2021]. Сбор сведений велся А.Н. Полтавским. В частности, мониторинг самшитовой огнёвки осуществлялся на территории Ботанического сада ЮФУ, где в указанный период

вредитель обнаружен не был. Ближайший очаг находился на расстоянии около 1 километра от Ботсада [Полтавский, 2017].

26.04.2019–30.06.2019. Октябрьский муниципальный район, ул. Таганрогская, очаг: 152 экз. гусениц, leg. Оспищев Р.Н.

03.05.2019–25.06.2019. Советский муниципальный район, ул. Кузнечная и ул. Береговая, очаг: 127 экз. гусениц, leg. Оспищев Р.Н.

13.05.2019–15.06.2019. Ворошиловский муниципальный район, пр. Королёва, очаг: 102 экз. гусениц, leg. Оспищев Р.Н.

На указанных выше участках мониторинга (2019 г.) были испытаны некоторые наименования инсектицидов: «Шарпей» на основе циперметрина, «Сэмпай» на основе эсфенвалерата, «Каратель» и «Танрек» на основе имидаклоприда с нормами расхода 5 л/100 м², 2 л/100 м², 5 л/100 м² и 1–1,5 л/100 м² соответственно [Оспищев, Романчук, 2021]. Наибольшую эффективность продемонстрировали препараты «Каратель» (гибель 95 % гусениц в течение 30–40 мин. на каждом из трех обработанных участков) и «Танрек» (гибель 70 % гусениц в течение 30–40 мин.) [Оспищев, Романчук, 2021].

Апрель – сентябрь 2020 г. Первомайский муниципальный район, ул. Равнинная, очаг: визуально отмечено >80 экз. имаго, >150 экз. гусениц, leg. Шишканова Л.В. Обработка не проводилась.

07.08.2020. Советский муниципальный район, ул. Тернистая, 1 экз. имаго, leg. Асланьян В.П.

14.08.2020. Железнодорожный муниципальный район, Кумженская роща, 2 экз. имаго, leg. Романчук Р.В.

Апрель 2021 г. Первомайский муниципальный район, ул. Равнинная, очаг: визуально отмечено >100 экз. гусениц, leg. Шишканова Л.В. На частном садовом участке в соответствии с предложенной методикой обработки [Оспищев, Романчук, 2021] был применен препарат «Каратель». Опрыскивание кустов самшита вечнозеленого (*B. sempervirens* L.) привело к гибели 90 % гусениц (сообщение Шишкановой Л.В.).

Май 2021 г. Ботанический сад ЮФУ, визуально отмечено >40 экз. гусениц, leg. Оспищев Р.Н.

17.05.2021. Октябрьский муниципальный район, ул. Стрелковая, очаг: визуально отмечено >100 экз. гусениц, leg. Оспищев Р.Н. Обработка не проводилась.

Результаты обработки зараженных гусеницами *C. perspectalis* насаждений самшита не несут абсолютного характера. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на разработку оптимальной методики применения инсектицидов на пораженных вредителем участках в условиях городской среды.

В заключение отметим, что дать однозначный прогноз распространения и уровня вредоносности самшитовой огнёвки на территории РО затруднительно. Между тем результаты проведенных на сегодняшний день исследований позволяют исключить агрессивную инвазию с массовым размножением вредителя. Основными лимитирующими факторами здесь выступают обедненная кормовая база, рассеянность отдельных растений и насаждений самшита, воздействие одорирующих факторов городского воздуха и его низкая влажность, а также ряд других возможных ограничений городской среды степной зоны [Оспищев, Дудкин, 2020; Оспищев, Романчук, 2021]. Однако необходимо учесть, что при возникновении более благоприятных условий *C. perspectalis* способна нанести существенный ущерб городскому озеленению и частным насаждениям самшита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Зоологический институт РАН. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 436 с.
2. Гниненко Ю.И., Пономарев В.Л., Сергеева Ю.А., Ширяева Н.В., Нестеренкова А.Э., Лянгузов М.Е. Самшитовая огневка *Neoglyphodes perspectalis* Walker – новый опасный вредитель самшита на юге европейской части России. Пушкино: ВНИИЛМ, 2018. 36 с.
3. Карпун Н.Н., Пономарев В.Л., Нестеренкова А.Э., Захарченко В.Е. Инвазия и биология самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera, Crambidae) на черноморском побережье России // Карантин растений. Наука и практика. 2019. № 3. С. 49–58.
4. Нестеренкова А.Э., Пономарёв В.Л., Гниненко Ю.И., Растегаева В.М. Самшитовая огнёвка в России: особенности биологии, перспективы мониторинга и регулирования // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. Красноярск, 2016. С. 155–156.
5. Оспищев Р.Н., Дудкин С.И. Исследование последствий инвазии самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) в насаждениях самшита в Ростове-на-Дону // Экология и природопользование: тематический сборник. Вып. 17 / отв. ред. К.Ш. Казеев. Ростов н/Д.; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. С. 97–81.
6. Оспищев Р.Н., Романчук Р.В. Инвазии самшитовой огневки в Ростове-на-Дону // Защита и карантин растений. 2021. № 3. С. 35–37. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_3_35.
7. Полтавский А.Н. Аннотированный каталог насекомых-вредителей интродуцированных растений в Ботаническом саду Южного федерального университета // Труды Ботанического сада Южного федерального университета. Вып. 2. Ростов н/Д.; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2017. С. 120–138.
8. Стрельцов А.Н. Новый род для *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) (Pyraloidea: Crambidae, Pyraustinae) // Евразийский энтомологический журнал. 2008. № 7 (4). С. 369–372.
9. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
10. Щуров В.И. Самшитовая огнёвка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на российском Кавказе – хроника трех лет инвазии // VIII Чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России. Мат-лы междунар. конф., Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014 г. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С. 99–100.
11. Blossey B. Before, During and After: The Need for Long-term Monitoring in Invasive Plant Species Management // Biological Invasions, 1999. № 1. P. 301–311. DOI: 10.1023/A:1010084724526
12. Lambinon J. Introduction of non-native plants into the natural environment // Nature and Environment (Strasbourg: Council of Europe Publishing). 1997. № 87. P. 1–29.
13. Pimentel D., McNair S., Janecka J., Wightman J., Simmonds C., O'Connell C., Wong E., Russel L., Zern J., Aquino T., Tsomondo T. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions // Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001. № 84. P. 1–20. DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00178-X.

АЗОВОМОРСКАЯ СЕЗОННАЯ ПОПУЛЯЦИЯ *MNEMIOPSIS LEIDYI* (AGASSIZ, 1865) В ДЕКАБРЕ 2020 г.

В.В. Саятин

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

Ктенофора – вселенец *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865), интенсивно потребляя кормовой зоопланктон и составляя пищевую конкуренцию планктоноядным рыбам, является важным сезонным компонентом гидробиоценозов Азовского моря. В летний период этот вид проникает сюда из Черного моря и образует сезонную популяцию. От ее количественных характеристик и продолжительности воздействия на экосистему водоема зависят условия восстановления биомассы кормового зоопланктона и условия нагула для ряда промысловых рыб.

Традиционно в литературе выделяют два сценария проникновения *Mnemiopsis leidyi* в Азовское море: ранний и поздний. При раннем сценарии первые его особи встречаются в прикерченском районе моря уже в мае, в июне этот вид распространен широко, а к июлю он отмечается на всей акватории водоема до изогалины 3 ‰. При позднем сценарии вселение начинается в июне, а полное освоение акватории происходит к августу [Гребневик ... 2000; Поважный, Моисеев, 2006; Мирзоян и др., 2006; Поважный, 2009 и др.].

Развитие гребневика в Азовском море, по литературным данным, заканчивается в начале – середине декабря [Гребневик ... 2000].

Мониторинг состояния сезонной популяции *Mnemiopsis leidyi*, проводится как нами, так и исследователями из других научных организаций. Однако обычно исследованиями охватывается период с мая-июня по октябрь включительно, что делает мониторинг ранне-зимней популяции этого вида особенно интересным.

Материал для данной работы собирали в ходе рейса на НИС ПТР «Денеб» в период с 30 ноября по 25 декабря 2020 г. Район работ и расположение станций показаны на рисунке 1. Отбор проб желтелого макропланктона выполняли методом вертикального траления от дна до поверхности с помощью конусной сети ИКС-80 (газ № 15) с диаметром входного отверстия 80 см. На каждой из 26 станций в зависимости от погодных условий проводили 2–3 траления, полученные результаты усредняли. Успешные ловы были проведены на 22 станциях.

Полученные пробы обрабатывались на борту судна в живом виде. Сырая биомасса гребневиков измерялась объемным методом в мерном цилиндре или при малом общем объеме с помощью медицинских шприцов объемом 1–5 см³. Плотность тела гребневиков принималась за 1 г/см³ [Purcell, 1988]. Биомасса пересчитывалась на кубический метр.

Размер особей определялся в прозрачной кювете линейкой с точностью до 1 мм, что позволяло избежать применения не всегда адекватных формул расчета длины тела [Weisse et al., 1995]. Измерялась длина сферосомы до расхождения лопастей.

Всю исследованную акваторию можно условно разделить на 4 района: Таганрогский залив, Темрюкский залив, прикерченский район, центральная и восточная часть моря. Эти районы различаются по значениям биомассы гребневика и размерным характери-

кам пойманных особей. Максимальные показатели наблюдались в Темрюкском заливе, особенно на прибрежных станциях. В центральной части залива биомасса была значительно ниже, несколько повышаясь мористее. Среднее ее значение по заливу составило 2,38 г/м³. Здесь же наблюдались (единично) наиболее крупные пойманные экземпляры *Mnemiopsis leidyi* (рис. 1).

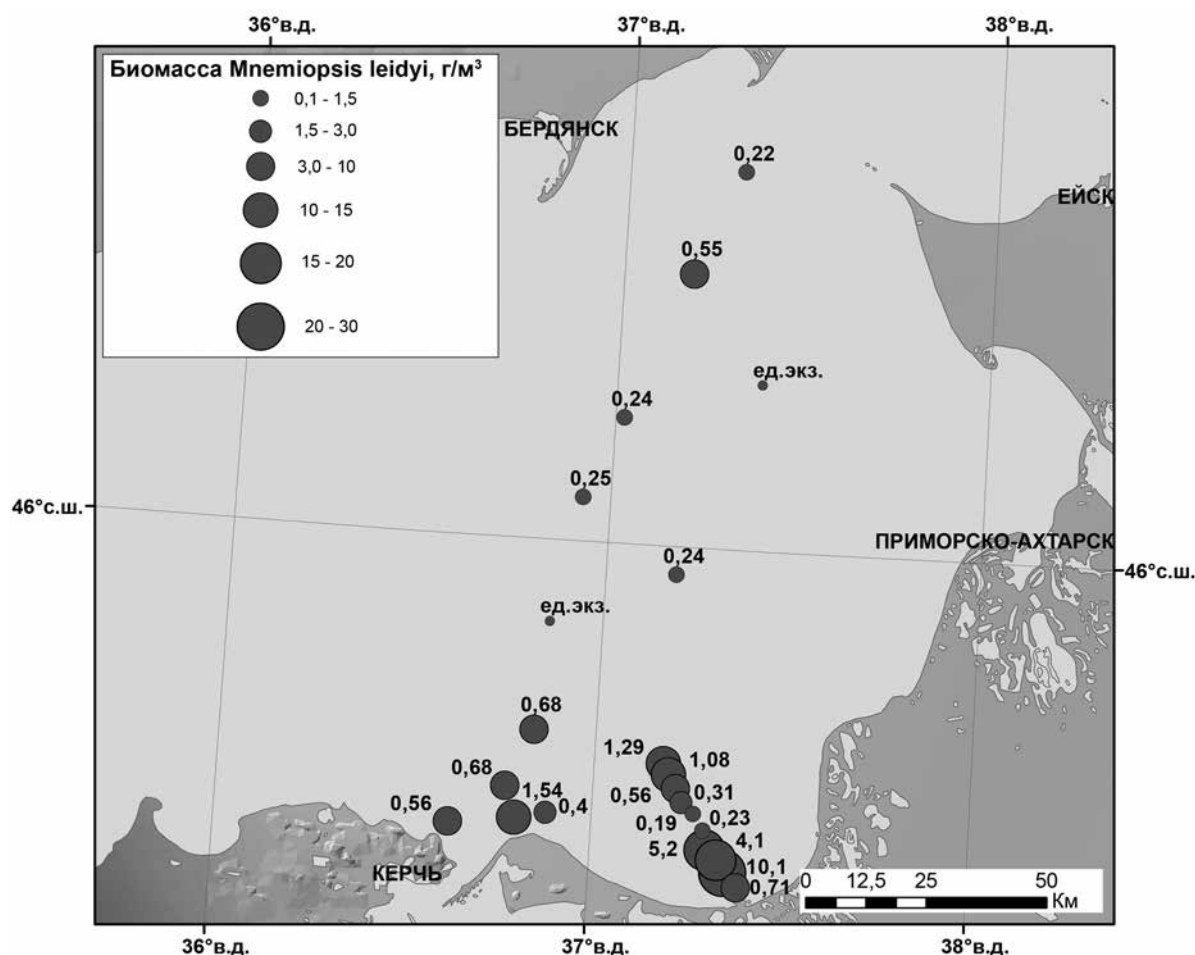


Рис. 1. Район проведения работ и точки отбора проб

В прикерченском районе средняя биомасса гребневика была значительно ниже, чем в Темрюкском заливе и составляла 0,64 г/м³. Размеры особей в пробах здесь также были меньше (рис. 1).

Еще меньшие значения биомассы наблюдались в центральной и восточной частях моря – в среднем 0,21 г/м³. Максимальные размеры пойманных экземпляров *M. leidyi* здесь не превышали 8,0 мм (рис. 1).

В Таганрогском заливе *Mnemiopsis leidyi* в период исследований отмечен не был. Поскольку залив был частично покрыт плавающими ледяными полями, лов здесь производился только на двух станциях (рис. 1).

В среднем по исследованной акватории биомасса *Mnemiopsis leidyi* составила в период работ 1,16 г/м³.

Таким образом, гребневик-вселенец *Mnemiopsis leidyi* в декабре 2020 г. присутствовал на всей исследованной акватории Азовского моря, кроме Таганрогского залива. Район мак-

симальной концентрации этого вида располагался в Темрюкском заливе и отчасти в прикерченском районе моря. Вид был представлен в основном мелкими особями – 1,0–4,0 мм, но единично встречались более крупные экземпляры до 35,0 мм. Возможно, это свидетельствует о продолжавшемся процессе размножения *M. leidy* в период проведения работ.

Интересно сравнить картину распределения мнемииописа, наблюдавшуюся в декабре 2020 г., с данными ноября 2018 г., когда максимальная биомасса *M. leidy* наблюдалась в Таганрогском заливе, а собственно в море – вдоль восточного побережья, особенно в районе Приморско-Ахтарска (точки с координатами N 46° 13.399', E 38° 04.137' и N 46° 06.617', E 37° 59.587') и несколько южнее (N 45° 52.914', E 37° 42.396').

Возможно, в последние 2–3 года сроки захода гребневиков в Азовское море сдвинулись на более ранний период, а также уменьшился временной отрезок между заходами *M. leidy* и его естественного врага, хищной ктенофоры *Beroe ovata* Bruguière, 1789. В этом случае сразу же за вспышкой численности *M. leidy* идет массовое развитие *B. ovata*, который выедает первый вид уже к концу лета. Затем следует уменьшение количества *B. ovata* вследствие недостатка корма, и к поздней осени, пока позволяет температура воды, *M. leidy* немного восстанавливает свою численность. Особенно это касается районов, куда *B. ovata* проникает позже и в меньшем количестве, а исчезает раньше – Таганрогского и Ясенского заливов. Это может привести к картине распределения гребневиков, наблюдавшейся в ноябре 2018 г. [Саяпин, 2020].

При подобном развитии событий в раннезимний период более теплолюбивый *B. ovata*, в Азовском море полностью гибнет, а более устойчивый к низким температурам *M. leidy* продолжает медленно восстанавливать свою численность, пока температура воды не станет ниже критической для этого вида. Соответственно гибель сезонной популяции *Mnemiopsis leidy* будет начинаться в наиболее холодной части водоема – Таганрогском заливе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребневик *Mnemiopsis leidy* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях / под ред С.П. Воловика. Ростов н/Д.: БКИ, 2000. 500 с.
2. Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Вязун Е.В. Особенности развития *Beroe ovata* и *Mnemiopsis leidy* в Азовском море в современный период // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна (2004–2005 гг.). Ростов н/Д., 2006. С. 136–148.
3. Поважный В.В., Моисеев Д.В. Современное состояние популяции гребневика *Mnemiopsis leidy* (A. Agassiz) в Таганрогском заливе // Экосистемные исследования Азовского, Черного, Каспийского морей. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. Т. VIII. С. 132–141.
4. Поважный В.В. Особенности динамики зоопланктоного сообщества Таганрогского залива // Вестник Южного научного центра РАН. 2009. Т. 5. № 2. С. 94–101.
5. Саяпин В.В. Состояние желетелого макрозоопланктона Азовского моря в 2018–2019 гг. // Наука Юга России. 2020. Т. 16. № 3. С. 62–68.
6. Purcell J.E. Quantification of *Mnemiopsis leidy* (Ctenophora, Lobata) from formalin-preserved plankton samples // Marine Ecology Progress series. 1988. 45. P. 197–200.
7. Weisse T., Gomoiu M.-T., Scheffel U., Brodrecht F. Biomass and size composition of the comb jelly *Mnemiopsis* sp. in the North-western Black sea during spring 1997 and summer 1995 // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2002. 54. P. 423–437.

ЭКОСИСТЕМЫ ПОБЕРЕЖИЙ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

ДОННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ВАСИЛЁВОЙ БУХТЫ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА) В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕГО ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

И.В. Агаркова-Лях

*Институт природно-технических систем;
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
iva_crimea@mail.ru*

В местах длительного природопользования складываются наиболее сложные отношения между природной средой и системами хозяйствования человека. В юго-западной части побережья Крымского полуострова таким участком является акватория Василёвой бухты близ Балаклавы с примыкающей к ней сушей, где соседствуют рекреационный и промышленный типы природопользования. Многолетняя работа Псилерахского карьера привела к существенным изменениям расположенных в непосредственной близости от него береговых и подводных ландшафтов [Агаркова-Лях, Тамойкин, 2017; 2020; Агаркова-Лях, Лях, 2020; Агаркова-Лях и др., 2020].

Цель работы состояла в оценке изменений донных ландшафтов Василёвой бухты в условиях ее многолетнего техногенного загрязнения. В качестве основных ресурсов информации использовались: видеоматериалы состояния донных ландшафтов в июле 2016 г.; карты, фотографии и спутниковые снимки изучаемого района [Картографический сервис Google Maps ... 2018; Старые карты Крыма ... 2018]; фондовые и опубликованные работы [Просви́ров, 1991; Иванов, 2012]; результаты маршрутно-полевых исследований в 2016–2020 гг.

Бухта Василёва находится в 0,9 км к югу от Псилерахского карьера флюсовых известняков АО «Балаклавское рудоуправление им. А.М. Горького» (БРУ) и в 1,5 км к западу от Балаклавской бухты. Псилерахский карьер начал разрабатываться в 1958 г. С этого времени, прилегающие суша и акватория испытывают техногенное загрязнение, основными источниками которого являются: шламовые воды, техногенные оползни отвала «Василёва балка», пыль отвалов и от буровзрывных работ.

Среди указанных источников, наиболее детально было изучено влияние шламовых вод на бентос Василёвой бухты, проведенное в 1990 г. Ю.В. Просвировым на четырех трансектах [Просвиров, 1991]. Шламовые воды представляют собой взвесь из крупных и пылеватых частиц, образующуюся в результате промывки пресной водой различных фракций известняка. По данным [Просвиров, 1991], за период с 1977 по 1989 г. в акваторию бухты было сброшено 2,3 млн т шлама.

Основные итоги его исследований: многолетний выпуск шламовых вод и динамическое оползнеобразование привели к постепенному перекрытию терригенным материалом твердых субстратов, традиционно занятых в этом районе бурой водорослью цистозирой. Полное уничтожение бентосных сообществ отмечалось в районе места сброса шламовых вод до глубины 30 м, на площади около 0,036 км²; крайне угнетенное их состояние наблюдалось на расстоянии 240 м от проекции точки сброса. Полное благополучие донных сообществ фиксировалось лишь на расстоянии более 600 м от места выброса шламовых вод. Такое локальное воздействие дампинга шлама на прибрежные сообщества до глубины 30 м обусловлено рельефом дна Василёвой бухты, где изобата 30 м подходит близко к берегу, а с 12–17 м до 40–50 м отмечается резкий свал глубин. В связи с этим, основная масса шлама сразу уходит на глубины 50–60 м, практически не распространяясь вдоль побережья.

Согласно данным БРУ, в 2000 г. сброс шламовых вод в бухту был прекращен [Балаклавское рудоуправление ...], но поступление вскрышных пород с оползнями продолжилось. Один из крупнейших техногенных оползней здесь образовался в декабре 2006 г. [Илларионов, 2006].

Чтобы оценить современное состояние донных ландшафтов Василёвой бухты, летом 2016 г. была проведена видеосъемка участка подводного склона напротив отвала вскрышных пород, где наблюдается активный размыв оползневых отложений. Полученные результаты сравнивали с одним из трансектов, выполненных в 1990 г. Ю.В. Просвировым.

В ходе последних исследований было установлено, что после остановки сброса в бухту шламовых вод, на подводном склоне в непосредственной близости от пляжа наблюдаются два противоположных процесса: с одной стороны, через действующий масштабный техногенный оползень идет активный вынос и аккумуляция в море твердого вещества различных фракций; с другой – в прибрежной зоне происходит размыв мелкофракционных наносов, накопившихся за десятилетия их сброса. Эти процессы вместе с развитием морского волнения (участок открыт для волн юго-восточных, южных и юго-западных направлений) определяют высокую подвижность гравийно-галечного материала на пляже и его подводном продолжении.

В итоге, из-за активной волновой деятельности в прибрежной зоне наблюдается размыв гравийно-илистых отложений и обнажение первичных твердых субстратов валунно-глыбового скульптурного слоя. В результате на значительных площадях акватории Василёвой бухты возродилась донная растительность, образованная сообществами: *Ulva rigida*, *Cystoseira crinita*, *Polysiphonia subulifera*, *Stilophora rhizodes*, *Enteromorpha linza* и др. Началось восстановление характерных для скально-валунных ландшафтов ихтиоценов, повсеместно представленных различными видами рыб сем. Губановых (*Labridae*), Собачковых (*Blennidae*), Рифовых (*Pomacentridae*). То есть за период, прошедший со времени прекращения сброса шламовых вод в акваторию, произошло значительное улучшение экологического состояния донных ландшафтов Василёвой бухты, что дает возможность предполагать их дальнейшее восстановление.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агаркова-Лях И.В., Лях А.М.* Техногенный оползень в Василёвой балке (Юго-Западный Крым) как фактор формирования современного рельефа и ландшафтов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6 (16). Вып. 1. С. 180–191.
2. *Агаркова-Лях И.В., Тамойкин И.Ю.* Современное состояние донных ландшафтов Василёвой бухты по материалам подводных наблюдений // Системы контроля окружающей среды: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (г. Севастополь, 06–09 нояб. 2017 г.). Севастополь: РИО ИПТС, 2017. С. 148.
3. *Агаркова-Лях И.В., Тамойкин И.Ю., Лях А.М.* Изменения донных и береговых ландшафтов Василёвой бухты в условиях многолетнего техногенного воздействия (юго-западное побережье Крыма) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6 (16). Вып. 4. С. 101–115.
4. АО «Балаклавское рудоуправление им. А.М. Горького». URL: <http://www.balaklava-bru.ru/> (дата обращения: 10.03.2020).
5. *Иванов В.Е.* Особенности возникновения и развития техногенных оползней в районе Балаклавы (Юго-Западный Крым) // Геологический журнал. 2012. № 4. С. 86–92.
6. *Илларионов В.* Крупнейший техногенный оползень Крыма // Слава Севастополя: газета. 14.12.2006. URL: http://slavasev.ru/2006.12.14/view/14556_krupneyshiy-tehnogennyy-opolzen-kryma.html (дата обращения: 12.12.2016).
7. Картографический сервис Google Maps. URL: <http://www.google.maps.com> (дата обращения: 15.04.2018).
8. *Просвилов Ю.В.* Влияние сброса шламовых вод на бентосные организмы (район Балаклавы, глубина 0–25 м). Ч. 1. Севастополь, 1991. 21 с. Деп. в ВИНТИ 05.12.91, № 4519-B91.
9. Старые карты Крыма. Это Место.ру. URL: <http://www.etomesto.ru/krym/> (дата обращения: 10.12.2018).

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.С. Аракелов¹, А.К. Ахсалба², А.В. Долгова-Шхалахова¹, Д.С. Темиров¹

¹Российский государственный гидрометеорологический университет (филиал), г. Туапсе

²Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум

gend_arakelov@bk.ru

Черноморское побережье является основным центром внутреннего туризма и пляжной рекреации среди всех курортных регионов еще со времен СССР. Курортно-рекреационный комплекс в целом и пляжный в частности играет в регионе колоссальную социально-экономическую роль. Практически на всем протяжении Черноморского побережья находятся санатории, пансионаты, гостиницы, лагеря отдыха, кемпинги с собственными и городскими пляжными курортами.

Пляжные курорты привлекают туристов, испытывающих потребность в физическом и психосоциальном восстановлении, коррекции состояния своего здоровья и получении новой жизненной энергии в условиях пляжной рекреации.

Пляжи Черноморского побережья как отдельный туристский вид, обладающий огромным потенциалом для внутреннего и въездного туризма, имеют свои особенности, обусловленные географическими, социальными, культурно-историческими и политическими факторами [Касьянов, 2015].

Черноморье по сравнению с конкурирующими регионами [Кузякина и др., 2017] обладает более теплым и мягким климатом (по большей части умеренно-континентальным, а побережье южнее Туапсе – субтропическим). Это создает важное преимущество в перспективном развитии пляжных курортов региона.

Исходя из исследований информационного агентства «Туринфо», структура туристического потока на Черноморском побережье выглядит таким образом: пляжный туризм составляет 38 %, далее с показателями вдвое-втрое ниже – культурный (20 %), деловой – 18 %, спортивный – 8 % и другие виды туризма [Глушенков, 2006].

При условии учета потенциала и грамотного развития туристическая привлекательность пляжных курортов может сыграть важную роль в разрешении современного социально-экономического кризиса, так как содействует развитию инфраструктуры, охране природы, здоровьесбережению и сохранению традиций [Авдеева и др., 2014].

Анализ научной социологической литературы [Касьянов и др., 2018], результаты собственных социологических исследований курортно-рекреационного комплекса, проведенных в рамках научного проекта, позволили нам выделить факторы, составляющие туристический потенциал пляжных курортов:

- 1) уровень развития общественной безопасности на Черноморском побережье и в акватории пляжной рекреации;

- 2) уровень развития гостиничного фонда и жилищной инфраструктуры, а также их экономической доступности для многочисленных туристов;
- 3) степень, качество благоустройства и ширина пляжной территории;
- 4) уровень развития и шаговой доступности транспортной инфраструктуры, соединяющей места проживания с пляжной акваторией;
- 5) уровень развития рекреационных и здравоохранительных мероприятий, а также сектора спорта и спортивной инфраструктуры курортной зоны пляжей;
- 6) степень развития сети общественного питания (качественного в санитарно-гигиеническом и доступного в экономическом планах);
- 7) уровень развития духовно-развлекательного сектора в рамках пляжных курортов Краснодарского края;
- 8) степень развития торгового сектора и качество сектора связи в районах пляжной рекреации.

Так, по мнению современного исследователя В.А. Веткина, оптимальный туристский продукт, касающийся пляжной инфраструктуры, должен соответствовать следующему набору потребностей: отдых в современных гостевом доме (гостинице), пансионате, расположенных на первой или второй береговой линии, имеющих огороженную, охраняемую территорию, богатую природными рекреационными ресурсами с местами отдыха у воды; собственный песчаный или галечный пляж, оборудованный навесами, лежаками, душем, туалетом, медпунктом, спасательным постом, баром; море со средним уклоном подводного-берегового склона и плавным нарастанием глубины; наличие на пляже закрытого бассейна на случай холодной погоды; наличие фитнес-клуба, оборудованных спортивных и детских площадок, аквапарка, проката автомобилей, велосипедов; наличие в рамках пляжной акватории услуг серфинга, дайвинга, водных лыж, дельтапланов [Gafiatulina et al., 2018].

О важности развития курортов Краснодарского края, в том числе и пляжных, свидетельствует инвестиционная стратегия «Постоянная морская абразия (размыв берегов морем), вывоз пляжного материала для строительных целей и неправильная застройка приводят к постоянному сужению пляжной полосы» [Гуляев, 2008], что противоречит использованию потенциала туристической привлекательности и перспективам развития пляжных курортов Краснодарского края.

Развитие пляжного туризма как одного из главных видов внутреннего туризма среди прочих отраслей непроеизводственной сферы экономики в большей степени сдерживается воздействием внешних негативных групп факторов рискогенного характера [Фокин, 2012; Погорелов, Куделя, 2017].

1. *Группа санитарно-гигиенических и здравоохранительных рисков.* Так, отсутствие комплексного взгляда на регион как туристскую дестинацию, т.е. как центр, территорию, в том числе и пляжную, со всевозможными удобствами, средствами доступного гигиенического обслуживания и услугами пляжного сервиса, исключаящими случаи инфицирования туристов острыми кишечными инфекциями, лямблиозом, лептоспирозом и другими паразитарными заболеваниями.

Стоит подчеркнуть, что существующие сегодня два документа «Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов» и «Санитарные правила устройства, оборудования и эксплуатации пляжей» предписывают санитарно-эпидемиологическим службам начинать пляжный сезон задолго до установления теплой погоды. Однако данные предписания на практике реализуются не в полной мере.

2. *Группа экономических рисков.* Основными проблемами, сдерживающими экономический рост и устойчивое инновационное развитие пляжных курортов, является недостаточность инвестиционного капитала в регионе и крайне низкий уровень платежеспособного спроса основной массы российского населения. Высокая стоимость отдыха на побережье вблизи пляжной акватории и неуклонный рост этой стоимости в период «высокого сезона» оказывает сдерживающее влияние на рекреационный спрос [Дрофичева, 2015].

3. Кроме того, экономический кризис влечет за собой *социально-политическую напряженность и конфликтогенность* [Веткин, 2010], а поток негативной информации в средствах массовой информации о криминальной ситуации в регионе в целом и на пляжных курортах Черноморского побережья в частности снижает туристические потоки как внутреннего, так и внешнего въездного туризма. По причине криминогенной обстановки на курортах, нестабильной экономической ситуации, снижения уровня и качества жизни, возникновения социокультурных рисков для здоровья [Кузякина и др., 2017] возрастает агрессия населения, что может привести даже к столкновениям между туристами и местным населением.

Таким образом, экономические риски напрямую связаны с возникновением социально-политических рисков пляжного туризма.

4. Особую группу рисков инновационного развития пляжных курортов Краснодарского края составляют *экологические риски*, связанные с нарастающей урбанизацией, интенсивной эксплуатацией земель в окрестностях пляжных курортов, расширением виноградников с применением ядохимикатов, загрязнением сточными водами, выпадающими в море. Все это, наряду с наплывом неорганизованных любителей пляжного отдыха в летнее время, намного превышает допустимый уровень нагрузки на пляжные рекреационные территории, что приводит к нарушению экологического равновесия в экосистеме Черноморского побережья.

Кроме того, экологическому состоянию пляжей Краснодарского края угрожают шумовые загрязнения морскими предприятиями и базами Черноморского побережья, морским судоходством, воздушным и железнодорожным транспортом. Так, на участке от Туапсе до Адлера пляжную территорию, прилегающую к железной дороге как гидротехническое сооружение (120 км охраняемых территорий), Северо-Кавказская железная дорога считает своей полосой отвода, что приводит к возникновению конфликтов между РЖД, санаторно-курортными организациями и администрациями курортных территорий при использовании пляжей для целей рекреации [Гварлиани и др., 2006].

В группу *экологических рисков* внутреннего пляжного туризма вполне можно отнести и *погодно-климатический риск* – сочетание вероятности опасного природного явления в пляжной акватории и последствий наступления неблагоприятных метеорологических явлений (штормовой ветер, морской шторм).

5. *Группа промышленных рисков:* противоречия в размещении и развитии промышленных предприятий в образовании большого портового хозяйства, с одной стороны, и использовании пляжных рекреационных ресурсов – с другой [Постановление от 12.07.2017]. Так, источники промышленных рисков, отражающихся на пляжной территории курортов Черноморского побережья, связаны с загрязнениями, во-первых, при добыче и перевозке нефти, а также отходами промышленного производства; во-вторых, с загрязнениями производственными отходами расположенных в прибрежных районах судоходных предприятий и минеральными удобрениями, применяемыми на сельскохозяйственных полях; в-третьих, бытовым мусором, складируемым населением,

проживающим вблизи от пляжной территории, и туристами, отдыхающими на Черноморском побережье; в-четвертых, плохо очищенными сточными речными водами, впадающими в море.

6. Группа *транспортных рисков*. Отсутствие развитой сети современных транспортных магистралей наряду с неудовлетворительной работой транспортных предприятий. Инфраструктура пляжного туризма требует решения транспортной проблемы как основного условия доставки туристов в места пляжной рекреации.

7. Группа *рисков, связанных с профессиональной подготовкой кадров пляжного туризма*. Недостаточная профессиональная подготовка работников индустрии пляжной туристической деятельности, что осложняет рекреационный пляжный туризм.

Таким образом, в результате анализа социологической литературы мы, не претендуя на окончательность анализа рискогенного потенциала инновационного развития пляжных курортов Черноморского побережья, описали семь групп рисков внутреннего туризма: социально-политические, экономические, социально-политические, экологические, промышленные, транспортные, дефицит квалифицированных кадров. Эти риски, безусловно, являются глубоко проблемными для инновационного развития пляжных курортов Черноморского побережья.

Результаты работы были получены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-55-40007 Абх_а) и Академии наук Абхазии (грант № 19-00-34) «Разработка научных основ комплексной оценки геоэкологических рисков природного и техногенного характера для целей обеспечения устойчивого развития береговых систем восточной части Чёрного моря при планировании хозяйственно-экономического комплекса»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Л.Л., Дмитриева Е.С., Кузнецов И.К. Финансовые аспекты функционирования санаторно-курортных организаций Краснодарского края // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы: мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар: КубГУ, 2014. С. 4–8.
2. Веткин В.А. Технология создания турпродукта: пакетные туры. М., 2010. 240 с.
3. Гварлиани Т.Е., Семкина Н.С., Акимова Е.В. Развитие курортов Азово-Черноморского побережья: проблемы и приоритеты. Сочи, 2006. 336 с.
4. Глушенков А.В. Проблемы инновационного развития курортов Азово-Черноморского побережья // Российское предпринимательство. 2006. №1. С. 151–154.
5. Гуляев В.Г. Туризм: экономика и социальное развитие. М., 2008.
6. Дрофичева Е.М. Состояние и перспективы развития туристической отрасли в Краснодарском крае // Научный журнал КубГАУ, 2015. № 109 (05). С. 1–13.
7. Касьянов В.В. Демографическая безопасность региона: проблемы новых рисков (на примере Краснодарского края) // Научное обеспечение регионального развития: мат-лы Междунар. конф. Ростов н/Д.: ЮФУ, 2015. С. 121–126.
8. Касьянов В.В., Мерзаканов С.А., Аракелов М.С., Ахсалба А.К. Туристическая привлекательность пляжных курортов Краснодарского края: потенциал и перспективы развития // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2018. № 11. С. 35–39.

9. Кузякина М.В., Пелина А.Н., Шкляр К.О. Оценка туристической привлекательности пляжей Черноморского побережья Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 130. С. 1–10.
10. Погорелов А.В., Куделя А.О. Проблемы развития территорий Азово-Черноморского побережья Краснодарского края // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. Краснодар, 2017. № 1. С. 229–233.
11. Постановление от 12 июля 2017 года № 3303-П «О развитии пляжных территорий Краснодарского края» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/537892898> (дата обращения: 02.06.2021).
12. Фокин Д.Н. Региональные особенности Черноморского побережья Краснодарского края в стратегическом управлении сетевой организацией индустрии туризма: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Краснодар, 2012. 24 с.
13. Gafiatulina N.Kh., Vorobyev G.A., Imgrunt S.I., Samygin S.I., Latysheva A.T., Ermakova L.I., Kobysheva L.I. Social Health of Student Youth in South Russia: analysis of the perception Of Socio-Cultural Risks // Modern Journal of Language Teaching Methods. Vol. 8. Iss. 6. June 2018. P. 32–41.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА АНТРОПОТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАНДШАФТОВ В ДЕЛЬТЕ ДОНА

О.Е. Архипова, В.Н. Габова

ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону
arkhipova@ssc-ras.ru

Дистанционные методы широко применяются для исследования территорий ввиду доступности спутниковой информации, экономии денежных средств и времени на проведение работ. Область исследования охватывает территорию дельты Дона и Таганрогского залива, куда вошли города Аксай, Ростов-на-Дону, Батайск, Азов и Таганрог.

Данная территория характеризуется большой площадью сельскохозяйственных угодий и малой залесённостью, также здесь располагаются особо охраняемые природные территории. Под антропогенным воздействием понимается распространение застроенных территорий, которое способствует сокращению естественных ландшафтов. Дистанционные методы помогают определить динамику площади застроенных территорий за период с 2005 по 2020 г.

Цель данного исследования – рассмотреть возможность и преимущества применения нейросетевых подходов (НП) для оценки антропогенного воздействия на территорию Таганрогского залива и дельты Дона по сравнению со стандартными методами классификации. Снимки Landsat – наиболее распространённый, находящийся в свободном доступе вид космической съёмки среднего пространственного разрешения. Снимки среднего пространственного разрешения позволяют решать множество задач, например осуществлять мониторинг состояния сельскохозяйственных культур, инвентаризацию сельхозугодий, мониторинг водоёмов и оценку состояния лесов.

Периодичность съёмки Landsat-8 составляет 16 дней. Существуют открытые, периодически обновляемые архивы спутниковых данных, где хранятся космические снимки среднего пространственного разрешения (табл. 1). Получить изображения серии спутников Landsat можно в архиве Геологической службы США.

Таблица 1

Архив космических снимков Landsat исследуемой территории

Год	Спутник	Разрешение снимка, м
2005	Landsat-5	30 × 30
2010	Landsat-5	30 × 30
2015	Landsat-8	30 × 30
2020	Landsat-8	30 × 30

Существуют различные методы классификации изображений. Например, *классификация с обучением* осуществляется так: входной образ путём сопоставления идентифицируется в соответствии с эталонами, созданными вручную. Данный метод использует хорошо распознаваемые элементы местности. При классификации без обучения входной образ относят к ранее неизвестному классу.

Эти методы основываются на спектральном анализе данных, они способны учесть множество факторов и обеспечить достоверный результат. Альтернативой им выступают алгоритмы машинного обучения, основанные на нейронных сетях. Данный способ классификации реализован в ArcGIS Pro (инструмент Deep Learning).

Для отработки методики рассмотрим задачу оценки динамики площадей застроенных территорий с использованием архитектуры нейронной сети U-Net на четырёх снимках 2005, 2010, 2015 и 2020 гг. Данная модель позволяет идентифицировать растительные, почвенные покровы, водные объекты, застроенные территории на основе присвоения класса каждой ячейке раstra. U-Net считается одной из стандартных архитектур сверточной нейронной сети. Сеть состоит из сокращающегося пути (кодера) и расширяющегося пути (декодера), что придает ей U-образную архитектуру. Кодер принимает изображение, выполняет различные свертки и операции сжатия изображения и создает его скрытое представление. Декодер берет это представление и увеличивает изображение путем обратных операций, выдавая в результате маску сегментации (рис. 1).

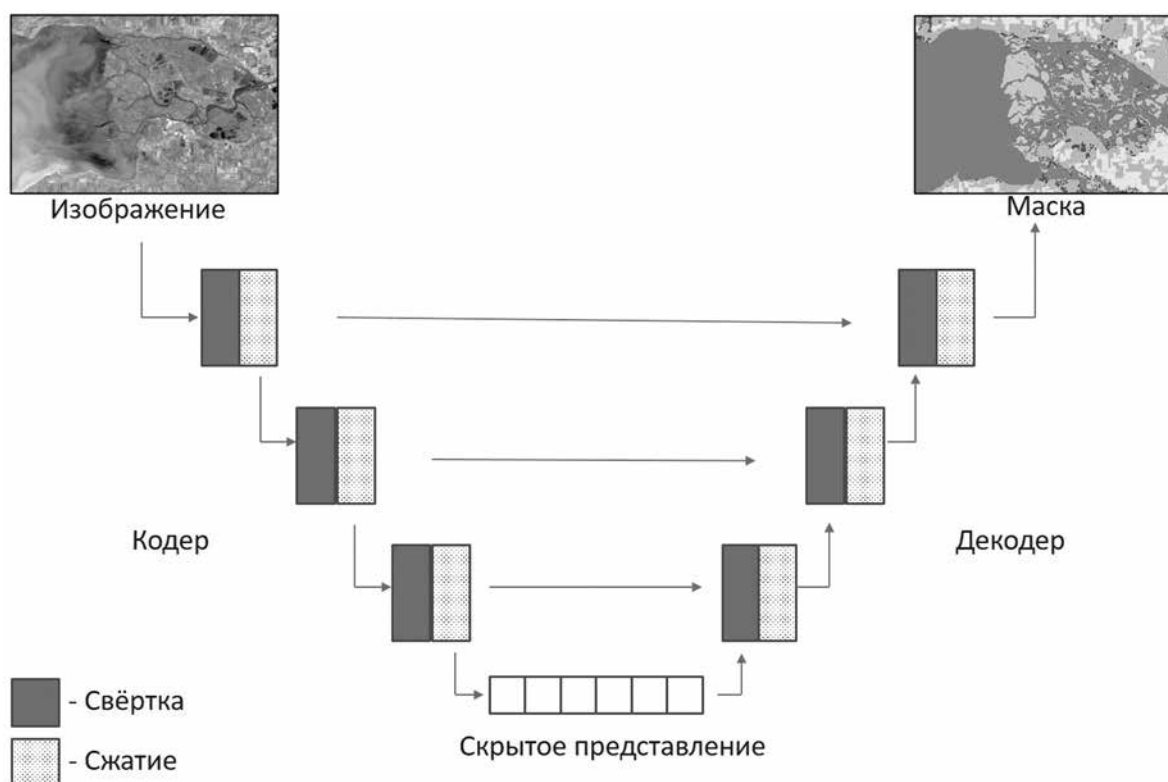


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети U-Net

Обучающая выборка состоит из 7 классов и содержит около 1300 обучающих полигонов. Чтобы добиться высокой точности классификации, во время обучения модели было задано 150 итераций. В результате были получены четыре изображения (рис. 2).

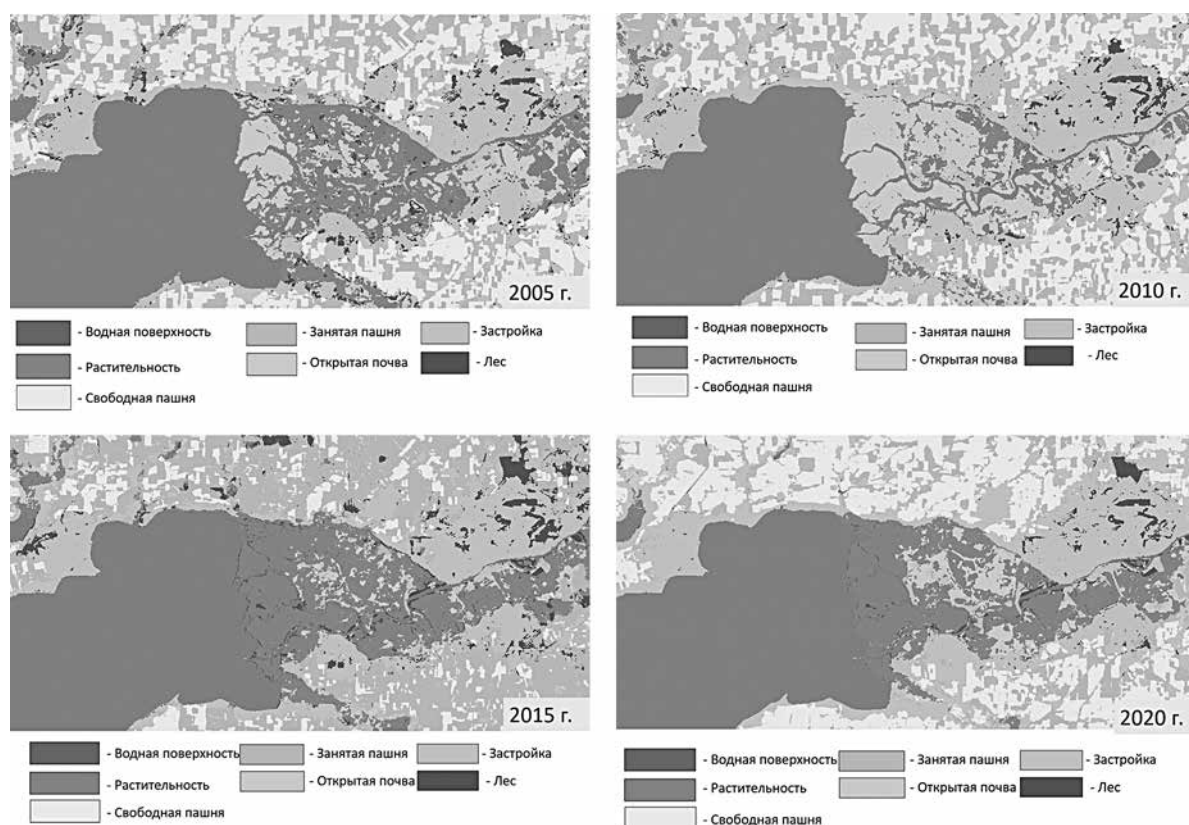


Рис. 2. Результат классификации четырех снимков Landsat

Далее были рассчитаны площади застройки на классифицированных снимках 2005–2020 гг.

$$S = \frac{px \times x \times y}{1\,000\,000},$$

где: px – количество пикселей, определенных для каждого класса; x, y – разрешение снимка в 1 м по ширине и высоте; 1 000 000 – коэффициент для перевода в км².

Согласно расчетам, застройка на исследуемой территории за 15 лет увеличилась на 298 км² (табл. 2).

Таблица 2

Изменение площади застроенной территории в исследуемый период

Год	Площадь застройки, км ²
2005	757,62
2010	770,94
2015	1007,79
2020	1055,63

Далее с помощью матрицы несоответствий была вычислена точность классификации для каждого изображения (табл. 3). Наибольшую точность классификации – 94 % имеет изображение 2010 г., 87 % – 2005 г., 94 % – 2010 г., 85 % – 2015 г.

Таблица 3

Расчет точности классификации снимка 2020 г. с применением НП

№	Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Водная поверхность	29	0	0	0	0	0	0	29	1	0
2	Растительность	0	11	0	0	0	0	0	11	1	0
3	Свободная пашня	0	0	20	3	0	0	0	23	0.87	0
4	Занятая пашня	0	1	0	7	0	0	0	8	0.87	0
5	Открытая почва	0	1	0	0	9	0	0	10	0.90	0
6	Застройка	0	6	0	1	0	16	0	23	0.70	0
7	Лес	1	2	0	0	0	0	7	10	0	0
8	Total	30	21	20	11	9	16	7	114	0.87	0
9	U_Accuracy	0.97	0.52	1	0.64	1	1	1	0	0	0
10	Kappa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.84

Традиционная классификация с обучением была выполнена на снимке 2020 г. для сравнения с НП. Классификация проведена на основе выборки, упомянутой ранее. Точность традиционной классификации составила 73 %, т.е. на 11 % меньше, чем при использовании НП. На рисунке 3 можно видеть, что фрагмент снимка № 1, на котором изображены пашни и часть населенного пункта, идентифицирован по-разному. В результате традиционной классификации занятые пашни слились в один класс с застройкой, в то время как нейросеть определила эту область достаточно верно. Это объясняется тем, что традиционная классификация идентифицирует объекты на основе спектральных характеристик. Пашня, покрытая растительностью, имеет схожие спектральные характеристики с застройкой, где также имеется растительность. Поэтому традиционная классификация не всегда способна отличить схожие по цвету пиксели, относящиеся к разным классам.

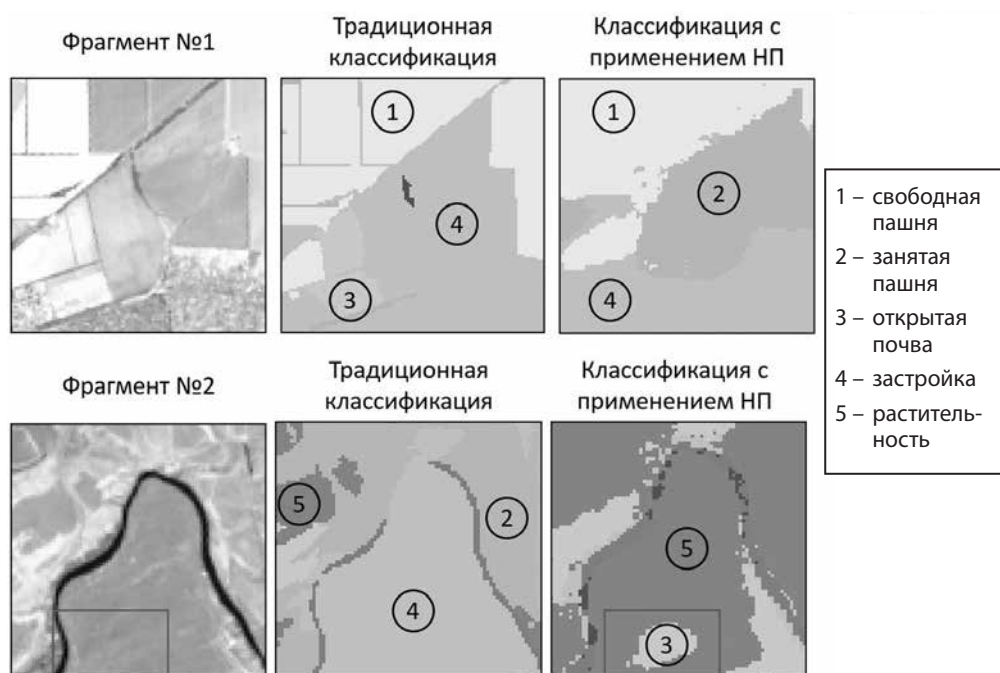


Рис. 3. Сравнение результатов классификации традиционным методом и при помощи нейронной сети

Нейросетевой подход при идентификации входных эталонов делит изображение на фрагменты и классифицирует сами фрагменты, а не каждый пиксель. Аналогичная ситуация прослеживается и на фрагменте № 2, где в первом случае растительность определена застройкой. Во втором случае данная область идентифицирована правильно, кроме того, нейросеть смогла идентифицировать еле заметную область открытой почвы, окруженную растительностью.

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что классификация с применением нейросетевого подхода при одинаковых условиях превосходит традиционный метод. Выходные данные имеют наиболее достоверный результат, что оправдывает применение нейросетевого подхода для оценки обширных территорий.

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ БИОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ ЧЁРНОГО МОРЯ В РАЙОНЕ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В 2019 г.

Т.Е. Баскакова, Е.И. Бурдина, Т.Б. Картамышева

*Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ), г. Ростов-на-Дону
burdina_e_i@azniirkh.ru*

Анализ результатов, полученных в 2019 г. на океанографических станциях у берегов Крыма в пределах экономической зоны Российской Федерации, значительно расширил представления о гидрохимическом режиме прибрежной части Крымского сектора, в том числе Каркинитского залива. Комплексные съемки проводились в ходе совместных рейсов Азово-Черноморского филиала ВНИРО и ИнБЮМ в апреле – мае и июле – августе 2019 г., а также в ходе собственных рейсов Азово-Черноморского филиала ВНИРО в мае – июне и августе – сентябре по сетке станций (рис. 1). Исследовали прибрежную зону, расположенную в юго-восточном районе Каркинитского залива и южного побережья Крыма, с глубинами до 50 м (ориентировочно по линии м. Тарханкут – м. Калиакра).

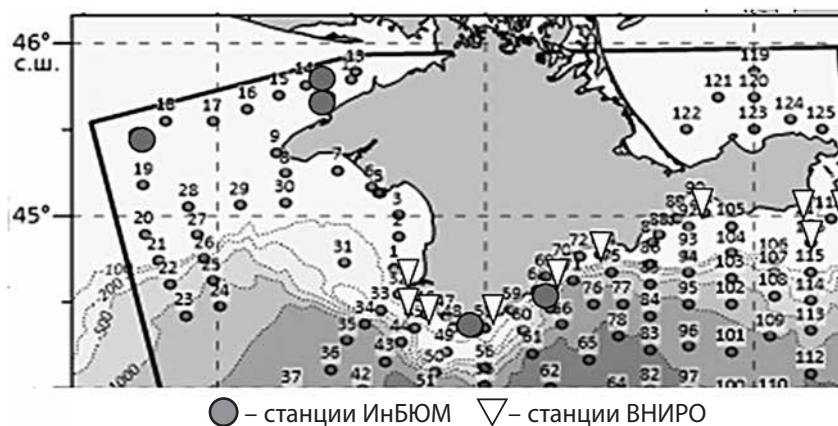


Рис. 1. Схема расположения станций исследований

Особенности распределения биогенных элементов в прибрежной зоне Черного моря связаны как с естественными процессами их накопления в зоне конвергенции, так и с влиянием антропогенных факторов. В результате влияния основного черноморского течения и связанной с ним зоной конвергенции, формируется совершенно особый гидрохимический режим прибрежной зоны, отличный от вод открытого моря [Часовников и др., 2001]. Результаты комплексных исследований прибрежной зоны в 2019 г. показали снижение концентраций биогенных веществ от весны к лету, а именно: азота аммонийного от 0,03 до 0,02 мг/дм³; азота нитритного – от 0,003 до <0,001 мг/дм³; азота нитратного – от 0,010 до 0,005 мг/дм³; фосфора фосфатов – от 0,010 до <0,01 мг/дм³; кремнекислоты – от 0,53 до 0,12 мг/дм³.

В весенний период особый интерес вызвала ситуация, характерная для мелководной зоны с глубинами до 20 м. Четкие максимумы содержания аммонийного ($0,067 \text{ мг/дм}^3$) и нитритного ($0,007 \text{ мг/дм}^3$) азота в термоклине свидетельствовали о минерализации органического вещества, которое образовывалось при интенсивном фотосинтезе в поверхностном слое (рис. 2). Азотсодержащее органическое вещество ($N_{\text{общ.}}$) в большей степени накапливалось в поверхностном слое ($0,32 \text{ мг/дм}^3$) и биотрансформировалось в слое термоклина до $0,20 \text{ мг/дм}^3$, в результате чего восстанавливался аммонийный азот. Максимум общего фосфора ($0,029 \text{ мг/дм}^3$) формировался непосредственно в слое термоклина, его распределение совпадало с минеральным фосфором, поскольку органический фосфор в воде не накапливается, а быстро переходит в минеральную составляющую. Интенсивный фотосинтез в поверхностном слое сопровождался минимумами нитратов ($0,005 \text{ мг/дм}^3$), фосфатов ($0,007 \text{ мг/дм}^3$) и кремнекислоты ($0,05 \text{ мг/дм}^3$).

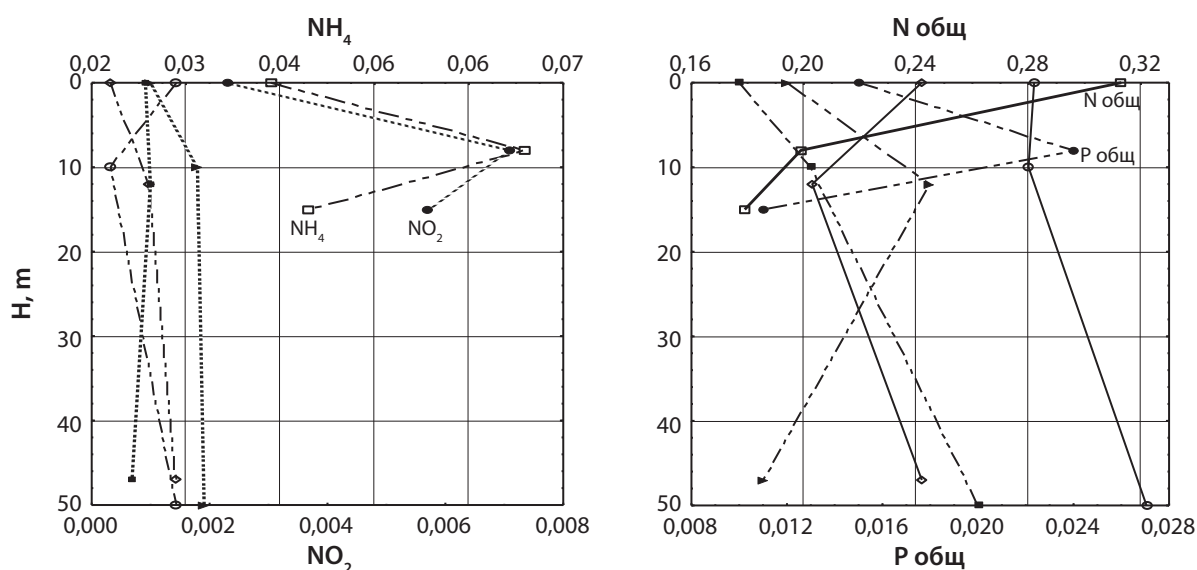


Рис. 2. Вертикальное распределение биогенных веществ в прибрежной зоне в апреле – мае 2019 г. (по данным совместного рейса с ИнБЮМ)

Содержание кремнекислоты, которая не участвует в окислительно-восстановительных процессах, а зависит в основном от пресного стока, в весенний период в Каркинитском заливе оказалось в 2 раза выше, чем в акватории южного побережья Крыма. Известно, что на формирование гидрохимического режима Каркинитского залива доминирующее влияние оказывают ветровые условия, определяющие динамику и термохалинную структуру вод (изменчивость циркуляции, проникновение речных вод, апвеллинг и т.д.). Кроме того, с речным стоком в залив поступает большое количество биогенных элементов, что обеспечивает в этом районе обильную кормовую базу для фитопланктона в течение всего года [Орлова и др., 2001]. Акватория залива подвержена влиянию не только стока Дуная, содержащего отходы промышленности и жизнедеятельности десятка государств Европы, но также загрязненных стоков Днестра и Днестра, и поэтому испытывает чрезвычайно сильную антропогенную нагрузку. По материалам весеннего рейса, концентрации биогенных веществ в данной акватории были достаточно высокими, достигая следующих максимальных значений: нитратный азот – $0,021 \text{ мг/дм}^3$, фосфаты – $0,025 \text{ мг/дм}^3$, кремнекислота – $1,200 \text{ мг/дм}^3$. В летний период при ограниченном водообмене было выявлено снижение концентрации нитратов и фосфатов в 2 раза

относительно весеннего, содержание кремниевой кислоты снижалось в 10 раз и находилось на низком уровне (0,100–0,130 мг/дм³).

Съёмки АЧФ ВНИРО весной проводились в более поздние сроки (на 2 недели) и отличались различным температурным режимом поверхности моря, что отразилось в уменьшении концентраций биогенных веществ. Летом температурный режим обеих съёмок совпадал. Кроме того, различия в сетке станций определили некоторые особенности в распределении биогенных веществ в прибрежной акватории Крымского сектора. Так, весной ВНИРО зафиксировало в створе Судак высокое содержание нитратов (0,023 мг/дм³), возникшее вследствие влияния атмосферных осадков (определялось в рейсе), концентрация нитратов в которых составила – 0,032 мг/дм³. До определенного момента основными источниками поступления биогенных и загрязняющих веществ в Чёрное море считались речной и хозяйственно-бытовой стоки. Однако исследования [Вареник и др., 2010] и наши данные показали, что атмосферные осадки являются существенным источником биогенного азота.

Также в летний период были зафиксированы высокие концентрации аммонийного азота (0,125–0,096 мг/дм³) и нитритов (0,011 мг/дм³) в поверхностном слое в створах Алушта, м. Опук, связанные с антропогенным влиянием поверхностного стока на Крымском побережье (рис. 3). Антропогенная нагрузка на акваторию возрастала от мая к августу. Локальное повышение фосфатов в районе Керченского предпролива в данный период (0,075 мг/дм³) могло быть обусловлено влиянием речного стока или выносом биогенных элементов с Азовского моря.

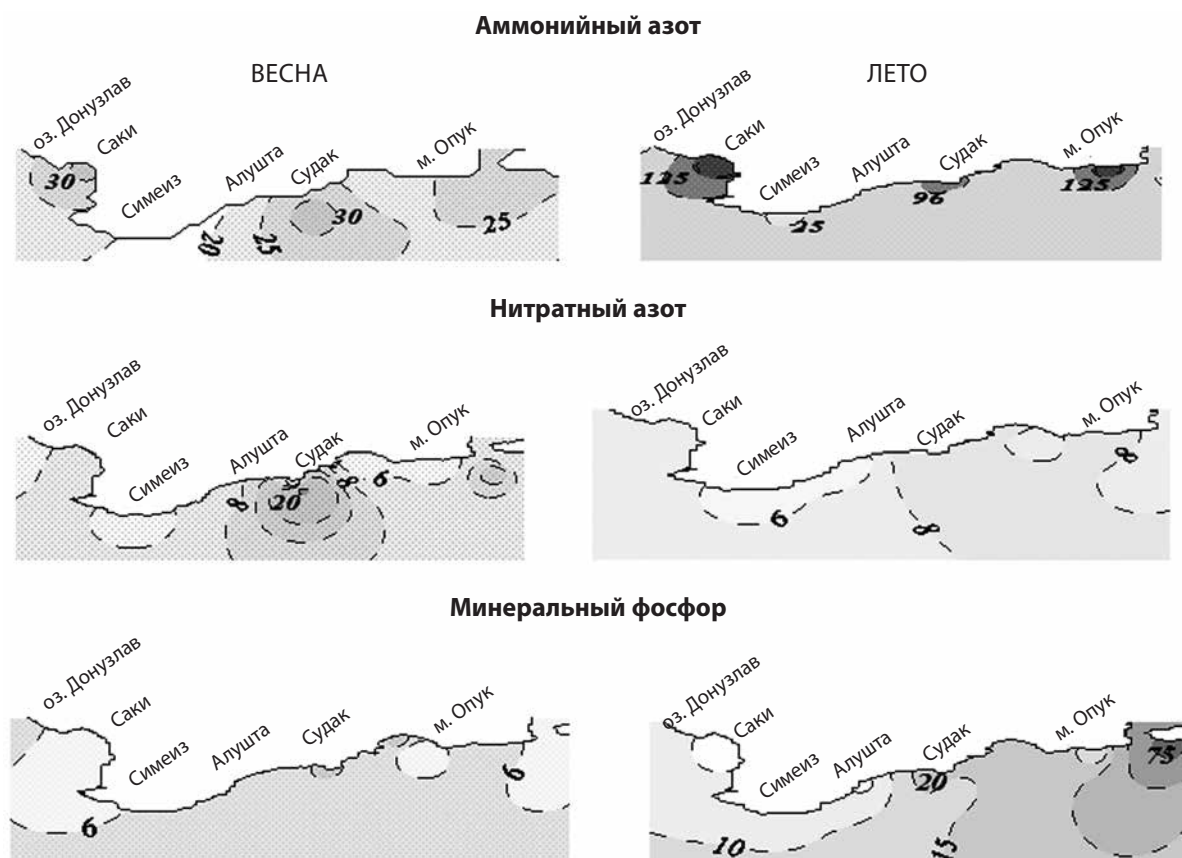


Рис. 3. Пространственное распределение аммонийного, нитритного и нитратного азота в поверхностном слое, мг/м³ (по данным ВНИРО, 2019 г.)

Таким образом, в ходе совместных рейсов Азово-Черноморского филиала ВНИРО и ИнБЮМ в 2019 г. было отмечено снижение концентраций биогенных веществ от весеннего к летне-осеннему периоду в прибрежном районе Крымского полуострова. На прибрежных станциях с глубинами до 20 м в весенний период был зафиксирован выраженный вертикальный градиент соединений азота и фосфора в слое термоклина. Было зафиксировано дополнительное поступление нитратного азота с атмосферными осадками, а также усиление антропогенной нагрузки на акваторию южного побережья Крыма в летний период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вареник А.В., Коновалов С.К., Метик-Диюнова В.В. Оценка роли атмосферных осадков в пространственно-временном изменении распределения неорганических соединений азота в поверхностном слое вод Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Вып. 22. Севастополь, 2010. С. 268–273.
2. Орлова И.Г., Павленко Н.Е., Коморин В.Н., Бондарь С.Б. // Современное состояние химического загрязнения северо-западного шельфа Чёрного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. № 1. Севастополь, 2001. С. 139–153.
3. Часовников В.К., Якушев Е.В., Лукашев Ю.Ф. Влияние вихревой динамики на гидрохимическую структуру вод северо-восточной части Чёрного моря // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря / под ред. А.Г. Зацепина, М.В. Флинта. М.: Наука, 2001. С. 151–160.

ВКЛАД АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ПОСТУПЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАЙОНЕ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

А.В. Вареник, С.К. Коновалов

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
alla.varenik@mhi-ras.ru; director@mhi-ras.ru*

В отличие от открытого океана, прибрежные районы моря почти повсеместно подвержены воздействию человека. Если это происходит бесконтрольно, то может привести к глобальному ухудшению прибрежной морской среды. Основными последствиями являются рост концентрации биогенных элементов, увеличение содержания органического вещества, а, следовательно, снижение содержания растворенного кислорода.

В работе В.М. Грузинова и соавторов [2019] рассматриваются основные источники загрязнения Севастопольского района. Авторы утверждают, что на побережье от м. Лукулл до м. Сарыч функционирует 35 выпусков сточных вод, которые сбрасывают порядка 56 млн м³/год стоков различной степени очистки. Кроме основных выпусков, на побережье Севастополя имеется 11 аварийных выпусков сточных вод. В своей работе исследователи также приводят данные о содержании загрязняющих веществ, в том числе биогенных элементов, в ливневых водах при стокообразующих осадках на территории г. Севастополя. К примеру, в ливневых стоках в бухте Южная содержится до 21,4 мкмоль/л нитратов, 4,28 мкмоль/л аммонийного азота, а также до 37,7 мкмоль/л фосфатов. При этом в ливневых стоках в Артиллерийскую бухту эти величины могут достигать 78,6 мкмоль/л, 1222 мкмоль/л и 101 мкмоль/л соответственно.

По данным [Вержевская, Миньковская, 2018] объем сброса биогенных элементов со сточными водами в прибрежные воды Севастопольского региона может достигать до 1600 т/год для аммонийного азота, 550 т/год – для нитратов и до 406 т/год для фосфатов.

Помимо поступления загрязнённого речного стока и сбросов канализационных вод непосредственно в морскую воду, нагрузка на прибрежную акваторию города формируется также поступлением загрязняющих веществ с атмосферными осадками.

В 2018–2021 гг. проводился отбор и химический анализ проб атмосферных осадков на содержание в них биогенных элементов (неорганического азота, фосфатов и силикатов) в г. Севастополе и п. Качивели в два типа осадкосборников – постоянно открытый и закрытый, открывающийся только на момент выпадения осадков.

По данным о содержании неорганического азота в атмосферных осадках были подсчитаны его потоки на подстилающую поверхность в каждом пункте наблюдения. Для тех прибрежных городов Крыма, где отсутствует возможность непосредственного отбора проб осадков и их химического анализа (г. Евпатория и г. Керчь), было использовано уравнение множественной нелинейной регрессии [Varenik, 2019]. Это уравнение позволяет оценить фоновое поступление без учета локальных источников. Метеопараметры и даты выпадения осадков для каждого города брались на сайте www.rp5.ru. Сайт разработан и сопровождается компанией ООО «Расписание Погоды», представляет прогнозы погоды

на ближайшие шесть суток, информацию о фактической погоде, наблюденную на наземных станциях, а также архивы метеоданных. С использованием данных с указанного сайта составлялся общий массив для возможности использования их в уравнении.

Данные о потоке неорганического азота (ммоль/м^2 в год) в прибрежных городах Крыма в 2018–2020 гг. представлены в таблице 1.

Таблица 1

Поток неорганического азота с атмосферными осадками, ммоль/м^2 в год

Год	Севастополь (измеренный)	Евпатория (рассчитанный)	Керчь (рассчитанный)
2018	35,31	43,72	46,11
2019	23,43	35,68	27,61
2020	24,20	36,88	26,64

Для г. Севастополя доступны как измеренные непосредственно в осадках концентрации и соответствующие им метеоусловия, зафиксированные на метеостанции в момент выпадения осадков, так и данные о метеопараметрах и осадках с сайта www.gr5.ru. Поэтому для оценки соответствия результатов расчета потока неорганического азота с атмосферными осадками с использованием уравнения по данным о метеопараметрах, указанных на сайте, с реальной определенной величиной (для открытого осадкосборника), было проведено сравнение по г. Севастополю. Результаты сравнения показали, что отличие составляет $\approx 14\%$. К примеру, измеренный годовой поток неорганического азота в 2019 г. составил $23,43 \text{ ммоль/м}^2$ в год, а рассчитанный с использованием данных из архива www.gr5.ru – $26,60 \text{ ммоль/м}^2$ в год. Основной причиной разницы в этих величинах является различие в количестве данных о выпавших в г. Севастополе в 2019 г. осадках: 333 мм по данным сайта и 307,6 мм для измеренных концентраций. Учитывая, что анализировались только те пробы, объем которых позволял проводить химический анализ, это различие объяснимо.

Поток фосфатов в г. Севастополе составил в среднем $140,94$ и $331,10 \text{ мкмоль/м}^2$ в год для закрытого и открытого осадкосборника соответственно. Различие в потоке силикатов для двух осадкосборников также было существенным: $342,13 \text{ мкмоль/м}^2$ – для закрытого, и $777,29 \text{ мкмоль/м}^2$ – для открытого. Такая разница в потоках этих биогенных элементов может быть вызвана оседанием терригенных частиц в постоянно открытый осадкосборник в результате пылевого переноса: дальнего, со стороны пустынь Сирии и Сахары [Kalinskaya, Varenik, 2019], а также возникшего по причине, например, весенне-осенней вспашки сельскохозяйственных земель в Крыму.

Согласно данным [Грузинов и др., 2019] концентрация неорганического азота, поступающего с основными реками (Чёрная, Бельбек, Кача и Балаклавка) в прибрежные районы Севастопольского региона, составляет $30\,887 \text{ мкг/дм}^3$, фосфатов – 695 мкг/дм^3 . Общий поверхностный сток этих рек составляет $245\,858 \text{ тыс. м}^3$ в год [Водные ресурсы, наличие рек, озёр]. Исходя из этих данных получим, что вынос с реками составляет 7594 т/год для неорганического азота и около 171 т/год – для неорганического фосфора. Объем биогенных элементов, поступающих со сточными водами в бухты Севастопольского региона [Грузинов и др., 2019], составляет 1478 т/год для неорганического азота и 308 т/год для фосфатов. Согласно данным департамента сельского хозяйства г. Севастополя [Информация о Сева-

стопольском регионе, 2021] площадь акваторий морских бухт города составляет 216 км². Если рассчитать поток биогенных элементов с атмосферными осадками на поверхность морской акватории Севастопольского региона, то для неорганического азота средняя величина потока составляет 94,11 т/год, неорганического фосфора – 1,27 т/год. Исходя из полученных данных вклад каждой составляющей в поступление неорганического азота в прибрежные акватории Севастополя составляет: реки – 82 %, сточные воды – 16 %, атмосферные осадки – 1 %. В поступление неорганического фосфора: 35,5 %, 64 % и 0,5 % для рек, сточных вод и атмосферных осадков соответственно.

Однако атмосферные осадки не выпадают ежедневно и равномерно в течение всего года, сток рек также существенно отличается в разные сезоны. Исходя из этого и вклад различных источников поступления биогенных элементов в их общий бюджет в прибрежных районах будет перераспределяться в течение года. По данным [Схема комплексного использования ... 2016] зимний сток Крымских рек составляет 35 % от годового общего стока, весенний ~ 44 %, летний ~ 12 % и осенний ~ 9 %. Возьмем летний и осенний периоды, когда сток рек в Крыму минимален. Поток биогенных элементов с атмосферными осадками в летний период составляет 93,5 т/сезон для неорганического азота и 1,41 т/сезон для неорганического фосфора. Для осеннего периода значения потоков данных биогенных элементов составляют 113,9 т/сезон и 2,14 т/сезон соответственно. Исходя из полученных данных можно увидеть, что вклад атмосферных осадков в летне-осенний период увеличивается и достигает для неорганического азота ~ 7 % летом и ~ 10 % зимой. Для неорганического азота вклад может составлять ~ 1,2 % в летний период и ~ 1,8 % в зимний.

Мы также решили посмотреть возможный вклад единичных случаев выпадения атмосферных осадков, содержащих высокие концентрации биогенных элементов. Максимальный суточный поток и неорганического азота, и неорганического фосфора с атмосферными осадками был определен в декабре и составил 10,9 т/сут. и 1,34 т/сут. соответственно. Условно примем, что поступление биогенных элементов со сточными водами в течение всего года равномерно, поэтому дневной объем поступления составит 4 т/сут. для неорганического азота и 0,8 т/сут. для фосфатов. Исходя из величины зимнего стока рек (35 % от годового стока) получим, что суточное значение потока биогенных элементов с реками составляет 29,5 т/сут. для азота и 1,9 т/сут. для фосфора. Учитывая данные величины, получим, что вклад атмосферных осадков в суточное поступление биогенных элементов (особенно при пылевом переносе со стороны пустынь) может достигать 25 % для неорганического азота и 33 % для фосфатов в паводковый период.

Анализ полученных данных показал, что прибрежные воды Чёрного моря вблизи крупных промышленных городов, таких как г. Севастополь, подвержены высокому антропогенному давлению. При этом атмосферные осадки играют существенную роль в поступлении биогенных элементов в прибрежные воды. Особенно явно это проявляется на небольших масштабах времени, когда роль основного источника поступления биогенных элементов – речных вод – становится меньше за счет сезонного изменения объема речного стока.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФГБУН МГИ РАН № 0827–2019–0004 и проекта РФФИ 18–05–80028 Опасные явления «Исследование и оценка роли гидрофизических и биогеохимических процессов в формировании зон дефицита кислорода и сероводородного заражения прибрежных районов Крымского полуострова и Керченского пролива».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вержевская Л.В., Миньковская Р.Я.* О загрязнении прибрежной акватории Севастопольского региона сточными водами // Геоэкология и природопользование: актуальные вопросы науки, практики и образования: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Симферополь, 17–20 окт. 2018 г.). Симферополь, 2018. С. 99–102.
2. Водные ресурсы, наличие рек, озер. Севастополь // СОТИ. Система обмена туристской информацией. URL: <https://nbcrs.org/regions/sevastopol/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> (дата обращения: 02.06.2021).
3. *Грузинов В.М., Дьяков Н.Н., Мезенцева И.В. и др.* Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района // Океанология. 2019. Т. 59. № 4. С. 579–590. DOI: 10.31857/S0030-1574594579-590.
4. Информация о Севастопольском регионе // Департамент сельского хозяйства города Севастополя. URL: http://www.depсхsev.ru/sevastopol_region.php (дата обращения: 02.06.2021).
5. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек республики Крым // Общая характеристика речных бассейнов, расположенных на территории Республики Крым. Кн. 1. 2016. URL: https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpTхr9ug_2.pdf (дата обращения: 02.06.2021).
6. *Kalinskaya D. V., Varenik A. V.* The research of the dust transport impact on the biogeochemical characteristics of the Black Sea surface layer // Proc. SPIE 11208. 25th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 1120845 (18 December 2019). doi:10.1117/12.2540432.
7. *Varenik A. V.* Applying the Brandon Method to Estimate the Concentration of Inorganic Nitrogen in Precipitation // Russ. Meteorol. Hydrol. 2019. No. 44. P. 326. URL: <https://doi.org/10.3103/S1068373919050030> (дата обращения: 02.06.2021).

АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА НАТУРАЛИЗАЦИЮ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В ЧЁРНОМ МОРЕ

Г.Е. Гуськов

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

При описании новых видов-вселенцев и анализе причин появления того или иного вида в биоценозе авторы ссылаются на климатические изменения последних лет, которые обусловлены повышением температуры воды и атмосферы, снижением паводков рек и пр. Несомненно, эти факторы существенно влияют на биоразнообразие морей, однако значительным фактором изменения биоты является антропогенный фактор.

Не только резкое изменение климата способствует проникновению средиземноморских видов в Чёрное море, миграционному процессу с последующей натурализацией новых видов содействует и нарушение природного ландшафта побережья, связанное с хозяйственной деятельностью человека. Также проникающие с балластными водами судов организмы не погибают в новой среде обитания, а создают устойчивые, репродуктивные популяции. Всё это формирует иные экологические системы, создает новые условия обитания, привлекающие представителей новых видов.

Наглядным примером взаимосвязи антропогенного фактора и появления новых видов в местах активной хозяйственной деятельности человека является ситуация, сложившаяся с 1997 по 2007 г. в прибрежной зоне вдоль северо-восточного побережья Турции. Здесь в этот период произошли глобальные изменения ландшафтной структуры дна, обусловленные строительством вдоль берега шоссе, волнорезов, рыболовных портов, гаваней и пр.

Таким образом, впервые вдоль юго-восточного берега Чёрного моря возникла новая геологическая среда обитания, представляющая собой большую защищенную территорию с песчаным дном, которая охватывает примерно 400 км береговой линии и достигает до 10 м глубины [Engin et al., 2015]. Для сравнения, протяженность черноморского побережья Краснодарского края от Керченского пролива до Адлера с учётом изрезанности береговой линии тоже составляет около 400 км. Это по масштабам Чёрного моря достаточно обширная территория.

В новых сформировавшихся условиях обитает большое количество морских беспозвоночных, в частности двустворчатые моллюски, веслоногие рачки, мелкие полихеты, последние являются наиболее привлекательным источником пищи, как для местных видов рыб, так и рыб-вселенцев. Примером может служить атлантический землерой, *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758), который, проникнув из Средиземного моря, нашёл в это время у черноморского побережья Турции благоприятные условия обитания [Engin et al., 2015]. Оттуда он и начал распространяться вдоль береговой линии на север Черного моря, где сформировал устойчивую, репродуктивную популяцию [Гуськов и др., 2017; Карпова, 2020; Гуськов, 2021].

Немало изменений за последние годы произошло и у российского побережья Чёрного моря. Это строительство Керченского путепровода, добыча песка на мысе Фиолент и Бакальской косе в Крыму. Любые изменения ландшафта, как известно, приводят к появлению новых видов-вселенцев. Основными группами среди чужеродных видов являются полихеты, ракообразные, моллюски, а это именно те группы бентосных животных, которые преобладают в фауне Чёрного моря. Известно, что в черноморском бассейне за вековой период исследований был зафиксирован 61 чужеродный вид представителей бентоса. При этом только за последние 20 лет их число возросло на 29 новых видов, что составляет почти половину (48 %) от всех обнаруженных бентосных животных за сто лет наблюдений. [Шаловенков, 2020].

Кроме того, как свидетельствуют некоторые литературные источники, в акватории Чёрного моря за 20 лет исследований было обнаружено 26 новых видов рыб (10 % от всех известных видов и подвидов) [Болтачев, Карпова, 2017]. При этом максимальное количество находок зарегистрировано в семействе бычковых (Gobiidae) и морских карасей (Sparidae) [Карпова, 2020]. Надо отметить, что представители данных видов предпочитают прибрежную зону, где в основном и преобладает такой антропогенный фактор, как изменение структуры дна, обусловленное хозяйственной деятельностью человека.

Итак, если сопоставить имеющиеся данные последних исследований биоты Чёрного моря, то очевидным становится факт, что за последние двадцать лет почти на половину увеличилось число чужеродных видов зообентоса (основного корма донных рыб) и за эти же годы на 10 % увеличилось количество новых видов рыб. Интересно отметить, что именно в это время, а точнее в конце 1990-х – начале 2000-х гг., происходили существенные изменения в прибрежном ландшафте юго-восточного побережья Чёрного моря, которые, по-видимому, и создали благоприятные условия обитания и распространения для новых видов-вселенцев. При этом стоит принять во внимание, что некоторые виды могут оказаться инвазивными, и это в дальнейшем отразится на аборигенных видах.

Рост числа видов биоты Азово-Черноморского бассейна происходит непрерывно, нестабильность экосистемы Чёрного моря делает чрезвычайно важными наблюдения за процессами, происходящими в популяциях морской фауны, в частности осуществление контроля над появлением инвазивных видов, а также анализ динамики их численности.

Любая хозяйственная деятельность в прибрежной зоне так или иначе повлияет на биоразнообразие не только определенного участка береговой линии, где произошли изменения, но и на весь Азово-Черноморский бассейн в целом.

Периодически возникают дебаты о сомнительных с точки зрения экологии проектах в районе Азовского и Чёрного морей, что обусловлено как экономическими, так и политическими соображениями.

Один из таких проектов – турецкий, он предполагает строительство канала длиной около 50 км, шириной 150 м и глубиной 25 м, параллельно Босфору, в 20–30 км западнее и юго-западнее Стамбула. Это обеспечит проход из Мраморного в Чёрное море около 85 тысяч судов ежегодно [Балиев, Арешев, 2021], *что несомненно повлияет на увеличение количества новых вселенцев в Чёрном море.*

Второй, временно «забытый» проект, – это строительство судоходного канала через Ак-Монайский перешеек как альтернатива Керчь-Еникальскому каналу. В настоящее время Керчь-Еникальский канал в Керченском проливе с трудом справляется с ростом трафика транзитных судов, что вызвано возросшей долей экспорта зерновых, строительных материалов, нефтепродуктов, а также появлением Крымского моста. Проект достаточно реаль-

ный, если учесть, что ширина Ак-Монайского перешейка составляет всего 17 км, при этом большая его часть располагается на высоте 1,5–2 м над уровнем моря. Несмотря на то что почвы здесь в основном суглинистые, при углублении наблюдается толстый слой песка, благодаря которому удастся получить канал без осыпающихся берегов [Олишевский, 2017].

Не исключено, что реализация этих планов может существенно повлиять на биоценозы Азовского и Чёрного морей, находящихся в настоящее время и так в не стабильном состоянии.

Для воплощения подобных глобальных проектов целесообразно проведение детальных международных экологических экспертиз с участием всех стран Черноморского бассейна. Кроме того, необходимо разработать интерактивную карту для постоянного мониторинга как предполагаемых, так и ведущихся строительных работ в прибрежной зоне моря. Такие открытые данные смогли бы помочь учёным прогнозировать экологические последствия при изменении структуры и рельефа дна.

Публикация подготовлена в рамках ГЗ ЮНЦ РАН № госрегистрации 01201354245 «Оценка современного состояния, анализ процессов формирования водных биоресурсов южных морей России в условиях антропогенного стресса и разработка научных основ технологии реставрации ихтиофауны, сохранения и восстановления хозяйственно-ценных видов рыб».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балиев А., Арешев В. Турция: вслед за каналом в обход Босфора – канал параллельно Дарданеллам? // Интернет-журнал «Военно-политическая аналитика». URL: <https://vroanalytics.com/2020/03/14/turtsiya-vsled-za-kanalom-v-obhod-bosfora-kanal-parallelnodardanellam/#:~:text=Канал%20длиной%20около%2050%20км%2C,строительство%20канала%20«Стамбул»%20своей%20мечтой> (дата обращения: 08.04.2021).
2. Болтачев А.Р., Карпова Е.П. Морские рыбы Крымского полуострова. Симферополь, 2017. С. 376.
3. Гуськов Г.Е. Анализ распространения атлантического землероя *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) (*Actinopterygii: Sparidae*) в Чёрном море // Российский журнал биологических инвазий. 2021. Т. 14. № 1. С. 64–70.
4. Гуськов Г.Е., Живоглядов А.А., Чепурная Т.А., Шиманская Е.И. Обнаружение атлантического землероя *Lithognathus mormyrus* в сетных уловах у Кавказского побережья Российской Федерации // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. С. 341.
5. Карпова Е.П. Натурализация атлантического землероя *Lithognathus mormyrus* (*Sparidae*) в Чёрном море // Российский журнал биологических инвазий. 2020. Т. 13. № 2. С. 40–46.
6. Олишевский Д. Сенатор от Севастополя предложил прорыть канал между Чёрным и Азовским морями // Парламентская газета. 10.07.2017. URL: <https://www.pnp.ru/social/senator-ot-sevastopolya-predlozhit-proryt-kanal-mezhdu-chernym-i-azovskim-moryami.html> (дата обращения: 08.04.2021).
7. Шаловенков Н.Н. Тенденции вселения чужеродных видов зообентоса в Чёрное море // Российский журнал биологических инвазий. 2020. Т. 13. № 1. С. 72–80.
8. Engin S., Arif Can Keskin, Tolga Akdemir, Dilruba Seyhan. Occurrence and New Geographical Record of Striped Seabream *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) in the Turkish Coast of Black Sea // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015. No. 15. P. 937–940.

МАССОВЫЕ ВИДЫ МАКРОЭПИБИОНТОВ В ЗАРОСЛЯХ ЦИСТОЗИРЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

Л.Б. Далёкая

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь
dalekaya1950@mail.ru

Доминантным видом бентосных фитоценозов прибрежных вод Крыма являются два вида бурых водорослей семейства Sargassaceae *Cystoseira crinita* (Desf) Bory и *C. barbata* C. Ag. Эти многолетние растения имеют разновозрастную и разветвленную структуру и служат субстратом при формировании сообществ макроэпибионтов. Типичными массовыми обитателями в сообществе цистозир являются брюхоногие и двустворчатые моллюски [Маккавеева, 1959; 1979; 1987]. В прибрежной зоне сублиторали Севастопольской бухты многолетние наблюдения выявили различия в развитии массовых видов макроэпибионтов [Макаров, 2005]. В настоящее время аналогичных исследований недостаточно.

Материалом послужили сборы макроэпибионтов в зарослях *C. crinita* и *C. barbata*, обладающих среди макрофитов, в прибрежной зоне сублиторали в бухте Севастопольской. Пробы отбирали в районах м. Павловский, Голландия, м. Хрустальный, коса Северная, м. Славы, м. Восточный, Памятник затопленным кораблям на глубинах 0,5, 1, 3, 5, 10, 15 м.

Для оценки современного состояния макроэпибионтов в ассоциациях водорослей использовали стандартный метод сбора мешком из мельничного газа с применением легководолазной техники [Чухчин, 1984]. Обработывали 4 площадки 25 × 25 см. В лаборатории проводили смыв с водоросли и отбирали моллюсков. Определяли их видовой состав, сырую массу и подсчитывали количество особей каждого вида. Одновременно взвешивали кусты водорослей. При обработке материала численность прикрепленных видов беспозвоночных определяли на живом материале под биноклем, а биомассу обрастания – методом прямого взвешивания и рассчитывали на 1 кг цистозир.

Заросли цистозир являются благоприятным субстратом для жизнедеятельности многих видов. Здесь формируются сообщества малораспространенных и массовых видов сессильных организмов.

Среди прикрепленных видов в сообществе макроэпибионтов в зарослях *C. barbata* и *C. crinita* эпизодически встречаются гидроид *Obelia longissima* (Pallas), мшанки *Cryptosula pallasiana* (Moll) и *Conopeum seurati* (Canu), *Bowerbankia imbricata* (Adams), *Scrupocellaria bertholletii* Aud var. *capreolus*, полихета *Spirorbis pusilia* (Rathke), оболочники *Botryllus schlosseri* (Pallas), *Diplosoma listerianum* (Milne Edwards, 1841), *Molgula euprocta* (Drasche), усконогий рак *Balanus improvisus* Darwin, 1854, моллюски *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819.

Среди большого разнообразия гидробионтов, обитающих в зарослях цистозир, значительная роль принадлежит моллюскам – *Bivalvia* и *Gastropoda*. [Маккавеева, 1979; Макаров, 2005; Киселева и др., 2011]. Основной вклад в численность и биомассу населения цистозир в исследуемом районе вносят моллюски: брюхоногие *Bittium reticulatum* (Da Costa, 1778), *Rissoa parva* (Da Costa, 1778), *R. splendida* Eichwald, 1830, и двустворчатый *Mytilaster lineatus*

(Gmelin, 1791). Митилястер в настоящее время повсеместно заменил *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, что связывают с загрязнением и развитием вселенца гребневика и брюхоного моллюска *Rapana venosa* [Киселева и др., 2011].

В исследуемых районах прибрежной зоны сублиторали Севастопольской бухты выявлено неравномерное распределение массовых видов в поселениях цистозиры (табл. 1).

Таблица 1

Разброс значений численности массовых видов моллюсков, экз./кг

Район	<i>Rissoa splendida</i>	<i>Rissoa parva</i>	<i>Bittium reticulatum</i>	<i>Mytilaster lineatis</i>
м. Павловский	251–11926	110–1220	19–439	49–2497
Голландия	173–2420	85–221	26–715	441–2090
м. Хрустальный	26–12322	52–882	189–2200	194–21998
коса Северная	26–1869	26–110	0–331	261–2599
м. Славы	221–3302	42–5198	89–2200	330–2197
м. Восточный	84–882	26–441	162–14406	1525–3661
Памятник	989–2197	110–739	89–439	272–2797

Максимальная и минимальная численность исследуемых видов выявлена на различной глубине, т.е. распределение моллюсков не зависит от произрастания субстратных ассоциаций.

Максимальная численность *R. splendida* колеблется от 882 экз./кг до 12 322 экз./кг.

У м. Павловский максимальные значения численности выявлены на глубине 3 м, у м. Хрустальный и косы Северная на глубине 1 м (11 926, 2021, 12322 экз./кг соответственно). У м. Славы и в районе Голландии максимальные значения (3302 и 1869 экз./кг) выявлены на глубине 0,5 м. У мыса Восточный (882 экз./кг) на глубине 5 м, а в районе Памятника затопленным кораблям – 2197 экз./кг на глубине 3 м.

Минимальные значения *R. splendida* в сообществах соответствуют 26–989 экз./кг цистозиры. Эти значения выявлены в районе м. Павловский и м. Восточный на глубине 0,5 м. На глубине 3 м в районе Голландии, а на 5 м у м. Славы. У м. Хрустальный и косы Северная аналогичные значения отмечены на глубине 10 м.

Разброс максимальной численности моллюска *R. parva* составляет 110–5198 экз./кг. Пик численности на глубине 0,5 м отмечен в районе Голландии (221 экз./кг) и м. Славы (5198 экз./кг). На больших глубинах численность моллюска в районе Голландии меньше более чем в 1,5–2 раза. У м. Павловский наблюдается волнообразное распределение численности моллюска *R. parva* от 137 до 220 экз. с максимальными значениями (1220 экз.) на глубине 3 м. На глубине 3 м максимальная численность моллюска выявлена также у м. Хрустальный (441 экз./кг), косы Северная (110 экз./кг) и Памятника затопленным кораблям (739 экз./кг). У косы Северная отмечена одинаковая численность на глубинах 0,5–3 м и 15 м. На глубинах 5 м и 10 м выявлено значительное снижение значений (48 и 25 экз./кг соответственно). У м. Хрустальный на глубинах 0,5 и 1 м выявлена одинаковая численность вида (441 экз./кг). На глубине 3 м численность увеличивается в 2 раза, а затем снижается до 110 и 52 экз./кг на 5 м и 10 м. В районе м. Восточный численность увеличивается с глубиной от 26 до 441 экз./кг с максимальными значениями на глубине 10 м. На глубине 15 м моллюск не обнаружен.

Минимальная численность *R. parva* в исследуемых районах составляет 26–110 экз./кг. На глубине 0,5 м значения отмечены в районе м. Павловский и м. Восточный. На глубине 1 м – у Памятника затопленным кораблям. В районе Голландии и м. Славы – на глубине 3 м. У м. Хрустальный и косы Северная минимальные значения численности моллюска выявлены на глубине 10 м.

Максимальная численность брюхоногого моллюска *Bittium reticulatum* колеблется от 331 до 14 406 экз./кг. При этом максимальная численность в районе м. Павловский (439 экз./кг), м. Хрустальный (2200 экз./кг) и Памятника затопленным кораблям (439 экз./кг) соответствует глубине 3 м. В районе Голландии (715 экз./кг) и м. Славы (2200 экз./кг) – на глубине 0,5 м. У м. Восточный максимальная численность (14 406 экз./кг) выявлена на глубине 5 м, а в районе косы Северная (9331 экз./кг) на 15 м.

Минимальные значения численности *B. reticulatum* в районе м. Павловский (19 экз./кг), косы Северная (0 экз./кг), м. Восточный (162 экз./кг) обнаружены на глубине 0,5 м. У косы Северная несколько бóльшие значения выявлены на глубинах 5 м и 10 м. У Памятника затопленным кораблям минимальные значения численности (89 экз./кг) выявлены на глубине 1 м. На глубине 5 м аналогичные значения численности обнаружены в районе Голландии (26 экз./кг), м. Славы (89 экз./кг) и м. Хрустальный (189 экз./кг).

В зарослях цистозиры доминирующим по численности среди двустворчатых моллюсков является *M. lineatus*. Разброс максимальных значений численности в исследуемых районах составляет 2090–21998 экз./кг. Минимальные значения численности варьируют от 49 до 1525 экз./кг. В ряде случаев минимальная численность *M. lineatus* выявлена на глубине 1 м, 5 м или 10 м, хотя в других районах на этих глубинах отмечены максимальные значения.

У м. Павловский максимальные значения (2497 экз./кг) выявлены на глубине 5 м, а минимальные – на 0,5 м. В районе Голландии и м. Славы максимальная численность (2090 экз./кг и 2197 экз./кг соответственно) обнаружены на глубине 0,5 м, а минимальные (441 экз./кг и 330 экз./кг) соответствует глубине 5 м. Максимальная численность *M. lineatus* отмечена на глубине 3 м в районе м. Хрустальный (21 998 экз./кг), косы Северная (2599 экз./кг) и у Памятника затопленным кораблям (2797 экз./кг). Минимальные значения численности у м. Хрустальный и косы Северная определены на глубине 10 м (194 экз./кг и 261 экз./кг соответственно), а у Памятника затопленным кораблям (272 экз./кг) – 0,5 м.

Разброс значений численности *M. lineatus* связан с разнообразием размерных характеристик моллюсков. Во всех районах преобладают *M. lineatus* размером менее 0,1 см. Митилестер более крупных размеров выявлен в единичных экземплярах или отсутствует.

Таким образом, в точках наблюдений, несмотря на различия условий местообитания (глубина, волнение, течение, освещенность и т.д.), видовой состав доминирующих видов имеет сходные черты. Руководящими видами макроэпибионтов в зарослях цистозиры являются двустворчатый моллюск *M. lineatus* и брюхоногие *R. parva*, *R. splendida*, *B. reticulatum*. Для них характерно неравномерное распределение в поселениях цистозиры на разных глубинах. Максимальные и минимальные значения численности видов в различных районах могут соответствовать одной глубине.

Значительные изменения численности массовых видов макроэпибионтов на *C. crinita* определяются также многолетними флюктуациями значений. При этом выявлено изменение не только численности массовых видов гастропод, но и их соотношение. В период с 1954 по 2005 г. численность брюхоногих моллюсков на талломе цистозиры в акватории Севастополя уменьшилась почти в 50 раз [Макаров, 2005]. Сокращения обилия гастропод

в зарослевых сообществах цистозеры связывают с увеличением общего уровня загрязнения акватории [Маккавеева, 1987]. В начале XXI в. основные изменения в сообществах цистозеры на крымском побережье Чёрного моря произошли в численности риссой, их численность за 50 лет сократилась почти в 60 раз, а обилие биттиумов снизилось в 22 раза [Макаров, 2005].

Следовательно, распределение массовых видов макроэпибионтов, их соотношение в ассоциациях цистозеры определяются локальными особенностями условий обитания и тенденцией их многолетних изменений.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана». Рег. номер № 121030100028-0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров М.В. Сезонная динамика *Gastropoda* на жестких искусственных рифах (молах) в акватории Севастополя (Чёрное море) // Наук. записки. Сер. Биология. 2005. № 4(27). С. 46–49.
2. Маккавеева Е.Б. Биоценоз *Cystoseira barbata* прибрежного участка Черного моря // Тр. Севастопольской биологической станции. 1959. Т. 12. С. 168–189.
3. Маккавеева Е.Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря. К: Наукова думка, 1979. 228 с.
4. Маккавеева Е.Б. Биоценоз макрофитов Чёрного моря: автореф. дис.... докт. биол. наук: 03.00.18. Севастополь, 1987. 35 с.
5. Киселева Г.А., Зыгарь А.А., Колова К.А., Молчанова Ю.А. Современное состояние макрозообентоса в ассоциациях водорослей Карадагского природного заповедника. Заповедники Крыма // Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе: мат-лы VI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 20–22 окт. 2011 г.). Симферополь, 2011. С. 292–297.
6. Чухчин В.Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. Киев: Наукова думка, 1984. 176 с.

**ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ
ВДОЛЬБЕРЕГОВОЙ ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПОД ВЛИЯНИЕМ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЪЕКТА –
МОРСКОГО ПОРТА г. ОЧАМЧИРА (РЕСПУБЛИКА АБХАЗИЯ)**

Р.С. Дбар, Р.Ю. Жиба, Т.П. Строчан, Е.Р. Вольтер

*Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум
romazb@mail.ru*

Слабо изрезанные, с вогнутыми морскими дугами береговые линии Абхазии являются привлекательными зонами для постройки портовых сооружений, поскольку эти акватории относительно защищены от волнений. Так, в кутовой части Сухумский бухты и Очамчирского залива возведены порты, а на Гагрском заливе, Пицундской и Гудаутской бухтах – проницаемые причальные сооружения.

Примером масштабных морфодинамических изменений морских аккумулятивных берегов под воздействием техногенного фактора стали берега Очамчирского залива после строительства портового комплекса в г. Очамчира. В течение последних восьмидесяти лет в результате сильного антропогенного воздействия в указанных пределах существенно пострадал береговой ландшафт, нарушена геоэкология района. Трансформация природного баланса поступления и распределения аллювия на побережье повлекла необратимые морфологические изменения береговой линии.

Порт г. Очамчира, располагаясь на участке междуречья Моква – Аалдзга сформировал крайне неоднородные типы морских берегов, с наветренной стороны аккумулятивные и на подветренной техногенно-абразионные, протяженностью более 8 км.

В 2020 г. были проведены исследования морских берегов, предназначенных для портовых укрытий г. Очамчира, с целью определить существующие темпы развития геоморфологических процессов (аккумуляции и абразии), проанализировать состояние техногенно трансформируемых берегов и оценить возможность нивелирования сложившихся геоэкологических условий для принятия дальнейших практических решений. В работе использованы оригинальные данные, полученные путём обработки исторических аэрофотоснимков в ГИС и батиметрической съёмки.

Началом дестабилизации района можно считать строительство Очамчирского порта (1934–1936 гг.), молы которого заблокировал вдольбереговой поток наносов р. Кодор [Ломинадзе и др., 2006]. Порт, расположенный в устье р. Джигмур, представляет собой искусственную акваторию лагунного типа на северо-западном крыле акватории Очамчирского рейда. Порт-укрытие защищён западным и восточным молами, между которыми осуществляется проход судов. Бассейн порта ограждён бетонными и железобетонными стенками и причалами. Западный мол имеет протяжённость 435 м, восточный мол – 140 м. Порт защищён от действия ветров западного и юго-западного румбов, однако открыт для южных и юго-восточных ветров, довольно часто повторяющихся на данном участке побережья (рис. 1).



Рис. 1. Очамчирский порт-укрытие. Аэрофотоснимок от 28.05.2020

Рассматриваемые морские берега простираются от р. Моква до р. Аалдзга, общая протяжённость около 8 км. Условные границы рассматриваемого участка обоснованы наиболее катастрофическими последствиями техногенного преобразования берегового ландшафта. Конфигурация береговой линии Очамчирского залива представлена входящей в сушу вогнутой дугой, где на вершине залива располагается исследуемый участок (рис. 2).



Рис. 2. Схема расположения морского порта г. Очамчира

Бюджет наносов формируется реками Кодор, Дгамш, Моква, Аалдзга и продуктами размыва с клифов Киндыга [Сафьянов и др., 2001]. Характеристика морского шельфа, приуроченного к рассматриваемым берегам, отмечена обширной подводной отмелью – банкой.

Современная динамика морских берегов междуречья Моква – Аалдзга. Поток пляжеобразующих наносов от устья Кодор на протяжении 27 км (если не брать в расчёт трибуны на побережье с. Киндыг) не встречает существенных препятствий и прерывается защитным молом порта-укрытия г. Очамчира.

Строительство длинного западного мола Очамчирского порта привело к перехвату наносов вдольберегового потока. В настоящее время кордор-моковинский материал дальше порта на юго-восток не проникает [Сафьянов и др., 2001]. В результате создавшегося дефицита наносов во вдольбереговом потоке был нарушен баланс седиментов на протяжённом участке берега к юго-востоку от порта. Активизировались процессы абразии, и в настоящее время размыву подвергаются берега на протяжении более 20 км к юго-востоку от порта, вплоть до приустьевой области Ингура.

Совмещение положений береговой линии в 1943 г. и в 2014 г. выявило с подветренной стороны от порта аккумуляцию наносов общей площадью 19,7 га. Максимальная ширина нарастания составила 115 м. При этом площадь размыва берега к юго-востоку от порта составила 23 га, максимальная ширина отступления 97 м. Зафиксировано, что протяжённость и конфигурация защитных молов с 1943 г. остаются неизменными (рис. 3). На подветренной части берега азимут береговой линии составляет 146°.



На рисунке 3 представлен снимок, отображающий общий характер изменений берега после строительства портовых молов в г. Очамчире. Запечатлено заполнение входящего угла между устьем р. Моква и наветренным молем, мощность потока наносов на этом участке берегов, по данным В.М. Пешкова [2005], составляет 12–15 тыс. м³ в год.

Создание восточного и западного молов порта-укрытия отрицательно сказалось на изменении интенсивности и направленности процессов в береговой зоне прилегающих территорий. В настоящее время к западу от порта активно протекает процесс аккумуляции наносов. Здесь распространены естественные аккумулятивные берега. Пляжи сложены галечно-песчаным материалом, ширина их увеличивается от 50–60 м в 400–450 м к западу от мола до 120–140 м непосредственно у западного мола.

К востоку от порта-укрытия вдольбереговой поток наносов испытывает колоссальный дефицит, что приводит к абразии коренного берега (уступа новочерноморской террасы). На данном участке распространены как техногенные, так и естественные абразионные берега. Непосредственно за восточным молем берег укреплен бетонными набросками, и открывается вогнутый абразионный профиль, выработанный в рыхлых отложениях позднекарангатской морской террасы. В настоящее время разрушение берега достигло

стадии выработки профиля динамического равновесия. Интенсивность динамических процессов постепенно ослабевает. Мониторинговые наблюдения на данном участке берега с 2009 по 2014 г. показали темпы отступления берегов 0,5 м в год.

В июне 2020 г. в зоне фарватера порта была произведена батиметрическая съёмка, которая определила перед фарватером и в зоне фарватера, а также в бассейне акватории порта существенную аккумуляцию донных осадков, которые препятствуют полноценному функционированию порта. Энергоёмкие ветра западных и юго-западных румбов относят материал обратно на дно канала. Поэтому хозяйствующим субъектом на площади 14 га производится расчистка от накоплений наносов. Из береговой транзитной зоны были выведены донные осадки объёмом около 40 000 м³. Данное мероприятие производится регулярно, один раз в 7–10 лет.

Проведение дноуглубительных работ в зоне портовых бассейнов регламентируются экологическими нормативами, однако проблемой является дампинг – складирование загрязнённых грунтов. Последние два десятилетия Очамчирский порт используется для перевалки каменного угля Ткварчалского месторождения и бассейн порта сильно загрязняется.

Мероприятия по дампингу квалифицируются как один из наиболее тяжёлых по экологическим последствиям воздействий на экосистемы акваторий. При колоссальном дефиците наносов на подветренном участке берега размещение отвалов производится в наиболее глубоких местах акватории, при этом исключается возможность возврата материала в береговую зону, то есть разноса материала в зоны рекреации и на рыбохозяйственные зоны акватории.

Таким образом, даже при наличии защитных молов грузового порта отмельные берега Очамчирского залива в зоне малых глубин позволяют осуществлять перемещение наносов мелкой фракции. В целях обеспечения функциональных возможностей порта, сохраняющийся незначительный поток наносов прерывают при расчистке, выводя из зоны транзита наносы, с глубин 7–8 м.

Очевидным является необходимость осуществления байпасинга с наветренной части аккумулярованных наносов на подветренную сторону от порта, что помогло бы решить проблему дефицита наносов в пределах береговой зоны г. Очамчира. В период СССР с целью стабилизации набережной г. Очамчира осуществлялись искусственные отсыпки наносов в межбунные пространства.

Процесс размыва берегов, спровоцированный антропогенной деятельностью в пределах порта, продолжает оставаться актуальной геоэкологической проблемой. При этом наблюдается относительное снижение темпов абразии и проходит этап адаптации морфодинамической системы в техногенно изменённых условиях.

Согласно прогнозу, при развитии дальнейших событий в условиях непринятия мер по обеспечению материалом вдольберегового потока наносов скорость усугубления береговой абразии в кутовой части бухты составит до 0,5–0,7 м/год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломинадзе Г.Дж., Мегрели Н.Р., Руссо Г.Е. Изменение динамики береговой зоны Черного моря (центральная часть Колхиды, 1976–2002 гг.) под влиянием техногенных факторов. 2006 // URL: <http://www.cetm.narod.ru> (дата обращения: 17.05.2021).
2. Пешков В.М. Галечные пляжи неприливых морей. Краснодар, 2005. 444 с.
3. Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. М.: МГУ, 1996. 401 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЧЕНИЯ НЕРПЫ (*PUSA HISPIDA*) ДАТЧИКАМИ СПУТНИКОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ ЛЕТОМ 2020 г. В БЕЛОМ МОРЕ

Н.Н. Кавцевич, В.Н. Светочев, О.Н. Светочева

*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск
svol1961@yandex.ru; kavtsevitch2015@yandex.ru*

Активность адаптационных процессов в популяциях, направленных на выживание и приспособление к новым условиям среды, возрастает в связи с изменением климата Арктики. Целью нашей работы является выполнение биологического мониторинга морских млекопитающих в арктических морях в условиях меняющегося климата и прямого и опосредованного антропогенного воздействия на популяции. Среди настоящих тюленей, обитающих в северных морях, нерпа (*Pusa hispida*) наиболее распространенный фоновый вид, она встречается в течение года в Арктическом бассейне, включая Белое море. Как и другие пагетодные формы, она может быть уязвимой к меняющимся условиям среды. Важными характеристиками уязвимости для тюленя являются кормовые и ледовые условия, а также антропогенные воздействия на его местообитания. Поэтому нерпа является хорошим объектом экологического мониторинга, изучение которого поможет определить критические параметры для оценки благополучия беломорских биоценозов.

Использование современных телеметрических датчиков позволяет получить информацию не только о местоположении тюленя, времени пребывания под водой, но и различные океанографические данные. В ММБИ метод спутниковой телеметрии успешно используется в течение более 10 лет, совершенствуются способы прижизненного отлова морских млекопитающих и методы крепления датчиков спутниковой телеметрии (ДСТ). В Белом море были отловлены пять нерп и на четырех тюленей были поставлены ДСТ, что позволило получить новые данные о распределении и поведении нерпы осенью и в начале зимы. Для отлова тюленей использовали сетные плавающие ловушки, которые показали эффективность при отлове нерпы в Белом море [Светочева, Светочев, 2010; Светочев и др., 2017; 2019; Кавцевич и др., 2020] (рис. 1).

В июне – июле 2020 г. отлов нерпы проводили в Двинском заливе. Всего были выставлены 7 ловушек на расстоянии 300–700 м от берега на глубинах от 2 м и более (рис. 2). Были отловлены 2 нерпы, на одного тюленя был поставлен ДСТ (табл. 1, рис. 3). ДСТ российского производства «Пульсар», работающий в системе ARGOS, крепился на спину тюленя с использованием нескольких видов клея.

Данные о местоположении нерпы с датчиком стали поступать сразу после выпуска тюленя в воду. В июле были получены 587 сигналов о местоположении тюленя, среднесуточное перемещение составило $4,15 \pm 0,73$ км. Данные, полученные в августе, показали, что нерпа оставалась в том же прибрежном районе с глубинами не более 20 м, а среднесуточное перемещение составило $5,99 \pm 0,63$ км. Величина среднесуточного перемещения в июле и августе достоверно не различалась. Данные перестали поступать 23 августа 2020 г. (рис. 4).



Рис. 1. Сборка ловушки. Белое море, Двинской залив, м. Яренгский рог, июнь 2020 г.
Фото Н.Н. Кавцевича



Рис. 2. Доставка ловушки к месту установки.
Белое море, Двинской залив, м. Яренгский рог, июнь 2020 г. Фото Н.Н. Кавцевича

Таблица 1

Данные по отловленным нерпам. Белое море, июнь – июль 2020 г.

п/№	Пол	Возраст по когтю, лет	Вес, кг	Проекция длины тела, см	Координаты выпуска	Дата отлова	Номер (ID) датчика
1	самец	2	24	87	64°50,595 с.ш./ 38°22,526 в.д.	29.06.2020	–
2	самец	10+	38	109	64°50,595 с.ш./ 38°22,526 в.д.	04.07.2020	61930



Рис. 3. Установленный датчик (ДСТ) на нерпу.
Белое море, Двинской залив, м. Яренгский рог, июль 2020 г. Фото Н.Н. Кавцевича

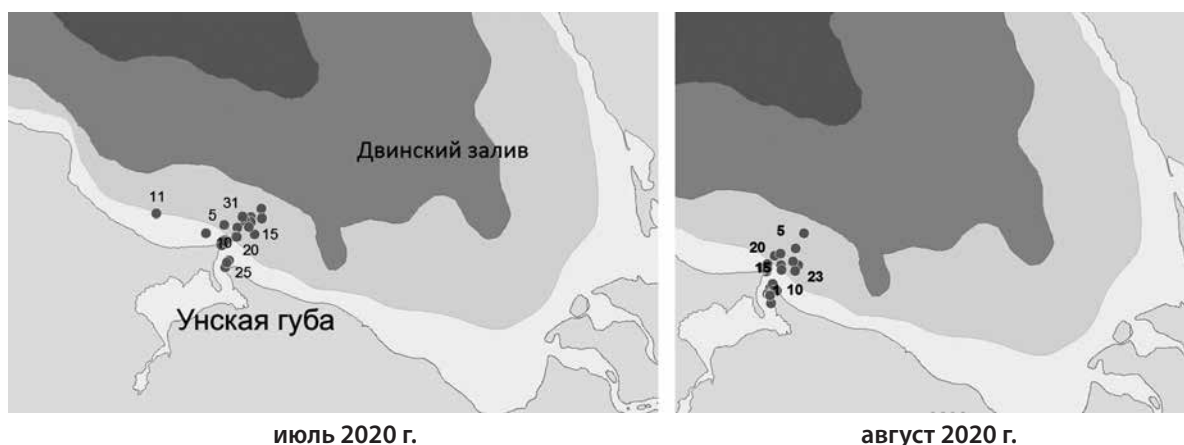


Рис. 4. Перемещения нерпы с ДСТ в июле и августе 2020 г. Белое море, Двинский залив

Согласно полученной информации летом нерпа не совершала длительных перемещений на большие расстояния, в течение почти двух месяцев оставаясь практически в одном районе. Очевидно, поведение тюленя было обусловлено хорошими кормовыми условиями. Именно в июле, после окончания линьки, нерпа начинает активно питаться, есть основания утверждать, что летом тюлени питаются ежедневно [Светочева, Светочев, 2010]. Доказательством регулярности питания нерпы в летние месяцы являются данные о значительном наращивании массы тела и подкожного сала тюленями в течение лета. Например, у нерпы толщина сала на груди по абсолютному значению в августе почти в два раза больше, чем в июле: $4,5 \pm 0,2$ см и $2,5 \pm 0,2$ см соответственно [Светочев, Светочева, 1998]. Масса тела у тюленей в августе выше, чем в июле: у самцов на 25,5 % и у самок – на 23,4 % [Светочева, Светочев, 2010]. Основными объектами питания нерпы в июне – августе в Двинском заливе являются песчанка, мойва, бычок-керчак, а также два вида колюшек. Мойва и колюшки

нерестуют в июне – июле и являются высококалорийным кормом для тюленей, песчанка и бычки в течение лета активно нагуливаются и массово кормятся на литорали, поэтому также доступны для питания нерпы.

Летнее распределение и перемещения нерпы, по данным телеметрии, отличаются от осенних перемещений. Осенью, по данным телеметрии (2008, 2016 гг.), в сентябре – декабре нерпа активно двигается по всей акватории моря и не привязана к локациям на литорали. В то же время и летом и осенью тюлень может длительное время находиться в открытом море и отдыхать на воде [Светочева, Светочев, 2010; Светочев и др., 2017].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кавцевич Н.Н., Ерохина И.А., Светочев В.Н., Светочева О.Н., Минзюк Т.В. Экологические и эколого-физиологические исследования ластоногих Баренцева, Белого и Карского морей в 2015–2019 гг. // Труды Кольского научного Центра РАН. № 4 (11): Океанология. Вып. 7. 2020. С. 198–214.
2. Светочев В.Н., Светочева О.Н. Морфометрические параметры нерпы Белого и Баренцева морей // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: мат-лы VII Междунар. конф. (г. Архангельск, сент. 1998). СПб., 1998. С. 195–197.
3. Светочев В.Н., Светочева О.Н., Кавцевич Н.Н. Распределение и миграции нерпы (*Pusa hispida*) в Белом море по данным спутниковой телеметрии // Евразийское научное объединение. Т. 2. № 11(33). 2017. С. 90–93.
4. Светочев В.Н., Светочева О.Н., Кавцевич Н.Н. Распределение и миграции нерпы (*Pusa hispida*) и морского зайца (*Erignathus barbatus*) в Белом море по данным спутниковой телеметрии // Млекопитающие России: фаунистика и вопросы териогеографии: мат-лы науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 17–19 апр. 2019 г.). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2019. С. 255–258.
5. Светочева О.Н., Светочев В.Н. Нерпа Белого моря: численность, распределение, питание. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. 241 с.

ЦВЕТЕНИЕ АРКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ИМАНДРА КАК РЕЗУЛЬТАТ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Н.А. Кашулин¹, А. Беккелунд², В.А. Даувальтер¹

¹Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

²ЗАО «Creek-Bio», г. Осло (Норвегия)
n.kashulyn@ksc.ru

Расположенный в индустриально развитой зоне Мурманской области Имандра испытывает на протяжении последнего столетия интенсивное многофакторное антропогенное воздействие. Это привело к существенной трансформации структурно-функциональной организации его экосистемы.

Пик техногенной нагрузки на водоем приходился на начало 1980-х гг. Последовавшие в 1990-х гг. экономический спад и снижение нагрузки позволили выдвинуть ряд гипотез о стабилизации состояния Имандры. Однако на пороге тысячелетий произошел качественный скачкообразный переход водоема в новое состояние, затронувший все уровни организации его экосистемы. Цветение Имандры на протяжении практически всего периода открытой воды с закономерной сменой доминирующих групп микроводорослей является важнейшим процессом, определяющим деградационные изменения на более высоких трофических уровнях. Парадоксальным представляется факт интенсификации цветения водоема на фоне снижения уровня его загрязнения.

Мы анализируем тренды переходного периода 1985–2020 гг. ряда метеорологических и гидрохимических параметров, потенциально влияющие на формирование цветения, с целью выявления триггерных изменений окружающей среды, послуживших причиной начала процесса регулярного массового развития фотосинтезирующих микроорганизмов в крупном арктическом водоеме – озере Имандра.

В течение года показатели долготы дня, высоты солнца, максимально возможной суммарной солнечной радиации и Chl *a* в оз. Имандра изменяются в широком диапазоне. В полярную ночь значения Chl *a* ниже предела обнаружения, максимальные – наблюдаются в мае – июне. В апреле (подо льдом) их значения сопоставимы с июльскими и августовскими, при максимальном прогреве воды. Высота солнца над горизонтом и продолжительность дня в августе и апреле сопоставимы. Этим подчёркивается ведущая роль солнечной фотосинтетически активной радиации (ФАР). Среднегодовые температуры воздуха в районе г. Апатиты в основном были положительными, и имеется устойчивый тренд их роста на фоне значительных межгодовых колебаний. Среднегодовая температура воздуха (ГТВ) в *пре.2* (2000/14 гг.) *vs пре.1* (1985/99 гг.) достоверно увеличилась на 0,91 °C ($p < 0,001$). Периодами наиболее быстрого роста ГТВ были 1985–1989 гг. и 1998–2000 гг. В весенний период быстрый рост ГТВ происходил 1996–2006 гг. Вскрытие водоема происходило в мае. Среднемесячные температуры воздуха (МТВ) периода открытой воды (май – сентябрь), за исключением июня, также демонстрируют рост, наиболее выраженный в мае и сентябре.

Сравнение МТВ *пре.1 vs пер.2* показывает, что температуры увеличились: в апреле на 0,97 °C ($p < 0,0001$), мае на 1,7 °C ($p < 0,0001$), июле на 1,54 °C ($p < 0,0001$), в августе на 1,09 °C ($p < 0,0001$), сентябре на 0,83 °C ($p < 0,0001$), октябре на 0,84 °C ($p = 0,0002$), ноябре на 1,42 °C ($p < 0,0001$). На пороге тысячелетий произошло резкое снижение высоты снежного покрова в целом на территории водосбора. Для апреля и мая характерно увеличение расхода воды в р. Нива, а в июне – снижение. Причем если до 2000 г. наблюдалось увеличение расхода воды в июне, и этот показатель опережал майские показатели (т.е. пик паводка был в июне), то после 2000 г. майские расходы превосходили июньские, демонстрируя смещение пиков паводков на май и сокращение продолжительности ледостава.

Наиболее выраженный рост продолжительности солнечного сияния (ПСС) происходил в весенний период и в сентябре. Летом она в целом снижалась, за исключением периода 1998–2005 гг., когда наблюдался резкий рост. В годовом цикле наибольшая ПСС в июне, и она соизмерима или превосходит суммарные показатели за апрель – май. В весенний период быстрого роста содержания Chl *a* от нулевых значений до максимальных за год (март – май), наблюдался выраженный тренд увеличения ПСС в период с 1998 г. (минимальные значения) до 2013 г. (максимальные значения). В период 1992–2005 гг. наблюдался быстрый достоверный рос прямой коротковолновой радиации.

В период с 1980-х гг. по настоящее время гидрохимический режим претерпел значительные изменения. Произошли снижения общей минерализации вод, изменения соотношений основных ионов и содержание приоритетных загрязняющих соединений. В *пер.2* значения pH достоверно увеличились на 0,17 ед. ($P = 0,0003$) и составляли 7,39 (6,87–8,88). Электропроводность в *пер.2* значимо снизилась на 11,96 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($P < 0,0001$). В *пер.2* $\Sigma_{\text{ион}}$ варьирует 44–73 мг/л, и она снизилась на 3,77 мг/л ($P = 0,027$). При этом щелочность увеличилась на 36,27 $\mu\text{eq}/\text{l}$ ($P < 0,0001$). Содержание SO_4^{2-} снизилось на 4,11 мг/л ($P < 0,0001$), Cl^- на 1,01 мг/л ($P < 0,0001$). Хотя произошло снижение концентраций SO_4^{2-} , его доля в ионном составе воды остается 42–57 %.

Снизилось содержание соединений биогенных элементов (БЭ), что связано со снижением техногенного загрязнения и интенсификацией продукционных процессов в озере. Средняя концентрация $N_{\text{общ.}}$ за *пер.2* составляет 109 (113–708) мкг/л; NO_3^- – 19,11 (0–324) мкг/л; NH_4^+ – 23,07 (0–145) мкг/л. В *пер.2* зимние уровни содержания соединений N, как правило, выше критических уровней для оз. Имандра ($\text{CL}_{N_{\text{общ.}}} = 150$ мкг/л; $\text{CL}_{\text{NO}_3^-} = 2,5$ мкг/л), но с началом вегетации оно снижается до минимальных значений. При этом в летний период среди минеральных форм N преобладает NH_4^+ .

Ранее нами выдвигалось предположение, что доминирование NH_4^+ над NO_3^- является решающим фактором, определяющим динамику НАВ. Наблюдается устойчивый тренд снижения индекса $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ и быстрое его падение на пороге тысячелетий. При этом в период 1997–2015 гг. он оставался выше 0,1 ед. – критического уровня для оз. Имандра. Снижение индекса $< 0,1$ после 2016 г. обусловлено истощением NO_3^- и возрастанием содержания NH_4^+ в водах в летний период. Соотношение N : P было ниже сбалансированного по питательным веществам уровня ($\sim 16 : 1$) с лимитированием по N. Индекс достоверно снизился в *пре.2*, увеличив вероятность СуапонаВ . Средние в *пер.2* концентрации соединений P составляют: $P_{\text{общ.}}$ – 15 (8–39) мкг/л, PO_4^{3-} – 2,03 (0–20) мкг/л. Зимой они также выше критических уровней для оз. Имандра ($\text{CL}_{P_{\text{общ.}}} = 17$ мкг/л; $\text{CL}_{\text{PO}_4^{3-}} = 3,1$ мкг/л), а в вегетационный период драматично снижаются. Средние концентрации Si составляют 0,23 (0–0,2) мкг/л, Fe – 2066 (665–122) мкг/л. Концентрации следовых металлов, как и БЭ сильно варьируют во времени и пространстве. В *пре.1* среднее за период содержание Ni

было 12,97 (1,0–41,0) мкг/л (ПДК_{р-х} – 10 мкг/л) и снизилось на 7,89 мкг/л ($P < 0,0001$); Cu 66 – 6,01 (0,1–29,5) мкг/л (ПДК_{р-х} – 1 мкг/л), снизилось на 2,16 мкг/л ($P < 0,0001$); Zn – 6,74 (0,5–43,0) мкг/л (ПДК_{р-х} – 10 мкг/л) и снизилось на 5,41 мкг/л ($P < 0,0001$).

В настоящее время нет убедительных объяснений причин регулярного (с начала XXI в.) цветения заполярного оз. Имандра, включающего весенние вспышки психрофильных видов (*Bacillariophyceae*, *Chrysophyceae*) и массовое развитие НАВ-видов (*Peridinales*, *Cyanobacteria*) во второй половине лета. Темпы роста численности фототрофных продуцентов зависят от доступности двух видов основных ресурсов: питательных веществ и света. Учитывая превышение критических нагрузок основных биогенов (БГ), лимитирующими факторами становятся динамика содержания форм биогенных элементов и климатические изменения.

Чрезмерное поступление БГ в поверхностные воды представляет угрозу для нормального функционирования их экосистем. Исторически *P* считался основным ограничивающим НАВ веществом. В настоящее время все больше доминируют гипотезы о совместной лимитации и других видах взаимодействий *P* и *N*, включая синергетические. В водах Имандры соотношение *N*: *P* находились ниже сбалансированных по питательным веществам условий, что благоприятствует развитию видов, способных к *N*-фиксации и миксотрофии. За рассматриваемый период концентрации минеральных форм БЭ уменьшились, но максимальные значения летней биомассы водорослей выросли на порядок.

Следует отметить выраженную сезонную вариабельность содержания БЭ в воде. В летний период содержание NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , *Si* часто достигает уровней ниже пределов определения. Однако это не прекращает НАВ, что противоречит представлениям о ведущей роли минеральных форм БЭ в развитии НАВ. Динамика видов-НАВ необычна, поскольку высокая плотность клеток может сохраняться после истощения БЭ в воде, что объясняется значимой ролью их альтернативных источников. Большая часть пулов *N* и *P* в оз. Имандра состоят из органических и/или нерастворимых соединений, обычно малодоступных водорослям, являющимся строгими автотрофами. Однако миксотрофия позволяет их использовать. Рост водорослей также может быть ограничен или стимулирован микроэлементами (Fe, Zn, Co, Mn и Cu) как отдельно, так и в сочетании с макроэлементами. Например, CuSO_4 является мощным, наиболее часто применяемым альгицидом с целью подавления НАВ. В рассматриваемый период в водах Имандры произошло достоверное снижение содержания Cu, Zn, Ni.

Наблюдаемые изменения могли оказать стимулирующие воздействие на различные таксоны фитопланктона, как «обычные», так и «вредоносные». Наш анализ позволяет сформулировать следующую концептуальную модель, объясняющую начало явления НАВ в арктическом оз. Имандра на границе тысячелетий.

1. На начало XXI в. пришлось пиковые значения солнечной активности 23-го цикла, обусловившие бóльший поток солнечной радиации на фоне ускоренных климатических изменений в Арктике в целом. В этот период в районе Имандры наблюдались рост среднегодовых сезонных температур, ПСС, коротковолнового солнечного излучения; снижения количества зимних осадков, облачности, прежде всего в весенний период. В следствие этого произошло сокращение периодов ледостава и покрытия льда снегом и увеличения доступной ФАР.

2. Уменьшение в воде концентраций Zn, Cu, Ni и SO_4^{2-} при одновременном повышении уровней pH снизило токсичность среды и создало более благоприятные условия для развития микроводорослей.

3. Продолжающееся загрязнение водоема БЭ, активная их ремобилизация из ДО в анаэробных условиях, подавление автотрофных процессов в период полярной ночи, создают

условия накопления в воде минеральных форм в зимний период. Увеличение доступной ФАР в весенний период в условиях избытка питания вызывает вспышки симпагических и психрофильных видов (диатомовые и хризифитовые), начинающиеся еще подо льдом и радикально меняющие количество и соотношение форм БЭ. При этом отмечаются максимальные уровни биомассы фитопланктона ($> 20 \text{ г/м}^3$). Снижение содержания в воде минеральных форм БЭ при сохранении высоких уровней органических соединений, в сочетании с селективным прессом зоопланктона, увеличивающим численность по мере прогрева воды, подавляют развитие чистых автотрофов. Это создает конкурентные преимущества для видов, способных к альтернативным путям получения питательных веществ (миксо-, гетеротрофия) и имеющих стратегии защиты от хищников (крупные колонии, колючки, токсины), которые и формируют НАВ. В конце июня – начале июля биомасса диатомей снижается, и в составе планктона возрастает доля *Chlorophyta* и *Cyanoprokaryota*. Численность последних может оставаться высокой до второй половины сентября. Возросшая численность НАВ-видов обеспечивает формирование критической массы их покоящихся стадий, способных длительно переносить «неблагоприятные» для НАВ условия и обеспечивающие взрывной рост численности при «благоприятных» условиях. Имеется постоянная внутренняя нагрузка НАВ-видов, эволюционно приспособленных к выживанию в экстремальных условиях и использованию различных источников питания, включая диазо- и миксотрофию.

4. НАВ отражает нарушения естественно-природных циклов БЭ. За короткий период происходит формирование аномально высокой биомассы цианопрокариот, которая оказывается практически недоступной для более высоких трофических уровней из-за отсутствия потребителей. При разложении отмирающих водорослей БЭ вновь переходят в доступные для НАВ формы. Прерывается передача энергии на более высокие трофические уровни. Укорачивание биогеохимических циклов БЭ, интенсификация их ремобилизации из ДО в условиях аноксии и роста накапливающегося органического вещества способствуют самоподдержанию цветения Имандры, упрощению пищевых сетей, нарушению структурно-функциональной организации экосистемы водоема. Присутствие в экосистеме избытка БЭ с короткими внутриводоёмными циклами, составляет базовое условие для инициирования и поддержания цветения Имандры.

5. Процесс регулярных НАВ в Имандре, после их запуска сочетанием климатических и гидрохимических факторов в начале XXI в., не может быть остановлен экосистемными механизмами гомеостаза вследствие отсутствия в арктических водоемах как биотических механизмов регулирования численности НАВ-видов, так и адаптаций других стенобионтных групп гидробионтов (беспозвоночные, рыбы) к НАВ-индуцированным изменениям структурно-функциональной организации экосистемы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-05-60125 «Крупные озера Арктики в условиях глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата») в рамках проекта 0226-2019-0045 программы ФНИ государственных академий наук.

СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВА ЦИЛИАТОПЛАНКТОНА НИЖНЕГО ДОНА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА СОСТОЯНИЯ ВОД

К.В. Кренёва

*Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону,
madskylark77@gmail.com*

Бассейн р. Дон принадлежит к числу самых густонаселенных и экономически развитых районов России. В условиях аридного климата одной из важнейших проблем является водообеспечение населения и хозяйственных отраслей, развитых в этом регионе.

Уменьшение стока реки Дон в связи с климатическими циклами, высоким уровнем хозяйственного использования вод, заиливания и зарастания притоков, а также зарегулированность реки Дон уменьшает проточность реки и увеличивает интенсивность и продолжительность сезонного «цветения» главной водной артерии региона. На качество вод сильно влияют бытовые и промышленно-хозяйственные стоки, а также смыв почв, происходящий вследствие неправильного использования земель и их эрозии.

На фоне этого на первый план выходит оценка и мониторинг качества воды и разработка мероприятий по сохранению водных ресурсов региона.

В свете современных данных о значимости одноклеточных гетеротрофных организмов в самоочищении вод и в продукционных процессах водоёмов изучение инфузорий реки Дон и ее притоков становится важной задачей, способной внести значительный вклад в процедуры индикации качества воды.

Исследование видового состава и количественных характеристик сообщества инфузорий Нижнего Дона и его основного притока р. Северский Донец, проводились в двух экспедициях на НИС «Профессор Панов» в сентябре-октябре 2020 г.

Пробы нативной воды отбирались с поверхности ведром или фракционно, по горизонтам, батометром Молчанова. Объем «живой» пробы определялся плотностью популяции инфузорий и варьировал от 0,1 до 0,5 л. Полученную пробу просчитывали в камере Богорова под биноклем МБС-10. Для идентификации инфузорий, их помещали на предметное стекло и рассматривали под световым микроскопом МикМед2Вар2, под увеличением $\times 375$, $\times 600$. Для определения морфометрических характеристик инфузорий использовался тот же микроскоп с окуляр-микрометром МОВ-1–16Х.

Для фиксации бралась проба объемом 1–2 л. Фиксация проб производилась кислым раствором Утермелля. Концентрация фиксатора варьировала от 2 до 10 %. Камеральная обработка фиксированного материала представляла собой комбинацию камерного и отстойного методов.

Всего за время исследования было обнаружено 27 форм инфузорий, относящихся к 23 родам, 17 семействам, 14 отрядам и 7 классам. По количеству обнаруженных видов классы распределены неравномерно. Наиболее разнообразно был представлен класс Spirotrichea Butschli, 1889, следующим по количеству представленных видов был класс Oligohymenoforea de Puytorac et al., 1974 (рис. 1).

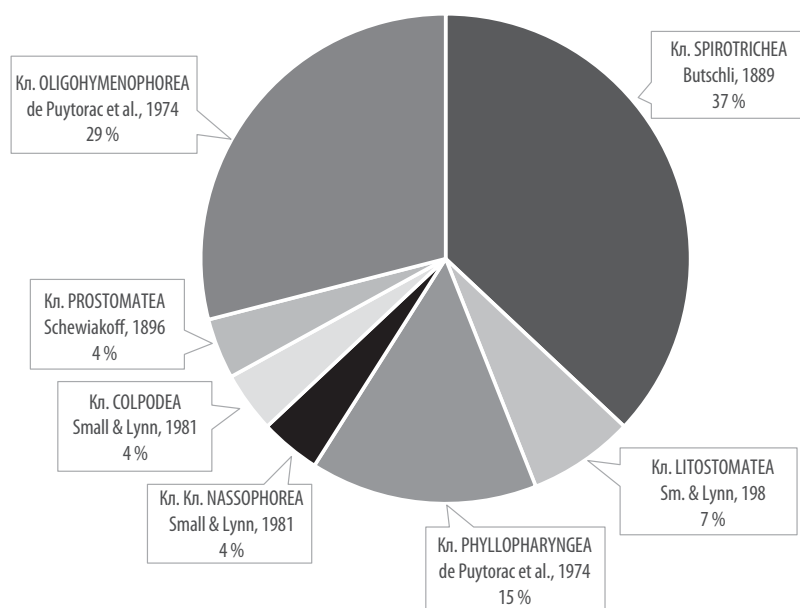


Рис. 1. Структура сообщества планктонных инфузорий Нижнего Дона по количеству видов (сентябрь – октябрь 2020 г.)

Комплекс массовых видов на протяжении этого периода был довольно стабилен – коэффициент сходства по Чекановскому – Сьеренсену 77 %. Однако в структуре сообщества происходили изменения. В сентябре по плотности и частоте встречаемости доминировала мелкая олиготрихида *Halteria grandinella* (O.F. Muller, 1773), а по биомассе тинтиннида *Tintinnopsis lobiancoi* Daday, 1887

В октябре по плотности и частоте встречаемости на доминирующее положение вышел *Limnostrombidium viride* (Stein, 1867), который в сентябре являлся субдоминантом, а по биомассе доминантом остался *Tintinnopsis lobiancoi* Daday, 1887.

Необходимо отметить, что больше четверти встреченных видов инфузорий (27 %) являются перифитонными. Это связано с наличием в планктоне большого количества колониальных одноклеточных водорослей, представляющих хороший субстрат для многих перифитонных видов инфузорий, таких как *Vorticella microstoma* Ehrb., 1830, *Vaginicola crystallina* Entz., 1884 и *Cothurnia annulata* Stokes, 1885.

По размерным характеристикам все обнаруженные виды были разделены на размерные классы. В качестве классификации была применена система Бивера и Крисмена [Beaver, Crisman, 1989] модифицированная П.Я. Лаврентьевым [Лаврентьев, 1991]. По размерной структуре в сообществе инфузорий Нижнего Дона в осенний период наблюдалось довольно равномерное распределение. По количеству видов доминировала мелкая размерная группа (45 %). Однако при пересчете вклада численности этих видов в структуру сообщества доминантом оказывается «средняя» размерная группа.

По трофической специализации распределение видового состава по группам было менее равномерно, в сообществе доминировала группа микрофагов (55 %).

По данным наших наблюдений [Кренёва, 2006], осенний пик развития цилиатопланктона обычно происходит в августе-сентябре. В октябре наблюдается резкий спад количественных характеристик цилиатопланктона на фоне высокого видового разнообразия. В сентябре-октябре 2020 г. на фоне теплой осени (средняя температура воды 12 °C), активного цветения фитопланктона и низкого уровня водности в нижнем течении реки Дон

наблюдался пролонгированный осенний пик качественных и количественных характеристик цилиатопланктона (табл. 1).

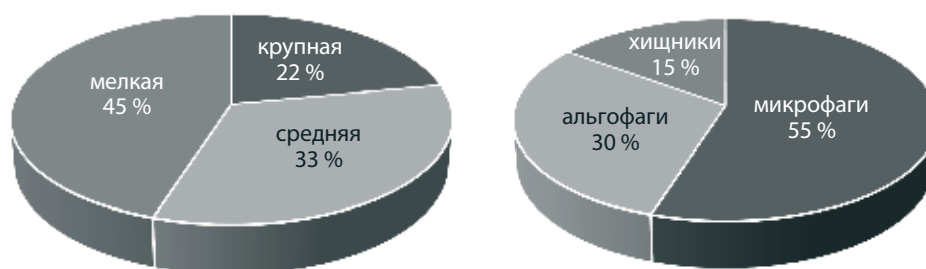
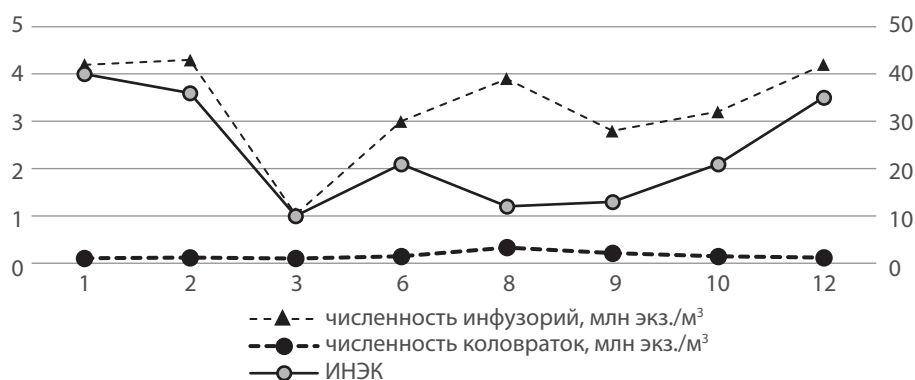


Рис. 2. Размерная структура и трофическая специализация сообщества планктонных инфузорий Нижнего Дона по количеству видов (сентябрь – октябрь 2020 г.)

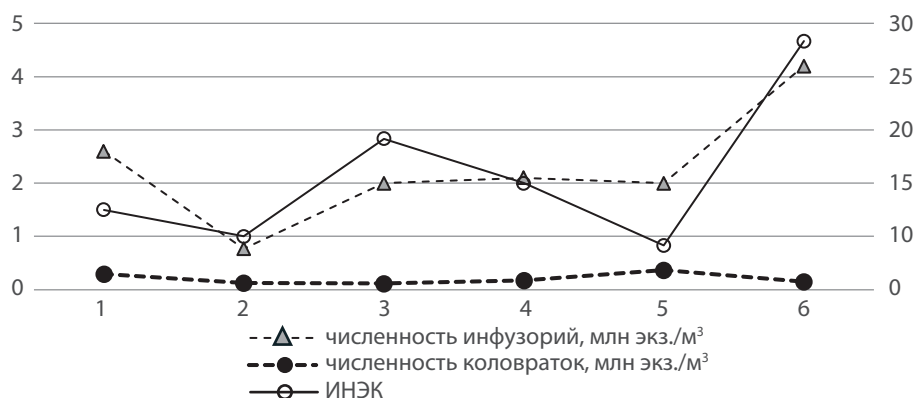
Таблица 1

Динамика качественных и количественных характеристик сообщества цилиатопланктона (сентябрь – октябрь 2020)

	Плотность, млн экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Количество видов
сентябрь	1–4,3 3,3 ± 1,005	68–381 212 ± 9,548	7–11/10
октябрь	0,8–4,2 2,3 ± 1,048	17–287 116 ± 9,611	4–8/6



а



б

Рис. 3. Динамика количественных характеристик сообщества планктонных инфузорий Нижнего Дона по станциям: а) сентябрь; б) октябрь 2020 г.

Необходимо отметить, что в отличие от 2018–2019 гг. не наблюдался тренд по постепенному увеличению количественных и уменьшению качественных характеристик сообщества цилиатопланктона в направлении устья Дона. В сентябре 2018–2019 гг., наблюдалось закономерное постепенное увеличение значения индекса от 3 до 34 единиц [Кренёва С.В., Кренёва К.В., 2001], т.е. от «слабозагрязненных со стабильным биоценозом» (от 2 до 10 единиц) до «мезоэвтрофных сильнозагрязненных вод с признаками нарушенного биоценоза» (от 10 до 100 единиц).

В сентябре–октябре 2020 г. отмечались локальные участки повышения плотности сообщества цилиатопланктона по всей исследованной части реки (рис. 3). Вероятнее всего, это связано с маловодностью, обуславливающей ухудшение общего состояния качества вод.

Это подтверждается большой амплитудой динамики индекса эвтрофирования в сентябре – октябре 2020 г. (от 5 до 40), с разбросом по всему исследованному участку реки и относительно низкой плотностью коловраток. Величина индекса в сентябре не выходит из диапазона, характеризующего качество воды как «мезоэвтрофные сильнозагрязненные воды с признаками нарушенного биоценоза».

Исследование выполнено в рамках реализации темы «Морские биогеосистемы юга России и их водосборы в условиях аридного климата, хозяйственного освоения и геополитических вызовов» (ГЗ ЮНЦ РАН, № гр проекта АААА-А18-118122790121-5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кренёва К.В. Экология массовых видов планктонных инфузорий Азовского моря: автореф. дисс. ... канд. биол. н. Мурманск, 2006. 24 с.
2. Кренева С.В., Кренева К.В. Количественные и структурные показатели гидробиоценозов как основа оценки антропогенного пресса // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга. Тез. докл. XI Междунар. симпоз. 11–21 сент. 2001 г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия. Сыктывкар: Коми научный центр УрОРАН, 2001. С. 90–91.
3. Лаврентьев П.Я. Сообщества инфузорий субарктических тундровых озер. Особенности структуры и развития, роль в экосистеме и реакция на антропогенное воздействие: автореф. дис.... канд. биол. наук. СПб., 1991. 21 с.
4. Beaver J., Crisman T., Bienert R. Distribution of planktonic ciliates in highly coloured subtropical lakes: comparison with clear water ciliate communities and the contribution of myxotrophic taxa to total autotrophic biomass // Freshwater Biol. 1988. № 2. P. 51–60.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Co, V, Cr В ПОЧВАХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ

И.Ю. Матасова

*Новороссийский учебный и научно-исследовательский морской биологический центр
Кубанского государственного университета (филиал), г. Новороссийск
semigorie@mail.ru*

Основой для изучения особенностей распространения Co, V, Cr ландшафтов Черноморского побережья России стали результаты комплексного изучения Юга России [Дьяченко и др., 2019;]. Для выявления региональных особенностей распределения элементов использовались значения фоновых концентраций для почв Северо-Западного Кавказа [Дьяченко, Матасова, 2012; Матасова, Дьяченко, 2012; Матасова, 2018].

В гумусовом горизонте почв ландшафтов Черноморского побережья России средние (фоновые) концентрации Co колеблются в пределах от 1,7 до $3,4 \times 10^{-3}$ % (табл. 1, 2). Нумерация ландшафтов приведена в соответствии с картой геохимических ландшафтов Черноморского побережья России [Матасова, 2003].

На изучаемой территории России среди исследованных биогенных ландшафтов преобладают ландшафты с концентрацией элемента на уровне регионального кларка – 78,7 %, среди техногенных – с концентрацией элемента ниже уровня регионального кларка (50 %). В целом на территории побережья Co распространен в гумусовом горизонте почв различных ландшафтов довольно равномерно, хотя выделяются территории с повышенным содержанием металла (участок от г. Анапы до г. Новороссийска, занятый полеводческими ландшафтами с однолетними культурами) и пониженным содержанием металла (смешанный лес в высокогорной юго-восточной части побережья) в гумусовом горизонте почв.

По почвенному разрезу в пределах биогенных ландшафтов металл распределен следующим образом. Наибольшая ее концентрация отмечена в горизонтах А и С ($1,9\text{--}2,4 \times 10^{-3}$ %), наименьшая – в горизонтах В и ВС ($1,6\text{--}1,8 \times 10^{-3}$ %). В пределах техногенных ландшафтов наибольшая концентрация металла наблюдается в верхнем гумусовом горизонте ($2,0\text{--}3,0 \times 10^{-3}$ %), с глубиной концентрация металла в почвенных горизонтах уменьшается (до $0,8\text{--}1,8 \times 10^{-3}$ % в горизонте С).

На исследуемой территории был выделен всего один участок с аномально высокой концентрацией Co (1,5–4,5 раза выше фона), который расположен на юго-востоке, у границы с Грузией.

В гумусовом горизонте почв ландшафтов Черноморского побережья России средние (фоновые) концентрации V изменяются в пределах от 10,7 до $20,0 \times 10^{-3}$ % (табл. 1, 2).

Максимальная концентрация металла отмечена в гумусовом горизонте почв полеводческого ландшафта с однолетними культурами, развитого в равнинной области побережья над терригенными породами палеогенового возраста. Также высокая концентрация V ($16,2 \times 10^{-3}$ %) отмечена в гумусовом горизонте почв транссупераквального ландшафта лиственных лесов с аллювиальными породами четвертичного возраста.

Таблица 1

Концентрация Co, V, Cr в почвах биогенных ландшафтов Черноморского побережья России

Элементы	Ландшафты															
	лиственных лесов								смешанных лесов							
	Фон	8	9	13	14	15	16	17	20	34	35	36	38	43	альпийских лугов	54
Содержание элементов, (n×10 ⁻³ массовых %)																
Co	2,12	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,2 ± 0,4	2,1 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,3 ± 0,4	2,0 ± 0	2,3 ± 0,3	2,7 ± 0,7	2,6 ± 0,4	1,7 ± 0,3	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,3	
V	13,9	15,0 ± 1,5	13,6 ± 1,4	15,0 ± 3,6	14,4 ± 1,1	13,6 ± 2,1	16,2 ± 1,3	12,9 ± 2,9	16,0 ± 3,7	15,8 ± 1,7	18,3 ± 3,3	11,4 ± 1,8	13,3 ± 3,3	12,0 ± 2,4	13,8 ± 2,5	
Cr	12,8	13,9 ± 1,5	13,4 ± 1,3	15,0 ± 3,6	13,1 ± 1,3	13,3 ± 1,6	13,2 ± 1,2	15,0 ± 0	12,0 ± 2,5	12,5 ± 3,4	16,7 ± 3,0	12,1 ± 2,9	13,3 ± 3,3	12,0 ± 2,4	13,8 ± 2,5	

Таблица 2

Концентрация Co, V, Cr в почвах техногенных ландшафтов Черноморского побережья России

Элементы	Ландшафты									
	Содержание элементов, (n×10 ⁻³ массовых %)									
	Фон	немелиорируемых пашен				мелиорируемых пашен		садов	виноградников	
	69	75	76	80	81	103	119	126	127	130
Содержание элементов, (n×10 ⁻³ массовых %)										
Co	2,12	3,4 ± 1,0	2,2 ± 0,2	2,0 ± 0,1	2,9 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,0 ± 0	2,1 ± 0,0	2,1 ± 0,5	1,9 ± 0,1
V	13,9	15,0 ± 0	12,1 ± 1,2	14,0 ± 2,0	20,0 ± 6,3	15,1 ± 3,9	11,0 ± 2,0	13,6 ± 1,8	10,7 ± 2,1	12,1 ± 0,9
Cr	12,8	14,2 ± 1,7	10,0 ± 0,6	10,0 ± 0	10,8 ± 1,6	11,0 ± 1,7	10,0 ± 0	15,0 ± 3,1	11,4 ± 2,1	10,0 ± 0

Минимальное содержание металла отмечено в почвах ландшафта виноградников, сформировавшегося в области среднегорья над терригенными породами неогенового возраста.

В целом на территории Черноморского побережья России среди исследованных биогенных ландшафтов преобладают ландшафты с концентрацией элемента на уровне регионального кларка – 71,6 %, среди техногенных – с концентрацией элемента ниже уровня регионального кларка (40 %) или на уровне кларка (40 %).

По профилю почв биогенных ландшафтов металл распределен следующим образом. Наибольшая концентрация металла отмечается в горизонтах С ($9,9\text{--}15,0 \times 10^{-3} \%$) и В-ВС ($9,6\text{--}13,0 \times 10^{-3} \%$). В горизонте А почв биогенных ландшафтов отмечена минимальная концентрация V ($8,7\text{--}11,0 \times 10^{-3} \%$). В пределах техногенных ландшафтов наблюдается обратная картина: с глубиной концентрация металла уменьшается от $10,0\text{--}15,0 \times 10^{-3} \%$ в горизонте А до $5\text{--}7 \times 10^{-3} \%$ в горизонте С.

Участок с аномально высоким содержанием металла в гумусовом горизонте почв (в 1,2 раза выше фона) выделен на Таманском полуострове, где он пространственно совпадает с месторождениями нефти и газа.

В гумусовом горизонте почв ландшафтов территории средние (фоновые) концентрации металла находятся в диапазоне от 10,0 до $16,7 \times 10^{-3} \%$. Минимальное содержание Cr отмечено в почвах трех ландшафтов с однолетними культурами, получивших распространение на Таманском полуострове. Максимальное содержание Cr отмечено в гумусовом горизонте почв ландшафта смешанных лесов, развитого в низкогорной области над терригенными породами мелового-юрского возраста. Ландшафты с наиболее низким содержанием Cr в гумусовом горизонте почв ($10,0\text{--}13,0 \times 10^{-3} \%$) получили распространение на Таманском полуострове, в центральной части района работ и на юго-востоке в высокогорной части Черноморского побережья России.

На изучаемой территории среди исследованных биогенных ландшафтов преобладают ландшафты с концентрацией элемента на уровне регионального кларка – 85,8 %, среди техногенных – с концентрацией элемента ниже уровня регионального кларка (50 %) или на уровне кларка (50 %).

Закономерностей распределения металла по почвенному профилю в ходе исследования выявить не удалось.

На исследуемой территории в ходе работ были выделены две аномалии Cr, одна из которых расположена в центральной горной части побережья (эта аномалия пространственно совпадает с месторождениями и рудопроявлениями Hg), и в юго-восточной части. Концентрация элемента в пределах аномалий в 1,3–2,3 раза выше фона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяченко В.В., Матасова И.Ю., Дьяченко Л.Г. Картографирование геохимических ландшафтов Юга России (аспекты практического использования) // География и природные ресурсы. 2019. № 3. С. 16–25. DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2019-3(16-25).
2. Дьяченко В.В., Матасова И.Ю. Фоновое содержание химических элементов в почвах физико-географических областей Юга России // Проблемы региональной экологии. 2012. № 4. С. 148–153.
3. Матасова И.Ю. Геохимические особенности природных и техногенных ландшафтов Черноморского побережья России: специальность 25.00.09 «Геохимия, геохими-

ческие методы поисков полезных ископаемых»: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2003. 169 с.

4. Матасова И.Ю., Дьяченко В.В. Карта геохимических ландшафтов юга РФ // Геохимия ландшафтов и география почв: докл. Всерос. науч. конф. (г. Москва, 04–06 апр. 2012 г.). М.: Геогр. факультет МГУ, 2012. С. 212–214.
5. Матасова И.Ю. Особенности распределения ряда элементов в почвах ландшафтов Черноморского побережья России // Технологии, экономика и управление: анализ мировых и отечественных тенденций и перспектив развития: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Новороссийск, 2018. С. 31–39.

МОРФОДИНАМИКА БЕРЕГОВ КАРСКОГО МОРЯ**А.В. Новикова, С.А. Огородов***Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва
annamsu17@gmail.com*

Для берегов арктических морей, сложенных многолетнемерзлыми породами, характерна активная динамика с тенденцией к отступанию со средней скоростью около 0,5 м/год [Lantuit et al., 2013]. В последние десятилетия (начиная примерно с 1970-х гг.) на многих участках берегов, в первую очередь термоабразионных, отмечается усиление темпов размыва и даже активизация размыва берегов, ранее стабильных и аккумулятивных [Mars, Houseknecht, 2007; Jones et al., 2009; Novikova et al., 2018 и др.]. Это связывают с глобальным потеплением климата, проявляющимся в Арктике особенно интенсивно, а также с началом активного хозяйственного освоения данного региона [Огородов, 2004; Radosavljevic et al., 2016; Novikova et al., 2018 и др.].

Для Карского моря, особенно для его юго-западного побережья, сложенного рыхлыми многолетнемерзлыми породами, характерно широкое распространение берегов термоабразионного типа, для которых свойственно активное отступление со скоростями от 0,5 до 2,5 м/г [Васильев и др., 2011, Ogorodov et al., 2016, Novikova et al., 2018]. Множество исследований посвящено динамике берегов Карского моря, однако практически все они представляют детальный анализ отдельных небольших ключевых участков, тогда как данная работа охватывает все материковое побережье Карского моря.

В настоящей работе проведен детальный анализ морфологического строения берегов по высоко детальным новейшим снимкам 2010–2020-х гг., а также оценена динамика берегов по сопоставлению современных снимков с архивными снимками 1960-х гг. На основе этого проведены две классификации берегов: по морфодинамическому типу (по внешнему облику на современном снимке) и по современной (за последние ~50 лет) динамике. Данное исследование актуально в связи с тем, что динамика берега за последние десятилетия может существенно отличаться от динамики, преобладавшей на этом участке долгое время ранее (начиная с примерно середины голоцена – после окончания последней трансгрессии), в связи с глобальными изменениями климата и началом интенсивного хозяйственного освоения. Таким образом, сопоставление морфодинамического типа берега и его реальной динамики за последние десятилетия позволит определить возможный вклад глобального потепления и хозяйственного освоения в динамику берегов и определить тенденции их развития в ближайшем будущем.

Работа основана на анализе разновременных аэрокосмических материалов: снимков 2010–2020-х гг. с открытых серверов Google Earth, Yandex Maps и ESRI ArcGIS с пространственным разрешением от 2 до 0,3 м и архивных снимков Corona KH-4 1960-х гг. пространственного разрешения 1,8–2,6 м, приобретенных у Геологической службы США (earthexplorer.usgs.gov). Снимки Corona были привязаны к современным снимкам при помощи большого количества точек привязки функцией Spline в ArcGIS 10.5. По сопоставлению разновременных снимков оценена динамика берега, для большей части берега рассчитаны скорости отступления/выступления береговой линии. По результатам анализа космических снимков составлена

электронная карта морфодинамики берегов Карского моря (материковое побережье) в масштабе от 1: 200 000 до 1: 6 000 000: генерализованная карта всего Карского моря в масштабе 1: 6 000 000 и более детальные карты в более мелких масштабах по регионам.

Около 26 % берегов исследуемого региона отнесены к *термоабразионным*. Они развиты главным образом на открытых морских побережьях с интенсивным волновым и термическим воздействием: на западе Ямала, на западе Тазовского полуострова, на западе и севере Гыданского полуострова, на западе и севере Таймыра в местах, сложенных рыхлыми отложениями, на островах приматериковой части Карского моря, сложенных рыхлыми отложениями. Среди термоабразионных берегов около 69 % отступают в последние десятилетия, причем, 8 % – со скоростями более 2 м/г. Наибольшее отступление отмечено на западе Ямала к северу от полярной станции Марре-Сале (около 2 м/г), на западном (около 2,5 м/г) и восточном (около 4 м/г) побережьях о. Белый, на восточном побережье Ямала к югу от устья р. Вэнуимуёха (более 2 м/г), на севере о. Шокальского (около 2,5 м/г), на севере о. Шокальского (около 2,5 м/г).

Абразионно-термоденудационные берега формируются на защищенных от морского волнения участках побережья (в заливах, проливах и губах), либо на участках ослабленного волнового воздействия за счет профицита наносов в береговой зоне (у устьев крупных рек, на участках перехода абразионного берега в аккумулятивный). Около 20 % исследуемых берегов отнесены к данному типу. Развиты повсеместно, но в наибольшей степени в заливах: Обском, Гыданском, Юрацком, Енисейском. Среди абразионно-термоденудационных берегов большая часть (69 %) отнесены к стабильному динамическому типу, отступление в последние десятилетия отмечено на 31 % берегов данного типа; для них характерны меньшие скорости отступления, чем для термоабразионных берегов.

Аккумулятивные пляжевые берега занимают около 19 % материкового побережья Карского моря. Большая их часть (72 %) была стабильна в последние десятилетия, около 8 % выступало, однако на 21 % аккумулятивных берегов отмечен размыв (например, в районе Харасавея на западном Ямале, в районе порта Утренний на западном Гыдане).

Лайдовые, лагунные и дельтовые берега в нашей классификации выделены в один тип «лайдовые» за счет очень близкого морфологического строения: они представляют собой низменную субгоризонтальную прибрежную поверхность, сильно заболоченную и заозеренную, плавно переходящую под уровень моря, без явно выраженного пляжа, но с обширной мелководной осушкой. Расположены такие берега в приустьевых частях крупных рек (например, кутовые части Обской и Тазовской губ, Енисейского залива). Около 30 % берегов Карского моря отнесены к лайдовым.

Подобно аккумулятивным пляжевым, большая часть лайдовых берегов (62 %) отнесены к стабильному динамическому типу, однако существенная часть данных берегов (33 %) в последние десятилетия размывается, причем 6 % – со скоростями, превышающими 2 м/г. Низменные лайдовые берега, сложенные легко размываемыми песчаными и суглинистыми отложениями, зачастую со включением жильных льдов, крайне чувствительны к волновому воздействию, что подтверждается полевыми наблюдениями [Романенко и др., 2015; Novikova et al., 2018].

Абразионные скальные берега распространены на западе на севере Югорского полуострова и на востоке на севере Таймырского полуострова и занимают 6 % исследуемого побережья. Сложены монолитными коренными породами. 100 % скальных берегов характеризуются стабильной динамикой.

На исследуемом побережье материковой части Карского моря среди выделенных морфодинамических типов берегов преобладают (30 %) низменные лайдовые берега (к которым так же отнесены лагунные и дельтовые), так же широко развиты термоабразионные (26 %)

и абразионно-термоденудационные (20 %) берега, которые вместе составляют около половины береговой линии региона; аккумулятивные пляжевые берега занимают около 19 % побережья; наименее развиты абразионные скальные (6 %).

За период последних ~50 лет большая часть берегов (60 %) не проявила сколь либо существенной динамики и отнесена к стабильному динамическому типу. Это, в первую очередь, скальные берега, большая часть (около 66 %) аккумулятивных типов (пляжевые и лайдовые), а также существенная часть (~48 %) абразионных типов (термоабразионные и абразионно-термоденудационные). Лишь 3 % берегов испытывали выдвигание береговой линии: это часть аккумулятивных пляжевых и лайдовых берегов. Около 37 % берегов отступали в исследуемый период, при этом около 4 % со скоростями более 2 м/г. Это большая часть (52 %) абразионных типов берегов, но также и существенная часть (28 %) аккумулятивных. Интенсивное отступление абразионных берегов и активизация размыва аккумулятивных берегов может быть связана с усилением ветро-волнового воздействия на берега в последние десятилетия, обусловленного глобальным потеплением климата и увеличением продолжительности безледного периода.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ Аспиранты № 19-35-90116 и госбюджетной темы НИЛ геоэкологии Севера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.А., Стрелецкая И.Д., Широков Р.С., Облогов Г.Е. Эволюция криолитозоны прибрежно-морской области Западного Ямала при изменении климата // Криосфера Земли. 2011. Т. XV, №2. С. 56–64.
2. Огородов С.А. Морфолитодинамика береговой зоны Варандейского района Печорского моря в условиях техногенного прессинга // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2004. № 3. С. 273–278.
3. Романенко Ф.А., Баранская А.В., Ермолов А.А., Кокин О.В. Низкие берега западно-арктических морей: происхождение, возраст и современная динамика // Вопросы географии. 2015. Т. 140. С. 275–306.
4. Jones B.M., Arp C.D., Jorgenson M.T., Hinkel K.M., Schmutz J.A., Flint P. Increase in the rate and uniformity of coastline erosion in Arctic Alaska // Geophys. Res. Lett., 2009. 36. L3503.
5. Lantuit H., Overduin P.P., Wetterich S. Recent Progress Regarding Permafrost Coasts // Permafrost and Periglacial Processes. 2013. 24. P. 120–130.
6. Mars J.C., Houseknecht D.W. Quantitative remote sensing study indicates doubling of coastal erosion rate in past 50 yr along a segment of the Arctic coast of Alaska // Geology 2007. Vol. 35. P. 583–586.
7. 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. No. 1481.
8. Ogorodov S.A., Baranskaya A.V., Belova N.G., Kamalov A.M., Kuznetsov D.E., Overduin P., Shabanova N.N., Vergun A.P. Coastal Dynamics of the Pechora and Kara Seas Under Changing Climatic Conditions and Human Disturbances // Geogr. Environ. Sustain. 2016. Vol. 3. P. 53–73.
9. Radosavljevic B., Lantuit H., Pollard W., Overduin P., Couture N., Sachs T., Helm V., Frit M. Erratum to: Erosion and Flooding-Threats to Coastal Infrastructure in the Arctic: A Case Study from Herschel Island, Yukon Territory, Canada // Estuar. Coasts. 2016. Vol. 39. P. 1294–1295.

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ СУДАКА ОБЫКНОВЕННОГО (*SANDER LUCIOPERCA L.*) АЗОВСКОГО МОРЯ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ РЫБОЛОВСТВА

Д.С. Помазков

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
danil.pomazkov@gmail.com*

Одной из важнейших промысловых рыб в нашей стране является судак. Судак пользуется повышенным спросом у потребителей как пищевой продукт. Кроме того, в различных водоёмах данный вид играет роль санитара и биологического мелиоратора, поэтому он так ценен для рыболовства. В различных странах в последнее время активно ведутся исследования, направленные в первую очередь на увеличение эффективности его разведения. Итогом решения этой трудной задачи является выращивание и получение жизнестойкой молоди судака.

В условиях зарегулированного стока рек и безвозвратного изъятия пресных вод на нужды сельского хозяйства произошли изменения гидролого-гидрохимического режима Азовского моря и условий жизни основных промысловых видов рыб в целом и судака в частности [Баландина, 1972].

Статистика уловов судака обыкновенного на протяжении всего XX в. неуклонно сокращалась, а в настоящее время и вовсе находится в состоянии упадка и составляет исторический минимум за последние 59 лет (рис. 1).

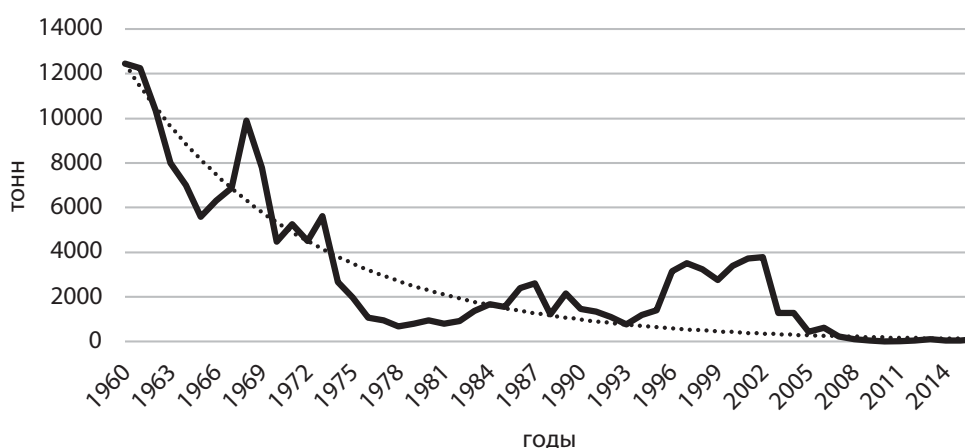


Рис. 1. Динамика уловов азовского судака

Внесение конструктивных изменений в русло рек, строительство Цимлянского гидроузла на р. Дон, возведение Весёловского водохранилища на р. Маныч, выращивание риса на р. Кубань, строительство Краснодарского водохранилища отрицательно сказывается на формировании гидрологического режима Азовского моря. Если обратить внимание на объёмы стока этих рек по годам, то можно отметить, что происходит смена маловодных и многоводных периодов (рис. 2) [Белоусов, 2000].

Среднегодовой сток рек имеет большое влияние на состояние и численность популяции судака обыкновенного в Азовском море, кроме того, в маловодные годы заметно сокращается его ареал, а вместе с ним – и численность популяции, а в многоводные периоды ареал судака расширяется и популяция восстанавливает свою численность.

В результате, размножение судака после 1958 г. в Азово-Донском районе происходило на нерестилищах дельты Дона и Таганрогского залива, имеющих низкую эффективность, а возможный и фактический ареалы сократились в 3 раза, по сравнению с многоводными периодами [Спичак, 1960].

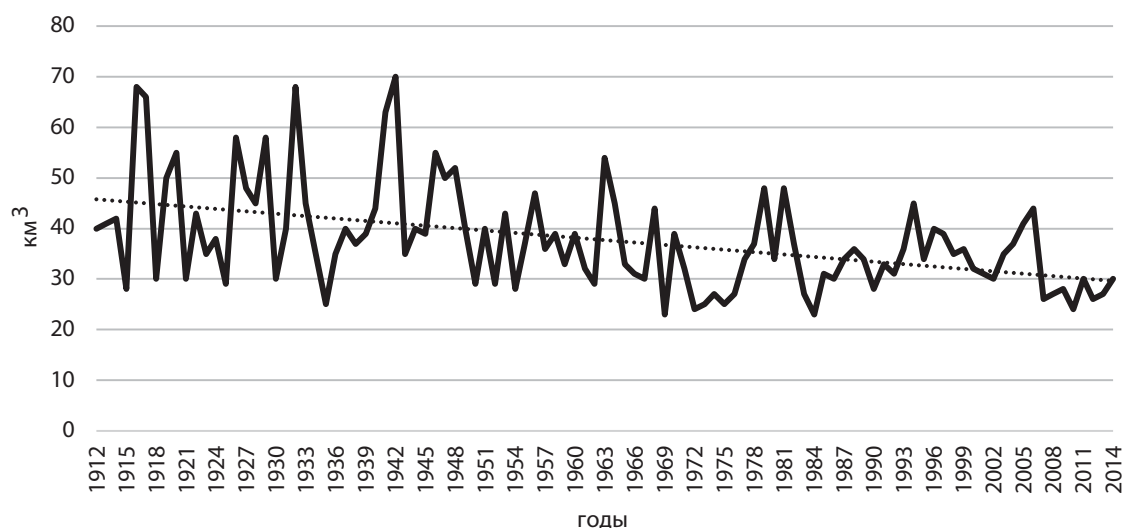


Рис. 2. Динамика годового стока рек Дон и Кубань

В связи с годовым изменением стока изменяет свои значения и солёность Азовского моря (рис. 3) [Океанография и природоохранные мероприятия].

В 1922–1933 гг. при показателе среднегодового стока 41 км^3 , показатель средней солёности установился на отметке $10,1 \text{ ‰}$. Акватория судака в это время занимала около 60 % площади Азовского моря, а акватория с солёностью менее 11 ‰ около 80 % площади. Этот период характеризуется экстремально низкими значениями солёности за всё время наблюдений.

Данный феномен связан с началом антропогенного воздействия на р. Маныч и возведением на ней Веселовского водохранилища. Так как река была зарегулирована, сократился среднегодовой сток пресной воды, поэтому можно сделать вывод, что показатель солёности моря связан с особенностями динамики среднегодового стока рек в Азовское море.

В ходе работы было установлено, что популяция судака в исследуемый период неуклонно сокращалась, исключения составляют лишь некоторые периоды, во время которых количество особей достигало значительного увеличения по сравнению с предшествующим годом. Это были периоды увеличения естественного стока и опреснения бассейна Азовского моря. Именно в эти периоды наблюдался подъём уловов судака. Огромное влияние на сокращение численности популяции оказали такие факторы, как зарегулирование стока рек Дон и Кубань, а именно возведение Манычского и Цимлянского гидроузлов на р. Дон, строительство Краснодарского гидроузла и развитие рисосеяния на р. Кубань, в результате чего среднегодовой сток рек значительно сократился и продуктивные нерестилища судака были утрачены.

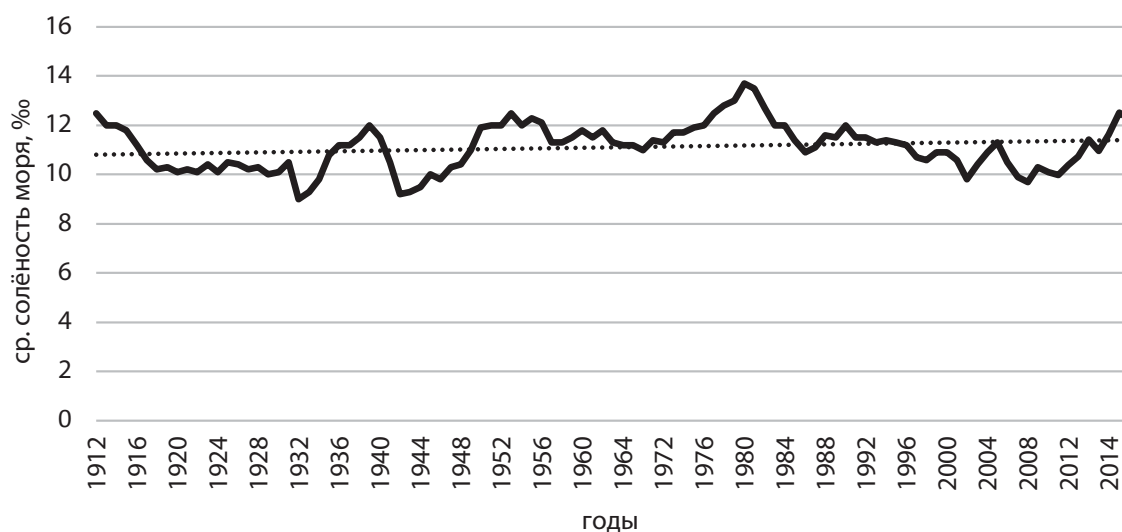


Рис. 3. Динамика солёности Азовского моря

Значительное влияние также оказала и солёность Азовского моря. В периоды маловодья её значения достигали 13,7 ‰, при экологическом приемлемом уровне для судака в 11 ‰. В периоды высокой интенсивности осолонения ареал судака сужался и составлял примерно 40 % площади всего бассейна. Также стоит отметить, что солёность находится в зависимости от среднегодового стока, так в 1976 г. при стоке, равном 23 км³, уровень солёности находился на отметке 13,7 ‰, что является максимальным значением за весь период наблюдений, а в 1942 г. при стоке 70 км³ солёность находилось на уровне 9,2 ‰, что является минимальным значением за период наблюдений.

В результате совместного действия всех перечисленных факторов, в современный период мы наблюдаем критический уровень популяции судака, в связи с чем в 2016 г. был введён запрет на промысел данного ценного объекта рыболовства. А вылов его разрешён только в научно-исследовательских целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баландина Л.Г. Сезонное распределение и динамика запаса судака, тарани и осетровых в Кубанском районе, по данным контрольных крупночастиковых ставных неводов // Тр. ВНИРО. Т. LXXXIII. 1972. 185 с.
2. Белоусов В.Н. Динамика популяции азовского судака под влиянием антропогенных, биотических и абиотических факторов // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. науч. тр. АзНИИРХ. Ростов н/Д.: Молот, 2000. С. 88–96.
3. Спичак М.К. Гидрологический режим Азовского моря в 1951–1957 гг. и его влияние на некоторые химические и биологические процессы // Тр. АзНИИРХ. Т. 1. Вып. 1. М.: Изд-во ВНИРО, 1960. С. 115–143.
4. Дон потерял первое место по стоку в Азовское море // Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»). Океанография и природоохранные мероприятия. URL: <http://azniirrh.ru/novosti/don-poteryal-pervoe-mesto-po-stoku-v-azovskoe-more> (дата обращения: 27.11.2020).

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ МОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ДЕЛЬТЕ ДОНА В УСЛОВИЯХ СИЛЬНЫХ ВЕТРОВЫХ НАГОНОВ

В.В. Сорокина, И.В. Шевердяев, С.В. Бердников

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

Баланс терригенного материала в дельте определяется сложным взаимодействием колебательных приливо-отливных движений морской воды со стоком реки, что и приводит в итоге к переносу жидкости и обломочного материала в сторону моря. Вместе с тем, в дельтах рек происходят физические, химические и биологические процессы, способствующие трансформации веществ. Источниками энергии для таких процессов, кроме энергии Солнца, являются приливо-отливные течения, ветер и сгонно-нагонные явления, волнение, речной сток.

Физические процессы связаны прежде всего с циркуляцией вод. В результате разнообразных движений воды регулируется химический состав среды, перемещение наносов, их размыв и аккумуляция, а также перемещение питательных веществ. Гидродинамический фактор играет большую роль в жизненных циклах водных животных, их дыхании, питании, миграции личинок.

Химические и биологические процессы происходят в водной среде, в донных осадках, а также в процессе метаболизма животных и растений. Такие важнейшие биогенные элементы как органический углерод (ОС), фосфор (Р) и азот (N) способны накапливаться в той части дельты, которая подвержена периодическому затоплению водой. При сравнительно небольшом их стоке со стороны суши они могут поступать со стороны моря в результате прилива или нагона воды. Во время штормов или сгонов воды может происходить вымывание биогенов из толщи осадков дельты.

Направление перемещения ОС, Р и N может изменяться по сезонам года. Основным источником этих элементов является дельтовая растительность, которая способна захватывать питательные вещества, поступающие с речным стоком или из моря, в процессе фотосинтеза (обычно весной и летом) или высвобождать их во время старения и отмирания растительной массы (обычно осенью). Это касается прежде всего азота. Вынос азота происходит в результате процессов приливного перемешивания и денитрификации. В прибрежные воды выносятся в основном восстановленные соединения азота (аммонийный и органический азот), но, когда процессы восстановления идут более активно, происходит потеря азота в результате денитрификации. Показано, что в дельтах азотфиксация бактериями значительно превышает азотфиксацию синезелёными водорослями. Связанный азот аккумулируется в корнях высших растений [Valiela, Teal, 1979]. Накопление соединений азота происходит главным образом в осадках с молодой растительностью, тогда как старая растительность служит источником азота для вод эстуария при промывании приливыми течениями дельтовых отложений. Таким образом, периодически затапливаемые части дель-

ты могут действовать как трансформаторы азота, импортируя растворенные окисленные неорганические формы азота и экспортируя растворенные и частично восстановленные его формы. Наряду с азотом в прибрежные воды выносятся взвешенный углерод.

Источниками фосфора в дельте являются речные воды, а также донные осадки дельты, которые подвергаются периодическому высушиванию, при этом доступность фосфора значительно возрастает. Кроме того, фосфор может поступать из донных отложений эстуария, из продуктов метаболизма бентосных организмов.

Исследование дельт требует междисциплинарного подхода. В дельтах рек происходит аккумуляция осадков и превращение их в почву, но вместе с тем дельты импортируют или экспортируют углерод, фосфор или специфические органические соединения. Дельтовая экосистема трансформирует CO_2 в органический материал, нерастворимый материал – в растворимый, и наоборот. Итоговый баланс между этими процессами представляет интереснейший аспект исследований и для дельты Дона он не изучен.

В настоящем докладе мы представляем интегрированный модельный подход для изучения процессов биогеохимической трансформации веществ в дельте Дона в условиях сгонно-нагонных явлений.

Сгонно-нагонные явления оказывали определяющее влияние на гидрологический режим дельты и взморья Дона в последний маловодный период (2007–2020 гг.), когда половодье практически не было выражено (за исключением 2018 г.). В 2013 и 2014 г. наблюдались одни из самых экстремальных нагонов за последние 100 лет [Матишов и др., 2014, Матишов, Бердников, 2015].

Информационной основой для исследования служит база данных (БД) автоматизированных наблюдений за уровнем воды на гидрологических постах ЮНЦ РАН в дельте Дона за 2007–2020 гг. (<http://meteo.ssc-ras.ru/#>). Анализ сгонно-нагонных явлений выполнен в работах [Пономаренко и др., 2012; Третьякова, 2018; Шевердяев и др., 2019; Сорокина и др., 2020]. БД гидрохимических показателей, полученных в ходе экспедиционных работ ЮНЦ РАН в дельте Дона в 2007–2020 гг., использована для анализа сезонной и пространственной динамики взвеси и биогенных элементов [Поважный, Сорокина, 2014; Бердников и др. 2015; Сорокина, Бердников, 2018], а также тяжелых металлов [Клещенков и др., 2019].

Для численного моделирования территория дельты Дона была поделена на 95 районов (компартов) с учетом гидрологических критериев [Бердников и др., 2018]. Гидрологическое моделирование затопления дельты в результате взаимодействия сгонно-нагонных процессов с речным стоком в условиях переменной водности Дона проводили в среде программы HEC-RAS [2018].

После количественной оценки элементов гидрологического режима была поставлена задача изучения его влияния на формирования полей других абиотических и биотических компонентов морской экосистемы, т.е. выявление так называемой консервативной составляющей изменчивости, обусловленной смешением водных масс с разными свойствами. С моделью водообмена согласованы модули, предназначенные для расчета переноса и динамики растворенных веществ, переноса и седиментации взвешенного вещества, динамики соединений тяжелых металлов и биогенных соединений (рис. 1).

Для расчета переноса и седиментации взвешенных веществ использовали подход, предложенный в работе [Сорокина, Бердников, 2008]. Оценка динамики взвешенных веществ в дельте Дона выполнена в работе [Бердников и др., 2018]. В модели приняты следующие предположения относительно оседания взвешенных частиц в рассматриваемом районе: для районов, которые постоянно находятся под водой, скорость осаждения взвешенных

веществ зависит от шероховатости русла. Для заросших растительностью рукавов и протоков скорость осаждения может возрастать; для участков дельты, которые затапливаются водой, или в период высоких паводков, или при нагоне воды со стороны залива, скорость осаждения определяется тем, насколько затапливаемые участки покрыты растительностью. Последнее может быть оценено по индексу NDVI и спутниковым снимкам.

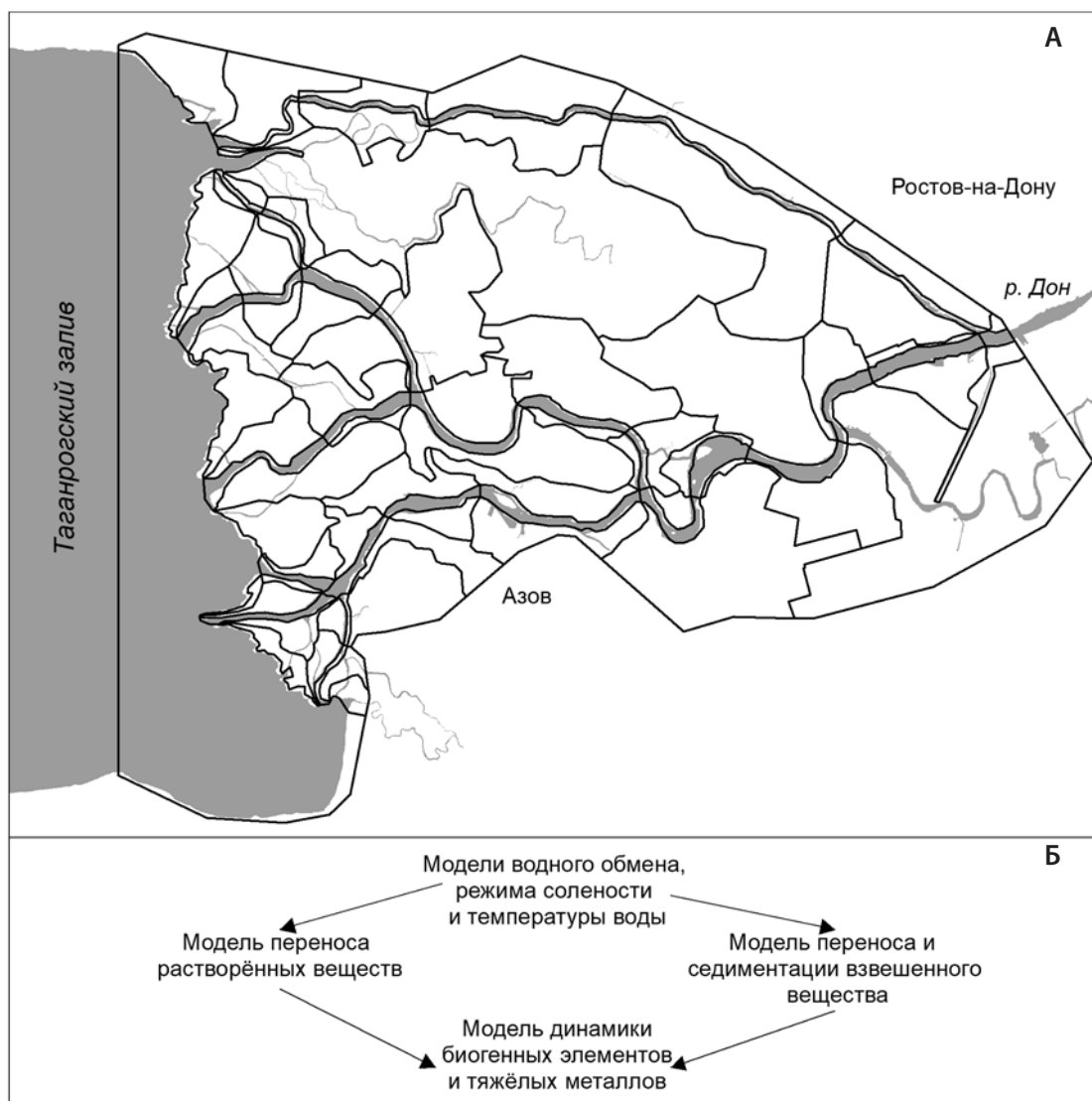


Рис. 1. Выделенные в дельте Дона компартменты (А) и схема взаимосвязи моделей (Б) для изучения процессов биогеохимической трансформации веществ в дельте Дона в условиях сгонно-нагонных явлений

Для адаптации модели к природным условиям проведено исследование распределения коэффициента шероховатости земной поверхности. Подробный алгоритм действий, связанный с оценкой шероховатости на основе NDVI, а также оценка затопления дельты при разном расходе воды с учетом шероховатости представлены в работах [Клещенков и др., 2018; Шевердяев и др., 2019]. Показано, что в результате экстремального нагона в сентябре 2014 г. за 3 суток в дельту могло быть привнесено и там осело около 40 тыс. т взвешенных наносов из Таганрогского залива, обогащенных биогенными и загрязняющими веществами (в частности соединениями тяжёлых металлов) [Шевердяев, Клещенков, 2020].

Это не менее 10 % годового стока твердых веществ Дона в современный период [Сорокина, Бердников, 2018].

Разработанный ранее комплекс моделей модифицирован для более подробного анализа пространственно-временных особенностей поведения биогенных элементов и тяжелых металлов в дельте Дона. Кроме этого, дополнительно будут рассмотрены факторы, связанные с ролью биоты в трансформации форм миграции этих элементов на пути от верхнего края дельты к ее морскому краю, на основе результатов анализа данных наблюдений и описанных выше представлений.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН на 2021 г., гр. проект № 01201363188.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердников С.В., Сорокина В.В., Поважный В.В., Ткаченко А.Н., Ткаченко О.В. Сезонная и пространственная динамика концентраций взвешенных веществ, биогенных элементов и тяжелых металлов в дельте Дона в 2012–2014 гг. // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод: мат-лы науч. конф. с междунар. участием. Ч. 1. (г. Ростов-на-Дону, 8–10 сент. 2015 г.). Ростов н/Д., 2015. С. 141–145.
2. Бердников С.В., Шевердяев И.В., Клещенок 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: мат-лы Междунар. молодежной науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 4–6 сент. 2018 г.). Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН, 2018. С. 18–23.
3. Клещенок А.В., Шевердяев И.В., Мельник И.А. Оценка сезонной динамики шероховатости поверхности в дельте Дона по данным дистанционного зондирования // Там же. С. 37–41.
4. Клещенок А.В., Алешина Е.Г., Сойер В.Г., Шевердяев И.В. К вопросу о поступлении взвешенных наносов и тяжёлых металлов в дельту Дона при нагонах // Экология. Экономика. Информатика: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2019. Т. 1. № 4. С. 140–144. DOI: 10.23885/2500-395X-2019-1-4-140-144.
5. Матишов Г.Г., Бердников С.В. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. // Известия РАН. Сер. геогр. 2015. № 1. С. 111–118.
6. Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Бердников С.В., Шевердяев И.В. Экстремальное наводнение в дельте Дона (23–24 марта 2013 г.) и факторы, его определяющие // Доклады Академии наук. 2014. Т. 455. № 3. С. 342.
7. Поважный В.В., Сорокина В.В. Сезонная динамика концентрации и сток биогенных элементов в основных протоках дельты Дона // Экология. Экономика. Информатика (7–12 сент. 2014 г.). Сб. ст. Т. 1: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2014. С. 223–226.
8. Пономаренко Е.П., Сорокина В.В., Бирюков П.А. Сгонно-нагонные явления в дельте реки Дон в период с 2007 по 2010 г. и их прогнозирование // Вестник Южного научного центра / гл. ред. акад. Г.Г. Матишов. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. Т. 8. № 1. С. 28–37.
9. Сорокина В.В., Бердников С.В. Математическое моделирование терригенного осадконакопления в Азовском море // Океанология. 2008. Т. 48. № 3. С. 456–466.

10. Сорокина В.В., Бердников С.В. Биогенная нагрузка Дона и Кубани на экосистему Азовского моря // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 6. С. 670–684. DOI: 10.1134/S0321059618060147.
11. Сорокина В.В., Московец А.Ю., Клещенок А.В. Экстремальные гидрологические явления в дельте Дона, связанные с действием ветра, в 2015–2017 гг. // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления – II»): мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 95–100.
12. Третьякова И.А. Оценка повторяемости нагонов различной величины в дельте Дона по данным наблюдений // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3. С. 258–261. DOI: 10.23885/2500–395x-2018–1-3–258-261.
13. Шевердяев И.В., Клещенок А.В. Выявление вклада нагонных явлений в поступление тяжелых металлов в дельту Дона // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36. № 5 (215). С. 582–594. DOI: 10.22449/0233-7584-2020-5-582-594.
14. Шевердяев И.В., Клещенок А.В., Третьякова И.А. Опыт гидрологического моделирования нагонов в дельте Дона // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 3. С. 54–62. DOI: 10.7868/S25000640190306.
15. HEC-RAS: River Analysis System. URL: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/> (дата обращения: 15.12.2020).
16. Valiela J., Teal J.M. The nitrogen budget of a salt marsh ecosystem // Nature. 1979. Vol. 280. № 5724. P. 652–656.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОСТРОВНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДЕЛЬТЫ ДОНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

К.С. Сушко^{1, 2}, Л.П. Ильина¹

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
kirkka@yandex.ru; iljina@ssc-ras.ru

Дельта Дона представляет собой уникальную природную экосистему, которая характеризуется наличием практически не затронутых антропогенным воздействием дельтовых ландшафтов с высоким биологическим разнообразием флоры и фауны, а также природных местообитаний редких видов, в том числе занесенных в Красную книгу РФ. Эта территория имеет важное экологическое значение в формировании биоресурсного потенциала Азовского моря и Таганрогского залива, а также является резервом земельного фонда, что особенно актуально для устойчивого развития южного региона. В экономическом отношении дельта Дона является важным транспортным узлом для морских грузоперевозок, центром сельскохозяйственного производства и рекреации.

Почвенный покров островов дельты Дона отличается сложностью и комплексностью, которая связана с совокупностью природных факторов и разнообразием форм антропогенного воздействия на почвы. Большинство исследователей относят почвы дельты Дона к группе типов аллювиальных пойменных и дельтовых почв. Основными условиями при формировании дельтовых почв являются регулярное затопление паводковыми водами и отложение слоев аллювия. Периодическое затопление паводками и близость грунтовых вод обуславливают особенности водного режима и генезиса, что отражается в специфике их профильного строения [Безуглова, Хырхырова, 2008; Матишов и др., 2017].

В настоящее время планируется строительство низконапорного гидроузла на 3089 км Единой глубоководной системы, вблизи острова Арпачинский (Багаевский район Ростовской области). Риски, связанные со строительством этого объекта, – это загрязнение вод, уничтожение прибрежно-водной растительности, абразия берегов, дноуглубление и формирование свалок грунта. Также, гидротехническое строительство повлияет на характер стока реки Дон и структуру поступающих аллювиальных наносов.

В современный период ландшафты дельты Дона подвергаются интенсивному антропогенному воздействию (использование почв под пастбища и сенокосы, рекреационная нагрузка, строительство гидросооружений и др.). Все это приводит к формированию антропогенно-преобразованных дельтовых ландшафтов, которые по экологическому состоянию отличаются от природных.

Цель исследования – изучение экологического состояния островных ландшафтов дельты Дона в условиях антропогенного воздействия.

Объектами исследования были почвы островной и прибрежной частей дельты Дона (гирло Мериновое, гирло Кутерьма, гирло Широкое, река Мертвый Донец, ерик Церковный, гирло Свиное). При изучении почвенного покрова использовались стандартные методы

полевых и лабораторных исследований: сравнительно – географический, эколого-ландшафтного профилирования, а также физико-химические.

В 2018–2020 гг. заложены 17 почвенно-литологических профилей на островах дельты Дона (рис. 1).

КАРТА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ С ТОЧКАМИ ОТБОРА ПРОБ

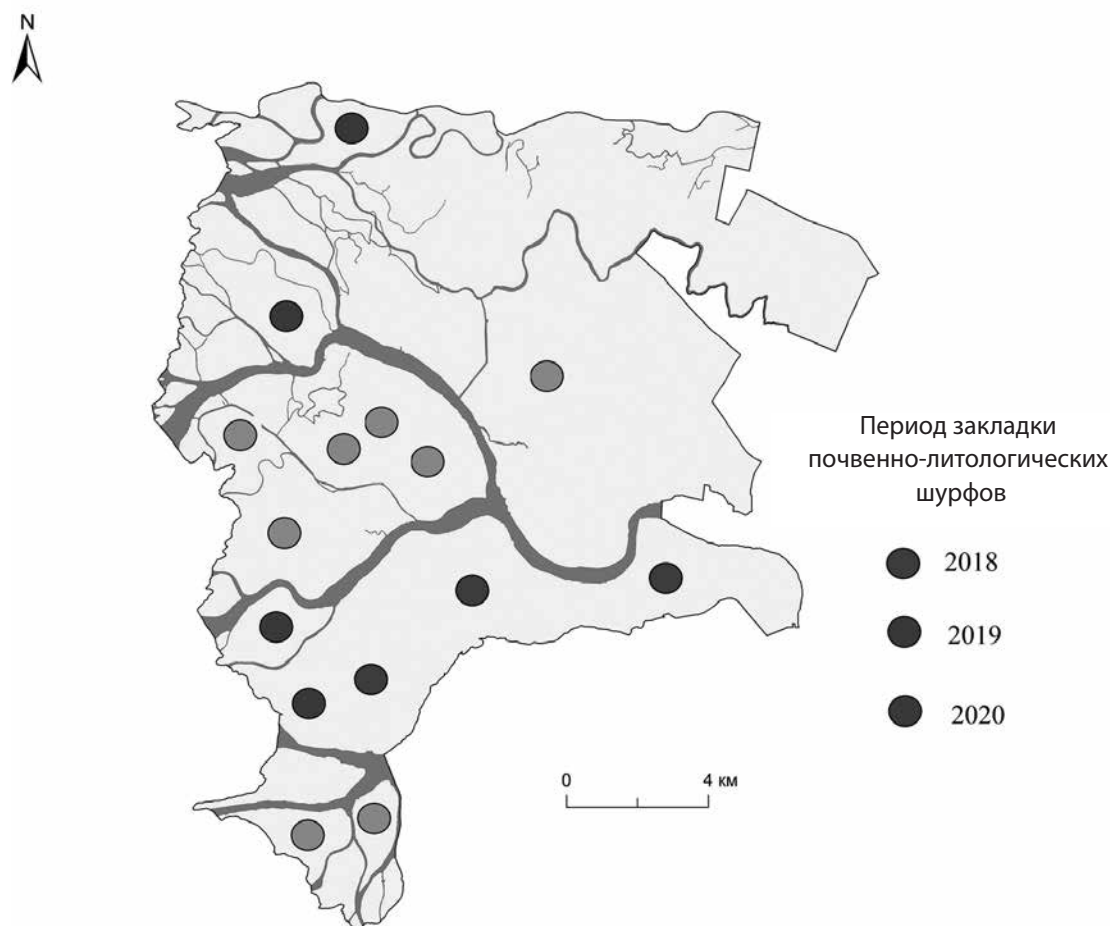


Рис. 1. Местоположение точек отбора проб в почвенно-литологических шурфах в разные периоды (2018–2020 гг.) в дельте Дона

Образцы отбирали послойно на глубине 0–20 и 20–50 см (определение почвенных показателей проводили в 3-кратной повторности). Выполнены анализы агрофизических показателей почв (гумус, плотность, гранулометрический состав, влажность и др.) островов дельты Дона стандартными методами [Аринушкина, 1970; Александрова, Найденова, 1986].

При исследовании прибрежных и островных ландшафтов отбор почв и грунтов производился с использованием почвенного бура. Всего было заложено 26 шурфов на глубину 1,21–1,82 м. Образцы почв отбирались послойно каждые 20 см. Всего отобрано 127 образцов почв и аллювиальных отложений.

В результате проведенных комплексных экспедиционных исследований в 2014–2019 гг. установлено, что почвы островов северной части дельты Дона представлены 5 типами и подтипами почв: аллювиальными, аллювиально-луговыми, лугово-аллювиальными, луговыми и слоистыми песчаными почвами дельтовых песков на почвообразующих породах различного генезиса [Сушко, Ильина, 2020; Сушко и др., 2020].

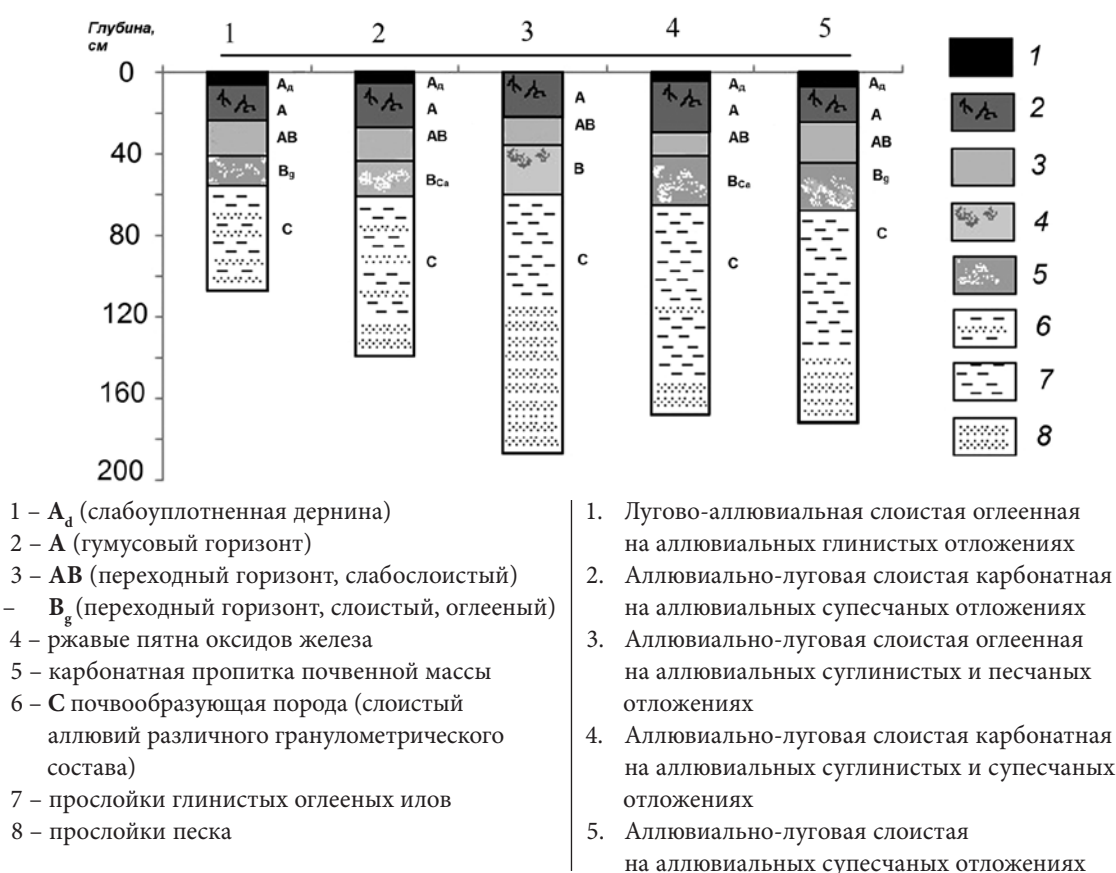


Рис. 2. Почвенные профили основных типов и подтипов почв дельты Дона

Аллювиально-луговая слоистая карбонатная почва на аллювиальных отложениях имеет мощность гумусового горизонта $A+B$ не более 85 см, по гранулометрическому составу верхние горизонты среднесуглинистые, нижележащие тяжелосуглинистые. Почвенный профиль неоднороден и имеет четкую слоистость, связанную с чередованием песчаных слоев с темными суглинистыми прослойками. Формируются аллювиально-луговые почвы под воздействием следующих почвообразовательных процессов: поемного, аллювиального, дернового и глеевого, – они занимают свыше 60 % территории островов дельты Дона.

Лугово-болотные почвы дельты Дона сочетают признаки как луговых, так и болотных почв. Мощность гумусового горизонта $A+B$ не более 40 см, вниз по профилю отмечены затеки гумуса, ржавые пятна оксидов железа появляются с 25 см, сизый (голубоватый) оттенок нижней части профиля связан с постоянным затоплением и развитием восстановительных процессов. Для образования лугово-болотных почв разной степени засоления характерными почвообразовательными процессами являются дерновый, солончаковатый и глеевый. Они зачастую занимают внутренние части островов дельты Дона, понижения в рельефе, приустьевые части стариц и ериков.

Распространение почвообразующих отложений в островной части дельты Дона подчинено определенным закономерностям. Русловые пески располагаются на островах, омываемых крупными рукавами, такими как гирла Широкое, Кутерьма, Мериново. По мере удаления от водотоков русловые пески сменяются пойменными и старичными песками. По площади они занимают значительную долю островной части дельты Дона, ими сложены массивы островов Свиной, Донской, Кутерьма и др. Дельтовые пески занимает северную и южную зону в западном сегменте современной дельты Дона [Матишов и др., 2017; Сушко, Ильина, 2019].

Увеличение площади маломощных аллювиальных почв, сложенных тонкими отложениями, приводит к уменьшению их устойчивости к выдуванию ветрами, особенно в засушливый период, сокращению содержания органического вещества почвы и дальнейшему изменению природно-территориальных комплексов.

Дельтовые пески представлены в основном тонко- и мелкозернистыми отложениями, которые формируются в условиях активного влияния морской воды. Они распространены по периферии района исследования дельты Дона (р. Мертвый Донец, северный борт гирла Мокрая Каланча). Серо-желтые пески обогащены пылеватым и глинистым материалом, часто встречаются остатки ракушки [Матишов и др., 2020].

Согласно фондовым данным дельтовые пески слагали практически всю западную границу дельты, в настоящий момент их площадь не превышает 10 % изученной территории в ходе экспедиционных исследований ЮНЦ РАН.

При зарегулировании речного стока реки Дон Цимлянским водохранилищем в 1952 г. исчезла прерывистость и слоистость почвообразования в почвах островной и прибрежной части дельты Дона. Паводки перестали промывать почвы дельты от солей, аккумулируемых в послепаводковые периоды из грунтовых вод. Повсеместно развиваются деграционные процессы, связанные с заболачиванием, дегумификацией, засолением, слитизацией и др.

В последние годы возрастает и антропогенная нагрузка на дельтовые ландшафты, что обусловлено строительством различных гидротехнических сооружений, увеличением площадей для сенокосов и выпаса сельскохозяйственных животных, ухудшением показателей химического загрязнения среды (почв, воды, растений и др.) при рекреационной нагрузке.

Интегральным показателем почвенного плодородия является содержание гумуса. Распределение гумуса по профилю изученных почв дельты Дона тесно связано с условиями почвообразования в степной зоне, для них характерно повышенное содержание гумуса в верхних горизонтах и постепенное уменьшение его вниз по профилю.

Содержание гумуса в верхних горизонтах не превышает 3,27–3,36 %, вниз по профилю отмечено постепенное уменьшение до 0,79–1,02 %. Отмечены затеки гумуса по почвенному профилю до глубины 107 см. Процесс дегумификации развивается в дельтовых почвах при периодическом затоплении, интенсивном пастбищном использовании, а также абразионным разрушением берегов.

Установлено, что в центральной островной части дельты Дона в почвах происходит уплотнение верхних почвенных горизонтов, особенно это проявляется для ареалов сильных ландшафтных пожаров, обрамляющих селитебные ландшафты дельты (х. Петров, х. Донской, остров Свиной). Все почвы, примыкающие к селитебным зонам, характеризуются переуплотнением (свыше 1,2 г/см³).

На основании многолетних полевых и камеральных работ выявлены основные виды деградации для островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона – физическая, физико-химическая, биологическая, гидрологическая и антропогенная. Очень часто в дельтовых почвах различные виды деградации могут проявляться совместно. Так, например, затопление и заболачивание приводит к негативным изменениям физико-химических свойств, а также биологических показателей почв. Кроме того, развитие одного типа деградации может активизировать негативные процессы, свойственные другому типу деградации. В частности, биологическая деградация, проявляющаяся в виде дегумификации (потеря гумуса и уменьшение мощности гумусовых горизонтов), повлечет за собой разрушение структуры плодородных горизонтов, ухудшение физико-химических свойств почв [Сушко, Ильина, 2020].

Проведенные исследования показали, что в настоящее время в почвах дельты Дона происходит перераспределение, а также изменение структуры песчаного аллювия по почвенному профилю. В результате заиления и перераспределения стоков твердых наносов 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 условиях антропогенного воздействия (использование почв для пастбищ и сенокосов, строительство различных гидрохимических сооружений, искусственное зарегулирование речного стока и др.) происходит трансформация природных дельтовых ландшафтов в антропогенно-преобразованные с ухудшением их экологического состояния.

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 18-05-80022 «Реконструкция и изменение палеоландшафтов в эпоху голоцена под влиянием природных и антропогенных процессов на примере акватории Таганрогского залива и прилегающего участка дельты Дона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
2. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Агропромиздат, 1986. 295 с.
3. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. С. 123–124.
4. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Дюжова К.В., Сушко К.С., Титов В.В. Результаты комплексных исследований голоценовых отложений Азовского моря // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 4. С. 43–59.
5. Матишов Г.Г., Польшин В.В., Кулыгин В.В., Титов В.В., Коваленко Е.П., Сушко К.С. Новые данные о строении косы Долгой Азовского моря (бурение, исследование отложений, малакофауна) // Наука Юга России. 2020. Т. 16. № 3. С. 26–39.
6. Сушко К.С., Ильина Л.П. Особенности развития деградационных процессов в ландшафтах дельты Дона // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления» – [Т. I]): мат-лы Междунар. науч. конф. Ростов н/Д., 2019. С. 243–246.
7. Сушко К.С., Ильина Л.П. Оценка степени деградации островных и прибрежных ландшафтов дельты Дона в современный период // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – II»): мат-лы Междунар. науч. конф. Ростов н/Д., 2020. С. 263–268.
8. Сушко К.С., Ильина Л.П., Беспалова Л.А. Развитие деградационных процессов прибрежных и островных территорий долины Маныча и дельты Дона в современных условиях изменения характера хозяйственной деятельности // Деградация земель и опустынивание: проблемы устойчивого природопользования и адаптации: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Москва, ИГ РАН, ноябрь 2020 – март 2021 г.). М.: МАКС Пресс, 2020. С. 87–91.

РЕАКЦИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ В ЭКОСИСТЕМАХ *FAGUS ORIENTALIS* L. СОЧИНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ НА ХРОНИЧЕСКИЕ РЕКРЕАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ

В.Г. Щербина

Филиал Института природно-технических систем, г. Сочи
v.g.scherbina@bk.ru

При изучении окружающей среды в регионах рекреационно-туристской специализации среди экологических механизмов, сохраняющих и формирующих видовое разнообразие искусственных и естественных экосистем [Довганюк, Довганюк, 2019; Koosheki et al., 2013], все больше акцентируется внимание на величинах и составе физических и химических факторов биотопа [Прокушкин, Каверзина, 1993; Юрчак, 2005; Воронцова, 2020] и эдафотопы [Левченко и др., 2020], усиливающихся при антропогенной трансформации вплоть до снижения собственного возобновительного потенциала [Черняк, 2017; Федотов и др., 2019; 2020] и образования смешанных древостоев [Ситников, Онистратенко, 2019], а также в направлении сохранения «экологической среды» [Матвеев, 1994] и структуры лесных экосистем [Золотухин, Овчаренко, 2007; Прохоров, 2018; Поляк, Сухаревич, 2019], выполняющих функции рекреационного и экологического каркаса городов.

Цель исследования заключалась в оценке влияния хронической рекреационной нагрузки на изменения корненасыщенности и их аллелопатической активности в экосистемах формирования бука восточного *Fagus orientalis* L. при различном составе древостоя.

Исследования проводились в зоне влажных субтропиков на стационарных участках, с удаленностью от селитебной зоны (населенные пункты, дороги) до 350 м, имеющих юго-западную экспозицию в бассейнах 4 рек (Шахе, Уч-Дере, Хоста, Большая Хоста) при отсутствии влияния автотранспортного загрязнения (класс полевотолерантности ≤ 3 [Пчелкин, Боголюбов, 1997]). Наличие рекреационного воздействия оценивалось по средней объемной массе почвы [Щербина, 2005].

Характеристики корневых систем определялись методом монолита по фракциям проводящих и физиологически активных корней [Колесников, 1972] в верхнем горизонте (10 см) почвы на трансектах, пересекающих горизонтальные биогеоценотические парцеллы с 1–3 древесными видами, с коэффициентным составом преобладающего древесного вида *Fagus orientalis* L. (Бк) по доле участия запаса в общем запасе древостоя – 6, 8 и 10 ед., с примесью 2 ед. *Carpinus betulus* L. (Гр) и 2 ед. *Quercus petraea* L. (Дс); при отсутствии в числе преобладающих видов, до 4 % запаса составлял *C. betulus*, *Tilia caucasica* Rupr. (Лп), *Fraxinus excelsior* L. (Яс), *Ulmus scabra* Huds. (Ил), *Castanea sativa* Mill. (Кш), *Taxus baccata* L. (Тс), *Acer campestre* L. (Кпол); менее 2 % (единично) – *Prunus avium* L. (Чрш) в составе основного полога: 10Бк + Гр, Лп, Ил, Кш, Тс, Кпол; 8Бк2Гр + Яс, ед. Чрш; 6Бк2Гр2Дс + Яс, ед. Чрш. [Рокицкий, 1964].

Аллелопатическая активность корневых систем оценивалась по активности водорастворимых колинов методом биопроб [Гродзинский, 1991]; биотестом служили семена *Raphanus*

sativus var. radícula Pers. Водная вытяжка по рекомендациям [Гродзинский и др., 1979] готовилась из расчета 1: 100. Активность растворов оценивалась по индексу аллелопатической активности (A_k) по принятым методам [Симагина, Лысякова, 2011].

Представленные в таблице 1 полученные результаты по варьированию общей биомассы мелких корней (≤ 3 мм) свидетельствуют о том, что в условиях отсутствующего или слабо выраженного рекреационного воздействия (I стадия дигрессии) максимальная корнена-сыщенность почвы отмечается в чистых насаждениях, т.е. с 10 единицами эдификатора в составе древостоя, и снижается с ростом числа доминирующих видов. С ростом рекреационной нарушенности большая корненасыщенность регистрируется в сообществах с большим числом видов в составе основного полога, что согласуется с концепцией большей организованности более сложных сообществ [MacArthur et al., 1972].

Таблица 1

Характеристика корненасыщенности при различном составе основного полога

Состав древостоя	Стадия рекреационной дигрессии									
	I		II		III		IV		V	
	г	%	г	%	г	%	г	%	г	%
10Бк	19,90	100	16,09	80,84	13,36	67,14	6,73	33,83	1,45	7,28
8Бк2Гр	17,07	100	12,53	73,37	11,74	68,76	7,10	41,61	2,10	12,28
6Бк2Гр2Дс	14,59	100	10,25	70,24	10,71	73,40	7,99	54,76	3,03	20,79
$\bar{x}$	17,19	100,00	12,96	74,82	11,94	69,77	7,27	43,40	2,19	13,45

Проведенные расчеты разницы и ошибки разницы (S_d), по таблицам нормального интеграла вероятности [Рокицкий, 1964], указывают на наличие достоверных отличий как между стадиями дигрессии (нормированное отклонение выборочной совокупности – $t = 11,57-21,81$; при $p > 0,999$), так и между выборочными совокупностями состава древостоя ($> t_{\text{табл}} = 2,75$, при $P = 0,01$) и генеральными совокупностями экосистем ($> t_{\text{табл}} = 3,65$, при $P = 0,001$). Полученные отношения сумм квадратов к полным суммам квадратов (R^2) характеризуют широкий диапазон доли дисперсии y (0,141–0,993), объясняемые наложением рекреационного фактора на многообразие биохимического взаимодействия. Величины средней ошибки аппроксимации находятся в интервале от 3,8 до 5,1 %, указывая на внутреннюю однородность и стабильность существующих зависимостей в пределах отдельных стадий дигрессии.

Физиологически активные окончания проявляют большую чувствительность к величине биоразнообразия древостоя и к рекреационному воздействию на всем диапазоне экодинамического стресса, в большей степени реагируя на рекреационную нагрузку (уплотнение почвы) на этапе ее проявления (II стадия, 35,7 %), этапе критического восстановления (III стадия, 2,9 %) и на пессимальной стадии (V стадия, 90,4 %) экосистем (рис. 1).

С позиции аллелопатии биологические процессы в уплотненной почве ведут к формированию токсичных соединений для высших растений (восстановление нитратов и сульфатов до аммиака и сероводорода, переход железа и марганца в ядовитые закисные формы, образование из фосфорной кислоты соли закисного железа, отщепление углерода от органических молекул в виде метана и других углеводородов), даже для приспособленных к временному анаэробизму [Гродзинский, 1991]. По исследованиям [Гринева и др., 2000],

в анаэробных условиях корни растений выделяют и могут накапливать этиловый спирт, также обладающий значительными ингибирующими свойствами для корневой системы, вызывая самоотравление растений и сильное почвоутомление.

Таким образом, реакция активных корневых окончаний и их аллелопатическая активность, характеризующая трансформацию эдафических характеристик в условиях рекреационного пресса, могут выступать в роли удовлетворительного и верного индикатора состояния рекреационной нарушенности территории. Полученные результаты, дополняя динамические характеристики лесных сообществ, формируют базис для дальнейших сравнительных оценок величин трансформации экосистем, их стабильности и устойчивости и могут найти применение при совершенствовании природоохранных решений в рекреационной зоне влажных субтропиков России.

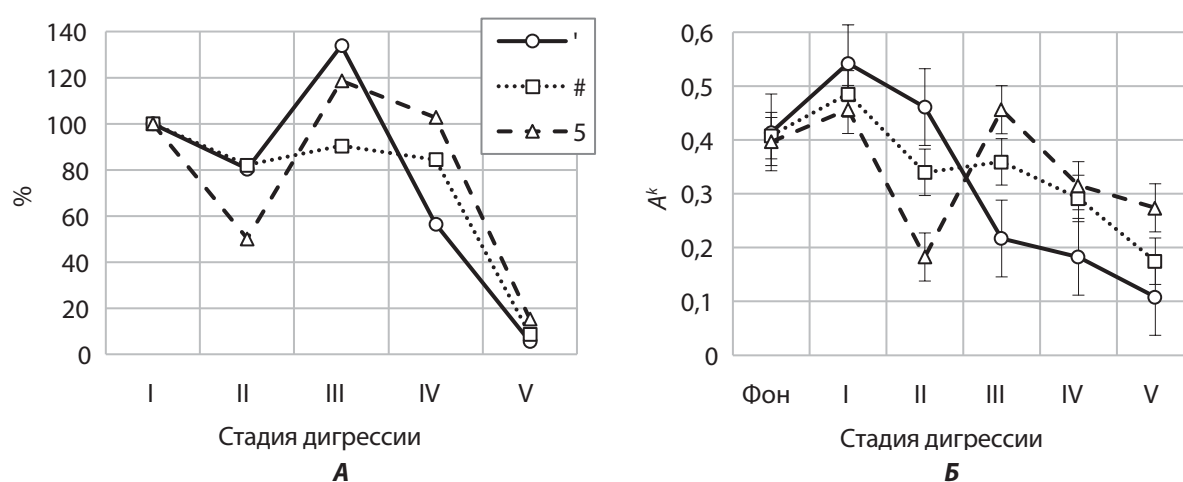


Рис. 1. Зависимость доли (А) и аллелопатической активности (Б) корневых окончаний от величины рекреационной дигрессии и состава насаждения: 1–10Бк + Г, Лп, Ил, Кш, Тс, Кпол; 2–8Бк2Гр + Яс, ед. Чрш; 3–6Бк2Гр2Дс + Яс, ед. Чрш

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
2. *Воронцова Е.С.* Оценка экологических механизмов, вызываемых аллелопатией, на микроорганизмы и экологическую среду // Научный электронный журнал Меридиан. 2020. № 6(40). С. 3–5.
3. *Гринева Г.М., Брагина Т.В., Платонова А.В.* Индуцированная этиленом активация гидролитических ферментов в придаточных корнях кукурузы в условиях прогрессирующего затопления // Докл. Академии наук. 2000. Т. 374. С. 393–405.
4. *Гродзинский А.М., Богдан Г.П., Головкин Э.Я.* Аллелопатическое почвоутомление. Киев: Наукова думка, 1979. 248 с.
5. *Гродзинский А.М.* Аллелопатия растений и почвоутомление. Избр. тр. Киев: Наукова думка, 1991. 532 с.
6. *Довганюк А.И., Довганюк Е.С.* Формирование устойчивых напочвенных покровов в условиях мегаполиса // Лесной вестник. 2019. Т. 23. № 3. С. 13–20.

7. Золотухин А.И., Овчаренко А.А. Пойменные леса Прихоперья: состояние, эколого-ценотическая структура, биоразнообразие. Балашов: Изд-во СГУ, 2007. 149 с.
8. Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1972. 152 с.
9. Левченко П.В., Гетманец И.А., Викторов В.П. Результаты биотестирования эдафотопов некоторых видов широколиственных пород в Ашинском государственном природном биологическом заказнике (Челябинская обл.) // Вестник Тверского гос. ун-та. Сер.: Биол. и экология. 2020. № 2(58). С. 84–93.
10. Матвеев Н.М. Аллелопатия как фактор экологической среды. Самара: Кн. изд-во, 1994. 206 с.
11. Поляк Ю.М., Сухаревич В.И. Аллелопатические взаимоотношения растений и микроорганизмов в почвенных экосистемах // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139. № 2. С. 147–160.
12. Прокушкин С.Г., Каверзина Л.Н. Корневые экзометаболиты и их роль в минеральном питании сосны // Лесоведение. 1993. № 6. С. 81–85.
13. Прохоров В.Н. Аллелопатический потенциал адвентивных видов с высокой инвазионной активностью во флоре Беларуси // Известия Нац. АНБ. Сер.: Биол. наук. 2018. Т. 63. № 2. С. 163–170.
14. Пчелкин А.В., Боголюбов А.С. Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды: методическое пособие. М.: Экосистема. 1997. 25 с.
15. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1964. 328 с.
16. Симагина Н.О., Лысякова Н.Ю. Динамика аллелопатической активности *Vipileurum fruticosum* L. в течение вегетации и онтогенеза // Ученые записки Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Биология, химия. 2011. Т. 24(63). № 4. С. 273–281.
17. Ситников М.А., Онистратенко Н.В. Основные экологически значимые метаболиты клена сенилистного *Acer negundo* и его аллелопатическая роль в пойменной экосистеме // Антропогенная трансформации геопространства: природа, хозяйство, общество: V Междунар. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 01–04 окт. 2019 г.). Волгоград: Изд-во ВГУ, 2019. С. 121–126.
18. Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. Аллелотоксины в почвах и стимуляция развития семян // Лесной вестник. 2019. Т. 23. № 5. С. 62–70.
19. Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. Аллелотоксичность почв, механизмы ее возникновения и возможные пути снижения // Лесной вестник. 2020. Т. 24. № 2. С. 37–42.
20. Черняк Д.М. Аллелопатические свойства почв многолетних интродукционных насаждений *Heracleum sosnowskyi* и *Heracleum moellendorffi* // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. С. 349–356.
21. Щербина В.Г. Рекреационная индикация субтропических буковых биогеоценозов / 2-е изд., доп. и перераб. Кривой Рог: Минерал, 2005. 352 с.
22. Юрчак Л.Д. Аллелопатия в агробиоценозах ароматичних рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 411 с.
23. Koocheki A., Lalegani B., Hosseini S.A. Ecological consequences of allelopathy // Allelopathy. 2013. P. 23–38.
24. MacArthur R.H., Diamond J.M., Karr J.R. Density compensation in island faunas // Ecology. 1972. Vol. 53. P. 330–342.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗА ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД РЕКРЕАЦИОННО-НАРУШЕННОЙ ПОЧВЫ В ЛЕСАХ СОЧИНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Ю.Г. Щербина

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепр, Украина
yura.shcherbina.57@bk.ru*

Лесопользование при неорганизованной рекреационной деятельности сопровождается негативными био- и абиотическими преобразованиями в лесных биогеоценозах, приводящими к дигрессии, а порой и деградации антропогенно-трансформированных участков леса [Репшас, Палишкис, 1983]. Учитывая, с экологических и рекреационных позиций, важность проблемы при рациональном природопользовании, для пригородной лесной зоны определенную значимость приобретают научные разработки процессов восстановления нарушенных компонентов и блоков природных экосистем. Наименее изученными, ввиду трудоемкости, являются демулационные процессы в эдафическом блоке, воспринимающем нагрузку и трансформируемом в первую очередь.

Эти вопросы также являются актуальными и для пригородных лесов сочинского побережья, испытывающих на локальном уровне значительную рекреационную нагрузку [Щербина, Белюченко, 2008; Щербина, 2015; 2017; 2018].

Цель работы заключалась в оценке восстановления рекреационно-нарушенной плотности почвы за осенне-зимний период с участием и отсутствием деятельности беспозвоночных педобионтов в лесах субтропической зоны сочинского побережья.

Исследования проводились в предгорных лесных массивах влажных субтропиков сочинского побережья при удаленности от селитебной зоны более 300 м (при индексе полеотолерантности ≤ 3). В третьей декаде октября 2020 г. закладывались контрольные и экспериментальные (в двух вариантах) пробные площади с имитацией рекреационной нагрузки по методике «шаговой нагрузки» [Временная методика ... 1987] (диапазон плотности почвы (г/см^3): $\leq 0,98$, $0,99-1,13$, $1,14-1,19$, $1,20-1,44$, $\geq 1,45$). После имитации нагрузки первый экспериментальный вариант включал участки с участием почвенных беспозвоночных (биотический фактор); во втором варианте – с влиянием криогенного фактора, для элиминации деятельности микро- и мезопедобионтов, по рекомендациям Г. В. Курчевой (цит. по: [Ганжара и др., 2002]), добавлялся порошковый нафталин из расчета $2,5 \text{ г}$ на 100 см^2 (по поверхности почвы при плотности $\geq 1,2 \text{ г/см}^3$; при плотности $\geq 1,2 \text{ г/см}^3$ – в лунки на 5 см в глубину). Пробы почвы брались после морозного периода с 18 по 20 января 2021 г. (криогенного разуплотнения почвы).

В данной работе анализируются средние взвешенные значения по экспериментальным участкам в горизонтальных биогеоценологических парцеллах с монодоминантным (10Бк, 10Д, 10Г) и полидоминантным древостоем (4–9Г1–3Д(1–2Бк)0–3Я0–2Л0–2Кл, 4–9Д1–4Г(1–3Бк)0–3Я0–3Л0–2Кл, 6–9Бк1–4Д1–3Г0–2Кл) по 5 учетным площадкам из каждой парцеллы (при 3-кратной повторности) при 5 диапазонах плотности почвы ($0,83-0,97$, $1,01-1,11$, $1,14-1,19$, $1,22-1,44$, $1,52-1,69 \text{ г/см}^3$).

Проведенные исследования подтверждают полученные ранее результаты в зоне влажных субтропиков о круглогодичной активности редуцирующих беспозвоночных [Щербина, 2006] и характеризуют тенденцию к снижению биологической активности почвы в 5,9 раза с увеличением ее плотности в верхнем горизонте 5 см (рис. 1).

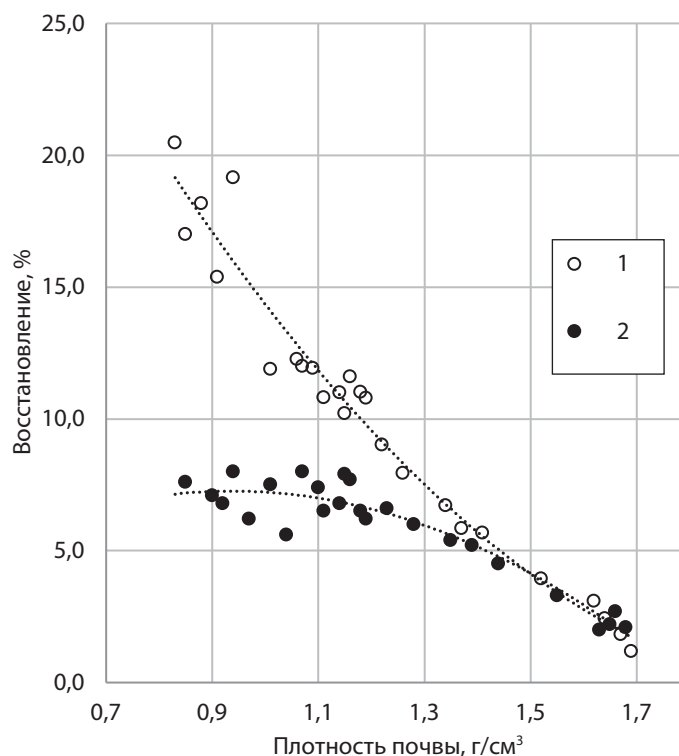


Рис. 1. Восстановление плотности почвы в осенне-зимний период при разуплотнении:
1 – биотическом, 2 – криогенном

Полученные распределения на тренде рекреационно-уплотненной почвы характеризуются полиномиальными регрессиями второй степени (табл. 1) с достаточно высоким критерием достоверности аппроксимации (90,2–96,1 %).

Таблица 1

**Зависимость величины итоговой плотности почвы (y)
при криогенном и биотическом восстановлении**

Фактор	Уравнение регрессии	R^2
Биотический	$y = 11,612x^2 - 49,490x + 52,226$	0,961
Криогенный	$y = -9,803x^2 + 18,358x - 1,335$	0,902

При незначительных рекреационных нагрузках на почву ($\leq 1,19$ г/см³) в осенний период в процессе деструкции принимают активное участие редуцирующие мезопедобионты, с меньшей долей микропедобионтов [Щербина, 2006], что обеспечивает достаточно интенсивное биотическое восстановление (10,2–20,5 %). С ростом рекреационной нагрузки ($\geq 1,2$ г/см³) ухудшаются условия обитания для педобионтов и в процессе восстановления большая роль отводится физическим составляющим эдафотопы; демутиация лимитируется трансформацией гранулометрического состава, характеризующегося возрастанием мелкой фракции (0,05–0,25 мм) на 20–35 % [Павлова и др., 2013].

Наблюдаемые на тренде плотности обратная корреляционная зависимость величины криогенного восстановления от плотности почвы ($r = -0,153$ при I–III стадиях дигрессии; $r = -0,989$ при IV–V стадиях; $p = 0,95$), диапазоны величины вариации (v , соответственно 76,2 % и 8,1 %) и неравномерность интенсивности криогенного разрыхления можно объяснить различной долей гумуса и влажностью верхнего горизонта, обладающего большей обводненностью при меньшей плотности [Лысиков, 2008; Щербина, Щербина, 2020].

Результаты дисперсионного анализа по иерархической схеме для биотического фактора ($F_{\text{факт.}} = 12,51$; $F_{\text{табл.}}$ при $P_{0,05} = 2,60$, при $P_{0,01} = 3,78$; $df = 60$) и криогенного ($F_{\text{факт.}} = 5,46$; $F_{\text{табл.}}$ при значимости 0,05 и 0,01 = 1,00; $df = 60$) указывают на высокую достоверную зависимость восстановительных факторов от плотности почвы. С увеличением рекреационной дигрессии до IV–V стадий ведущим фактором в восстановлении становится криогенный (59 %), а влияние биотического фактора составляет 9 % (при случайной вариации 33 %).

Полученные результаты могут найти применение в ходе оценки восстановительного потенциала в эдафическом блоке факторов и нормировании рекреационной нагрузки при проведении экологического мониторинга в рекреационных лесах сочинского побережья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. М.: ЦБНТИлесхоза, 1987. 34 с.
2. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.
3. Лысиков А.Б. Изменение плотности лесных почв при рекреации // Лесоведение. 2008. № 4. С. 44–49.
4. Павлова К.С., Робертус Ю.В., Кивацкая А.В. Характер изменения свойств и состава почв рекреационных территорий (на примере Катунского района республики Алтай) // Мир науки, культуры, образования. 2013. № 1(38). С. 338–342.
5. Репшас Э.А., Палишкис Е.Е. Дигрессия и экологическая емкость лесов рекреационного назначения // Лесоведение. 1983. № 1. С. 3–10.
6. Щербина В.Г. Динамика деструкции листового опада в рекреационных буковых биогеоценозах // Экологический вестник Северного Кавказа. 2006. Т. 2. № 2. С. 5–9.
7. Щербина В.Г., Белюченко И.С. Реакция орибатид на рекреационную трансформацию буковых биогеоценозов // Вестник РУДН. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 1. С. 24–26.
8. Щербина В.Г. Постолимпийские диапазоны устойчивости и восстановления трансформированных предгорных экосистем // Экологический мониторинг и биоразнообразие. № 3(10). 2015. С. 46–50.
9. Щербина В.Г. Динамика функциональных системных показателей в экосистемах сочинского побережья // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 8 (28). С. 101–109.
10. Щербина В.Г. Рекреационная устойчивость экосистем дубовой формации сочинского региона // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 4 (34). С. 128–132. DOI: 10.33075/2220-5861-2018-4-128-132.
11. Щербина Ю.Г., Щербина В.Г. Основи екології. Елементарні екологічні фактори: навчальний посібник / вид. 2-е, доп. Кривий Ріг: Видавець Чернявський, 2020. 139 с.

СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ОТКРЫТОЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ И В РАЙОНЕ АБХАЗИИ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2020 г.

О.Н. Ясакова

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
yasak71@mail.ru

Исследования фитопланктона в районе Абхазии были выполнены во время комплексной экспедиции НИС «Денеб» ЮНЦ РАН на 15 станциях в октябре 2020 г. В районе Южной Озереевки (ЮО) исследования проводили на 8 станциях в ноябре 2020 г. Отбор проб производили с борта судна в светлое время суток с помощью химических батометров с трех горизонтов: поверхность; термоклин, ТК (20–30 м) и придонный (30–120 м). Пробы воды (1–1,5 л) фиксировали раствором Люголя, дубликат – раствором формалина; сгущали методом осаждения до объема 20–30 мл [Макаревич, Дружков, 1989]. Всего было отобрано и обработано 57 проб. Идентификацию видов, подсчет численности и определение объема клеток фитопланктона производили с помощью камер объемом 0,05 и 0,1 мл под микроскопом МИКМЕД-2 с помощью объективов 10 × /0,30 и 40 × /0,65 не менее чем в трех повторностях [Радченко и др., 2010]. При идентификации видов использовали руководства [Прошкина-Лавренко, 1955; Dodge, 1982; Tomas, 1997]. Биомассу водорослей оценивали объемным методом [Брянцева и др., 2005].

I. Таксономический состав

В период исследований в составе фитопланктона Абхазии было обнаружено 50 видов, ЮО – 36 видов водорослей (табл. 1). Наибольшим видовым разнообразием отличались динофитовые (22–33 вида) и диатомовые водоросли (10–12 видов). Таксономический состав фитопланктона в верхнем и в среднем исследуемых горизонтах моря был более широко представлен (25–39 видов), чем в придонном слое (15–19 видов).

II. Величины количественного развития

Наибольшие величины численности в районе ЮО (84 840 и 71 548 кл./л) и в районе Абхазии (10 118 и 17 830 кл./л) были зарегистрированы в верхнем и среднем исследуемых слоях моря. Они были обусловлены интенсивным развитием нанопланктонных представителей примнезиевых водорослей (*Emiliana huxleyi* и *Isochrysis* sp.), формировавших на этих горизонтах 86–88 % общей численности в ЮО и 33–54 % в акватории Абхазии. В последние годы регистрируется массовое развитие *Emiliana huxleyi* в водах Чёрного моря с наивысшим пиком развития, достигающим до уровня «цветения» в весенний и раннелетний периоды. Тенденция увеличения доли этого вида в фитопланктонном сообществе связана с ростом концентрации фосфатов [Паутова и др., 2007; Mikaelyan et al., 2011]. На долю динофитовых и диатомовых водорослей приходилось соответственно не более 4 и 8 % численности фитопланктона в ЮО. В акватории Абхазии представители этих классов формировали 25 и 42 % общей численности на поверхности моря и 32 и 11 % – в слое ТК. Максимальные величины биомассы в районе ЮО были отмечены в слое ТК (172,60 мг/м³), на поверхности моря эти величины были в 1,5 раза ниже (116,54 мг/м³). Диатомовые водоросли составили

55 и 77 % биомассы этих горизонтов, динофитовые – соответственно 29 и 12 %, примнезиевые – 4 и 7 %. Значения биомассы у поверхности моря в районе Абхазии (45,24 мг/м³) были в 1,3 раза выше, чем в среднем слое моря (35,33 мг/м³). В обоих горизонтах биомасса на 81–90 % была обусловлена интенсивным развитием крупных динофитовых водорослей.

У дна, вероятно, вследствие затемнения основного фотического слоя, величины количественного развития планктонных водорослей в районе ЮО (1498 кл./л и 9,8 мг/м³) и в районе Абхазии (1672 кл./л и 15,15 мг/м³) были минимальными. Они в 50 раз по численности и в 15 раз по биомассе (в районе ЮО) и соответственно в 6–10 раз и в 2–3 раза (Абхазия) уступали значениям, отмеченным в более высоких горизонтах моря. Здесь повсеместно доминировали диатомовые водоросли, составившие основу численности (45–64 %) и биомассы (53–62 %) фитопланктона. Значительное развитие получили также динофитовые водоросли (18–34 % общей численности и 35–36 % биомассы), а в районе ЮО также примнезиевые – преимущественно *Isochrysis* sp. (28 % общей численности и 0,5 % биомассы) и диктиоховые (8 % общей численности и 9 % биомассы). На долю других классов приходилось не более 2 % численности и 2 % биомассы фитопланктона.

III. Доминирующие виды

В верхнем и среднем горизонтах моря среди диатомовых численно преобладали *Hemiaulus hauckii*, *Chaetoceros affinis*, *Nitzschia tenuirostris* и *Thalassionema nitzschioides*; на уровне субдоминант развивались *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. diversus*, *Ch. scabrosus*. Среди динофитовых – *Prorocentrum micans*, *P. compressum*, *P. cordatum*, *Heterocapsa rotundata*, *Katodinium glaucum*, *Exuviaella* sp., *Torodinium robustum*, *Lessardia elongata*. Основу биомассы формировали следующие виды диатомовых: *Hemiaulus hauckii*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Pleurosigma elongatum*, *Proboscia alata*, виды рода *Chaetoceros* и динофитовых: *Prorocentrum micans*, *Ceratium fusus*, *C. furca*, *Dinophysis rotundata*, *Protoceratium reticulatum*, *Protoperidinium conicum*, *P. divergens*, *P. depressum*, *P. steinii*, *Polykrikos cofoidi*, *Gyrodinium spirale*.

У дна отмечали скопление следующих крупных *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar-avis* и мелких видов диатомовых: *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Navicula* sp., формировавших здесь основу численности и биомассы фитопланктона. Среди динофитовых интенсивное развитие наблюдали у *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Lessardia elongata*, *Scrippsiella trochoidea*, *Protoperidinium brevipes*. Эти виды и *Ceratium furca*, *Protoceratium reticulatum*, *Cochlodinium citron* составили основу биомассы.

Таблица 1

Таксономический состав фитопланктона в исследуемых районах Чёрного моря
в осенний период 2020 г.

Классы и виды водорослей / исследуемый район и горизонт моря	Абхазия			Южная Озереевка		
	Пов.	ТК	Дно	Пов.	ТК	Дно
1	2	3	4	5	6	7
BACILLARIOPHYCEAE:						
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder, 1864	+	+	–	+	–	–
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder, 1864	–	+	–	+	+	–
<i>Chaetoceros curvisetus</i> P.T. Cleve, 1889	+	–	–	–	–	–
<i>Chaetoceros diversus</i> P.T. Cleve, 1873	+	+	–	+	–	–
<i>Chaetoceros scabrosus</i> Proskina-Lavrenko, 1955	+	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Chaetoceros</i> sp.	+	–	–	+	–	–
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle, 1996	–	–	+	–	–	–
<i>Diatoma</i> sp.	–	–	–	–	–	+
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	–	–	–	+	+	+
<i>Navicula</i> sp.	–	–	–	+	+	+
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs, 1861	–	–	–	+	–	–
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith, 1853	–	–	–	–	–	+
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	+	+	+	+	+	–
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith, 1852	+	+	–	–	–	–
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström, 1986	–	+	+	+	+	+
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle, 1993 (complex)	–	+	+	–	–	–
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G. Sundström, 1986	+	+	+	–	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky, 1902	+	+	+	+	+	+
DINOPHYCEAE						
<i>Amphidinium sphenoides</i> Wulff, 1919	+	+	–	–	–	–
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859	+	+	+	+	+	+
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin, 1841	+	+	+	+	+	–
<i>Ceratium tripos</i> (O.F.Müller) Nitzsch, 1817	+	+	+	+	+	–
<i>Cochlodinium archimedes</i> (Pouchet, 1883) Lemmermann, 1899	–	+	–	–	–	–
<i>Cochlodinium citron</i> Kofoid & Swezy, 1921	–	–	+	–	–	–
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg, 1839	+	–	+	+	–	–
<i>Dinophysis caudata</i> Saville – Kent, 1881	+	+	–	–	–	–
<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann, 1859	+	+	+	+	+	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> f. <i>lenticula</i> Bergh, 1881	–	–	–	+	–	–
<i>Exuviaella</i> sp.	–	+	–	+	+	+
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing, 1866	–	–	–	+	–	–
<i>Gonyaulax</i> sp.	–	+	+	+	–	–
<i>Gymnodinium blax</i> T.M. Harris, 1939	–	+	–	–	–	–
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy, 1921	–	–	–	+	+	–
<i>Gymnodinium</i> sp.	–	+	–	–	+	–
<i>Gymnodinium wulffii</i> J. Schiller, 1933	+	–	–	–	–	–
<i>Gyrodinium flagellare</i> Schiller, 1928	+	–	–	–	–	–
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy, 1921	+	+	–	–	–	–
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) G. Hansen, 1995	+	+	–	+	–	–
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich III, 1965	+	+	–	–	–	–
<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor, 2003	–	+	+	+	+	–
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton, 1914	–	+	–	–	–	–
<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domergue, 1889	–	+	–	–	–	–
<i>Prorocentrum compressum</i> (J.W. Bailey) T.H. Abé ex J.D. Dodge, 1975	+	+	+	+	+	+
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D. Dodge, 1975	+	+	+	+	+	–
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834	+	+	–	+	+	+
<i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) J. Schiller, 1933	+	–	–	–	–	–
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen, 1904) Balech, 1974	+	–	–	–	–	–
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen, 1908) Balech, 1974	+	+	–	–	–	+
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech, 1974	+	–	–	+	–	–
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid, 1907) Balech, 1974	–	–	–	+	–	–
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey, 1854) Balech, 1974	–	–	–	+	+	+
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974	+	+	–	+	+	–
<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld, 1899) Balech, 1973	–	+	–	–	–	–
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh, 1881	+	–	–	–	–	–
<i>Protoperidinium sinaicum</i> (Matzenauer, 1933) Balech, 1974	+	+	–	–	–	–

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974	+	+	–	+	+	–
<i>Protoperidinium</i> sp.	+	–	–	–	–	–
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Claparède & Lachmann) Bütschli, 1885	+	+	+	+	+	–
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (F. Stein) A.R. Loeblich III, 1976	–	+	–	+	+	+
<i>Spora Dinophyta</i>	+	+	–	–	–	–
<i>Torodinium robustum</i> Kofoed & Swezy 1921	+	+	+	+	–	–
PRYMNESIOPHYCEAE						
<i>Isochrysis</i> sp.	+	+	–	+	+	+
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) W.W. Hay & H.P. Mohler in W.W. Hay, 1967	+	+	–	+	+	+
EBRIAPHYCEAE						
<i>Hermesinum adriaticum</i> Zacharias, 1906	+	+	+	+	+	+
DICTYOPHYCEAE						
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg, 1839	–	+	–	+	+	–
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse, 1946	–	+	+	+	+	+
CYANOPHYCEAE						
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg 1992	–	+	–	–	–	–

Примечание: «+» – наличие вида, «–» – отсутствие вида; названия видов даны в соответствии с базами данных Algaebase (<https://www.algaebase.org/search/species/>), Worms (<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search>).

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, гр. проект № АААА-А18-118122790121-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря / препр. НАН Украины; Институт биологии южных морей. Севастополь, 2005. 25 с.
2. Макаревич П.Р., Дружков Н.В. Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. 1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество. Апатиты: Изд-во КНЦ АН СССР РАН, 1989. 530 с.
3. Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Силкин В.А. Структура планктонных фитоценов шельфовых вод северо-восточной части Черного моря в период массового развития *Emiliania huxleyi* в 2002–2005 гг. // Океанология. 2007. № 47(3). С. 408–417.
4. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Чёрного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 216 с.
5. Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона. М.: Изд-во МГУ, 2010. 60 с.
6. Dodge J.D. Marine Dinoflagellates of the British Island. London: HMSO, 1982. 301 p.
7. Mikaelyan A.S., Silkin V.A., Pautova L.A. *Coccolithophorids* in the Black Sea: their interannual and long-term changes // Oceanology. 2011. No. 51. P. 39–48.
8. Tomas C. (ed.). Identifying marine phytoplankton. San Diego: CA. Academic Press; Harcourt Brace Company, 1997. 821 p.

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

ТЕЧЕНИЯ И ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ В АЗОВСКОМ МОРЕ в 2020–2021 гг.

К.С. Григоренко

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

Азовское море испытывает небывалое осолонение. Такой режим вызван падением пресного стока Дона, в результате чего через Керченский пролив поступает большее количество соленой черноморской воды, нежели в последний период распреснения в 2000–2010 гг. Стремительное осолонение приводит к опасному проникновению минерализованных вод в системы водоснабжения городов устьевой области Дона. Количество поступающих черноморских вод подлежит инструментальному учету. В декабре 2020 г. измерены течения в северной части Керченского пролива (рис. 1) и в восточной части Таганрогского залива (рис. 2).

Опасное для береговой инфраструктуры ледообразование наблюдалось 12–13 февраля 2021 г., когда похолодание совпало с ветровым нагоном в дельте Дона. Поднятие уровня воды на два метра привело к образованию ледовой корки на строениях, деревьях и дорожных объектах. После понижения уровня воды в поселках Елизаветинская, Рогожкино, Лагутник, Дугино лед остался на дворовых территориях и дорогах.

Ледовые явления 2020–2021 гг. представляли опасность для судоходства. Движение судов осуществлялось с ледовой проводкой, что приводило к долговременным простоям и увеличению затрат для судовладельцев. Ветровой нагон в сочетании с морозной погодой конца февраля привел к обледенению населенных пунктов дельты Дона. При этом описываемые опасные природные явления не привели к разрушению инфраструктуры и изоляции поселков.

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

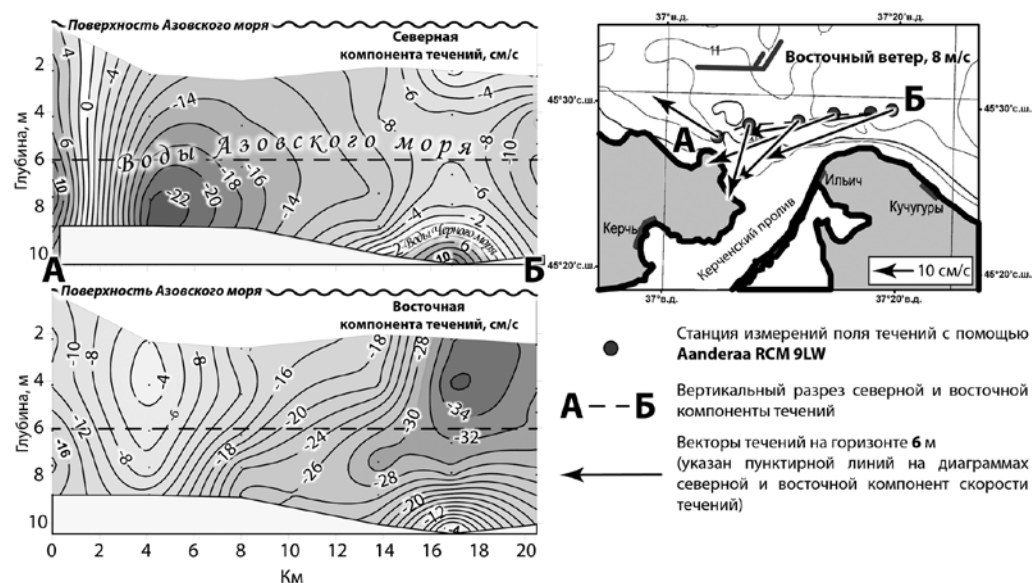


Рис. 1. Течения в северной части Керченского пролива, 12.12.2020

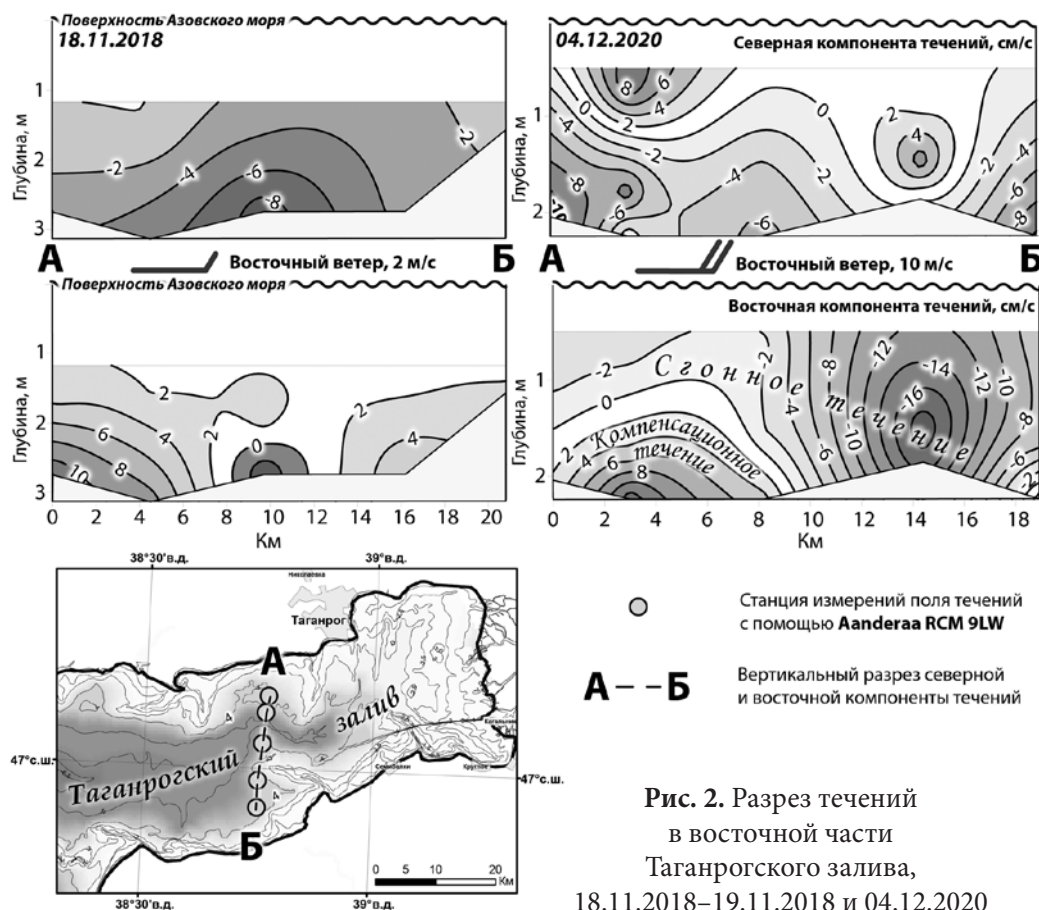


Рис. 2. Разрез течений в восточной части Таганрогского залива, 18.11.2018–19.11.2018 и 04.12.2020

ЛИТЕРАТУРА

1. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО). 1999–2021. Центр океанографических данных ФГБУ ВНИИГМИ–МЦД. URL: <http://193.7.160.230/web/esimo/azov/ice/data/2020–2021/> (дата обращения: 12.05.2021).

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЭКОСИСТЕМЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Т.С. Ершова¹, В.Ф. Зайцев¹, В.А. Чаплыгин²

¹Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань

²Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ ВНИРО («КаспНИРХ»), г. Астрахань

ershova_ts@mail.ru

Тяжелые металлы попадают в экосистему Каспийского моря преимущественно с речным стоком и в результате деятельности нефтедобывающей промышленности [Чуйко, Абдусаматов, 2013; Островская и др., 2017]. Металлы, включаясь в биогеохимический цикл водной экосистемы, способны аккумулироваться в гидробионтах, занимающих различные экологические ниши [Виноградов, 2001; Чаплыгин и др., 2017]. Для бентосных организмов грунт является одним из основных источников тяжелых металлов. При этом зоо- и фитобентос, являясь важными звеньями в пищевых цепях водоемов, играют огромную роль в концентрации и биогенной миграции химических элементов и являются одними из функциональных звеньев морских экосистем, через которые проходят потоки металлов [Остроумов, 2010; Давыдова и др., 2014].

Моллюски, ракообразные, различные виды бычков – важная составляющая часть экосистемы Каспийского моря, так как они служат кормом для таких ценных видов рыб как русский и персидский осетры [Тихонова, 2014], поэтому, зная их элементный состав, можно оценить степень перехода тех или иных тяжелых металлов в системе грунт – пищевые цепи – русский и персидский осетры.

Цель работы – выявить особенности трансформации тяжелых металлов в компонентах экосистемы северо-западной части Каспийского моря.

Образцы проб грунта и гидробионтов Каспийского моря получены в период с 2011 по 2020 г. Определение тяжелых металлов производили методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Концентрацию ртути выражали в мг/кг сырого веса, а остальных изученных элементов – в мг/кг сухого веса. Полученные результаты подвергали статистической обработке.

Изучение накопления элементов в гидробионтах – кормовых объектов русского и персидского осетров позволило выявить организмы – накопители определенных элементов [Чаплыгин и др., 2017; 2018]. Так, например, концентраторами меди являлись *Palaemon adspersus* (103,57 мг/кг сухого вещества), кобальта – *Rhithropanopeus harrisii* (52,39 мг/кг сухого вещества), цинка – *Rutilus caspicus* (189,7 мг/кг сухого вещества). Аккумуляторами ртути являлись все исследованные бентосные рыбы (*Rutilus rutilus caspicus* и исследованные виды бычков (*Neogobius caspius*, *Neogobius fluviatilis* и *Benthophilus macrocephalus*).

Убывающий ряд содержания ртути в бентосных организмах можно расположить следующим образом: *Rutilus rutilus caspicus* > *Benthophilus macrocephalus* = *Neogobius fluviatilis* = *Neogobius caspius* > моллюски рода *Didacna* > *Mytilaster lineatus* > *Balanus improvisus* > *Rhithropanopeus harrisii* > креветка > *Gammarus* sp. Гаммарусы по сравнению с другими организмами содержали ртути меньше всего.

Исследованные бентосные рыбы (*Rutilus rutilus caspicus*, *Benthophilus macrocephalus* и бычки сем. Gobiidae) аккумулировали свинец, никель и кадмий в меньшей степени, чем беспозвоночные этой экологической группы.

Среди всех исследованных видов бентосных организмов *Balanus improvisus* являлся накопителем большинства тяжелых металлов (свинец, кадмий, кобальт). Среди рыб стоит выделить *Benthophilus macrocephalus*, которая аккумулировала металлы в большей степени.

Организмом – концентратором кадмия и никеля являлись моллюски рода *Didacna* (3,02 и 60,0 мг/кг сухой массы) [Чаплыгин и др., 2018].

Убывающий ряд содержания кадмия в бентосных организмах представлен следующим образом: *Didacna* > *Balanus improvisus* > *Mytilaster lineatus* > *Gammarus* sp. > *Rhithropanopeus harrisii* > *Benthophilus macrocephalus* > *Palaemon adspersus* > *Rutilus rutilus caspicus* > *Neogobius caspius* > *Neogobius fluviatilis*.

Судя по рассчитанным коэффициентам концентрации (табл. 1), свинец и кобальт выше трофического уровня, занимаемого бентосными беспозвоночными, не поднимались.

Таблица 1

Миграция тяжелых металлов в трофических цепях экосистемы Каспийского моря

<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> ×0,23	<i>Acipenser persicus</i> ×0,17	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> ×0,06	<i>Acipenser persicus</i> ×0,06
рыбы-бентофаги ×0,84		рыбы-бентофаги ×0,20	
бентос беспозвоночные ×3,88		бентос беспозвоночные ×2,88	
Pb грунт (усредненные данные) ×1		Co грунт (усредненные данные) ×1	
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> почки ×1,55	<i>Acipenser persicus</i> почки ×1,07	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> почки ×1,04	<i>Acipenser persicus</i> почки ×0,9
рыбы-бентофаги ×0,58		рыбы-бентофаги ×0,37	
бентос беспозвоночные ×2,14		бентос беспозвоночные ×1,88	
Cd грунт (усредненные данные) ×1		Ni грунт (усредненные данные) ×1	
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> печень ×1,05	<i>Acipenser persicus</i> печень ×1,34	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> печень ×10,23 почки ×13,28 мышцы ×5,07	<i>Acipenser persicus</i> печень ×8,31 почки ×11,65 мышцы ×4,44
рыбы-бентофаги ×0,46		рыбы-бентофаги ×11,89	
бентос беспозвоночные ×4,35		бентос беспозвоночные ×6,99	
Cu грунт (усредненные данные) ×1		Zn грунт (усредненные данные) ×1	
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> печень ×16,09 почки ×12,64 мышцы ×11,49	<i>Acipenser persicus</i> печень ×24,14 почки ×12,64 мышцы ×14,94		
рыбы-бентофаги ×2,99			
бентос беспозвоночные ×1,11			
Hg грунт (усредненные данные) ×1			

Cd, Ni и Cu накапливались прежде всего бентосными организмами. В то же время кадмий и никель аккумулировались в почках у обоих видов осетровых рыб, причем в почках *Acipenser gueldenstaedtii* это происходило в большей мере. А медь преимущественно накапливалась в печени *Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus* (коэффициенты концентраций 1,05 и 1,34). При этом в печени персидского осетра эти значения выше.

Биоаккумуляция Zn происходила последовательно в звеньях: грунт – вода – беспозвоночные бентоса – рыбы-бентофаги – почки, печень и мышцы *Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus*.

Коэффициент концентрации Hg был рассчитан по моллюскам рода *Didacna*, так как среди беспозвоночных он, являясь его макроконцентратором, преобладает в пищевом комке исследованных осетровых видов рыб [Тихонова, 2014]. Ртуть мигрирует по звеньям пищевой цепи, коэффициенты накопления увеличиваются в системе: грунт – моллюски рода *Didacna* – рыбы-бентофаги – печень, почки и мышцы *Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus* [Чаплыгин и др., 2016].

У исследованных видов рыб по трофологическому признаку продемонстрирована четкая зависимость накопления ртути в печени и мышцах осетровых рыб от объекта питания [Чаплыгин и др., 2016]. С повышением занимаемого положения в трофической пирамиде у живых объектов происходило достоверное возрастание содержания металла ($r = 0,98$; $r = 0,96$). Вероятно, это связано с тем, что ртуть образует очень стойкие ртутьорганические комплексы, вытесняя из биологических молекул практически все другие металлы. Это свойство ртути обуславливает необратимое возрастание ее концентрации при переходе по трофической цепи от организмов низших звеньев к высшим.

Таким образом, миграция тяжелых металлов в трофических цепях изучаемых видов осетровых Каспийского моря имеет следующие особенности: накопление свинца и кобальта выше трофического уровня, занимаемого бентосными беспозвоночными, не происходило; кадмий, никель и медь накапливались прежде всего бентосными организмами, при этом кадмий и никель аккумулировались в почках, а медь – в печени у обоих видов осетровых рыб, биоаккумуляция цинка происходила последовательно в звеньях: грунт – вода – беспозвоночные – рыбы-бентофаги – почки, печень и мышцы *Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus*; ртуть мигрировала по звеньям изученной пищевой цепи, коэффициенты накопления при этом увеличивались в системе: грунт – моллюски рода *Didacna* – рыбы бентофаги – печень, почки и мышцы *Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря: монография. М.: Наука, 2001. 620 с.
2. Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / под науч. ред. Е.С. Климова. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 167 с.
3. Островская Е.В., Бреховских В.Ф., Волкова З.В. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. Астрахань, 2017. С. 236–251.
4. Остроумов С.А. Роль организмов в регуляции миграции химических элементов и перемещений вещества в экосистемах // Экология промышленного производства. 2010. № 3. С. 26–31.

5. Тихонова Э.Ю. Особенности питания русского и персидского осетра в Северном Каспии // Рыбохозяйственные водоемы России – фундаментальные и прикладные исследования: мат-лы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию ГосНИОРХ. СПб.: ГосНИОРХ, 2014. С. 738–743.
6. Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Миграция ртути по пищевым цепям гидробионтов Каспийского моря // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: мат-лы XVIII Междунар. науч. конф. (г. Грозный, 4–5 нояб. 2016 г.). Ч. 2. Грозный: Академия наук ЧР, 2016. С. 388–391.
7. Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Содержание некоторых микроэлементов в гидробионтах Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2017. № 12(3). С. 138–145. DOI:10.18470/1992–1098-2017–3-138–145.
8. Чаплыгин В.А., Танасова А.С., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Бентосные организмы – концентраторы некоторых элементов в экосистеме Каспийского моря // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: мат-лы XX Юбил. Междунар. науч. конф., посвящ. памяти выдающегося ученого, д-ра биол. наук, Заслуженного деятеля науки РД и РФ, акад. Российской экологической академии, проф. Г.М. Абдурахманова (г. Махачкала, 6–8 нояб. 2018 г.). Махачкала: ИПЭ РД, 2018. С. 627–630.
9. Чуйко Е.В., Абдусаматов А.С. Особенности миграции тяжелых металлов в экосистеме Северного Каспия // Юг России: экология, развитие. 2013. № 3. С. 110–116.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ СТРУКТУРЫ РЕЧНОЙ ДЕЛЬТЫ

В.Г. Ильичев

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
vitaly369@yandex.ru*Диалектика сложных систем:*

1. Надежные механизмы из ненадежных элементов.
2. Устойчивые системы из неустойчивых подсистем.
3. Быстрые устройства из медленных частей.

Последовательно изложим различные трактовки структуры дельты произвольной реки. Они вытекают одна из другой. Выбор окончательной интерпретации зависит от той или иной проблемы изучения функционирования дельты и замыкающего водоема.

1. *Теория динамических систем и функция веса.* Обозначим через $v(t)$ и $w(t)$ объемы воды во входящем (верховья реки) и выходящем (устье реки) потоках в момент времени t перечень объемов воды во всех вершинах графа. Оказывается, вся информация о структуре потоков может быть максимально сжата в так называемой функции *веса* $m(t)$. Так, при больших t имеет место основная связка «вход – выход»:

$$w(t) = \int_0^t v(t-s) \cdot m(s) ds. \quad (1)$$

Обсудим два важнейших свойства такой функции веса.

Н е о т р и ц а т е л ь н о с т ь, при которой имеет место соотношение:

$$w(t) \geq 0 \text{ для всех } t \geq 0. \quad (2)$$

Иначе найдется неотрицательная функция входа, при которой хотя бы в одной точке значение функции выхода будет отрицательной. Иногда это называют условием физической реализуемости.

Н о р м и р о в к а. Согласно закону сохранения материи, за бесконечное время суммарный вход равен суммарному выходу, поэтому имеет место соотношение:

$$w(t) = \int_0^\infty m(t) ds = 1. \quad (3)$$

2. *Теория вероятностей и дельта-функции.* В силу свойств соотношений (2) и (3) $m(t)$ является функцией плотности какой-то неотрицательной случайной величины. Семейство всех таких функций образует выпуклое и компактное множество, вершинами которого являются все дельта-функции вида $\delta(t - \tau)$ с неотрицательным параметром $\tau \geq 0$. Разумеется, набор всех вершин образует своеобразный базис, и здесь любая точка оказывается выпуклой комбинацией вершин. То есть для каждой функции веса имеет место свое представление:

$$m(t) \approx \lambda_1 \delta(t - T_1) + \dots + \lambda_n \delta(t - T_n), \quad (4)$$

для некоторых неотрицательных наборов $\{T_i\}$ и $\{\lambda_i\}$, при этом $\lambda_1 + \dots + \lambda_n = 1$.

Из соотношения (4) получаем удобное упрощение формулы (1):

$$w(t) \approx \lambda_1 v(t - T_1) + \dots + \lambda_n v(t - T_n). \quad (5)$$

Ниже выражение (5) для $w(t)$ иногда называют *распределенным речным стоком*. Во многих прикладных разделах математики данное соотношение называют скользящим средним.

Отметим, что в простом выражении (5) скрыты нетривиальные результаты функционального анализа [Фелпс, 1968]. Однако, чтобы получить формулу (5), можно аппроксимировать (1) через формулу Дюамеля. Но тогда возникают вопросы об «относительности» $\{T_i\}$ и $\{\lambda_i\}$, т.е. возможной зависимости параметров от входной функции $v(t)$. Напротив, приведенный подход гарантирует абсолютные значения этих констант, независимо от входной функции v , и поэтому он предпочтительнее.

Так как функцию веса можно трактовать как плотность некоторой случайной величины, то открываются возможности для применения всего понятийного аппарата и методов теории вероятностей. Так, ключевое соотношение (5) можно записать в форме:

$$m(t) \approx M(t - T),$$

где M – символ математического ожидания, а T – случайная величина, принимающая значение τ_i с вероятностью λ_i для всех i . Отметим, что здесь основные теоретико-вероятностные характеристики T задаются соотношениями:

- математическое ожидание $\mu = \lambda_1 T_1 + \dots + \lambda_n T_n$;
- дисперсия $\sigma^2 = \lambda_1 (T_1 - \mu)^2 + \dots + \lambda_n (T_n - \mu)^2$.

Разумеется, когда при каждом объеме v все компоненты $\lambda_i(v)$ и $\tau_i(v)$ определены, то заданы и функции $\mu(v)$ и $\sigma(v)$. Для некоторых рек такая информация уже во многом имеется.

Представляет интерес вопрос о функциональной роли тех или иных теоретико-вероятностных характеристик в гидрологии дельты и замыкающего водоема. Разумеется, деформация гидрологии зачастую индуцирует преобразования гидрохимического режима.

3. *Теория графов и гидрологические «атомы»*. Приведем естественную геометрическую интерпретацию основной формулы (5). А именно, в ней отражена простейшая гидрологическая ситуация, когда входящий поток в вершину расщепляется на n рукавов с пропускной способностью λ_i и τ_i – временем движения i -го рукава. Такую конструкцию можно назвать *гидрологический атом* (рис. 1).

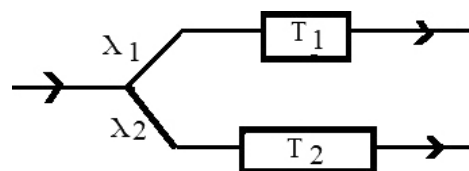


Рис. 1. Гидрологический атом ($n = 2$). Расщепление потока с запаздыванием

Формально его можно задать матрицей $A = \begin{pmatrix} \lambda_1, \dots, \lambda_n \\ \tau_1, \dots, \tau_n \end{pmatrix}$. На семействе «атомов» можно ввести различные способы «склеивания» и получать *молекулы*. Так, обозначим через $A_{12} = \begin{pmatrix} \lambda_1, \lambda_2 \\ \tau_1, \tau_2 \end{pmatrix}$ и $B_{34} = \begin{pmatrix} \mu_1, \mu_2 \\ \theta_1, \theta_2 \end{pmatrix}$, пусть атом A предшествует атому B . Возможны следующие операции:

1. *Последовательное соединение*. Здесь выходящий поток из вершины A (например, вершины 1) вливается во входную вершину B . В этом случае возникает молекула

$$C = A \oplus B = \begin{pmatrix} \lambda_1 \mu_1, & \lambda_1 \mu_2, & \lambda_2 \\ \tau_1 + \theta_1, & \tau_1 + \theta_2, & \tau_2 \end{pmatrix},$$

но уже с тремя выходными потоками.

2. *Параллельное соединение*. Если к каждому выходу A прикрепить один и тот же атом B , то получаем молекулу с четырьмя выходами:

$$C = A \otimes B = \begin{pmatrix} \lambda_1 \mu_1, & \lambda_1 \mu_2, & \lambda_2 \mu_1, & \lambda_2 \mu_2 \\ \tau_1 + \theta_1, & \tau_1 + \theta_2, & \tau_2 + \theta_1, & \tau_2 + \theta_2 \end{pmatrix}.$$

3. *Выпуклое соединение.* Добавим новую вершину (H), которая теперь «принимает» исходный входящий поток. В свою очередь, из H выходят два рукава с пропускной способностью $\alpha \geq 0$ и $\beta \geq 0$ с условием $\alpha + \beta = 1$. Далее считаем: первый рукав попадает в атом A , а второй в атом B . Теперь возникает новая молекула с четырьмя выходами:

$$C = A \times B = \begin{pmatrix} \alpha\lambda_1, & \alpha\lambda_2, & \beta\mu_1, & \beta\mu_2 \\ \tau_1, & \tau_2, & \theta_1, & \theta_2 \end{pmatrix}.$$

Примечательно, что итогом каждой из приведенных операций оказываются все те же структуры простых атомов. Значит, структура атома является в какой-то мере универсальной, и с функциональной точки зрения структуру дельты (сложной «гидрологической молекулы») можно рассматривать как простой атом.

Обсудим вопрос влияния математического ожидания и дисперсии речной дельты на асимптотику гидрохимических процессов (режима солёности) замыкающего водоема.

Опишем суть модельных экспериментов на примере системы Дон $\rightarrow$ Таганрогский залив (ТЗ). Так, пусть задан годовой периодический режим внешних факторов: речного стока, испарения и осадков. На основании модели камерного типа [Ильичев и др., 1993] с шагом в 5 суток производился расчет внутригодовой динамики солёности ТЗ для различных характеристик Донской дельты. Было установлено, что математическое ожидание не играет особой роли, зато неожиданно было обнаружено: *чем выше дисперсия речной дельты, тем меньше амплитуда колебаний солёности ТЗ.*

Отметим, что данный подход (вероятностная трактовка линейной динамической системы) может быть применен к многим потоковым процессам. Так, в теории биохимического распада выявлено, что при решении многих проблем вполне достаточной является следующая концепция: органическое вещество неоднородно и состоит из ряда фракций с различной скоростью окисляемости. При этом каждая фракция осуществляет свою обратную связь в общем круговороте веществ в фитоценозе [Ильичев, 1982]. В ряде важных случаев показано: *если дисперсия пучка обратных связей достаточно велика, то равновесие фитоценоза устойчиво.*

По сути, дисперсию можно трактовать как определенную меру разнообразия (или избыточности) подобных друг другу элементов. Перечисленные в эпиграфе парадоксальные свойства сложных систем основаны на задании в них высокого разнообразия структуры.

Представляется актуальным рассмотрение следующих проблем:

1. Происходит ли в процессе естественной эволюции реки увеличение разнообразия дельты?
2. Когда возникает чередование этапов увеличения и уменьшения разнообразия дельты?
3. При периодическом повторении режима внешних факторов возможна ли полная стабилизация разнообразия дельты?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичев В.Г. Устойчивые экологические структуры в моделях с запаздыванием // Биофизика. 1982. Т. 27. № 5. С. 858–862.
2. Ильичев В.Г., Богучарсков В.Т., Бердников С.В., Авраменко Л.Г. О преобразованиях в экологической системе Цимлянского водохранилища в случае потепления // Метеорология и гидрология. 1993. № 12. С. 63–71.
3. Фелпс Р. Лекции о теоремах Шоке. М.: Мир, 1968. 112 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В РАЙОНЕ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

Н.А. Орехова, С.К. Коновалов

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь
natalia.orekhova@mhi-ras.ru*

Керченский пролив является ключевой судоходной артерией между Чёрным и Азовским морями. Вследствие этого на акваторию пролива приходится значительная антропогенная нагрузка в виде деятельности портовых и рейдовых перегрузочных комплексов, интенсивного судоходства, дноуглубления акваторий портов и подходных каналов, дампинга изымаемых грунтов и пр. [Сапожников и др., 2013]. В результате формирования характеристик водной среды в проливе происходит в условиях существенного антропогенного воздействия. При этом Керченский пролив является важной как промысловой, так и туристической зоной, и ухудшение качества вод отражается на его социально-экономической привлекательности.

К основным показателям оценки экологического состояния морских экосистем относится содержание кислорода как ключевого компонента, определяющего как окислительно-восстановительную обстановку, так и условия и саму возможность существования аэробных биологических организмов. При развитии дефицита кислорода наблюдаются такие явления, как гипоксия/аноксия. В этих условиях происходит угнетение дыхательной деятельности организмов и снижение их видового разнообразия с преобладанием видов, выживающих в условиях дефицита кислорода. Кроме того, при развитии дефицита кислорода наблюдается пространственное, а затем и физико-химическое изменение последовательности биогеохимических процессов с участием органического вещества со сменой аэробных условий (наличие кислорода) на анаэробные (отсутствие кислорода, появление восстановленных форм серы). В этом случае появляются зоны экологического риска. В критической ситуации (при исчерпании всего кислорода) при отсутствии других кислородсодержащих компонент (нитраты/нитриты, оксиды-гидроксиды марганца и железа), основным окислителем органического вещества в морских системах выступают сульфаты, продуктом окисления – восстановленные формы серы.

Характеристики водной толщи в Керченском проливе определяются значительной антропогенной нагрузкой и интенсивной динамикой вод и подвержены значительной пространственно-временной изменчивости. При этом донные отложения выступают квазистационарной системой, по характеристикам которой можно судить о состоянии системы в целом и о вероятности возникновения зон экологического риска.

Основными факторами, влияющими на концентрацию кислорода, являются температура, определяющая растворимость кислорода в воде, а также содержание и реакционная способность органического вещества, определяющие интенсивность расходования кислорода. При дефиците кислорода основными окислительно-восстановительными компонентами донных отложений могут быть восстановленные формы марганца, железа, серы и продукты их взаимодействия. В Керченском проливе основными источниками органического

вещества являются воды Азовского моря при ветрах северного направления, абразионные берега Керченского и Таманского полуостровов и антропогенная деятельность.

В данной работе рассмотрены данные, полученные в ходе экспедиционных исследований в районе Керченского пролива, выполненных в июле и сентябре 2020 г. Район исследования включал как Таманский залив, так и предпроливную зону со стороны Черного моря (рис. 1).

В этот период значительная техногенная нагрузка на экосистему пролива в комплексе с развитием температурной и плотностной стратификации вод приводят к интенсификации биогеохимических процессов потребления кислорода. Для исследования условий формирования зон экологического риска были отобраны пробы воды и донных отложений, изучены гидрологические характеристики.

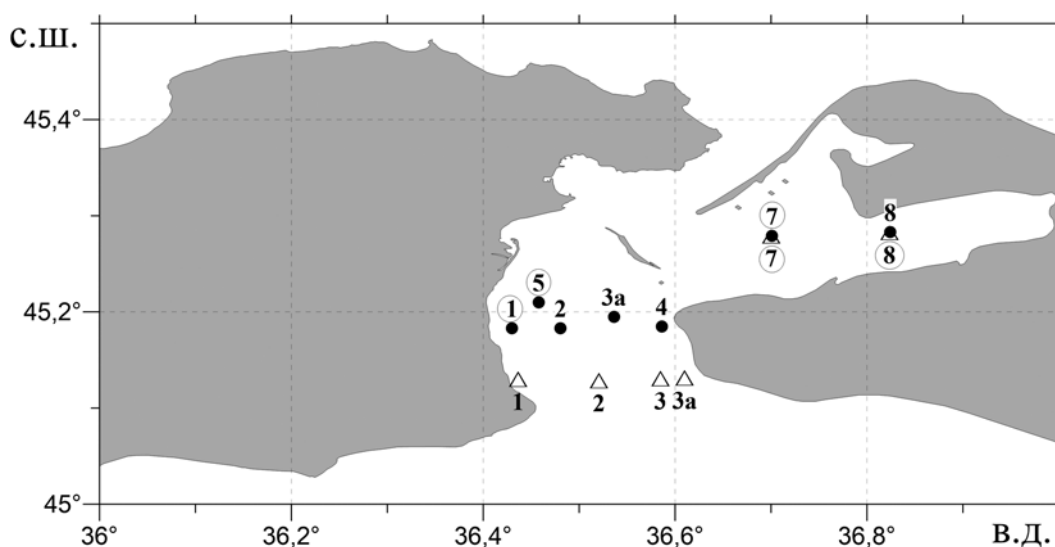


Рис. 1. Район исследования и точки отбора проб:
треугольники – июль 2020 г., точки – сентябрь 2020 г.,
обведенные цифры – точки отбора колонок донных отложений

Пробы воды были взяты с поверхностного и придонного горизонтов, пробы донных отложений – с помощью дночерпателя ДЧ, с площадью отбора 0,025 м². Колонки донных отложений (ст. 1, 5, 7, 8) – с помощью ручного пробоотборника, отбор осуществлялся таким образом, чтобы сохранить тонкую структуру осадка и надонной воды [Orekhova, Kononov, 2018].

В водной толще выполнен анализ содержания кислорода и биогенных элементов (ионов аммония, суммы нитратов-нитритов, фосфатов, кремнекислоты) по стандартным гидрохимическим методикам [Grashoff et al., 1983]. Анализ верхнего слоя донных отложений (0–5 см) включал определение влажности, гранулометрического состава, содержания органического и неорганического углерода. В колонках донных отложений определяли содержание растворенных кислорода, восстановленных форм марганца, железа, серы и моносulfида железа полярографическим методом анализа [Orekhova, Kononov, 2018].

В июле в поверхностном горизонте гидрохимическая структура вод определялась вкладом черноморских вод, в придонном – азовских (рис. 2а). Можно отметить, что в этот период преобладал смешанный тип влияния динамики вод. В сентябре – основной вклад вносили черноморские воды (рис. 2б). Динамика вод отразилась и на гидрохимических характеристиках – в летний период наблюдалось слегка повышенное содержание биоген-

ных элементов (кроме фосфатов) – концентрация ионов аммония в среднем была 0,54 мкМ; суммы нитратов/нитритов – 1,43 мкМ; кремнекислоты – 2,3 мкМ. Степень насыщения кислорода достигала 100 % (за исключением придонного слоя вод Таманского залива, где наблюдалось активное потребление кислорода, степень насыщения составила 93 %).

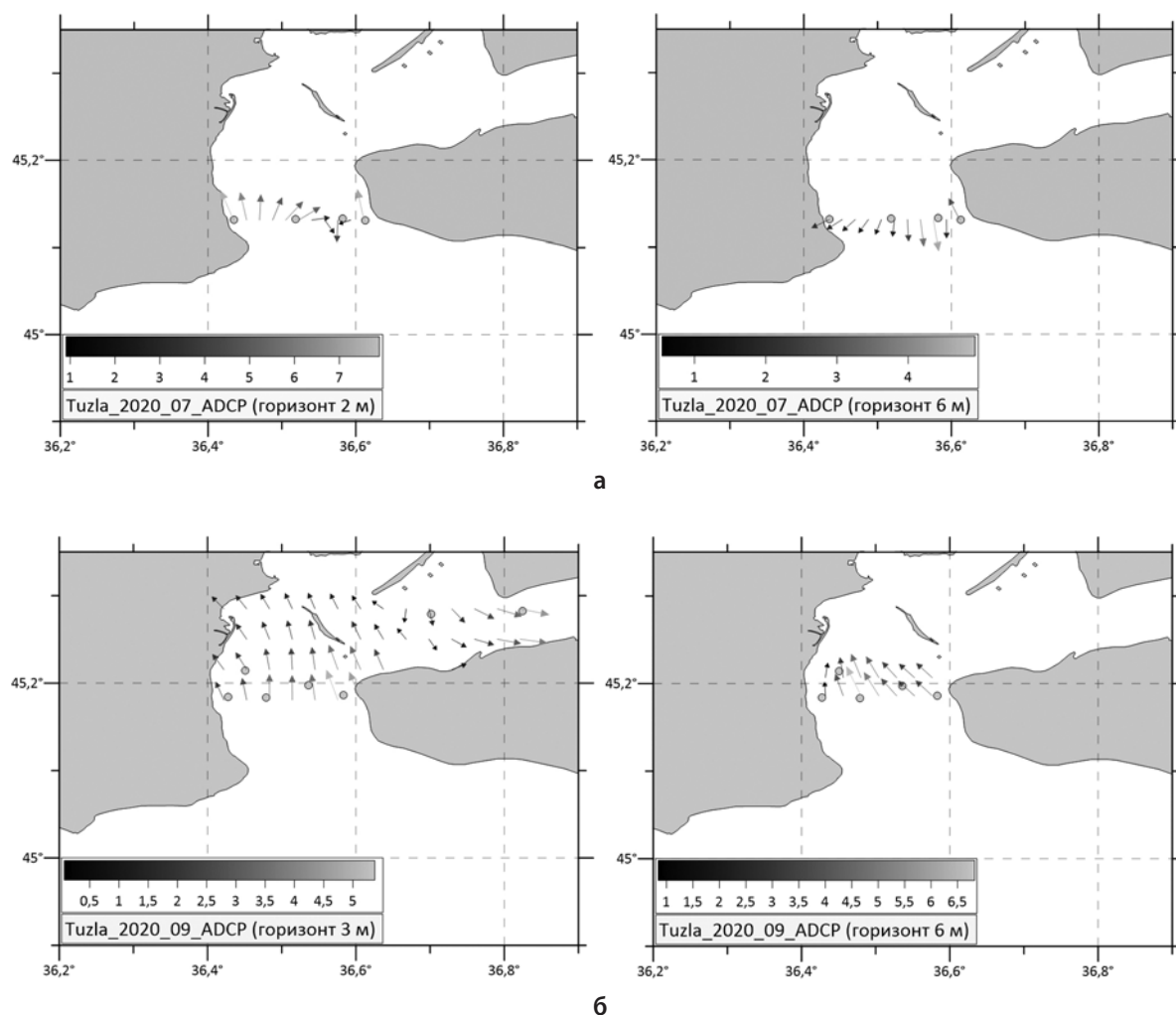


Рис. 2. Профили течений по ADCP данным в июле (а) и сентябре (б) 2020 г.

Вклад черноморских вод в осенний период способствовал снижению концентрации биогенных элементов в 2–3 раза по сравнению с летним периодом.

В целом в период исследований в водах Керченского пролива значительных отклонений от обычного [Сапожников и др., 2013] распределения гидрохимических параметров не обнаружено.

Осадочный материал Керченского пролива генетически разнородный. Он представлен в основном продуктами разрушения пород Керченского и Таманского полуостровов. Это отражается в разнообразии гранулометрического состава донных отложений: вблизи берега преобладает крупно- и среднезернистый материал. В центральных районах наблюдается преимущественно мелкодисперсный тип донных отложений.

Распределение гранулометрического состава хорошо коррелирует с содержанием органического углерода – в районах, где отмечено преобладание мелкодисперсных фракций, содержание органического углерода было повышенным (до 2,75 %).

Характер осадков отражается и на свойствах поровых вод донных отложений.

Затрудненный водообмен в районе Таманского залива приводит к ограничению потока кислорода в придонный слой вод, а мелкодисперсный характер осадков затрудняет поступление кислорода в донные отложения. Кроме того, повышенное содержание органического углерода (2,32–2,75 %) способствует потреблению кислорода на окисление органического вещества. Это определяет то, что основным процессом, определяющим химию поровых вод и окислительно-восстановительные свойства донных отложений Таманского залива, является сульфатредукция. В результате образуются восстановленные формы серы (рис. 3а).

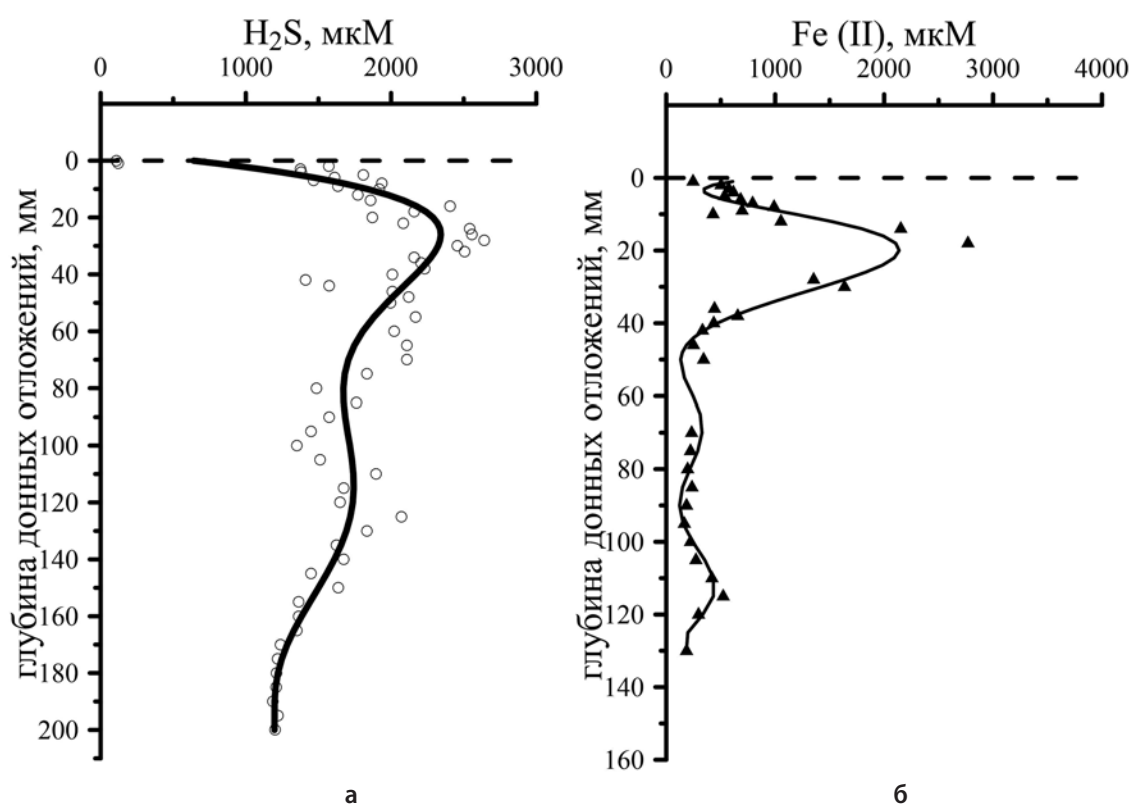


Рис. 3. Характеристики поровых вод донных отложений на ст. 7 (а) и ст. 1 (б)

Отмечено, что в данном районе концентрация сероводорода в поровых водах донных отложений может достигать 2,5 мМ, что более чем в 6 раз превышает его максимальную концентрацию в придонном слое вод глубоководной части Чёрного моря.

При этом в прибрежных районах Керченского полуострова со стороны Чёрного моря активные гидродинамические процессы способствуют поступлению кислорода в придонный слой вод. Однако значительная антропогенная нагрузка определяет тот факт, что основным компонентом поровых вод являются восстановленные формы железа (рис. 3б), его концентрация достигает 2 мМ. При этом концентрация органического углерода достигает 1 %.

Таким образом, несмотря на отсутствие неблагоприятных по гидрохимическим показателям явлений в водах Керченского пролива, характеристики поровых вод исследуемого района показывают возникновение зон экологического риска – отсутствие кислорода на поверхности донных отложений. При этом в районе Таманского залива

ограниченный водообмен привел к развитию анаэробных условий и появлению сероводорода уже в поверхностном слое донных отложений. При этом установлено, что для условий на момент отбора проб аноксия в придонном слое вод может развиваться в течение 6 месяцев.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ФИЦ МГИ 0555–2021-0005 (шифр «Прибрежные исследования») и проекта РФФИ № 18–05-80028 «Исследование и оценка роли гидрофизических и биогеохимических процессов в формировании зон дефицита кислорода и сероводородного заражения прибрежных районов Крымского полуострова и Керченского пролива».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапожников В.В., Аржанова Н.В., Лапина Н.М., Агатова А.И., Торгунова Н.И., Зозуля Н.М., Бондаренко Л.Г., Вишневский С.Л., Радченко С.В., Рой В.И., Столярский С.И., Полонский В.Е. Комплексные экологические исследования Керченского пролива и Таманского залива после катастрофы танкера с мазутом (2007–2010 гг.) // Труды ВНИРО. 2013. Т. 150. С. 65–77.
2. Grashoff K., Ehrhardt K.M., Kremling F. Methods of Seawater Analysis / II ed. Verlag. Chemie, 1983. 419 p.
3. Orekhova N.A., Konovalov S.K. Oxygen and sulfides in bottom sediments of the coastal Sevastopol Region of Crimea // J. Oceanology. 2018. Vol. 58. No. 5. P. 679–688. DOI:10.1134/S0001437018050107.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ НАЛИЧНОГО НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ К ПРИРОДНЫМ И ТЕХНОГЕННЫМ ОПАСНОСТЯМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ МОБИЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ

С.В. Бадина, Р.А. Бабкин

*РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Москва
bad412@yandex.ru; babkin_ra@mail.ru*

Увеличение частоты возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также масштабов их последствий (числа погибших и пострадавших, ущербов, долгосрочных негативных эффектов, влияющих на социально-экономическое развитие) требуют новых научных подходов и методик к оценке рисков и уязвимости населения. Крупные города и городские агломерации, в том числе приморские города, являются территориями повышенной опасности вследствие высокой концентрации и интенсивного движения населения. На малых высотах прибрежных зон высока доля населения, которое подвергается циклонам и штормовым приливам, – это 2 % площади суши мира, где сконцентрировано 10 % населения мира [McGranahan et al., 2007]. Многие исследования показывают, что в современном мире наиболее крупные природные катастрофы происходят именно в прибрежной зоне океанов и морей [Игнатов, 2017]. Таким образом, при оценке природного риска чрезвычайно важно учитывать фактор пространственной концентрации населения, особенно при исследовании природных опасностей, действие которых носит площадной характер и охватывает большие территории (что характерно именно для приморских городов: штормовые нагоны, наводнения и подтопления, опасные береговые геологические процессы и др.).

При этом использование весьма приблизительной и, главное, статичной статистической информации о населении, предоставляемой Росстатом, не позволяет получить абсолютно достоверную картину распределения населения по территории города в разные временные периоды, что имеет определяющее значение для оценки уязвимости и разработки соответствующих количеству наличного населения мер по обеспечению безопасности. В данном исследовании предлагается подход к оценке уязвимости населения крупного города, осно-

ванный на оценке вероятности нахождения определенного количества людей в определенный интервал времени в определенном месте в достаточно крупном масштабе. Источником информации при этом являются обезличенные данные мобильных операторов («Билайн», «МТС», «Мегафон», «Теле 2»)¹, о местах локализации абонентов за 2019 г. в течение суток (с временной дробностью 30 минут, а пространственной – ячеек 500 на 500 м), позволяющие проследить движение населения и получить в наибольшей степени соответствующее действительности распределение населения по территории города.

Нужно отметить, что в России использование данного вида больших данных в географических исследованиях природного риска находится на начальном этапе, поэтому апробация методики оценки уязвимости наличного населения предлагается на столичном регионе, наиболее хорошо обеспеченном необходимыми данными, однако дальнейшие перспективы видятся авторами в оценке уязвимости населения крупных российских приморских городов.

В центре внимания исследований природного и техногенного риска для урбанизированных территорий находятся такие вопросы, как рост городов как фактор усиления риска [Choi, 2016; Garschagen et al., 2015] и уязвимость горожан к природным опасностям [Осипов, 2007; Roncancio et al., 2016]. Среди крупнейших международных проектов с использованием данных мобильных операторов в изучении последствий стихийных бедствий стоит отметить анализ последствий землетрясения в Республике Гаити в 2011 г., а также работу международного коллектива ученых, изучавших распространение малярии в Кении [Bengtsson et al., 2012; Tizzoni et al., 2014].

В основу большинства моделей риска в качестве ключевого параметра закладывается численность населения, находящаяся в зоне потенциальной опасности. В предыдущих работах авторов [Бабурин и др., 2015, 2019, 2020] была обоснована рациональность применения плотностных характеристик параметров уязвимости, эмпирически подтверждена зависимость: чем выше концентрация населения и хозяйственной деятельности на территории, тем выше величина ущерба в случае возникновения природных и (или) техногенных опасностей, и, соответственно, выше уровень риска при прочих равных условиях (согласно теореме об умножении вероятностей).

Данные мобильных операторов показывают, что плотность как принятая в данной работе характеристика уязвимости населения городских районов в будний зимний день (время максимального нахождения горожан на своих рабочих местах) претерпевает существенные трансформации в сравнении с будней ночью зимы, когда большая часть жителей города находится дома. Если ночное распределение населения в целом соотносится с данными официальной статистики, то днем в результате масштабных маятниковых миграций в направлении центра столицы искажения становятся весьма существенными. Так, плотность населения районов Центрального административного округа в дневные часы возрастает в три раза, а большинства прилегающих к нему районов, а также высокоаттрактивных районов юго-запада и северо-запада Москвы в 1,5–2 раза (рис. 1). Таким образом, в ареале гипотетической чрезвычайной ситуации может оказаться гораздо больше людей, чем ожидалось, что может существенно затруднить проведение спасательных мероприятий, увеличить число пострадавших.

Не менее серьезные изменения претерпевает система расселения столицы в рамках недельно-сезонных циклов. Как показали расчеты, в выходные дни город, как правило,

¹ Предоставлены Департаментом информационных технологий города Москвы.

покидает 0,7–1,0 млн жителей. Еще более значителен «исход» москвичей летом, когда город теряет до трети своего населения (3,0–3,5 млн чел.).

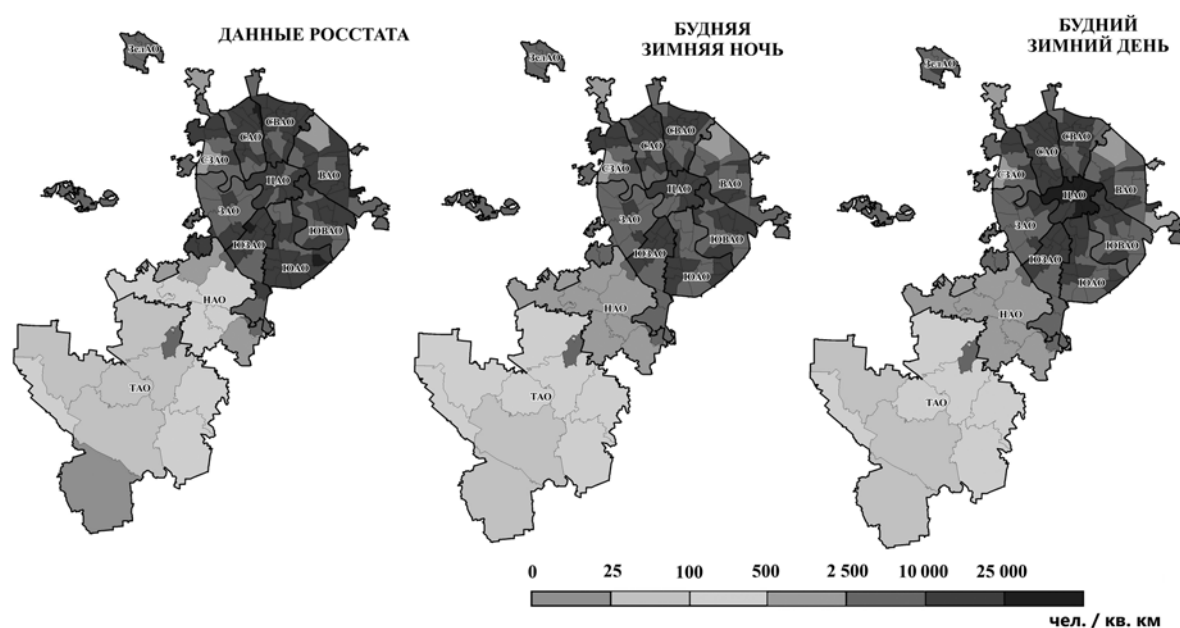


Рис. 1. Плотность населения по муниципальным образованиям Москвы по данным Росстата и сведениям операторов мобильной связи (на начало 2020 г.)

Таким образом, при первом приближении мы можем говорить, что интегральная пространственная уязвимость населения максимальна в будние дни холодного времени года, когда в зоне поражения находится максимальное число москвичей и значительное количество маятниковых мигрантов из сопредельных регионов (прежде всего Московской области).

В этом контексте необходимо рассмотреть размещение опасных промышленных предприятий в структуре расселения столицы, изменяющейся под влиянием обозначенных центростремительных потоков. Как показано на рисунке 2, наиболее опасные промышленные предприятия локализованы на территории столицы, привлекающей население в дневные часы. Соответственно риски в это время здесь наибольшие. Исходя из специфики рассматриваемых потенциально опасных объектов, в данном исследовании был выбран средний радиус опасности, равный 1000 м.

По данным мобильных операторов, в непосредственной близости к опасным объектам (в радиусе 1000 м) в ночные часы в холодный сезон года находится 850 тыс. москвичей (в летние месяцы меньше – 600–650 тыс. чел.). Днем это число увеличивается в полтора раза до 1,3 млн чел. (летом около 1,0 млн чел.). Таким образом, около 9–12 % населения города регулярно находится в зоне повышенного риска в случае возникновения чрезвычайной ситуации. В наибольшей опасности находятся жители Южного, Юго-Восточного и Северного административных округов столицы. На их территории в значительном количестве находятся опасные объекты всех представленных групп, что приводит к необходимости разработки комплексных превентивных мер по предотвращению потенциальных рисков. Меньше всего опасных объектов располагается в Юго-Западном АО, а также в Новой Москве.

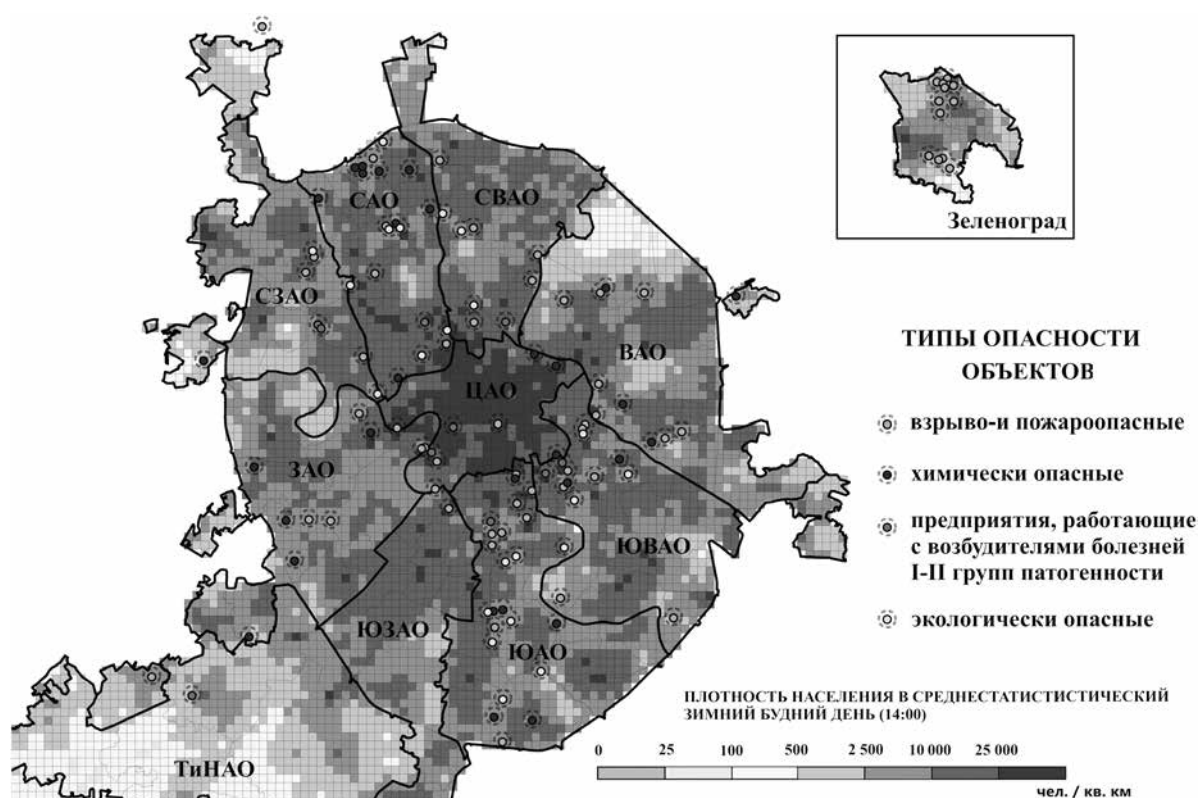


Рис. 2. Локализация особо опасных промышленных объектов на территории Москвы (на начало 2021 г.)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Москвы в рамках научного проекта № 21-35-70004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабурин В.Л., Бадина С.В. Оценка социально-экономического потенциала территории, подверженной неблагоприятным и опасным природным явлениям. Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2015. № 5. С. 9–16.
2. Бабурин В.Л., Бадина С.В., Деркачева А.А. и др. Оценка селевого риска в экономических показателях на примере Сибирского федерального округа. Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2019. № 4. С. 3–14.
3. Бабурин В.Л., Бадина С.В. Прогнозирование ущербов от природных опасностей для туристического кластера «Курорты Северного Кавказа». Устойчивое развитие горных территорий, 2020. Т. 12. № 3 (45). С. 349–356.
4. Осипов В.И. Урбанизация и природные опасности. Задачи, которые необходимо решать. Геоэкология. 2007. № 1. С. 3–9.
5. Bengtsson L., Lu X., Holme P. Predictability of population displacement after the 2010 Haiti earthquake // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. Vol. 29 (109). P. 11576–11581.
6. Choi C. Does economic growth really reduce disaster damages? Index decomposition analysis for the relationship between disaster damages, urbanization and economic growth and its implications // International Journal of Urban Sciences. 2016. T. 20. No. 2. P. 188–205.

7. *Garschagen M., Romero-Lankao P.* Exploring the relationships between urbanization trends and climate change vulnerability // *Climatic Change*. 2015. T. 133. No. 1. P. 37–52.
8. *McGranahan G., Balk D., Anderson B.* The Rising Tide: Assessing the Risks of Climate Change and Human Settlements in Low Elevation Coastal Zones // *Environment and Urbanization*. 2007. № 19 (1). P. 17–37.
9. *Roncancio D.J., Nardocci A.C.* Social vulnerability to natural hazards in São Paulo, Brazil // *Natural Hazards*. 2016. T. 84. No. 2. P. 1367–1383.
10. *Tizzoni M., Bajardi P., Decuyper A. et al.* On the use of human mobility proxies for modeling epidemics // *PLoS Comput Biol*. 2014. Vol. 7 (10). P. 1–35.

ЦИРКАДНЫЕ ОТРАЖЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ КАТАСТРОФ

Е.В. Вербицкий

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

Циркадная (суточная) ритмика пронизывает всё живое на нашей планете. Основной циркадный регулятор – мелатонин – возник около 3,5 миллиардов лет назад. Мелатонин вырабатывается в клетках всех растений и определяет их суточную активность. Он также управляет метаболизмом в чередующейся активности – покой у хладнокровных. Мелатонин командует гормональными регуляциями в цикле сон – бодрствование у теплокровных животных, включая человека. Оказывается, суточная динамика мелатонина имеет свои отличительные особенности у каждого вида, а у человека она настолько индивидуальна, что, как выясняется, напоминает отпечаток пальца.

Циркадная регуляция, отражая суточные колебания гормональной регуляции в организме человека, в определенной степени позволяет судить о деятельности нервной и иммунной системы организма. Ни для кого не секрет, что негативные последствия урбанизации, в частности залитые светом ночные города, растущая индустрия ночных развлечений, потворствуют желанию людей веселиться ночью, что при хронической реализации нарушает циркадную регуляцию физиологических процессов организма. А это ведет к ухудшению здоровья, самочувствия и к снижению работоспособности в бодрствовании, что особенно проявляется в экстремальных ситуациях. Особый вред оказывают: стресс, систематические нарушения питания и искажения режима работы – отдыха, что неизменно ведет к сбоям в чередовании сна – бодрствования.

Природные катастрофы (ухудшение качества воды, нарастание дефицита йода, предельно высокие или чрезмерно низкие температуры среды, масштабные изменения pH водных сред и др.) способны, в том числе за счет нарушения витальных циркадных регуляций, поставить на грань выживания целые регионы. Поскольку перечисленные катастрофические последствия неизменно ведут к снижению иммунных реакций организма и в итоге к повышению риска заболеваний и увеличению смертности.

К сожалению, в наше время глобальные техногенные катастрофы и негативные антропогенные влияния соизмеримы по масштабам и последствиям с обширными природными катаклизмами. В связи с этим актуален мониторинг не только негативных факторов окружающей нас природы, но и их отражений в циркадных показателях жизнедеятельности биоты. Потому что циркадная ритмика является главной витальной адаптацией биоты к обитанию на вращающейся вокруг своей оси Земле.

**МАТЕРИАЛЬНЫЙ УЩЕРБ ОТ НАВОДНЕНИЙ
В ВОСТОЧНОМ ПРИАЗОВЬЕ И ПРИЧЕРНОМОРЬЕ:
КОНЕЦ ИМПЕРСКОГО ПЕРИОДА
(на материалах Кубанской области и Черноморской губернии)**

С.Я. Суцкий

*Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
SS7707@mail.ru*

Расчет материального ущерба, наносимого обществу природной стихией и действиями человека, всегда являлся задачей максимальной сложности, поскольку предполагал не только определение общего масштаба разрушений, но и его стоимостную оценку, которая по разным причинам далеко не всегда оказывалась возможной. Тем не менее система расчетов такого ущерба начинает складываться в России уже в XVIII–XIX вв. В конце имперского периода она осуществляется местными администрациями уже на постоянной основе как в целом, так и по основным формам стихийных бедствий, обусловленных природными и антропогенными факторами (фиксировался ущерб от пожаров, наводнений, градобития, землетрясений и т.п.).

Анализ данной информации за период 1911–1915 гг. свидетельствует о том, что среди различных форм опасных природных явлений (далее – ОПЯ), характерных для восточного побережья Азовского и Черного морей, наиболее значительные разрушения и материальные убытки были связаны с наводнениями. В целом за данный период материальный ущерб от них составил более 3,5 млн рублей (порядка 3,5–4 млрд руб. в современных ценах). На приморские территории пришлось около 44 % общего объема ущерба, причиненного наводнениями всей Кубанской области и Черноморской губернии (табл. 1).

Размеры ущерба колебались по отдельным годам в очень широком диапазоне. Максимальными убытки анализируемых приморских территорий от наводнений оказались в 1911 и 1912 гг. (1,36 млн и 1,19 млн рублей соответственно), тогда как в 1915 г. они составили только 236 тыс. рублей. Весьма показательна и локализация данных потерь по бассейнам двух морей и отдельным приморским районам. Более 94 % всего материального ущерба пришлось на Восточное Приазовье (3,32 млн из 3,52 млн рублей). Только в 1913 г. данные убытки для приазовских и причерноморских территорий были сопоставимы по масштабу. В остальные годы ущерб от наводнений населению и экономике приазовских территорий оказывался больше почти на два математических порядка.

Это вполне наглядно подтверждает вывод исследователей о том, что из данных двух южных морей именно Азовское, несмотря на свои небольшие размеры и малую глубину, в силу определенных гидрометеорологических особенностей, является более опасным для человека и его хозяйственной деятельности [Шнюков и др., 1994]. Но и в пределах самого Восточного Приазовья материальные потери приморских территорий существенно различались по масштабам. Максимальную разрушительную силу водная стихия демонстрировала в береговой зоне Таманского округа Кубанской области. На протяжении всех пяти анализируемых лет именно здесь фиксировались наибольшие размеры ущерба (табл. 1).

Таблица 1

**Ущерб от наводнений по крупным субрегионам Прикубанья
(Кубанская область и Черноморская губерния), 1911–1915 гг.**

Субрегионы Прикубанья	1911 г.	1912 г.	1913 г.	1914 г.	1915 г.	1911–1915 гг.
Ущерб, тыс. руб.						
Восточное Приазовье	1331,1	1183	193,8	378,9	232,5	3320
Черноморская губерния	29,65	2,59	167,8	0,87	3,2	204,1
Континентальные отделы Кубанской области	154,4	57,55	478,8	905,3	2829,6	4425,7
Кубанская область и Черноморская губерния в целом	1515,15	1243,14	840,4	1285,07	3065,3	7949,8
Доля, %						
Восточное Приазовье	87,8	95,2	23,1	29,5	7,6	41,8
Черноморская губерния	2,0	0,2	20,0	0,1	0,1	2,6
Континентальные отделы Кубанской области	10,2	4,6	57,0	70,4	92,3	55,7
Кубанская область и Черноморская губерния в целом	100	100	100	100	100	100

Примечание: Данные таблиц 1–2 рассчитаны по: [Кавказский календарь на 1913 г.; Кавказский календарь на 1914 г.; Кавказский календарь на 1915 г.; Кавказский календарь на 1916 г.; Кавказский календарь на 1917 г.].

При этом обнаруживается интересная деталь. Минимальной в Таманском отделе за данную пятилетку оказалась величина ущерба от наводнений в 1914 г. – 175,6 тыс. руб. (табл. 2). Но именно 1914 г. известен одним из наиболее мощных за всю историю гидрометеорологических наблюдений в Восточном Приазовье нагонным наводнением, во время которого погибло около 3 тыс. человек и была затоплена значительная часть побережья от Тамани до Ейска [Шнюков и др., 1994]. Серьезно пострадал и Темрюк, административный центр административного отдела. Тем не менее общие убытки последнего от наводнений за весь 1914 г. оказались в 6,5 раз меньше показателя 1911 г.

Заметим также, что рассчитанная величина ущерба (166 тыс. руб.), нанесенного февральским наводнением 1914 г. приморской поселенческой сети Ейского отдела, была сопоставима по размерам с убытками административного отдела с центром в Тамани. Но в отличие от Юго-Восточного Приазовья, для Ейского отдела этот ущерб оказался максимальным за весь пятилетний период и в остальные годы водная стихия практически не наносила урона поселенческой сети и хозяйственной системе данного приморского района.

Как результат, за 1911–1915 гг. общие убытки от наводнений в Таманском отделе оказались в 18,6 раз больше, чем в Ейском (3,11 млн и 168 тыс. руб. соответственно). Столь существенная разница между сопредельными участками морского побережья предполагает дополнительное изучение, поскольку мощные нагонные наводнения были характерны для всего Восточного Приазовья [Беспалова, 2019].

На порядок меньше был ущерб от наводнений в приморской зоне Восточного Причерноморья (204 тыс. руб. за 1911–1915 гг.). Причем основная часть данных убытков пришлась на 1913 г. (167,8 тыс. руб., или 82,2 %). Тогда как 3 года анализируемого периода (1911, 1914,

1915 гг.) обошлись практически без материальных потерь от данной разновидности ОПЯ. Пространственная локализация ущерба от наводнений в пределах Восточного Причерноморья также была крайне неравномерной, постепенно сокращаясь в юго-восточном направлении (если на Новороссийский округ приходилось более 59 % потерь, то на Сочинский только 2,2 %).

Таблица 2

Материальный ущерб от наводнений, 1911–1915 гг. (тыс. руб.)

Центры и отделы (округа)	1911 г.	1912 г.	1913 г.	1914 г.	1915 г.	1911–1915 гг.
Кубанская область						
Анапа	1,65					1,65
Ейск				6		6
Темрюк		0,25		31	0,4	31,65
Ейский отдел		0,5		166,3	1,07	167,87
Таманский отдел	1331,1	1182,7	193,8	175,6	231	3114,2
Остальные центры и территории	154,4	57,55	478,8	905,3	2829,6	4425,7
Черноморская губерния						
Новороссийск			52,9			52,9
Сочи						
Туапсе	20		35			55
Новороссийский окр.			67			67
Сочинский окр.		0,35	0,14	0,87	3,2	4,56
Туапсинский окр.	8	1,89	12,8			22,69
Черноморская губерния в целом	28	2,59	167,8	0,87	3,2	202,46

Заметим, что и более южные участки береговой зоны Восточного Причерноморья (от Сухуми до Батуми) в целом характеризовались незначительными масштабами ущерба наносимого наводнениями (0,2–67 тыс. руб. ежегодно), за исключением отдельных лет. В исследуемом периоде таковым являлся 1914 г., когда ущерб от наводнений достиг 674 тыс. рублей. Практически весь он пришелся на берег Сухумского округа [Кавказский календарь на 1916, 1915].

Таким образом, можно констатировать, что наиболее масштабные потери от наводнений несли поселенческая сеть, социальная и экономическая инфраструктура юго-восточного побережья Азовского моря, для которого были характерны практически ежегодные значительные убытки. И в целом именно в Таманском отделе Кубанской области на наводнения приходилась значительная часть ущерба, приносимого стихийными бедствиями природного и антропогенного характера (табл. 3). На всех остальных участках береговой зоны Восточного Приазовья, как и Восточного Причерноморья, ущерб от наводнений был спорадическим явлением, хотя в отдельные годы мог достигать достаточно внушительных размеров. В пределах Черноморской губернии наиболее значительные материальные потери приходились на побережье самого северного Новороссийского округа.

Таблица 3

**Удельный вес наводнений в общем объеме материального ущерба
от стихийных бедствий природного и антропогенного характера (%)**

Центры и отделы (округа)	1911 г.	1912 г.	1913 г.	1914 г.	1915 г.	1911–1915 гг.
Кубанская область						
Анапа	61,8					5,5
Ейск				22,1		11,1
Темрюк		16,1		98,7	44,4	85,2
Ейский отдел		0,3		37,7	0,6	13,5
Таманский отдел	85,9	88,3	32,2	26,1	40,3	65,8
Черноморская губерния						
Новороссийск			58,5			36,2
Сочи			0			0
Туапсе			37,8			44,9
Новороссийский			89,3			22,0
Сочинский		1	0,3	3,8	14,3	0,8
Туапсинский		8,7	92,9			45,0
Черноморская губерния в целом		1,5	50,1	1,8	3	16,2

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова Л.А. Опасные уровни Азовского моря // Опасные природные явления и социальные процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии на протяжении XX–XXI вв. Ростов н/Д., 2019. С. 79–85.
2. Кавказский календарь на 1913 год. Тифлис. 1912.
3. Кавказский календарь на 1914 год. Тифлис. 1913.
4. Кавказский календарь на 1915 год. Тифлис. 1914.
5. Кавказский календарь на 1916 год. Тифлис. 1915.
6. Кавказский календарь на 1917 год. Тифлис. 1916.
7. Шнюков Е.Ф., Митин Л.И., Цемко В.П. Катастрофы в Черном море. Киев, 1994. С. 16.

РОЛЬ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ДЕТЕРМИНАЦИИ ПРЕСТУПНОСТИ

Э.Ю. Чуклина

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

Одним из основных направлений криминологической науки является изучение детерминации преступности, влияние тех или иных факторов на качественные и количественные характеристики преступности. Данные факторы многообразны по своему содержанию – социально-экономические, психологические, организационно-управленческие и т.д. Актуальность приобретают исследования влияния природных факторов на количественные и качественные показатели преступности. Связано это, во-первых, с тем, что стихийные бедствия влекут негативные последствия в виде повреждения или уничтожения движимого и недвижимого имущества, причинения вреда физическому и психическому здоровью и даже смерти человека. Так, по данным Совета безопасности Российской Федерации ежегодный экономический ущерб, нанесенный аномальными гидрометеорологическими явлениями, составляет порядка 60 млрд руб. [Егоров, 2020]. Во-вторых, обстановка стихийного бедствия обуславливает повышенную общественную опасность преступления и самого преступника. В-третьих, такие исследования помогут оценить эффективность работы администрации пострадавшего региона и правоохранительных органов по профилактике и непосредственному пресечению преступлений в условиях чрезвычайной ситуации природного характера.

Исследования роли природных явлений в детерминации преступности начались еще в XIX в., когда влияние метеорологических и климатических факторов на количественные изменения преступности рассматривал Ч. Ламброзо в своей работе «Преступный человек». Ученый пришел к выводу о том, что в жаркие месяцы совершается больше убийств и изнасилований, а в холодные – хищений [Ломброзо, 2016]. Выявлением корреляции между метеорологическими условиями и количеством насильственных преступлений, совершенных лицами с отклонениями психики, занимались ученые разных стран, и пик таких исследований пришелся на 20-е гг. XX в.

В современной криминологической науке также поднимался вопрос о влиянии природных факторов на преступность в пострадавшем регионе. Так, А.Э. Туманян отметил рост уровня преступности сразу после Спитакского землетрясения 1988 г. в Армении в районах землетрясения в 1,4 раза [Туманян, 1997]. Н.Н. Китаев и В.А. Пархомов сделали попытку выявить корреляцию между геомагнитной активностью и преступлениями сексуального характера [Китаев, Пархомов, 2002]. Предметом исследований А.Н. Игнатова стали космофизические факторы в детерминации преступности [Игнатов, 2011].

А.А. Саакян установил, что в период непосредственно после стихийного бедствия в пострадавшем регионе фиксируется резкое увеличение общего числа выявленных преступлений при сохранении высокого уровня латентности преступлений, достигающего порядка 70–80 % [Саакян, 2011]. Т.А. Зорина, изучив статистику возбужденных дел в регионах,

пострадавших от природных и техногенных катастроф, выявила структуру преступности: 35 % составили преступления против личности, 26 % – преступления против общественного порядка и общественной безопасности; 20 % – преступления против государственной власти; 19 % – преступления в сфере экономики [Зорина, 2015].

В рамках настоящего исследования рассматривается влияние опасных природных явлений, характерных для прибрежных зон Азовского, Черного и Каспийского морей, на динамику и структуру преступности в пострадавших регионах. Актуальность и важность исследования обусловлена тем, что данные регионы представляют особую значимость для экономического развития страны, будучи курортными и международными транзитными зонами.

Если обратиться к статистическим данным Генеральной прокуратуры Российской Федерации о количестве выявленных преступлений в Краснодарском крае, то видно, что количество регистрируемых преступлений действительно увеличивается в 4-недельный период непосредственно после опасного природного явления. Например, в июле и августе 2012 г., т.е. в период непосредственно после наводнения, происходит небольшой рост числа преступлений по сравнению с предшествующим стихийному бедствию месяцем – на 5 % и 8,3 % соответственно [Количество ... 2012].

Однако к интересным выводам приводит графическое представление динамики выявленных преступлений в Краснодарском крае в годы, когда происходили стихийные бедствия (рис. 1).

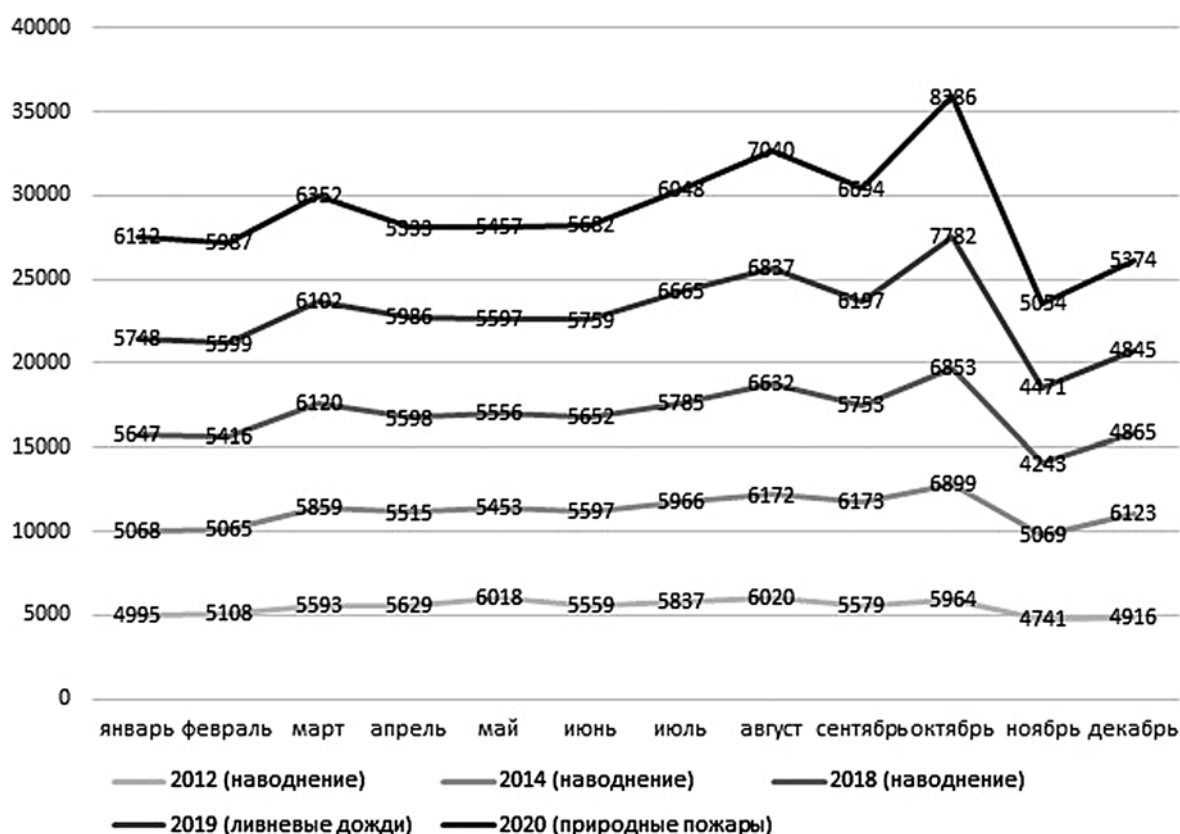


Рис. 1. Динамика преступности в Краснодарском крае

Данный график демонстрирует закономерность в динамике преступности 2012, 2014, 2018, 2019 и 2020 гг. независимо от того, в каком именно месяце произошло опасное

природное явление: небольшой рост в марте, практически незаметные колебания вплоть до июля, снова небольшой рост в августе и резкий скачок преступности в октябре с таким же стремительным сокращением выявленных преступных деяний в ноябре.

Можно предположить, что скачки выявленной преступности отчасти обусловлены началом и завершением сезонов работ нелегальных трудовых мигрантов.

Сделанный вывод подкрепляется также данными территориальных органов МВД России. К примеру, криминальная обстановка в Краснодарском крае в 2012 г. даже улучшилась по сравнению с 2011 г. [Виневский, 2012], в Туапсинском районе, больше всего пострадавшем от ливневых дождей в октябре 2018 г., фиксируется снижение зарегистрированных преступлений в 2018 г. по сравнению с 2017 г. на 7 % [Информационно-аналитическая записка ... 2018].

Аналогичную динамику преступности показывает и Ростовская область, для которой преимущественно характерны такие опасные природные явления, как ливневые дожди, весенние паводки, ураганные ветры (рис. 2).

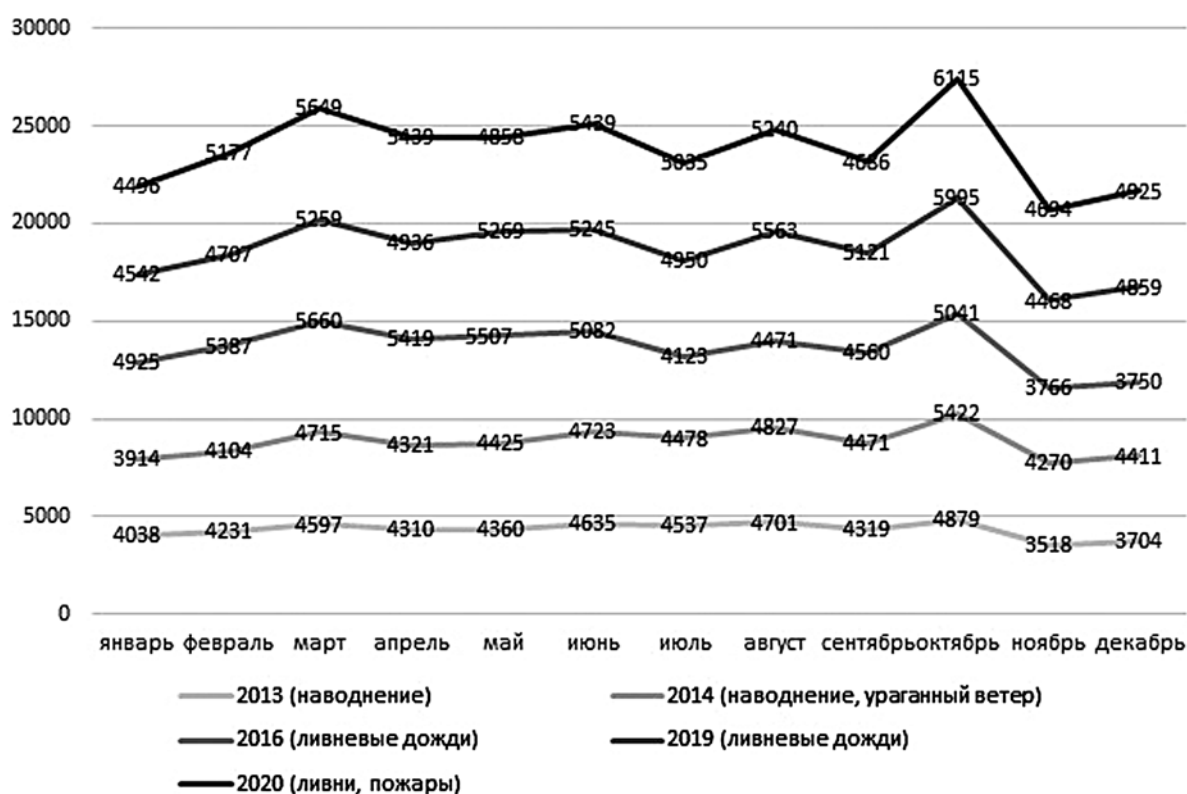


Рис. 2. Динамика преступности в Ростовской области

Анализ статистических показателей выявленной преступности в прибрежных регионах Каспийского моря позволил сделать идентичный вывод об отсутствии влияния природных явлений на динамику преступности. Так, в Астраханской области ливневые дожди, вызвавшие подтопление, наблюдались в мае-июне 2008 г., апреле-мае 2011 г. и июле 2012 г. Согласно данным Росстата, за первое полугодие 2008 г. в регионе на 100 тыс. человек зарегистрировано 1747 преступлений, что на 1 % меньше, чем за аналогичный период предыдущего года; за первое полугодие 2011 г. в регионе на 100 тыс. человек зарегистрировано 1233 преступлений, что на 12,9 % меньше, чем за аналогичный период предыдущего года [Состояние преступности ... 2012]. В июле 2012 г. общее коли-

чество выявленных преступлений сократилось по сравнению с июнем на 10 %, в августе снижение продолжилось.

Таким образом, анализ статистики регистрируемой преступности в регионах, пострадавших от опасных природных явлений, доказал отсутствие влияния таких явлений на динамику и структуру преступности в прибрежных регионах Азовского, Черного и Каспийского морей, что обусловлено тремя факторами: 1) негативные последствия произошедших природных явлений в виде человеческих жертв и материального ущерба не настолько масштабны, как, например, при землетрясении 1988 г. в Спитаке, чтобы толкнуть граждан на преступление; 2) в России действует комплекс мер государственной поддержки, что позволяет пострадавшему населению справиться с материальными проблемами в первое время после стихийного бедствия; 3) в период стихийного бедствия мобилизуются силы и средства МЧС, полиции и даже Вооруженных сил России.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-80043.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винецкий В. Отчет перед Законодательным собранием Краснодарского края о деятельности полиции подчиненных органов внутренних дел края за 9 месяцев 2012 г. URL: <https://23.мвд.рф/document/12293101> (дата обращения: 22.05.2021).
2. Егоров И. Совбез РФ: ежегодно природные явления наносят ущерб в размере 60 млрд рублей. URL: <https://rg.ru/2020/07/13/sovbez-rf-ezhegodno-prirodnye-iavleniia-nanosiat-ushcherb-v-razmere-60-mlrd-rublej.html> (дата обращения: 22.05.2021).
3. Зорина Т.А. Криминологическая характеристика и предупреждение преступлений, совершаемых в условиях природных бедствий и техногенных катастроф. М., 2015. 130 с.
4. Игнатов А.Н. Природные факторы детерминации преступности: постановка проблемы // Криминология: вчера, сегодня, завтра. 2011. № 4. С. 22–27.
5. Информационно-аналитическая записка о результатах деятельности Отдела МВД России по Туапсинскому району в 2018 году. URL: <https://туапсе.23.мвд.рф/document/16598733> (дата обращения: 22.05.2021).
6. Китаев Н.Н., Пархомов В.А. О возможной корреляции действий серийных убийц по сексуальным мотивам с геофизическими факторами // Вестник новых медицинских технологий. 2002. № 4. С. 102–104.
7. Количество зарегистрированных преступлений в Краснодарском крае // Портал правовой статистики. URL: http://crimestat.ru/offenses_map (дата обращения: 22.05.2021).
8. Ломброзо Ч. Человек преступный / пер. с итал. М.: Алгоритм. 2016. 349 с.
9. Саакян А.А. Предупреждение преступлений, совершаемых в экстремальных ситуациях: дисс. ... канд. юрид. наук. Владимир, 2011. 254 с.
10. Состояние преступности в Российской Федерации // Государственная служба статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b08_01/IssWWW.exe/Stg/d06/3-5.htm (дата обращения: 22.05.2021).
11. Туманян А.Э. Проблемы предупреждения преступности в условиях стихийного бедствия: дис. ... канд. юрид. наук. М., 1997. 207 с.

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ОПАСНОЕ ПРИРОДНОЕ ЯВЛЕНИЕ ЦУНАМИ – ОСНОВА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КАТАСТРОФ В ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА (на примере Камчатского края)

Н.Ф. Бугай

*Институт российской истории РАН, г. Москва
nikolay401@yandex.ru*

Цунами относится к тем опасным явлениям природы, которые выступают основой для формирования ситуации катастроф. Член-корреспондент РАН Д.Г. Матишов как ученый-океанолог, занимаясь мониторингом морей, проблемой загрязнения поверхностных вод, обращался и к этой теме науки, проявляя к ней постоянно живой интерес.

В этом плане на территории России особенно «повезло» Дальнему Востоку. В большей мере названное явление не имеет локального характера, а охватывает обширные акватории океанов и морей и несет в себе огромную разрушительную силу, причиняя заметный ущерб прибрежным территориям. Воздействие цунами на жизнь населения также губительно.

Не случаен тот факт, что в числе приоритетных направлений на перспективу Камчатское управление гидрометеослужбы (КУГМС) выделяет и своевременное предупреждение проявлений цунами и др. Специалисты службы погоды концентрируются не только на задачах по уменьшению воздействия цунами на территории и жизнь людей, но и занимаются своевременным предупреждением проявлений цунами, обеспечения безопасности государства.

Начиная с 1950-х гг. исследователи давали ответы на многие волновавшие общество вопросы о природе возникновения (зарождения) цунами. Известны труды о цунами, имевших место в акваториях Тихого океана и дальневосточных (восточных) морей, возбуждавших их землетрясениях, что позволяет выявить закономерную зависимость между цунами и особенностями территорий их развития в изучаемом регионе. В научных трудах С.С. Войта, Б.И. Себекина и других показан детально процесс распространения волн цунами, их поведения в глубокой Курильско-Камчатской впадине, Орлеанском мелководье и пр. [Войт, Себекин, 1970; А РАН. Ф. 2075. Оп. 1. Д. 68. Л. 3; Го Ч.Н., 1987].

Примечательным событием конца 1940-х гг. стало создание структурных подразделений при Президиуме АН СССР (Постановление Президиума АН СССР от 3 мая 1949 г. «Совета по сейсмологии при Президиуме РАН»), явившихся научно-инженерным и координационным сейсмологическим центром РАН, во главе чл.-корр. АН СССР А.В. Николаевым [А РАН. Ф. 2075]. На широкое изучение проблемы было направлено и принятое Положение «Проект о международной службе цунами».

По этой причине приобретали научную ценность прежде всего акты «Комиссии о состоянии службы цунами на Камчатке и Сахалинской области» [А РАН. Ф. 2075. Д. 632, 633 и др.], отчеты по изучению проблемы цунами в СССР в 1969–1971 гг.; информация о научных исследованиях по прогнозированию землетрясений за 1980 г.

Несомненно, ценны по своему содержанию и научные изыскания ученых и практиков, занятых в метеорологической службе на Камчатке. Их имена остаются в истории разработки проблемы цунами, ее научной стороны. Будучи на Камчатке, аэролог В.А. Новский (выпускник ленинградского вуза) после работы в Якутии (г. Верхоянск), Магадане, пережил и такое опасное событие, как цунами, разыгравшееся в ноябре 1952 г. в результате землетрясения силой в 8.2 балла. Оно произошло на расстоянии 200 км к юго-востоку от г. Петропавловска. В.А. Новский занимался восстановлением частично разрушенной сети Камчатского УГМС. На решение этой задачи были брошены и все имевшиеся резервы. С руководством КУГМС по этому вопросу встречался член-корр. АН СССР Б.И. Пийп (первый директор Института вулканологии в Камчатской области).

Не обошло Камчатский полуостров и цунами в Чили (май 1960 г.). Спустя 25 часов в Авачинской бухте высота волн достигала 3 м, а в районе Халактырского пляжа – 15 м. Содержательный материал с разбором прохождения цунами в Чили в мае 1960 г. приведен в работе Г. Тазиева [Тазиев, 1968]. Автор посетил после цунами места катастрофы (утонови в тот период более 1000 человек). Спустя 6 часов цунами высотой волн в 6 м добрался до японских островов Хонсю и Хокайдо, унес 5 тыс. домов, около 200 человек и оставил 450 тыс. граждан без крова.

Последствиями этой стихии пришлось заниматься и сменившему на этом посту В. Новского начальнику КУГМС С.И. Тер-Казаряну. Потребовалось изменить подходы к решению проблемы, выработать правила поведения людей в условиях природной катастрофы. 20 октября 1956 г. Совет Министров СССР вынес постановление «О мероприятиях по организации своевременного оповещения населения Дальнего Востока о морских волнах, вызываемых подводными землетрясениями (цунами)». 1 марта 1959 г. на 14-м км Елизовского шоссе была открыта на территории в 150 га станция цунами. Здесь проводились работы по созданию антенного поля для приема и прослушивания сигналов цунами службой «Софар».

Органами власти перед Академией наук СССР и Главным УГМС была поставлена задача – *создать на постоянной основе службу оповещения о цунами*. Необходимо было «усилить популяризацию сведений о цунами среди организаций», а также «информацию прежде всего о создании, назначении службы предупреждения о цунами» [А РАН. Ф. 2075. Оп. 1. Д. 22. Л. 16]. В этот процесс в первую очередь и была вовлечена и Камчатская область.

В Совет главной станции цунами на Камчатке на начало сентября 1959 г. входили начальник станции Геннадий Георгиевич Тимофеев, зав. группой сейсмологии И.Д. Лазаренко, старший метеоролог Н.И. Козырев, лаборанты Л.М. Кирсанова и А.В. Треплова.

В сентябре 1959 г. состоялась проверка положения службы цунами на Камчатском полуострове и острове Сахалин. В состав комиссии входили и представители местных УГМС.

Камчатское УГМС представляли начальник С.И. Тер-Казарян, начальник сейсмологической станции в Петропавловске-на-Камчатке Г.П. Черемных, начальник станции цунами Г.Г. Тимофеев, зав. системной группы станции цунами И.Д. Лазарев.

Служба цунами Дальнего Востока формировалась в соответствии с принятым постановлением Совета Министров СССР от 20 октября 1957 г. № 134. Внедрялись в практику массовые передовые методы прогнозов цунами. Совершенствовалась организация средств оперативной связи информации. Научные исследования по цунами приобретали постоянный характер [Соловьёв, Шебалин, 1958]. Формировалась местная сеть станций (в основном морских) предупреждения цунами.

Конечно, служба предупреждений о цунами пока в регионе (Дальний Восток) проходила сверхмобилизационный период. Итоги проверки ее работы вначале были не утешительными. Признавалось неподходящим расположение самой станции, недалеко от основной транспортной магистрали «Юг – Север». Ощущалась необходимость в совершенствовании самого механизма предупреждения о цунами. В связи с этим в Усть-Камчатске проводилось «моделирование наката цунами на побережье при разном положении сейсмического очага». [А РАН. Ф. 2075. Оп. 1. Д. 60. Л. 2]. Отчет о проведении мероприятий был доставлен 22 марта 1968 г. президенту АН СССР академику М.В. Келдышу.

В июле 1971 г. рассматривалось «Положение о межведомственной службе цунами на Дальнем Востоке». А к ноябрю 1971 г. было подготовлено «Положение о службе цунами», разработанное ГУГМС СССР [А РАН. Ф. 2075. Оп. 1. Д. 60. Л. 8–11; Д. 69. Л. 6].

Оставив в 1960-е гг. пост начальника Камчатского УГМС, С.И. Тер-Казарян занялся конкретно проблемой цунами и, конечно же, поддерживал ее на плаву. Были организованы стационарные наблюдения за землетрясениями. Выявлялась зависимость от них цунами.

Руководство данным направлением в сфере метеослужбы во всесоюзном масштабе сосредотачивалось в Совете сейсмологии. Он действовал при Президиуме АН СССР (председатель Е.Ф. Саваренский). Решению этих задач был подчинен также и Научно-инженерный координационный сейсмологический центр РАН [А РАН. Ф. 2075. Оп. 1. Д. 125, 632, 633]. Здесь решались организационные вопросы создания эффективной службы оповещения цунами.

Историческая память сохраняет информацию как о «моретрясениях» (цунами) трехвековой и полувековой давности [Крашенинников, 1756], так и о современных. Подробно о событиях, коснувшихся Камчатского полуострова, доложил 12 сентября 1952 г. член-корр. АН СССР, первый директор Института вулканологии на Камчатке Борис Иванович Пийп. Его записки под названием «Засекреченные цунами» опубликованы в журнале «Природа» [Пийп, 2005]. Б.И. Пийп обратил внимание на состояние самого города и поселков Камчатки, пострадавших от стихии. Сейсмические волны докатились и до берегов Камчатки. Вторая из них 30 ноября 1952 г. была катастрофической.

На низменном мысу у северного берега бухты располагалась рыболовная база Главкамчатрыбпрома. Здесь было много строений, в основном железобетонных, и деревянный пирс. Высота волны, по определению топографов, была 5,5 м. Погибло 40 человек.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 6 января 2006 г. № 1 была утверждена Федеральная целевая программа «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в РФ до 2010 года». В 2011 г. Правительство Российской Федерации приняло решение о продлении Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в РФ до 2015 года» [История ... 2020].

Особую значимость приобрели задачи по совершенствованию системы предупреждения о цунами на Дальнем Востоке РФ. В результате модернизации, выполненной в рамках Федеральной целевой программы в 2006–2010 гг. на Дальнем Востоке, была создана современная служба предупреждения о цунами. Налажена сеть сейсмических наблюдений в количестве 5 опорных и 6 вспомогательных автоматических сейсмических станций. Сформировалась и сеть гидрофизических наблюдений, которая состояла из 23 автоматизированных постов инструментальных наблюдений. Функционирует автоматический комплекс гидрофизической донной станции DART [История ... 2020]. На новом техническом уровне возникает и Камчатский центр цунами.

Контроль над катастрофическими явлениями природы продолжается. Они отслеживаются и исследуются и в современных условиях. Об этом свидетельствует последствие землетрясения 25 марта 2020 г., эпицентр которого находился в 463 км от г. Петропавловска-Камчатского с магнитудой 7,6. Как замечали жители города, «это землетрясение было самым сильным за 29 лет на полуострове» [Антонычева, 2020]. Структурные подразделения были заранее «переведены в режим повышенной готовности».

Несомненно, вывод понятен – необходима организация четкой работы по прогнозам и заблаговременному предупреждению о цунами, наносящему колоссальный ущерб хозяйству стран. Метеорологи, океанологи и гидрологи, ученые и практики КУГМС справились с этой задачей и занимаются совершенствованием форм и методов по предупреждению такого грозного явления природы, как цунами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонычева Д. «У нас полопалась сгущенка». Как на Камчатке пережили мощное землетрясение // Аргументы и факты. Камчатка. 26 марта 2020 г.
2. Архив Российской академии наук (А РАН). Ф. 2075.
3. Войт С.С., Себекин Б.И. О влиянии силы Кориолиса на отражение неустановившихся длинных волн // Докл. АН СССР. 1970. 191–5. С. 1007–1010.
4. Го Ч.Н. Статистические свойства заплесков цунами на побережье Курильских островов и Японии / АН СССР, Дальневост. науч. центр, Ин-т мор. геологии и геофизики. Южно-Сахалинск: ИМГИГ, 1987. 39 с.
5. История становления Центра цунами Камчатского края. URL: <http://rtws.ru/centers/kamchatka-tsunami/obshhaya-inform/istoriya-czentr> (дата обращения: 12.10.2020).
6. Крашенинников С.П. Описание Земли Камчатки. СПб., 1756.
7. Пийп Б.И. Засекреченное цунами // Природа. 2005. № 5. С. 36–43.
8. Саваренский Е.Ф., Тищенко В.Г., Святловский А.Е. и др. Цунами 4–5 ноября 1952 г. М.: Изд. АН СССР, 1958.
9. Соловьёв С.Л., Шебакин Н.В. Цунами и интенсивность Курильско-Камчатских землетрясений. Сер. геофизика. № 8. М.: Изд. АН СССР, 1959.
10. Тазиев Г. Когда Земля дрожит = Quand la terre tremble / пер. с франц. Е. Краснокутской и П. Гурова; предисл. и примеч. Н.В. Шебакина. М.: Мир, 1968.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИБРЕЖНО-ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО, ЧЕРНОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ

Е.А. Глазырин

*АО «Южморгеология», г. Геленджик
eaglazyrin@mail.ru*

Прибрежно-шельфовая зона (ПШЗ) Азовского, Черного и Каспийского морей обладает наиболее высокой природной и техногенной уязвимостью в РФ и возможным социально-экономическим ущербом от проявления опасных геологических процессов (ОГП). Этим продиктовано особое внимание к ней в виде проведения здесь Государственного мониторинга состояния недр (ГМСН), выполняемого по Государственной программе Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов». Целевое назначение работ: обеспечение рационального и безопасного использования геологической среды ПШЗ Азовского, Черного и Каспийского морей Российской Федерации с оценкой состояния и прогноза развития опасных геологических процессов (ОГП), возникающих под действием природных и техногенных факторов. Все более усиливающееся инженерно-хозяйственное освоение ПШЗ южных морей РФ (портовое строительство, эксплуатация Керченско-Таманского транспортного перехода, рекреационное использование, освоение минеральных и углеводородных ресурсов, прокладка подводных трубопроводов и коммуникаций) требует усиления и развития морского мониторинга. Система, методика и основные результаты работ изложены ранее [Глазырин, 2020а; Глазырин, 2020б]. В настоящем докладе акцентируются проблемные вопросы проведения ГМСН ПШЗ, снижающие его эффективность.

Степень изученности состояния недр и ОГП ПШЗ остается недостаточной по сравнению с сухопутной частью, что вызвано труднодоступностью объекта мониторинга (морского дна) для наблюдений и скрытостью ОГП под слоем воды. Если в сухопутном мониторинге проявления ОГП (оползни, обвалы, карст, суффозия и пр.) хорошо визуализируются и оцениваются прямым осмотром, то в морском мониторинге они изучаются практически вслепую, а для их визуализации требуется применение более дорогостоящих методов.

Главным проблемным вопросом, отрицательно сказывающимся на эффективности выполнения ГМСН ПШЗ, является неуклонное сокращение финансирования (рис. 1). Это влечет за собой снижение плотности сети наблюдений и границ выполнения работ, значительное сокращение физических объемов работ. С учетом ежегодной инфляции, варьирующей в этот период по данным Росстата от 13,28 % до 2,5 %, данное снижение еще более негативное. Возрастание опыта и, соответственно эффективности и оптимизации работ, снижения себестоимости не демпфирует такого снижения финансирования. По этой причине от некоторых весьма эффективных, но более дорогих методов пришлось по экономическим причинам отказаться, что снизило качество и представительность мониторинга. Например, пришлось отказаться от успешно применяемых подводных наблюдений спускаемыми аппаратами – единственного метода прямой визуализации, изучения и оценки ОГП,

состояния геологической среды. Данный метод показал свою высокую эффективность. Его применение кардинально расширило и уточнило представления о развитии ОГП, строении участков, нежели это представлялось ранее на основе применения дистанционных геофизических методов – эхолотирования, сейсмоакустического профилирования и гидролокации бокового обзора.



Рис. 1. Снижение финансирования ГМСН ПШЗ Азовского, Черного и Каспийского морей (без учета инфляционных процессов)

Внедрение высокоэффективных и более информативных методов мониторинга, закупка нового более эффективного оборудования в таких финансовых условиях весьма проблематична. Например, остается экономически проблемным применение многолучевого эхолотирования вместо на порядок менее эффективного и устаревшего однолучевого эхолотирования. Вместе с тем практика работ показала, что вовлечение в исследование новых участков морского дна и применение новых методов приводят к регулярным открытиям и выявлению новых участков развития ОГП, получению новых представлений об условиях развития, более точной и представительной оценке ОГП.

До 2015 г. ГМСН ПШЗ Азовского, Черного и Каспийского морей выполнялся ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» (в 2016 г. преобразованное в АО «Южморгеология») самостоятельно по госконтрактам напрямую с Роснедра. С 2015 г. ГМСН ПШЗ проводится через ФГБУ «Гидроспецгеология» в рамках Государственного задания, где АО «Южморгеология» выступает уже как субподрядчик. Такая система организации ГМСН ПШЗ через ФГБУ «Гидроспецгеология» имеет ряд недостатков, основными из которых являются:

- затягивание сроков заключения субподряда и, как следствие, опасность срыва работ;
- ведение ГМСН ПШЗ (составление ТЗ, требований и пр.) не специализированной в морских работах и морской геологии организацией (ФГБУ «Гидроспецгеология»), что налагает отпечаток на ее отношении собственно к ГМСН ПШЗ, взаимодействие с субподрядными морскими организациями, специализированными в выполнении морских исследований.

В условиях монополизма проведения ГМСН сухопутной по сфере деятельности ФГБУ «Гидроспецгеология» для сохранения ГМСН ПШЗ требуется внесение в Государственную программу «Воспроизводство и использование природных ресурсов» в разделе «Мониторинг состояния и охраны геологической среды» изменений. В частности, разделить отчетные показатели (число пунктов наблюдений) на экстерриториальные (морские) и территориальные (сухопутные).

Целесообразно выделение ГМСН ПШЗ в самостоятельное направление, как это было ранее, с курированием его специализированной морской геологической организацией. Обоснование – экстерриториальность, особые природные условия проведения работ, методики и технологии, требования к работам, возврат к зарекомендовавшей себя с положительной стороны практике рассмотрения результатов и планов ГМСН ПШЗ совместно у всех исполнителей для обмена опытом и совершенствования работ.

Во многом ГМСН ПШЗ продолжает находиться еще в состоянии изучения объекта, апробации новых методов и отработки методики, получения новых сведений с постановкой выявленных участков активного проявления ОГП для режимных наблюдений. Для дальнейшего совершенствования и развития ГМСН ПШЗ требуется в установленном порядке разработать унифицированные требования и регламентные документы по его ведению в связи с отсутствием таковых. Отсутствие таких требований и регламентных документов сдерживает развитие ГМСН ПШЗ.

В качестве одной из актуальных задач развития ГМСН ПШЗ необходимо расширять сеть, объемы и периодичность наблюдений, внедрять более эффективные методы наблюдений для повышения качества, достоверности и представительности регламентной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазырин Е.А. Государственный мониторинг состояния недр прибрежно-шельфовой зоны Азовского, Черного и Каспийского морей – основные итоги и перспективы развития // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Т. X. Ч. 2. М.: ИИЕТ РАН, 2020. С. 325–332.
2. Глазырин Е.А. Результаты государственного мониторинга опасных геологических процессов прибрежно-шельфовой зоны Азовского, Черного и Каспийского морей // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления – II»): мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 309–312.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В МАЕ 2019 г.

Г.Ю. Глущенко

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

Цимлянское водохранилище – один из важнейших внутренних рыбопромысловых водоемов России. Ежегодно в летне-осенний период в водохранилище наблюдается сильное «цветение» воды за счет развития синезеленых водорослей (цианобактерий или цианопрокариот), а на отдельных участках и в заливах за счет нагонных явлений отмечается «гиперцветение», где происходит массовая гибель гидробионтов, особенно молоди рыб, также создаются проблемы с водоснабжением, вплоть до введения режима ЧС [Вехов и др., 2014]. Уровень воды в водохранилище обычно изменяется равномерно, амплитуда его колебания небольшая. Однако в последнее время наблюдаются слишком яркие контрасты значений уровня воды – от критических низких отметок в маловодные годы (2011, 2015–2017, 2020 гг.) до максимальных в годы с интенсивным половодьем (2018 г.) [Морозова, 2020; Уровень воды ... 2017]. В 2019 г. половодье было умеренным, но общие сложившиеся гидрометеорологические условия характеризовались как маловодные [Управление режимов ... 2021]. Каким было весеннее развитие фитопланктонного сообщества водохранилища в годы с различным половодьем, предстояло выяснить в данном исследовании.

Целью данной работы было исследовать современное состояние фитопланктона Цимлянского водохранилища в весенний период 2019 г. и сравнить полученные результаты с предыдущими наблюдениями.

Материалом для работы послужили данные, полученные во время экспедиции на Цимлянское водохранилище 25–28 мая 2019 г., которые сравнивали с результатами майского исследования многоводного 2018 г. Обработка проб и учет микрофитопланктона производили по общепринятым методикам. К доминирующим относили виды, составляющие ≥ 10 % суммарной биомассы фитопланктона.

Во время исследования в мае 2019 г. на акватории приплотинного участка Цимлянского вдхр. было отмечено не характерное для данного времени года интенсивное развитие цианобактерий (цианопрокариот). В этом районе их биомасса достигала 46–88 % от суммарного показателя, среди них 39–84 % принадлежало азотфиксирующим цианобактериям – представителям порядка Nostocales (рис. 1). Отмеченное цветение воды в приплотинном участке Цимлянского вдхр. оценивалось как «умеренное», а присутствовавшие цианобактерии в верхнем плесе не развивали высоких значений биомассы ($\leq 0,2$ мг/л), чтобы их развитие можно было охарактеризовать как «цветение». Таким же незначительным, как в данном районе, было развитие цианопрокариот по всей акватории Цимлянского вдхр. в мае 2018 г. Тогда они составляли 1–4 % от суммарной биомассы (основными представителями были виды порядка Oscillatoriales), а основу биомассы фитопланктона формировали диатомовые водоросли (48–87 % от суммарного показателя), в основном центрические диатомеи [Глу-

щенко, 2019]. В 2019 г. диатомовые водоросли на акватории водохранилища развивались значительно в меньшей степени (от 3 до 42 % от суммарной биомассы). Их доминирование было отмечено на акватории верхнего плеса (64–84 %) и в приплотинном участке на станции 17 (рис. 1). На данной станции проба была отобрана в мелководной части, у самого берега, которая характеризовалась обилием представителей перифитонной флоры и доминированием диатомей (80 %).

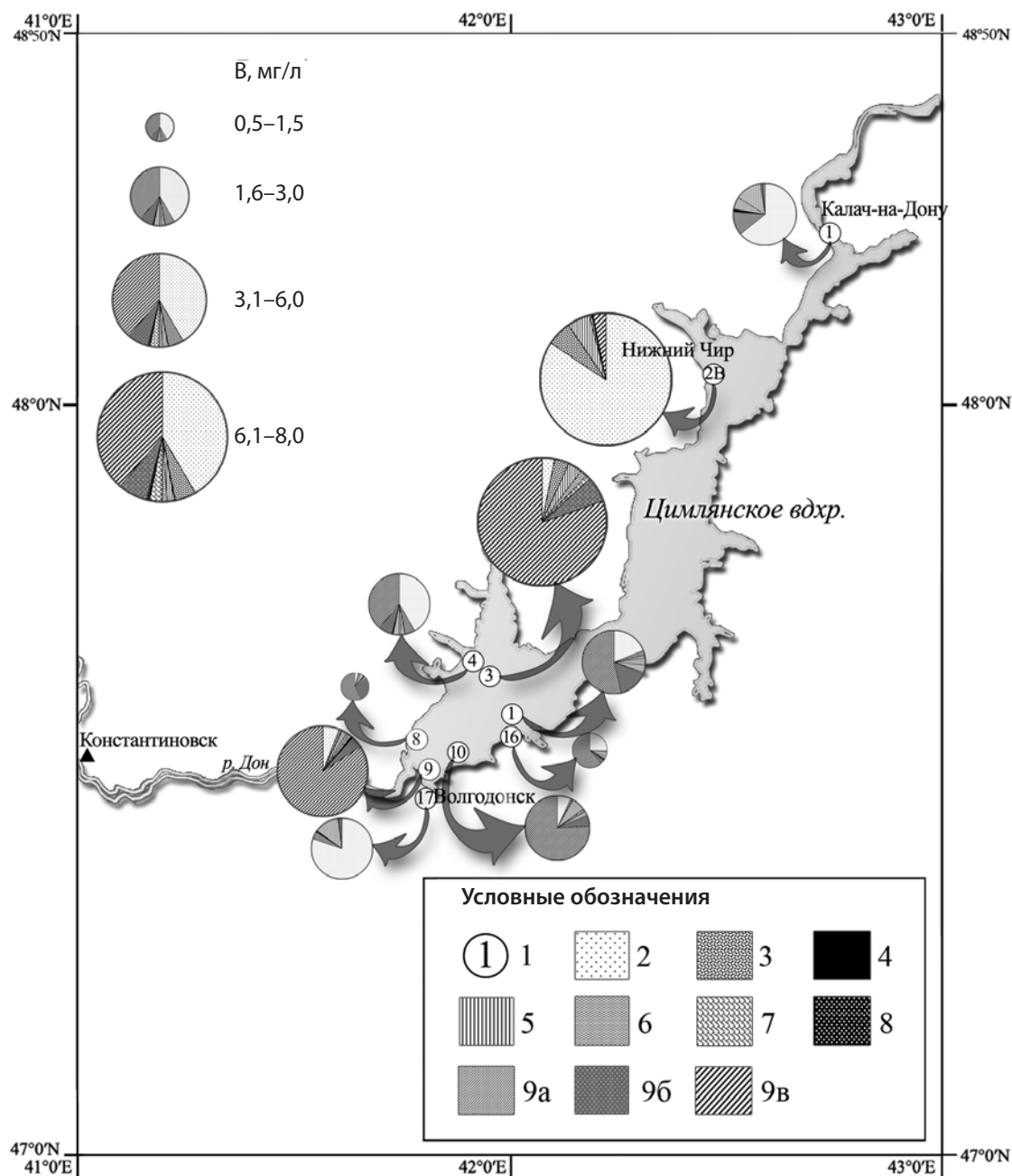


Рис. 1. Карта-схема распределения значений биомассы (В, мг/л) фитопланктона по исследуемой акватории в мае 2019 г.: 1 – номера станций; 2–10 – отделы фитопланктона: Bacillariophyta (2), Dinophyta (3), Euglenophyta (4), Cryptophyta (5), Ochrophyta (6), Chlorophyta (7), Charophyta (8), Cyanoprokaryota (Cyanobacteria): безгетероцистные (порядок Chroococcales – 9а и Oscillatoriales – 9б) и гетероцистные (порядок Nostocales – 9в) представители

Основными представителями на прибрежной станции 17 в мае 2019 г. были *Amphora* sp., *Cymbella* sp., *Haslea* sp. В Чирском районе водохранилища доминантами выступали характерные для данного периода диатомеи *Stephanodiscus* sp., *Cyclotella meneghiniana* Kützinger. На остальной акватории эти виды занимали субдоминирующую позицию, т.к. доминантами были азотфиксирующие виды цианобактерий *Dolichospermum* cf. *planctonicum* (Brunnthal) Wacklin, Hoffmann & Komárek, *D. flos-aquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & J. Komárek, *Aphanizomenon* cf. *flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault – виды, развитие которых больше характерно в летне-осенний период. Ранее, в аналогичный период (май 2007 г., июнь 2009 г.) отмечали развитие цианобактерий в Цимлянском водохранилище, повлекшее гибель водных биологических ресурсов вследствие недостатка кислорода и отравления продуктами распада синезеленых водорослей [Новости ... 2011].

Во время исследований, проведенных весной 2018 г., районы г. Калач-на-Дону (ст. 1) и ст-цы Нижний Чир (ст. 2В) отличались основными доминирующими видами. На данных станциях доминирование принадлежало представителям из отделов: Bacillariophyta (*Cyclotella* sp., *Thalassiosira* sp. – ст. 1), Dinophyta (*Gymnodinium* sp. – ст. 1, *Peridiniopsis penardii* – ст. 2В) и Cryptophyta (*Cryptomonas* cf. *reflexa* – ст. 2В). Но на остальной акватории водохранилища преобладали типичные представители весеннего комплекса фитопланктона – диатомовые водоросли из родов *Cyclotella*, *Stephanodiscus* и *Thalassiosira* [Глуценко, 2019].

Пространственное распределение значений биомассы фитопланктона весной 2019 г. также отличалось от наблюдаемого в предшествующие годы распределения, т.е. по направлению от Чирского участка Цимлянского вдхр. к приплотинному участку значения возрастали, и было мозаичным (рис. 1). Наибольшие значения биомассы фитопланктона были отмечены на станции Нижний Чир (6,7 мг/л) в верхнем плесе и на станциях 3 (7,9 мг/л), 9 (3,8 мг/л) в приплотинном районе.

Отличительной чертой современного весеннего фитопланктона Цимлянского вдхр. по сравнению с 1970–1980 гг. является отсутствие в доминантах в этот период пеннатных диатомей (*Diatoma vulgaris* Bory, *Ulnaria acus* (Kützinger) Aboal). В настоящее время доминирует комплекс центрических мелкоклеточных форм диатомовых водорослей [Вехов и др., 2014; Генкал, Голоколенова, 2008; Калинина, 1975]. Та же картина сохранялась и во время исследования в мае 2018 г. и лишь частично в 2019 г.: доминирующими видами в мае 2018 г. практически на всей исследованной акватории водохранилища выступали центрические диатомеи, а в 2019 г. они преобладали только в Чирском районе – на остальной акватории доминировали цианопрокариоты порядка Nostocales.

Данное исследование показало, что в годы с различной интенсивностью половодья и наполняемостью Цимлянского водохранилища развитие фитопланктона различалось. Все чаще стали отмечать, что ставшее уже обычным начало «цветения» цианобактерий в июле в маловодные годы приходится значительно раньше – на конец мая – начало июня.

Работа выполнена в рамках ГЗ НИР ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вехов Д.А., Науменко А.Н., Горелов В.П., Голоколенова Т.Б., Шевлякова Т.П. Современное состояние и использование водных биоресурсов Цимлянского водохранилища

- (2009–2013 гг.) // Рыбохоз. иссл. на водных объектах европейской части России. СПб.: ГосНИОРХ, 2014. С. 116–145. DOI: 10.13140/2.1.2469.7289
2. Генкал С.И., Голоколенова Т.Б. Центрические диатомовые водоросли Цимлянского водохранилища // Поволжский экол. журн. 2008. № 3. С. 178–189.
 3. Глущенко Г.Ю. Цианопрокариоты Нижнего Дона в 2017–2018 годах // Мат-лы докл. II Междунар. научн. школы-конф. «Цианопрокариоты / цианобактерии: систематика, экология, распространение» (16–21 сентября 2019 г., Сыктывкар). Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 104–108.
 4. Калинина С.Г. Сезонная динамика фитопланктона в Цимлянском водохранилище // Воспроизводство рыбных запасов в водоемах Волгоградской области. Труды Волгоградского отделения ГосНИОРХ. Волгоград: Нижневожское кн. изд-во, 1975. Т. 9. С. 3–12.
 5. Морозова Ю. Куда ушла вода? Грозит ли Ростовской области засуха. 01.10.2020 // Ежедельник «Аргументы и Факты» № 40. «АиФ на Дону». 24.05.2021. URL: https://rostov.aif.ru/society/details/kuda_ushla_voda_grozit_li_rostovskoy_oblasti_zasuha
 6. Новости. Прокуратура области проанализировала ситуацию с массовой гибелью водных биологических ресурсов в Цимлянском водохранилище. 03.03.2011 // Прокуратура Ростовской области. 24.05.2021. URL: https://epp.genproc.gov.ru/ru/web/proc_61/mass-media/news/archive?item=39060211
 7. Уровень воды в низовьях Дона в 2017 году достиг критических значений. От 11 декабря 2017 г. // RostovGazeta.ru 24.05.2021. Режим доступа URL: <https://rostovgazeta.ru/news/incident/11-12-2017/uroven-vody-v-nizovyah-dona-v-2017-godu-dostig-kriticheskikh-znacheniy>
 8. Установление режимов водохранилищ / Донское бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов. 24.05.2021. URL: http://www.donbv.ru/activities/modes_of_reservoirs/

КАК БЫ ЭКОЛОГИЯ: ФАКТЫ 5-ЛЕТНЕЙ ПРАКТИКИ РАЗРАБОТКИ И ТЕСТИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ В РФ

А.В. Гудимов

*Мурманский морской биологический институт, г. Мурманск
alexgud@mail.ru*

Современный подход к производственным процессам и экологической безопасности, как и другим сферам человеческой деятельности, характеризуется цифровизацией и все-сторонним применением онлайн-технологий.

В результате многолетних фундаментальных и прикладных исследований в ММБИ была разработана (1986–2016 гг.) новейшая технология (6 патентов), позволяющая автоматически контролировать экологическое состояние водной среды в режиме реального времени (онлайн). Впервые оценка влияния загрязнения становится не только оперативной, но и по-настоящему объективной, основанной на прямых реакциях выживания морских организмов, а не на расчетных индексах и оценках экспертов, которые могут преувеличивать степень влияния загрязнения, или, наоборот, не замечать токсического воздействия. Предварительные лабораторные эксперименты показали, что не всегда антропогенное загрязнение несет токсическую или иную опасную нагрузку, зависит от условий среды и до определенных концентраций может быть экологически безопасным

Для практического воплощения технологии нами был разработан комплекс онлайн-био-сенсорного мониторинга (ОБМ), который три года (2016–2019) осуществлял круглогодичный и непрерывный (24 ч/7 д) мониторинг в Баренцевом море. Теперь, когда установка и технология испытаны в относительно чистом районе моря (причал п. Дальние Зеленцы), необходимо их протестировать в условиях загрязнения. Лабораторное тестирование различных типов загрязнения выполнено, остается провести полевые испытания в реальных условиях загрязнения морских вод.

Наилучшим местом для испытаний работы системы в условиях комплексного загрязнения побережья Баренцева моря является например Мурманский порт (ММТП), где помимо загрязнения нефтепродуктами, угольной пылью (взвесь), органическими веществами и проч. есть все условия для размещения и работы комплекса (электропитание, связь, причалы, охрана). Планируется, что вместе с процессом изготовления и монтажа комплексов экспериментальный мониторинг продлится 2–3 года.

Технология эмерджентная, опережает время, и пока мало известна, хотя экспериментальные аналоги есть в ряде стран (Франция, Германия, Нидерланды, Китай, ОАЭ и др.). Система непрерывно развивается, поэтому неизбежна ее доработка для последующего внедрения. Срочность вопросов тестирования и внедрения технологии обусловлена стремлением сохранить мировой (научный и рыночный) приоритет РФ в данной области: он пока у нас (!), но в ближайшие 3–5 лет мы можем его потерять. Кроме того, одним из авторов проекта является победитель молодежного конкурса талантов в области инноваций «Умник» (2018–2020), в работе конкурсанта предусмотрено проведение испытаний и разработка нового оборудования по данной технологии.

«Приглашаем вас и вашу компанию принять участие в испытаниях, развитии и доработке технологии, доведении системы до сертифицирования и создания серийного прототипа. Полноценное тестирование системы, как и изготовления комплексов, нуждается в вашей всесторонней поддержке» – Примерно такого содержания письма и связанные с ними проекты и презентации были в течение 5 лет отправлены автором в различные крупные сырьевые компании и на множество конкурсов, затрагивающих экологическую тематику: от региональных до главных центральных фондов, поддерживающих инновации, включая Сколково.

В результате был получен вполне представительный и достоверный срез отношений к экологическим вопросам в обществе, правительстве, науке и бизнесе. Всеми без исключения признавалась новизна и значимость системы ОБМ, но все без исключения компании, структуры и фонды были нацелены либо на быстрее получение больших доходов от инвестиций в инновации, либо на сохранение своего status quo, но совсем не на сохранение природы, решение экологических проблем и экологическую безопасность.

Уход бизнеса от решения экологических проблем экономически понятен. Казалось бы защита природных экосистем и сохранение чистоты окружающей среды – это прямая забота государства, российских чиновников.

Согласно Федеральному Закону № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 27 декабря 2018 года) экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

В статье 3 напрямую обусловлена ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях;

Помимо обязательности «оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности» закон предписывает «запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды».

При этом в законе предусмотрено даже «соблюдение права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду, в соответствии с законодательством».

В довершении всего, с 1 января 2015 г. (№ 219-ФЗ) дополнительно включен абзац: «обязательность финансирования юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и (или) иную деятельность, которая приводит или может привести к загрязнению окружающей среды, мер по предотвращению и (или) уменьшению негативного воздействия на окружающую среду, устранению последствий этого воздействия».

Так почему же не применить предлагаемую нами современную технологию экологического мониторинга, позволяющего непрерывно, удаленно и «в цифре» вести мониторинг в режиме реального времени?

Факты, подтвержденные документами, таковы, что закон «Об охране окружающей среды» всеми тотально игнорируется и исполняется произвольно и формально. Ни о каком «современном подходе» к экологическим проблемам и говорить не приходится, потому что последние 20 лет в РФ отношение к экологии, точнее к экологической безопасности и ее контролю, находится на очень примитивном уровне. Причем не только в бизнесе, но и на всех уровнях законодательной, исполнительной власти и контролирующих органов, включая Минприроды и Росприроднадзор, а также и в науке.

Кроме того, проведенный обзор предлагаемых экологических проектов для Арктики показал, что понимания особенностей экологии Арктики нет, выдаваемые за новое подходы к экологии, как правило, архаичны – устаревшие или неэффективные.

В итоге приходим к заключению, что нормальное понимание своего положения в природе и связи с ней у большинства граждан РФ отсутствует. По сравнению с Европой общий уровень понимания экологии и экологическое образование чрезвычайно низки. В этой ситуации экологический произвол в РФ набирает обороты и закономерно проявляется не только в сериях экологических катастроф с огромными ущербами природе и обществу, но и полном непонимании гражданами, что хорошая жизнь это жизнь в экологически безопасной среде. Экологически безопасными должны быть не только воздух и вода, но и жилища, продукты, транспорт и даже отношения между гражданами, государством и обществом.

На основе усилий и воли самих граждан, без насилия, принуждения и понукания со стороны государства, будет естественным образом процветать только то общество, которое поставит экологию во главе угла нормальной жизни. Таково мнения автора. Экология – главная идеология процветания народа и нации. Образно говоря, с нее жизнь начинается и ею заканчивается.

А пока в РФ правит «как бы экология», и опять, в мае 2021 г., стало известно о нефтяном разливе в акватории Чёрного моря. Нефть дошла до береговой линии Туапсе и в итоге попала на пляжи. Сочинская межрайонная прокуратура подтвердила факт разлива и организовала проверку.

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.А. Егоркин

*ВА РВСН им. Петра Великого, г. Балашиха
egorkin1974@yandex.ru*

В статье рассматривается концептуальный подход по оценке воздействия потенциально опасных объектов на окружающую среду и персонал на основе компьютерного моделирования с использованием программных продуктов вычислительной газодинамики. Представлена система взаимосвязи используемых методик для оценки экологической ситуации среды данного объекта.

Одной из важных составляющих экологической политики, вытекающей из послания президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина Федеральному собранию, является создание концепции большой Федеральной системы мониторинга окружающей среды, составляющими которой являются геоинформационные системы (ГИС) различного назначения.

Как отмечается в обосновании создания концепции в настоящее время в сфере мониторинга загрязнения окружающей среды используются руководящие документы и государственные стандарты, которые не подлежат обязательному исполнению как нормативно-правовые акты.

Кроме того, большинство из них ориентировано на решение общих задач в данной сфере, без их разделения на задачи федерального, территориального и локального уровней и тем более для объектов повышенной опасности, примером которых являются объекты специального назначения.

Исходя из результатов анализа, проведенного счетной палатой по созданию и эксплуатации ГИС в области экологической безопасности и охраны окружающей среды, был сделан вывод, что их эксплуатация неэффективна.

Причинами неэффективности, указанными в анализе, являются:

- отсутствие полного объема достоверных данных как на этапе создания, так и в ходе эксплуатации ГИС;
- устаревшие программно-технические комплексы ГИС.

В связи с этим предполагается разработка методологии комплексной оценки экологической обстановки, исходя из данных:

- системы экологического мониторинга и применения роботизированных комплексов с современными системами индикации для целей оценки экологической обстановки;
- расчетных методов оценки опасности и рисков;
- применения методов численного моделирования, основанных на компьютерных программах газодинамики (CFD);
- экологического картирования;
- созданных экологических баз;

- анализа экологического ущерба;
- учета вторичного загрязнения окружающей среды в результате химических превращений;
- оценки ингаляционного воздействия;
- оценки эффективности средств индивидуальной защиты систем вентиляции в защите от токсического воздействия.

Для повышения эффективности оценки экологической опасности предполагается необходимым создание системы, которая учитывала бы в совокупности различные негативные воздействия и позволило прогнозировать экологическую обстановку и предполагаемые экологические риски, что даст возможность повысить уровень обеспечения экологической безопасности и экономической эффективности [Юсупова и др., 2013].

Система позволит дать интегральную оценку экологической опасности и анализ обстановки на территории объекта по всей совокупности параметров.

Методология оценки экологической опасности и обстановки на специальном объекте должна использовать методические приемы различных отраслей наук – экологии, биологии, географии, математики, физики, информатики, что позволит найти нестандартные решения проблемы [Синицын, Рашевский, 2017].

Основой методологии оценки экологической обстановки предполагается создание информационной системы (ИС) рисунок 1.

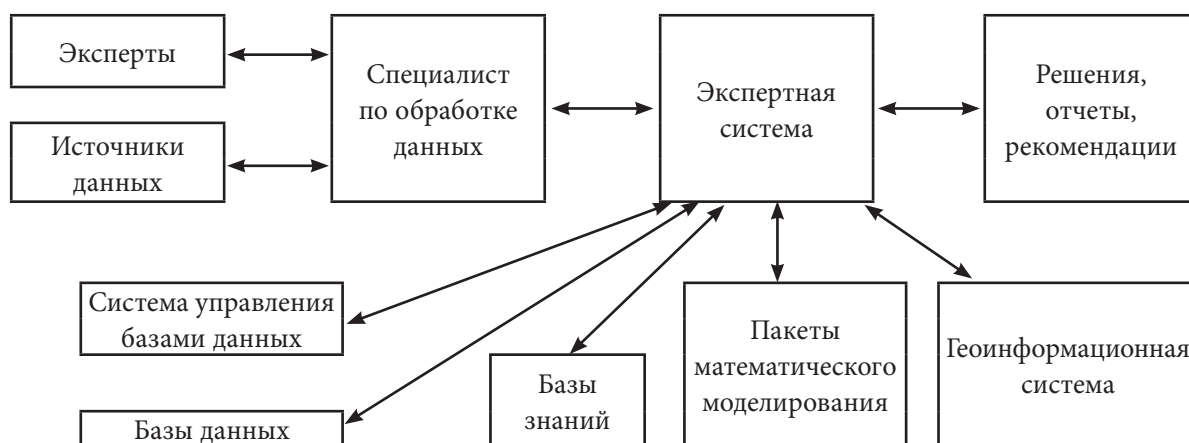


Рис. 1. Предполагаемая структура информационной системы

Информационная система должна обеспечивать решение следующих задач:

- подготовку интегрированной информации о состоянии окружающей среды, прогнозов вероятных последствий хозяйственной деятельности и рекомендаций по выбору вариантов безопасных действий для систем поддержки принятия решения (СППР);
- имитационное моделирование процессов, происходящих в окружающей среде, с учетом существующих уровней антропогенной нагрузки и возможных результатов принимаемых управленческих решений;
- оценку риска для существующих и проектируемых специальных объектов, отдельных территорий с целью управления безопасностью техногенных воздействий;
- накопление информации по временным трендам параметров окружающей среды с целью экологического прогнозирования;

- подготовку электронных карт, отражающих состояние окружающей среды;
- обработку и накопление в базах данных результатов локального и дистанционного мониторинга, результатов моделирования и выявление параметров окружающей среды наиболее чувствительных к антропогенным воздействиям;
- обоснование оптимальной сети наблюдений для системы экологического мониторинга;
- обмен информацией о состоянии окружающей среды (импорт и экспорт данных) с другими информационными системами;
- предоставление информации, необходимой для контроля за соблюдением принятых законов, для экологического обучения.

Предлагаемая методология развития концепции оценки экологической ситуации, возникающей при негативных воздействиях различного происхождения на данном специальном объекте, позволит повысить эффективность оценки и, следовательно, экологической безопасности с учетом возникающих предполагаемых рисках и экономического ущерба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юсупова Н.И., Сметанина О.Н., Еникеева К.Р. Иерархические ситуационные модели для СППР в сложных системах [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/110-9814>.
2. Синицын А.А., Рашевский Н.М. Интеллектуальная поддержка мониторинга качества атмосферного воздуха // XXII региональная конференция молодых ученых Волгоградской области (г. Волгоград, 21–24 ноября 2016 г.): тез. докл. / ред. кол.: А.В. Навроцкий [и др.]; ВолгГТУ. Волгоград, 2017. С. 180–182.

К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРЕДЕЛАХ ЛИТОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТУАПСЕ – АДЛЕР ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОГО ИХ ВЛИЯНИЯ НА БЕРЕГОВУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ

О.Н. Зуб

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар
geokub@bk.ru*

Ввиду интенсивного распространения не только пляжного отдыха, но и развертывания и строительства различных объектов на прибрежной территории, на сегодняшний день становится актуальной проблема мониторинга береговых процессов. В данном случае мониторинг береговых процессов выступает в качестве основы для оценки развития литодинамических процессов и эффективной разработки мероприятий по инженерной защите берегов. Необходимо отметить, что с целью разработки рациональных и эффективных решений требуется достоверная оценка влияния проводимых мероприятий, которая получается вследствие исследований различных природных условий и явлений в течение длительного промежутка времени [Зенкович, 1962].

Для принятия эффективных, а также обоснованных и рациональных решений, направленных на защиту прибрежной зоны и проводимых в пределах литодинамической системы, необходимо наличие данных о состоянии пляжа, волнового режима, геологии, особенностях подводного рельефа и др. Именно с помощью этих данных возможно учесть в полной степени процессы, которые протекают на изучаемом участке, что в свою очередь и помогает предпринимать наиболее эффективные и рациональные решения по инженерной защите, обеспечивая создание и поддержание необходимой полосы пляжа.

Литодинамические процессы, протекающие на исследуемом участке береговой линии, являются комплексными данными, которые невозможно получить посредством одноразового обследования определенного участка вдольбереговой территории. С целью наиболее эффективной оценки литодинамических процессов, которые протекают на отдельно взятом береговом участке, необходима оценка состояния береговой полосы в пределе всей литодинамической системы, протяженность которой может превышать длину изучаемого участка в десятки раз.

Как уже было сказано ранее, для эффективной оценки недостаточно единовременного обследования береговой полосы, для этого требуется поднятие архива данных за большой промежуток времени, полученный путем постоянного мониторинга береговых процессов, посредством чего и появляется возможность отследить изменения состояния берега во времени. Именно поэтому мониторинг береговых процессов является одной из основных составляющих оценки развития литодинамических процессов и эффективной разработки мероприятий по инженерной защите берегов [Косьян, Крыленко, 2014].

Совокупность вышеизложенных факторов свидетельствует о том, что на сегодняшний день существует необходимость проведения в пределах всей литодинамической системы

комплексного мониторинга за состоянием береговой полосы и возведенных гидротехнических сооружений. Исходным материалом для литодинамического анализа и оценки динамики пляжной полосы являются километровые схемы, оформленные в графическом редакторе по типу AutoCad. Данные схемы удобны для обработки и автоматизированной оцифровки разнообразных изучаемых параметров. Помимо этого на таких схемах удобно совмещать данные за разные года, например, положение уреза и отметки пляжа, по которым можно наглядно отслеживать протекающие процессы [Тлявлиная, Тлявлин, 2019].

В заключение необходимо отметить, что мониторинг береговых процессов обязан производиться в пределах всей литодинамической системы с целью наиболее эффективного оценивания ее возможного влияния на различного рода сооружения, которые возведены в этих пределах. Параллельно с этим наибольшую относительно протяженности береговую полосу необходимо рассматривать с учетом всех возможных деталей, влияющих на вдоль-береговой поток наносов. Именно все это в совокупности позволяет сформировать объективную, целостную и подробную картину протекающих процессов на исследуемом участке берега.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
2. *Косьян Р.Д., Крыленко В.В.* Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. М.: Научный мир, 2014.
3. *Тлявлиная Г.В., Тлявлин Р.М.* Проблемы мониторинга опасных процессов территории Имеретинской низменности // Закономерности формирования и воздействия морских атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления»): мат-лы междунар. науч. конф. Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН, 2019. С. 300–302.

ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ ПРИБРЕЖЬЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Г.В. Ильин, И.С. Усягина, Н.Е. Касаткина, Д.А. Валуйская

*Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск
ilyin@mmbi.info*

Прибрежная зона Баренцева моря отличается от открытых морских акваторий высокой социальной востребованностью и максимальной хозяйственной освоенностью населением. Связанное с этим наличие множества источников радиоактивного излучения определяет необходимость постоянного контроля состояния морской среды в прибрежье.

Радиационное загрязнение Мурманского прибрежья зависит не только от фонового загрязнения поступающих сюда вод Баренцева моря. Значимым фактором для прибрежья являются местные, локальные источники радиации. Основными такими источниками следует считать объекты инфраструктуры гражданского и военного атомного флота в прибрежной зоне Кольского полуострова. В том числе это хранилища ядерных отходов в губе Андреева, Сайда, Гремеха [Ильин и др., 2011].

Среди объектов инфраструктуры наиболее значимыми с точки зрения радиоэкологического риска представляется хранилища радиоактивных отходов в губе Андреева на западе мурманского побережья, в губе Сайда в Кольском заливе и в губе Гремеха на востоке мурманского побережья [Ильин и др., 2015; 2017]. Наиболее высокий риск эмиссии радионуклидов связан с состоянием пунктов хранения радиоактивных отходов (РАО) и вывозом РАО из хранилищ в губах Андреева и Гремеха к железнодорожной транспортной системе в Мурманск. К примеру, известно, что хранилище в губе Андреева эксплуатируется около 60 лет. И в прошлом участки его территории загрязнялись в результате инцидентов с утечкой жидких РАО в 1982 г., с просыпаниями твердых радиоактивных отходов на открытой площадке хранения. Так объем радиоактивных утечек в 1982 г. составил приблизительно 37 ТБк [Васильев и др., 2006; Reistad et al., 2008]. Дополнительный риск загрязнения создают активные операции по эвакуации радиоактивных отходов из губы Андреева и Гремеха в Мурманск. В Мурманске упаковки с опасными отходами перегружаются на железнодорожный транспорт (рис. 1).

Еще одна составляющая рисков радиационной опасности возникает при утилизации и постановке на длительное хранение в губе Сайда реакторных отсеков атомных подводных лодок и отсеков судов технологического обслуживания.

Чтобы получить новые данные и проанализировать радиоэкологическое состояние баренцевоморского прибрежья в 2013–2014 гг., а затем в 2017–2019 гг. были проведены исследования современного радиоэкологического состояния экосистем и тенденций в динамике накопления радионуклидов. Сбор материалов выполнен в ряде крупных губ Кольского побережья. Наиболее подробные исследования выполнены на участке интенсивного трансфера отходов – в Мотовском и Кольском заливах, в губе Гремеха. Изучено распространение ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu и $^{239, 240}\text{Pu}$ в верхнем слое вод и в глубинных слоях. Также были изучены гидрологические процессы в Мотовском заливе, определяющие распространение загрязнителей.

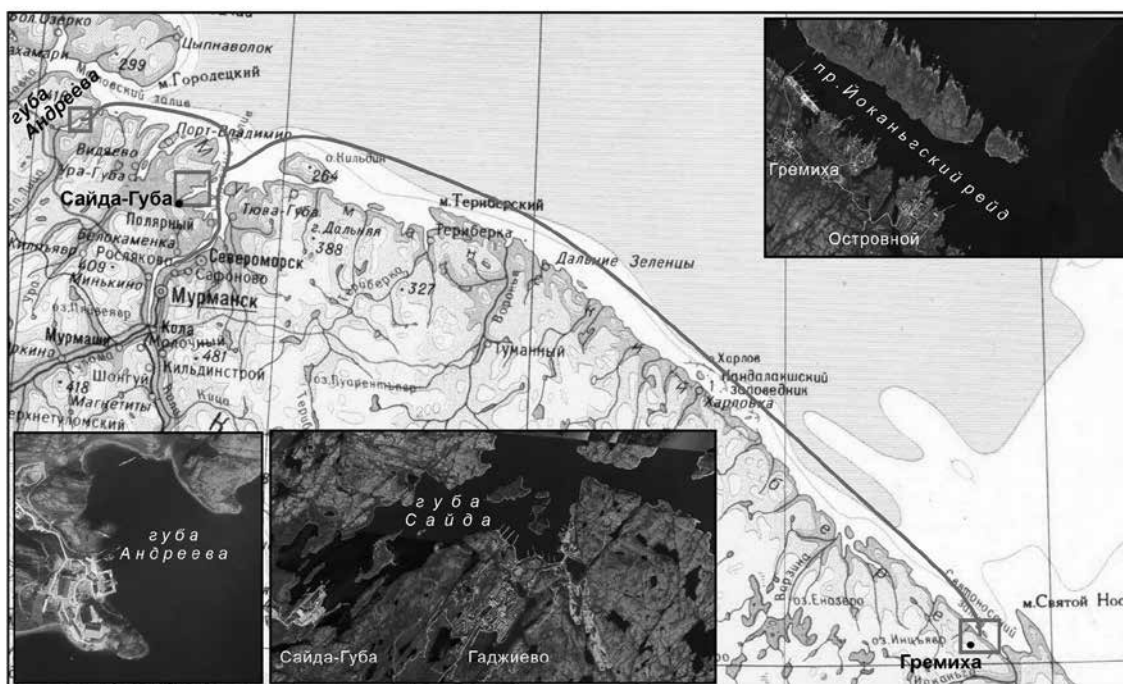


Рис. 1. Расположение хранилищ ядерных отходов в прибрежье Мурмана. Линиями показаны маршруты транспортировки радиоактивных отходов

Основной фон радионуклидного загрязнения морской среды создает поток вод из Норвежского моря. В Баренцевом море радиоактивные вещества распространяются струями течений и смешиваются с местными водами. Таким образом, в морской среде, прилегающей к прибрежным бухтам, формируется фон объемной активности радиоцезия, составляющий $1,5\text{--}2\text{ Бк/м}^3$.

При анализе общей картины радиоактивного загрязнения водной среды побережья становится очевидным влияние локальных местных источников загрязнения на радиоэкологическую ситуацию в Мотовском и Кольском заливах, включая область распространения стоковых вод в прибрежной зоне (рис. 2).

Для Мотовского залива центром эмиссии техногенных радионуклидов является хранилище РАО в губе Андреева. Эмиссию радионуклидов можно наблюдать в потоке распресненной воды в слое до $40\text{--}50\text{ м}$. На общем фоне концентрация ^{137}Cs повышается до 2 Бк/м^3 , а ^{90}Sr – до 6 Бк/м^3 [Матишов и др., 2014].

Для Кольского залива характерны множественные источники эмиссии, составляющие инфраструктуру военного и гражданского атомных флотов с накопленным загрязняющим потенциалом (губы Пала, Оленья, Сайда, акватория ФГУП «АТОМФЛОТ»). В районе разгрузки стока из этих губ в устье залива содержание радиоизотопов повышено в верхнем (^{137}Cs – $3,8\text{ Бк/м}^3$, ^{90}Sr – $8,7\text{ Бк/м}^3$) и в придонном (^{137}Cs – $2,8\text{ Бк/м}^3$, ^{90}Sr – $9,8\text{ Бк/м}^3$) слоях воды. В устье Кольского залива концентрация цезия и стронция остается более высокой, чем в Мотовском заливе (рис. 2).

Но более мощный приток радиоцезия эпизодически происходит из открытых районов моря с вихрями атлантических вод. В вихрях концентрация ^{137}Cs может повышаться до $3,5\text{--}4\text{ Бк/м}^3$.

В донных отложениях относительно повышенные концентрации цезия-137 ассоциируются с углублениями донного рельефа. В Мотовском заливе отмечен рост удельной

активности ^{137}Cs от устья губы Западная Лица, в восточном направлении с увеличением глубины и аккумуляции тонкодисперсной взвеси. В распределения ^{90}Sr такой закономерности нет из-за геохимических особенностей этого радиоизотопа. Среднее содержание ^{137}Cs варьирует от 2,5 Бк/кг в 2014 г. до 2 Бк/кг в 2017 г. Средняя концентрация ^{90}Sr в эти годы практически оставалась почти неизменной – 0,9 и 0,8 Бк/кг сухого осадка соответственно.

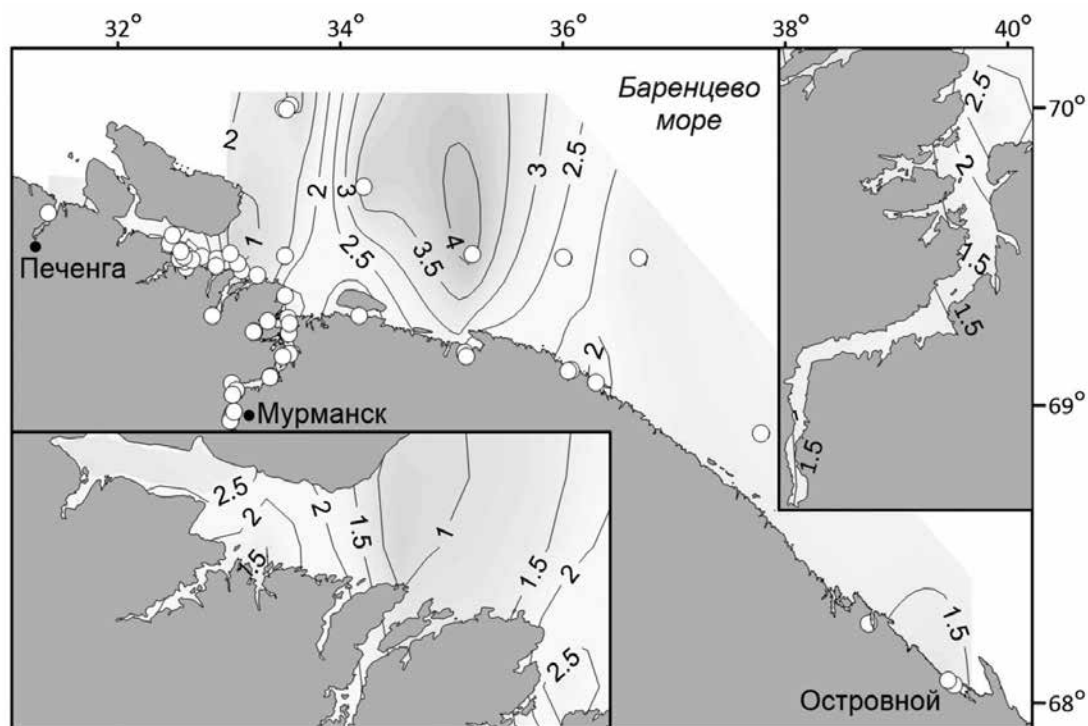


Рис. 2. Объемная активность ^{137}Cs в верхнем слое воды в Кольском прибрежье, 2013–2019 гг.

В Кольском заливе для рельефа дна характерны непрерывный рост глубины от вершины к устью и наличие порога в его устьевой части. Порог определяет накопление и удержание осадочного материала в ковше залива. В соответствии с этим концентрация радионуклидов повышена в донных осадках средней и северной части залива. Средняя удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr составляет 4,6 Бк/кг и 0,6 Бк/кг сухого осадка соответственно. В целом осадки Кольского залива более загрязнены, чем осадки Мотовского залива. Но этот уровень несравнимо ниже, чем в осадках губы Андреева, близ хранилища радиоактивных отходов [Plyin et al., 2017].

Распределение радиоизотопов плутония ^{238}Pu и $^{239,240}\text{Pu}$ в донных осадках Кольского и Мотовского заливов по исследованиям 2013–2014, 2017–2019 гг. имеет характер эпизодических точечных включений. Это участки близ объектов инфраструктуры и понижения донного рельефа в шлейфах стоковых течений.

Таким образом, констатируется низкий современный уровень радиоактивного загрязнения морской среды в прибрежье Западного Мурмана. На формирование местного радиоэкологического фона у берегов Кольского полуострова влияние оказывают два источника техногенных радионуклидов. Это хранилище радиоактивных отходов в губе Андреева и суммарный сток Кольского залива, в котором располагаются несколько

объектов инфраструктуры атомного флота. В целом эмиссия техногенных радионуклидов из существующих источников в морскую акваторию в настоящее время незначителен и не создает высокого уровня радиоактивного загрязнения морской среды на изучаемой акватории.

Работа выполнена в рамках государственного задания Мурманского морского биологического института Российской академии наук и при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-05-60249 «Радиоактивное загрязнение и вторичные источники антропогенных изотопов в морях Северного Ледовитого океана на рубеже XX–XXI веков».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.П., Вясюхнов В.П., Нетеча М.Е. и др. Радиоэкологическое состояние территории и акватории в губе Андреева // Атомная энергия. 2006. Т. 101. Вып. 1. С. 49–55.
2. Ильин Г.В., Матишов Д.Г., Касаткина Н.Е. Формирование антропогенного загрязнения и экосистемное здоровье морей Российской Арктики // Комплексные исследования больших морских экосистем России. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. С. 277–325.
3. Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Радиоэкологическое состояние морской и наземной среды в районе губы Андреева // Атомная энергия. 2015. Т. 118. Вып. 3. С. 168–174.
4. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Ильин Г.В. и др. Современная радиоэкологическая нагрузка на морскую среду Западной Арктики // Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений. СПб.: Реноме, 2014. С. 76–98.
5. Ilyin G.V., Kasatkina N.E., Moiseev D.V., Usyagina I.S. Infrastructure Objects of the Nuclear Fleet as Sources of Radioactive Contamination of the Barents Sea: Waste Repository in Guba Andreeva // Atomic Energy. 2017. Vol. 122. No. 2. P. 131–137.
6. Reistad O., Dowdall M., Standring W.J.F., Selnaes Ø.G. et al. On-site radioactive soil contamination at the Andreeva Bay shore technical base, Northwest Russia // Journal of Environmental Radioactivity. № 99. 2008. P. 1045–1055.

НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ

В.В. Крыленко, М.В. Крыленко

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Южное отделение, г. Геленджик
krylenko.slava@gmail.com*

Решение комплексных задач управления прибрежной зоной моря невозможно без полной информации о текущем состоянии берегов. Развитие берегов обычно сопровождается изменением положения береговой линии, особенно интенсивны такие изменения для аккумулятивных берегов.

Использование космических снимков позволяет получать информацию по текущему состоянию берегов исследуемой территории, оценивать динамику различных береговых форм или же давать обобщенную картину изменений побережья. Однако естественные береговые процессы характеризуются периодичностью, неравномерностью и дискретностью поведения. Отдельные космические снимки могут отражать состояние берега лишь на момент съемки, упуская произошедшие за межсъемочный период изменения. Прямые геодезические наблюдения за динамикой берега дают наиболее точную информацию о текущей ситуации, но организация таких наблюдений требует проведения дорогостоящих экспедиционных работ и последующей камеральной обработки данных. Таким образом, традиционные методы топографической съемки не вполне пригодны для мониторинга быстрых или частых изменений береговой линии [Кравцова, Михайлов, 2006; Горячкин, Долотов, 2011], а их проведение в течение продолжительного периода сложно и дорого. В представленной работе показана важность учета кратковременных колебаний в положении уреза при организации мониторинга, основанного на дистанционных данных на примере Анапской пересыпи.

Анапская пересыпь – это аккумулятивная песчаная форма берегового рельефа, протяженностью около 47 км и шириной от 0,8–1,5 км, расположенная в северо-западной части российского кавказского побережья Черного моря. По данным других исследователей и по нашим [Измайлов и др., 2005; Kosyan et al., 2011; Крыленко, 2015], наблюдается отступление морской береговой линии на большей части протяженности пересыпи.

Берега пересыпи динамичны и для определения долговременных тенденций развития анализировались данные за максимально возможный срок. Для определения величин многолетней динамики берега Анапской пересыпи был проведен анализ архивных аэро-фото- и космоснимков: аэрофотосъемка 1941 г., космические снимки 1960–70-х годов (CORONA), материалы картографических сервисов (Google Earth, Yandex Maps, Nokia, maps. Kosmosnimki.ru и др.). Поскольку разовые измерения могут давать весьма значительные отклонения от среднего положения, прежде чем анализировать данные по многолетней динамике берега, необходимо оценивать имеющуюся информацию по короткопериодной динамике уреза. Для этого использовались снимки, временной промежуток между которыми составлял от нескольких недель до нескольких месяцев. С 2015 года стали доступ-

ны снимки со спутников Sentinel-2, позволяющие получать данные о положении уреза с частотой до 5 суток. Наличие серий снимков позволило оценить скорости и направления изменения положения уреза.

Анализ имеющихся данных прямых наблюдений и данных дистанционного зондирования показал, что, в зависимости от текущей и предшествовавшей гидролитодинамической ситуации, конфигурация морской береговой линии Анапской пересыпи может изменяться от прямолинейной до синусоидальной (рис. 1). Отмечается чередование участков локального размыва или аккумуляции, формирование которых связано с вдольбереговым движением наносов и динамикой подводных валов. На смежных участках размыва-аккумуляции амплитуда изменения положения линии уреза достигает 20–30 м. Образовавшиеся выступы, как правило, в плане имеют несимметричную форму.

Каждому конкретному участку пересыпи свойственен свой режим короткопериодной динамики уреза. На рисунке 2 показано, насколько велика изменчивость конфигурации уреза по данным съемок, выполненных за 7 лет. В связи с этим сравнение двух разовых съемок может давать значительные искажения реальной динамики (особенно при пересечении или наложении участков кратковременного размыва-намыва).

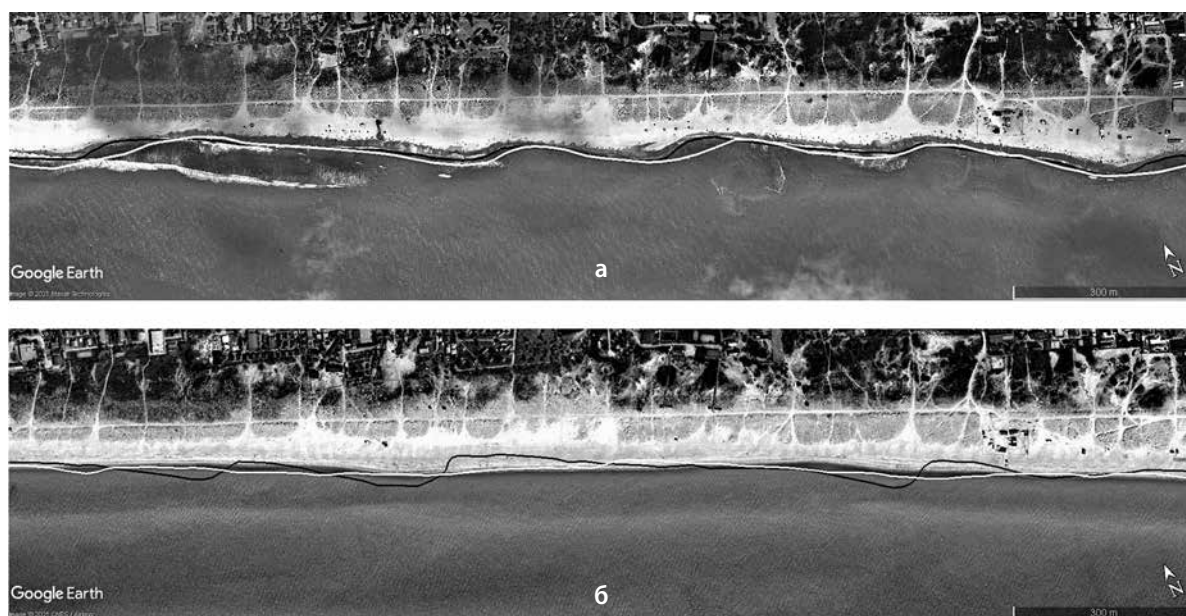


Рис. 1. Динамика линии уреза участка Анапской пересыпи:

- а) снимок 11.08.2011, черная линия – 12.08.2011, белая линия – 13.09.2011;
- б) снимок 01.05.2013, черная линия – 09.09.2013, белая линия – 21.11.2013

По нашим данным, в пределах Анапской пересыпи максимальная скорость размыва за 50 лет не превышает 1,6 м в год, а некоторые участки в многолетнем режиме стабильны. При этом изменение положения линии берега в течение одного шторма может составить десятки метров, что превышает долговременные изменения в разы (рис. 3).

В идеальном случае для определения многолетних (в масштабе десятилетий) изменений положения береговой линии, можно использовать пару снимков, на каждом из которых береговая линия выровнена на всем протяжении пересыпи (или исследуемого участка). При наличии участков размыва-намыва для компенсации искажений необходимо максимально возможное осреднение данных по положению уреза за некоторый период

или для определенного участка пересыпи. Кроме того, наши исследования показали, что погрешность определения среднего положения линии уреза, связанная с изменчивостью конфигурации уреза для определенного отрезка берега, может быть несколько снижена увеличением частоты промерных профилей.

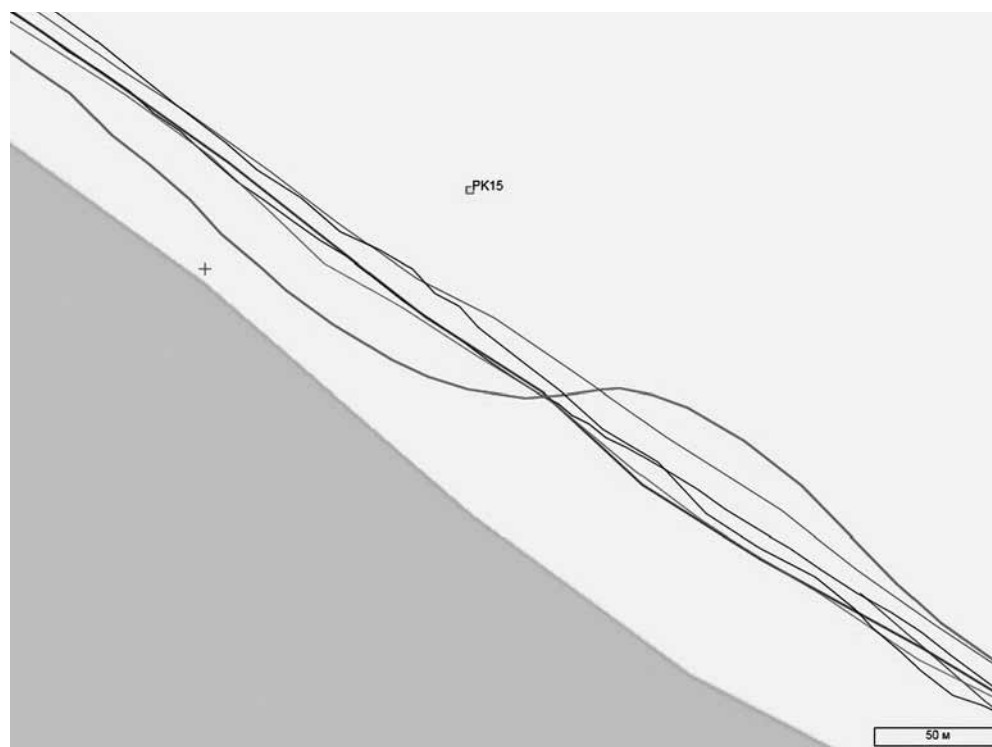


Рис. 2. Изменчивость положения линии уреза в центральной части Анапской пересыпи по данным съемок периода 2007–2014 гг.

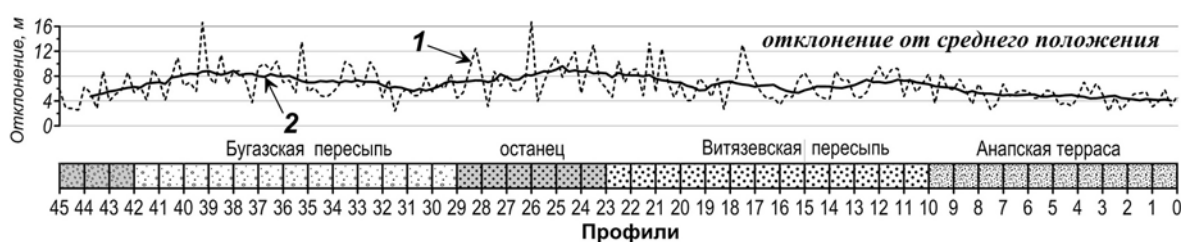


Рис. 3. Отклонение уреза Анапской пересыпи от среднего положения за 2011–2015 гг. (1 – абсолютная величина отклонения, 2 – осредненная величина отклонения)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 20-17-00060.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячкин Ю.Н., Долотов В.В. Изменения береговой линии аккумулятивных берегов Западного Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны моря. 2011. № 1. С. 47–55.

2. *Измайлов Я.А., Измайлов М.Я., Сидоренко Л.А.* Отчет о результатах работ по изучению динамики песчаного тела Анапского пляжа. Черноморское отделение ГУП «Кубань-геология». Лазаревское, 2005. 87 с.
3. *Кравцова В.И., Михайлов В.Н.* Катастрофические явления в береговой зоне и дельтах рек Каспия под воздействием недавних изменений уровня моря: исследование по многовременным космическим снимкам // Тр. Междунар. науч. конф. «Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе». М., 2006. С. 18–21.
4. *Крыленко В.В.* Динамика морского берега Анапской пересыпи // Океанология. 2015. Т. 55. №. 5. С. 821–821.
5. *Kosyan R., Divinskiy B., Kosyan A., Krylenko M., Krylenko V., Kuklev S.* The forecast of Anapa bay-bar coast evolution and sandy body thickness change // Proc. of the International Conference on Coastal Engineering Practice. USA: ASCE, 2011. P. 311–325.

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ

В.В. Кулыгин, Н.В. Лихтанская

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

Опасные природные процессы и явления могут приводить к значительным ущербам. Согласно существующим прогнозам, убытки от природных опасностей в будущем будут расти. Это возлагает на лиц, принимающих решения (ЛПР), большую ответственность за активное принятие мер по снижению рисков, т.к. общепризнано, что снижение рисков более эффективно, чем реагирование на произошедшие негативные события и ликвидация их последствий.

Меры по снижению риска оказывают на природно-техногенную систему множество разных воздействий, характеризующихся сложностью и неопределенностью причинно-следственных связей. Неразумно полагаться исключительно на имеющийся личный опыт ЛПР при принятии решений о планах по смягчению последствий, особенно при рассмотрении значительных воздействий от низкочастотных событий. В работе [Botzen et al., 2015] приводятся, например, сведения о том, что люди, не испытавшие экстремальных событий, склонны недооценивать их вероятность, в то время как люди, которые их пережили, склонны ее переоценивать. Вместо этого в процессе планирования следует использовать аналитические подходы, чтобы устранить человеческую предвзятость. Однако при анализе вариантов мер по снижению риска возникают значительные трудности. Некоторыми из факторов, способствующих этому, являются: необходимость иметь дело со значительной неопределенностью, продолжительными временными рядами, нестационарностью системы; необходимость оценивать нематериальные активы и находить компромиссы между ожиданиями различных заинтересованных сторон. Таким образом, для поддержки процесса управления нужен набор программных средств, обеспечивающих обработку значительных объемов информации и предоставляющих инструменты анализа возможных вариантов развития ситуации. Подобные интегрированные комплексы обычно представляются в виде систем поддержки принятия решений (СППР).

На основе исследования опыта создания СППР для прибрежных районов можно выделить следующие ключевые области применения этого инструментария: анализ уязвимости к природным опасностям и риска их возникновения, а также определение и оценка возможных вариантов управления природно-техногенной системой. Ниже приведены три основные задачи, решаемые с помощью рассмотренных СППР.

1. Оценка уязвимости к природным опасностям и изменению климата (DIVA [Hinkel et al., 2009], RegIS [Holman et al., 2008], CVAT [Flax et al., 2002], DESYCO [Torresan et al., 2016], KRIM [Schirmer et al., 2003], Coastal Simulator [Dawson et al., 2009], THESEUS [Zanuttigh et al., 2014], InVEST [Integrated valuation ...]);

2. Оценка текущих воздействий изменения климата на прибрежные зоны с целью прогнозирования их реакции на возможные будущие изменения (RegIS, CVAT, Coastal Simulator);

3. Оценка и/или анализ вариантов управления береговой зоной для оптимального использования прибрежных ресурсов и экосистем посредством определения возможных мер и адекватной координации всех заинтересованных сторон (COSMO [COastal zone ... 1994], WadBOS [Van Buuren et al., 2002], SimCLIM [Warrick, 2009], RAMCO [De Kok et al., 2001], THESEUS).

Обзор применения СППР в береговых зонах показывает, что чаще всего СППР используются для таких опасностей как: повышение уровня моря, наводнения (береговые и речные), береговая эрозия. При этом наводнения и береговая эрозия обычно исследуются в комплексе, а рост уровня моря выступает в роли климатического фактора. Значительно реже уделяется внимание следующим вопросам: качество воды, потеря водно-болотных угодий или изменения в них, повышение солености вод и засоление почв. В качестве методической основы рассмотренных СППР часто выступает риск-анализ и многокритериальный анализ принятия решений. Реже встречается анализ «затраты-выгоды».

Инструменты, созданные для управления прибрежной зоной, обычно характеризуются низкой применимостью в процессах принятия решений по следующим причинам:

- влияние изменения климата либо не включается, либо включается с грубым пространственным разрешением, недостаточным для изучения воздействий на локальном уровне;
- многие инструменты часто являются демонстрационными для конкретного местоположения или прототипами инструментов исследования, недоступными для широкого использования;
- не предусмотрен анализ и взаимное сравнение рисков от разных воздействий.

Большая часть рассмотренных СППР базируется на ГИС-технологиях, что во многом объясняется постоянным расширением спектра их возможностей. При разработке стратегии управления рисками в прибрежной зоне ЛПР необходимо оценивать риск в широком диапазоне пространственных и временных масштабов. Использование в этих целях инструментария ГИС является одним из эффективных способов поддержки процесса принятия решений, основанных на анализе сценариев, позволяя интегрировать социальную, экономическую и экологическую информацию. Однако процесс такой интеграции требует значительных усилий со стороны разработчиков системы с точки зрения:

- определения соответствующих масштабов и разрешения данных для анализа социальных, экологических и экономических проблем;
- выбора и совмещения соответствующего набора инструментов для построения связанной модели;
- разработки процедуры многокритериального анализа для интеграции социальных, экологических и экономических воздействий;
- учета ожиданий заинтересованных сторон и, следовательно, оптимизации возможности их взаимодействия с инструментом в момент разработки и после его создания.

Одной из форм реализации подобных инструментов является веб-портал (например, Marine Planning Evidence Portal [Marine Planning ...]), представляющий собой интерактивный онлайн-инструмент, обеспечивающий доступ к информации и коммуникацию участников процесса принятия решений.

Таким образом, рассматривая управление опасными природными процессами в береговой зоне, можно сделать вывод, что СППР должна обеспечивать пользователям возможность выполнения комплексной оценки рисков, анализа влияния различных комбинаций инженерных, социальных и экономических вариантов смягчения последствий опасных явлений в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективах (сценарный подход) с учетом таких факторов, как изменение климата, динамика численности населения и экономических показателей. Основной вопрос, на который должна уметь отвечать подобная СППР, может быть сформулирован следующим образом: как то или иное решение повлияет на защищенность/безопасность береговой зоны и расположенные там объекты экономики? В качестве результата работы выступает ранжированный список ключевых объектов, подверженных риску (пляжи, водно-болотные угодья, охраняемые территории, городские и сельскохозяйственные районы).

Следует отметить, что в современных условиях, несмотря на остроту проблем рационального природопользования для Юга России, создание подобной системы для береговой зоны Азовского моря весьма затруднительно в силу высоких требований к объему и качеству необходимой информации, а также отсутствия заинтересованности со стороны органов управления.

Исследование выполнено в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 01201363188, и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80082.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Botzen W.J.W., Kunreuther H., Michel-Kerjan E. Divergence between individual perceptions and objective indicators of tail risks: evidence from floodplain residents in New York City // *Judgment and Decision Making*. 2015. Vol. 10. No. 4. P. 365–385.
2. COastal zone Simulation Model (COSMO) Manual – Hague: Resource Analysis, 1994. 39 p.
3. Dawson R.J., Dickson M., Nicholls R.J., Hall J., Walkden M.J.A., Stansby P.K., Mokrech M., Richards J., Zhou J., Milligan J., Jordan A., Pearson S., Rees J., Bates P.D., Koukoulas S., Watkinson A. Integrated analysis of risks of coastal flooding and cliff erosion under scenarios of long term change // *Climatic Change*. 2009. Vol. 95. No. 1–2. P. 249–288. DOI: 10.1007/s10584-008-9532-8.
4. De Kok J.L., Engelen G., White R., Wind H.G. Modelling land-use change in a decision-support system for coastal-zone management // *Environ. Model. Assess.* 2001. Vol. 6. No. 2. P. 123–132.
5. Flax L.K., Jackson R.W., Stein D.N. Community vulnerability assessment tool methodology // *Nat. Hazards Rev.* 2002. Vol. 3. P. 163–176.
6. Hinkel J., Klein R.J.T. Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: the development of the DIVA tool // *Global Environ. Chang.* 2009. Vol. 19. No. 3. P. 384–395.
7. Holman I.P., Rounsevell M.D.A., Berry P.M., Nicholls R.J. Development and application of participatory integrated assessment software to support local/regional impacts and adaptation assessment // *Climatic Change*. 2008. Vol. 90. No. 1–2. P. 1–187. DOI: 10.1007/s10584-008-9452-7.
8. Integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs (InVEST). URL: <http://www.naturalcapitalproject.org/invest> (дата обращения: 11.12.2020).
9. Marine Planning Evidence Portal. URL: <http://lle.gov.wales/apps/marineportal/#lat=52.5145&lon=-3.9111&z=10> (дата обращения: 11.12.2020).

10. *Schirmer M., Schuchardt B., Hahn B., Bakkenist S., Kraft D.* KRIM: Climate change risk construct and coastal defence // DEKLM German climate research programme. Proceedings. 2003. P. 269–273.
11. *Torresan S., Critto A., Rizzi J., Zabeo A., Furlan E., Marcomini A.* DESYCO: A decision support system for the regional risk assessment of climate change impacts in coastal zones // Ocean & Coastal Management. 2016. Vol. 120. P. 49–63.
12. *Van Buuren J., Engelen G., Van de Ven K.* The DSS WadBOS and EU Policies Implementation // Proceedings of the Conference Littoral 2002, The Changing Coast, Porto, Portugal. 2002. P. 533–540.
13. *Warrick R.A.* Using SimCLIM for modelling the impacts of climate extremes in a changing climate: a preliminary case study of household water harvesting in Southeast Queensland // 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia 13–17, July 2009.
14. *Zanuttigh B., Simcic D., Bagli S., Bozzeda F., Pietrantonio L., Zagonari F., Hoggart S., Nicholls R.J.* THESEUS decision support system for coastal risk management // Coastal Engineering. 2014. Vol. 87. P. 218–239.

ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ОПЫТНОГО УЧАСТКА СТАНЦИИ ЮНЫХ НАТУРАЛИСТОВ ДЛЯ ЗАДАЧ СНЕЖНОЙ МЕЛИОРАЦИИ г. ТАГАНРОГА

А.Г. Шмидько¹, Г.А. Шмидько²

¹*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону*

²*Станция юных натуралистов, г. Таганрог
genshmid@mail.ru*

29 января 2014 г. обильный снегопад (буран) буквально парализовал г. Таганрог. Несколько дней не работал общественный транспорт города. Автотрассы были блокированы в течение 3 дней. Режим чрезвычайной ситуации продлился до 7 февраля.

Снежные заносы в Таганроге в январе 2014 г., парализовавшие город, побудили заняться изучением снежного покрова в нашем регионе. Снежная блокада города явилась глобальной проблемой для городской администрации и для всех жителей г. Таганрога и пригородных территорий.

Исследования использования снежных осадков и снежного покрова по Ростовской области и в г. Таганроге в частности с данной позиции не проводились, что и определило выбор темы нашего исследования. Исследования снежного покрова проводились на опытном участке Станции юных натуралистов (СЮН) с ноября 2016 г. по март 2019 г.

Цель исследований – изучить закономерность накопления и распределения снежного покрова, обосновать использование приемов снежной мелиорации для оптимизации городских ландшафтов и агроландшафтов пересеченного рельефа.

Были поставлены следующие задачи:

- Измерение высоты и плотности снежного покрова с последующим построением профиля и плана рельефа снежного покрова;
- Расчет снегозапаса;
- Изучение форм снежного рельефа;
- Изучение приемов снежной мелиорации;
- Наблюдение за таянием снежного покрова.

Снежный покров имеет большое значение для народного хозяйства: агросектора, транспорта, строительства и ЖКХ.

Строительство. При проектировании и эксплуатации зданий нужно учитывать снежные нагрузки на крышу сооружений, создаваемые покровом снега.

Транспорт. Снегопады, метели, снежные заносы затрудняют работу транспорта, промышленных предприятий истроек.

ЖКХ. На снегоуборочные работы ежегодно расходуются большие средства.

Поэтому важное значение приобретает изучение метелей, заносов и оценка снежного покрова и снегозапасов. Это необходимо для проектирования в строительстве, для устройства снегозащиты на дорогах, для эффективного использования снегозапасов в агросекторе.

Съемка проводилась по маршруту, а также велись площадные замеры. Шаг измерений – 2 м. Полученные данные наносились на план глазомерной съемки, с последующим построением профилей.

Проводились наблюдения за снежным покровом на трех опытных участках, с различной подстилающей поверхностью:

1. «Равнина» – с ровной грунтовой поверхностью, без растительного покрова;
2. «Пашня» – перекопанный без растительности участок;
3. «Степь» – естественный участок с сухой растительностью.

Плотность снежного покрова определяется как отношение массы пробы снега к ее объему (г/см^3). Плотность свежевыпавшего снега зависит от температуры воздуха и скорости ветра во время снегопада. Производился подсчет снегозапаса. Снегозапас вычислялся путем умножения толщины снега на его плотность и выражается удельной массой снега (г/см^2). Проводились исследования форм снежного рельефа на опытном участке СЮН и прилегающей территории парка им. М. Горького.

Начальник Морской гидрометеорологической станции г. Таганрога А.А. Давыденко консультировал при написании работы по вопросам свойств снега.

Анализ снежного покрова на опытном участке СЮН за 2016–2019 гг. В Таганроге меньше всего выпадает осадков зимой – 30 % от всех осадков. Снежный покров неустойчивый и чаще всего незначительный, отмечается в 90 % зим.

Снежный покров характеризуется небольшой высотой. Больше 80 % зим средняя декадная высота снежного покрова не превышает 10 см. Средняя высота наших замеров 5–7 см. Максимальная средняя декадная общая высота достигает 40 см. Хотя в отдельные сезоны во время буранов достигала 50 см.

Снежный покров оказывает большое влияние на тепловой режим и влагооборот в почве и воздухе. Устойчивый снежный покров не устанавливается сразу. После своего появления может сойти при оттепелях, затем образуется снова.

Наибольшей высоты снег достигает к февралю, затем начинается его сход. Высота снежного покрова тем значительнее, чем больше осадков выпадает при отрицательных температурах и меньше за этот период случается оттепелей. Чем тоньше снежный покров, тем сильнее и глубже происходит промерзание почвы. Снежный покров (ледяной покров) снижает потерю тепла почвой и уменьшает колебания температуры в ее поверхностном слое. Таяние снежного покрова обогащает почву влагой и имеет большое значение для климатического режима теплого времени года. Климатическое значение снежного покрова заключается в том, что снег, являясь продуктом атмосферных процессов, сам также влияет на микроклимат ландшафтов.

К тому же снежный покров повышает освещенность окружающей местности – это имеет важное значение в условиях города.

Факторы, определяющие снежный покров:

- Высота снежного покрова;
- Температура воздуха;
- Осадки за холодный период;
- Скорость ветра;
- Температура почвы под снежным покровом;
- Плотность снежного покрова;
- Запасы влаги.

Продолжительность залегания снежного покрова составила 42–53 дня. В 1987 г. эта цифра равнялась 67 дням.

Плотность свежавыпавшего снега зависит от температуры воздуха и скорости ветра во время снегопада. Снег плотнее при более высокой температуре воздуха и скорости ветра. В течение зимы снег уплотнялся под свои весом и ветром. Зимой плотность составила $0,2-0,3 \text{ г/см}^3$, к началу таяния до $0,5 \text{ г/см}^3$.

Наблюдения проводились на участках с различной подстилающей поверхностью. Исследования на данных участках показало зависимость снежного покрова от окружающей среды.

На участке «Равнина» замеры снежного покрова были осредненными, как и на всем опытном участке СЮН.

На участке «Степь» наблюдались максимальные замеры, на 2–3 см выше, чем на участке «Равнина». Остатки травы задерживают снег.

На участке «Пашня» наблюдались самые дифференцированные измерения.

На гребне борозды замерялись минимальные измерения, между бороздами замеры были выше среднего, приближались к максимальному.

Снежный рельеф. Распределение снежного покрова зависит от топографии и орографии местности. В низинах снег имеет большую высоту вследствие нанесения его туда ветром, на возвышенностях снежный слой тоньше из-за ветрового сноса. При переносе ветром много снега накапливается у препятствий (заборы, лесополосы), где высота снежного покрова увеличивается. На этой закономерности основаны мероприятия по задержанию снега на полях и по защите железнодорожных путей и автомобильных дорог от снежных заносов.

Нами проводились наблюдения за отложением снега около различных препятствий на территории парка им. М. Горького и СЮН г. Таганрога. Мы изучали отложения снега как при отрицательных (выемках), так и положительных (буграх) формах рельефа.

Продолжительность залегания снежного покрова. Снег наблюдался с 15.12.16 по 22.02.17 (70 дней). При этом было 3 периода таяния снега (33 дня). Периоды отсутствия снега: 30.12.16–26.1.17; 4.2.17–7.2.17; 22.2.17 снег растаял окончательно.

Суммарная высота снежного покрова за зиму составила 23–30 см. В 2017/2018 гг. – с 24.11.2017 по 23.03.2018 (120 дней). Были 3 периода таяния снега (27 дней).

В 2018/2019 г. – с 13.11.2018 по 28.02.2019 (107 дней).

Суммарное количество дней со снежным покровом. 2016/2017 гг. – 53 дня, 2017/2018 гг. – 42 дня, 2018/2019 – 53 дня.

Суммарная высота снежного покрова за период наблюдения составила в 2016/2017 гг. – 23–30 см, в 2017/2018 гг. – 88–95 см, в 2018/2019 гг. – 41–43 см.

Общий запас снега составил в 2016/2017 гг. – $1,62-2,1 \text{ г/см}^2$, в 2017/2018 гг. – $10,51-10,62 \text{ г/см}^2$, что находится в пределах нормы для степной зоны.

Перед таянием плотность снега увеличивалась до $0,2-0,25 \text{ г/см}^2$.

Таяние наблюдалось. 30.12.16–26.01.17 (27 дней); 04.02.17–07.02.17 (4 дня); 22.02.17 (1–2 дня) снег растаял окончательно.

Сезонное таяние начинается с приходом весны. В зависимости от характера весны таяние снежного покрова может затягиваться.

Снежная мелиорация управляет водным режимом почвы в ранневесеннее время. Различают три вида снежной мелиорации:

1. Снегозадержание и снегонакопление;
2. Ускорение и замедление таяния снега на транспортных путях;
3. Борьба со снежными заносами.

Борьба со снежными заносами на транспортных путях ведется в полосе отвода путей. Для снегозадержания используют либо защитные насаждения, либо механические щиты, которые изготавливают размером 2 × 2 метра. На пристанционных участках устраивают постоянные решетчатые заборы высотой до 6 метров.

Живая снегозащита в виде снегозадерживающих насаждений наиболее эффективна. Агротехника создания снегозадерживающих полос вдоль железнодорожного полотна, такая же, что и в полезащитных.

Проводились эксперименты по снежной мелиорации на опытном участке СЮН: щит, поставленный вертикально и ориентированный перпендикулярно потоку воздуха, переносящему снег, создает за собой зону турбулентности (неупорядоченного воздушного вихря). В зоне турбулентности вместо переноса снега идет процесс снегонакопления, его отложения. Растет сугроб, высота которого совпадает с толщиной зоны турбулентности, а длина – с протяженностью этой зоны.

Также на СЮН проводились наблюдения за мульчированием снежного покрова на почве. Светопрозрачная пленка способствует повышению температуры почвы днем на 5–7 °С, что ведет к ускорению снеготаяния. Непрозрачная пленка, напротив, замедляет снеготаяние.

На важность изучения снежного покрова впервые указал русский климатолог А.И. Воейков, основоположник учения о снеге и организатор первой в мире сети станций для наблюдения за снежным покровом.

Высота снежного покрова зависит от количества выпавшего снега и его плотности. Большое влияние на высоту оказывает подстилающий рельеф и ветер, переносящий снег с возвышенности в низину. При переносе снег скапливается у препятствий, где образуются сугробы, и в низинах. Характер залегания снежного покрова зависит от скорости ветра, плотности снега и рельефа местности. При сильном ветре (метелях) образуются сугробы и открытые участки, при слабом – снег залегает равномерно. В течение зимы снег уплотняется под воздействием собственной массы и ветра.

Практическая значимость работы в том, что исследование снежной мелиорации значимо для защиты городских ландшафтов, увлажнения почв города и повышения продуктивности агроландшафтов. Итогом этих наблюдений стали рекомендации по применению методов снежной мелиорации для ЖКХ города и пригородных агроландшафтов с пересеченным рельефом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуральник И.И., Дубинский Г.П., Ларин В.В., Мамиконova С.В. Метеорология. Л.: Гидрометеоиздат, 1982.
2. Остапенко П.Д. Вопросы о погоде. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987.
3. Харитонов Н.П. К методике проведения метеорологических наблюдений. М., 2000.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА МИКРОЧАСТИЦ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Ю.И. Юрасов¹, А.В.Назаренко¹, М.И. Толстунов²

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

yusotr@ya.ru

Выявление загрязняющих веществ в накоплении донных отложений Азовского моря и определение экологической ёмкости водоёма является очень важной задачей. В этой связи оценка роли микрочастиц, их происхождение, распространение и влияние на живые организмы является неотъемлемой частью исследований по изучению возможности предотвращения опасных загрязнений водоемов в будущем.

В настоящее время определение содержания загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов проводится множественными методами, такими как атомно-абсорбционная спектроскопия; высокоэффективная жидкостная хроматография; газожидкостная хроматография; газовая хроматография-масс-спектрометрия; инфракрасная спектрометрия; тонкослойная хроматография; ультрафиолетовая спектрометрия. Все эти методы с достаточной точностью определяют органические соединения биологического характера, но являются дорогостоящими. К тому же при помощи них нельзя анализировать микрочастицы другого характера, например, вредные тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, цинк), пластик – полимеры (полиэтилен, поливинилбутираль, стеклотекстолит, стеклоткань и т.д.), щелочи (продукты порошков и других моющих средств), продукты парфюмерных и аэрозольных химических веществ и другие вещества, которые могут характеризоваться повышенной сорбционной емкостью по сравнению с частицами более крупного размера, вследствие чего они способны накапливать повышенные уровни многих поллютантов. Все эти микрочастицы, встроенные в частицы более крупного размера, осложняют процессы анализа степени загрязнения.

Для возможности оценки микрочастиц в донных отложениях были проведены исследования с помощью рентгеноструктурного анализа (метод фокусировки по Брэггу – Брентано), микроструктуры на электронном сканирующем микроскопе Carl Zeiss EVO 40 и диэлектрических исследований в интервале температур 20–650 °С твердых растворов (ТР) донных отложений. Проведено комплексное изучение микрочастиц донных отложений по распределению химических элементов от р. Дон до Азовского моря и получены температурно-частотные зависимости диэлектрических характеристик твердых растворов донных отложений, отображенных в р. Дон в районе г. Семикаракорска.

Расположение мест отбора проб представлено на рисунке 1. Описание внешнего вида образцов и расшифровка составов представлена в таблице 1.

Сушка образцов проводилась при температуре 20–25 °С в течении 72 ч.

Рентгенофазовый анализ (РФА) предварительно гомогенизированных проб глины проводился на порошковом дифрактометре ARL X'TRA с использованием CuK α излучения. Скорость сканирования составляла 5° в минуту. Гомогенизация проб осуществлялась вручную в агатовой ступке сухим способом.

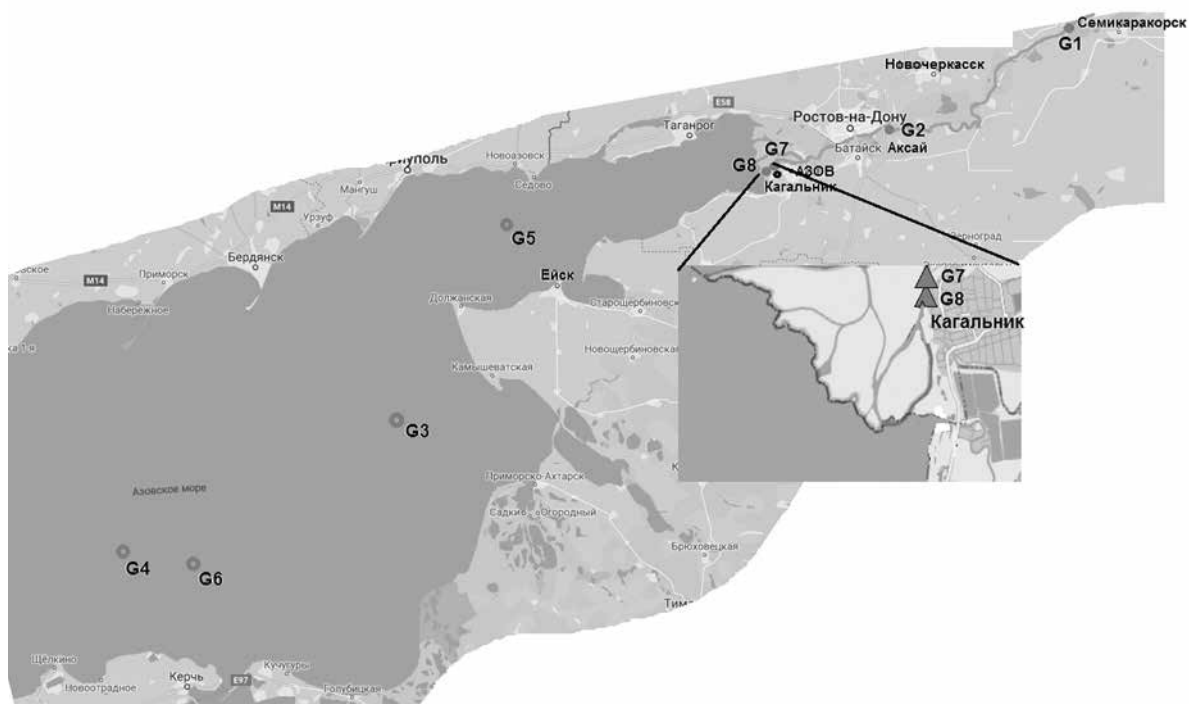


Рис. 1. Карта станций отбора проб

Таблица 1

Описание спрессованных донных отложений, полученных на станциях
для последующего анализа различными методами

Номер станции	С.Ш.	В.Д.	Внешний вид	Плотность пресс-заготовки, г/см ³	Плотность пресс-заготовки после отжига при 500 °С, г/см ³
G1	47°32,370'	40°39,445'	Сухой твёрдый кусок серо-коричневого цвета	1,99	2,00
G2	47°13,689'	39°55,662'	Полусухая серо-коричневая масса, плохо собирающаяся в комок, с включением небольшого количества ракушек	2,09	2,06
G3	46°11.9084	37°25.2019	Серо-зеленая сухая масса с большим содержанием ракушек	2,15	1,87
G4	46°01.5967	36°36.7781	Полусухая масса серого цвета с оттенком зеленого.	2,03	2,07
G5	46°49.6516	37°38.8821	Полусухая масса серого цвета с ракушками. Легко собирается в комок.	2,05	1,91
G6	45°42,446	36°30,364	Темно-серая однородная полужидкая масса. Светлеет при высыхании	2,00	1,62

Для определения электрофизических параметров образцов донные отложения прессовались в таблетки диаметром 10 мм и толщиной 1 мм. Прессование происходило при давлении 20 МПа. Для изучения диэлектрических характеристик на поверхность таблеток вакуумным магнетронным напылением наносились серебряные электроды.

Элементный состав микрочастиц изучался при помощи дополнительной приставки энергодисперсионного анализа (ЭДА) INCA Energy на электронном сканирующем микроскопе Carl Zeiss EVO 40 в ЦКП ЮНЦ РАН. В ходе исследований высушенные образцы насыпали на алюминиевые столики, стряхивали, чтобы удалить крупные частицы, и напыляли проводящим золото-палладиевым сплавом.

Термогравиметрический анализ проводили на приборе синхронного термического анализа PYRIS Diamond TG/DTA. Температура нагрева 20 °С/мин. Плотность определялась путем деления массы заготовки на измеренный объём.

На рисунке 2 представлены данные термогравиметрического анализа образца со станции G1.

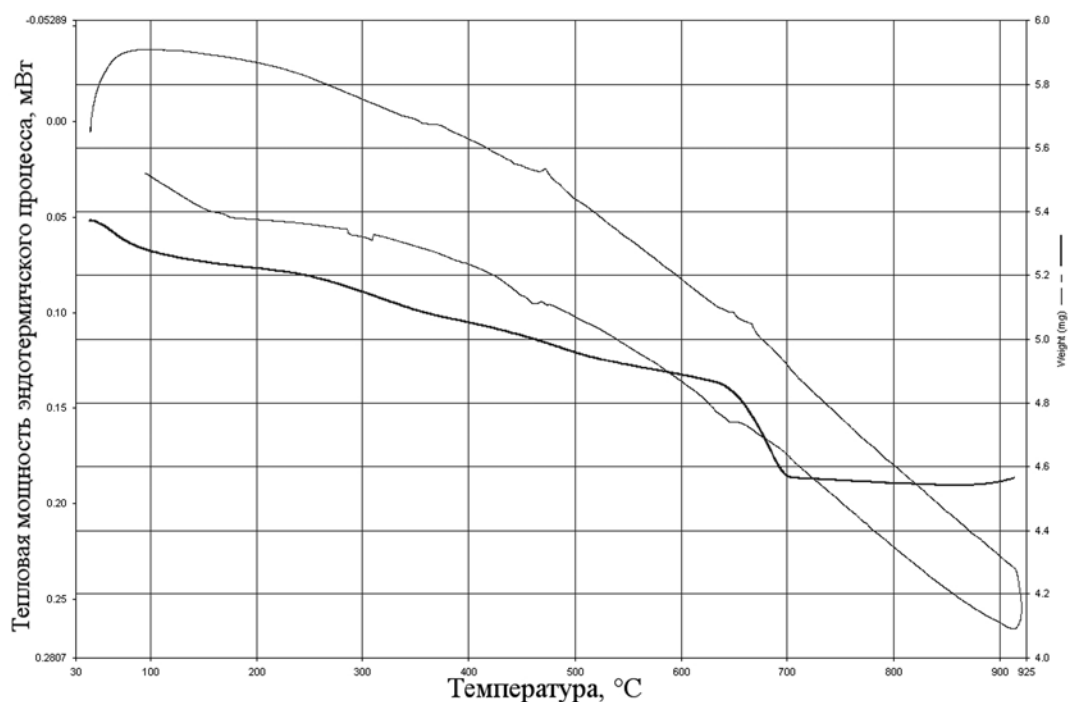


Рис. 2. Термогравиметрический анализ донных отложений G1

Видно, что происходит постепенное уменьшение массы образца. Первое изменение массы происходит при температуре ниже 100 градусов, что связано с удалением адсорбционной воды. Два последующих изменения массы при температурах 250 °С и 470 °С связано с окислительным удалением органических составляющих глины. Резкое уменьшение массы при температуре 650 °С связано с разложением карбонатных составляющих материала. На диаграмме присутствуют несколько температурных аномалий, совпадающих по температуре и имеющим обратный знак теплового эффекта, а именно экзотермический эффект на кривой нагрева и эндотермический эффект на кривой охлаждения при температурах 475 °С и 650 °С.

Из данных РФА выявлено, что материалы состоят из хорошо окристаллизованных фаз кварца и кальцита, а материал G3 имеет значительное количество арагонита. Также выяв-

лено наличие слоистых силикатных материалов, идентификация которых в ходе данного исследования не осуществлялась.

После прокаливания в течение двух часов при температуре 500 °С рентгенограммы образцов не претерпели существенных изменений. Это говорит о незначительном вкладе органических составляющих. Происходит переход из метастабильных при комнатной температуре фаз в стабильные, что хорошо видно для образца G3, в котором наблюдается фазовый переход арагонит → кальцит.

Исследование состава микрочастиц показало, что в образце присутствуют несколько видов частиц: кальций-кремниевые образования; ожелезненные кальций-кремниевые образования; кремниевые основания, типа SiO_2 (кварц); оксиды кальция, типа CaO (табл. 2, рис. 3). Отмечено присутствие солевых отложений (натриевых и калиевых), встречаются частицы «обогащенные» оксидом магния и даже оксидом титана, а также углеродные основания.

Таблица 2

Суммарное поэлементное распределение химических элементов по станциям

			Номер пробы				
Хим. элемент			G1	G2	G3	G4	G5
Весовой %	Углерод	C			50		
	Кислород	O	105	130	105	130	110
	Натрий	Na		7	10		30
	Хлор	Cl		8	20		50
	Кремний	Si	30	50	30	60	60
	Калий	K		7	5		2
	Кальций	Ca	80	8	20	45	4
	Магний	Mg		7	5	1	
	Железо	Fe	20	17	3		
	Титан	Ti		3			
	Сера	S	15				
Кол-во элементов			11	6	10	9	5
Суммарный весовой %, по пробе			145	107	93	106	146

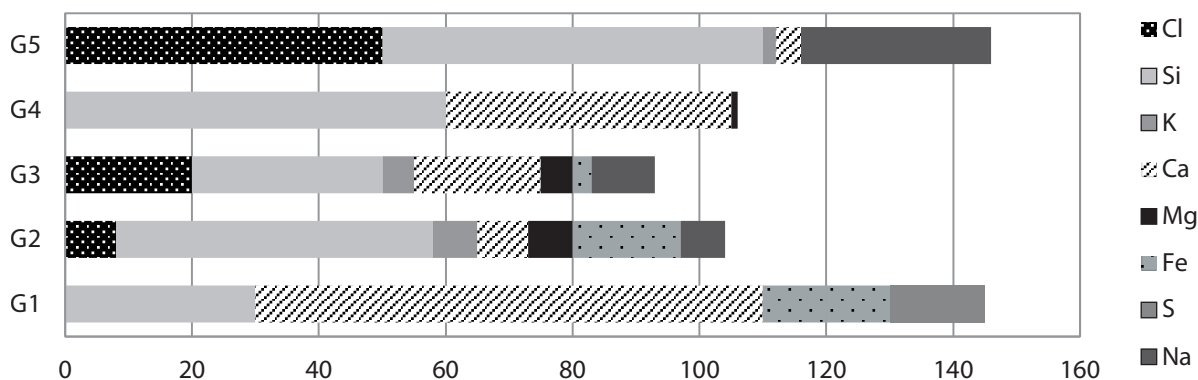


Рис. 3. Суммарное поэлементное распределение химических элементов по станциям

Все объекты изучались методом диэлектрической спектроскопии. Были получены температурно-частотные зависимости диэлектрических характеристик материалов донных отложений. Для примера диэлектрические спектры образцов, отобранных в р. Дон в районе г. Семикаракорск (станция 23, объект G1), приведены на рисунке 4.

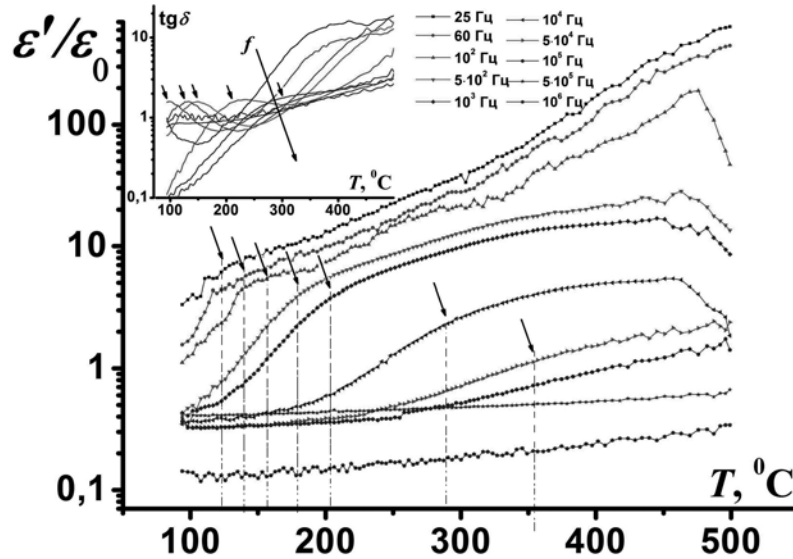


Рис. 4. Температурные зависимости $\varepsilon/\varepsilon_0(T)$ на разных частотах (f) для образцов G1. На вставке представлена температурная зависимость $\text{tg}\delta(T)$

Представленные зависимости получали в процессе остывания исследуемого объекта после отжига при температуре 500 °С, что исключает влияние органики на диэлектрические спектры. На зависимостях видно четкое и сильное релаксационное поведение, сопровождающееся сильным размытием представленных спектров. Наблюдаемый аномальный фазовый переход смещается в сторону высоких температур (рис. 4, стрелки). Согласно данным РФА и ЭДА анализов, такая сложная форма диэлектрических спектров может быть объяснена наличием в составе материала донных отложений соединений хорошо окристаллизованных фаз кварца (SiO_2), кальцита (CaCO_3) а также сульфата железа (FeS). Как известно кварц проявляет сегнетоэлектрические свойства, отсюда и наличие релаксационных спектров.

Диэлектрические спектры такой сложной формы не поддаются описанию классических моделей. Поэтому для аппроксимации была использована новая модель Гавриляка – Негами, записанная для электропроводности [Юрасов, Назаренко, 2018, 2019]

$$\gamma^* = \gamma_\infty \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Delta\gamma_n}{(1 + (i\omega\tau_n)^{1-\alpha})^\beta} + \varepsilon''_\infty \omega \varepsilon_0 + i\varepsilon'_\infty \omega \varepsilon_0 \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{kT}{E_a} \ln(Q_\infty). \quad (2)$$

где $\gamma^* = \gamma' + i\gamma''$ – полная комплексная электропроводность; ε''_∞ – значения мнимой части диэлектрической проницаемости ε'' при $\omega \rightarrow \infty$; $\varepsilon''_\infty \omega \varepsilon_0$ – сингулярный член, показывающий вклад сквозной проводимости в γ' ; ε'_∞ – значения действительной части ε' при $\omega \rightarrow \infty$; $\varepsilon'_\infty \omega \varepsilon_0$ – дополнительный член; $\alpha, \beta = 1 - \alpha$ – параметры температурно-частотного распределе-

ния диэлектрических потерь в нелинейных диэлектриках ($0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$); $\Delta\gamma_n = \gamma_{Sn} - \gamma_{\infty n}$; n – номер релаксационного процесса, причем $\gamma_{Sn} = \gamma_{\infty n-1}$; $Q_{\infty} = \varepsilon'_{\infty} / \varepsilon''_{\infty}$ – добротность при $\omega \rightarrow \infty$.

Для применения данной модели были построены частотные разрезы на разных температурах. На рисунке 5, для примера, представлены частотные зависимости $\varepsilon'/\varepsilon_0(f)$, $\text{tg}\delta(f)$, $\gamma'(f)$, а также мнимая и действительная части модуля $M'(f)$, $M''(f)$, $M''(M')$ ТР донных отложений G1 при $T = 300^\circ\text{C}$ аппроксимированных с помощью новой модели (1). Модули (M' , M'') рассчитывались по следующим формулам:

$$M' = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}, M'' = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2} \quad (3)$$

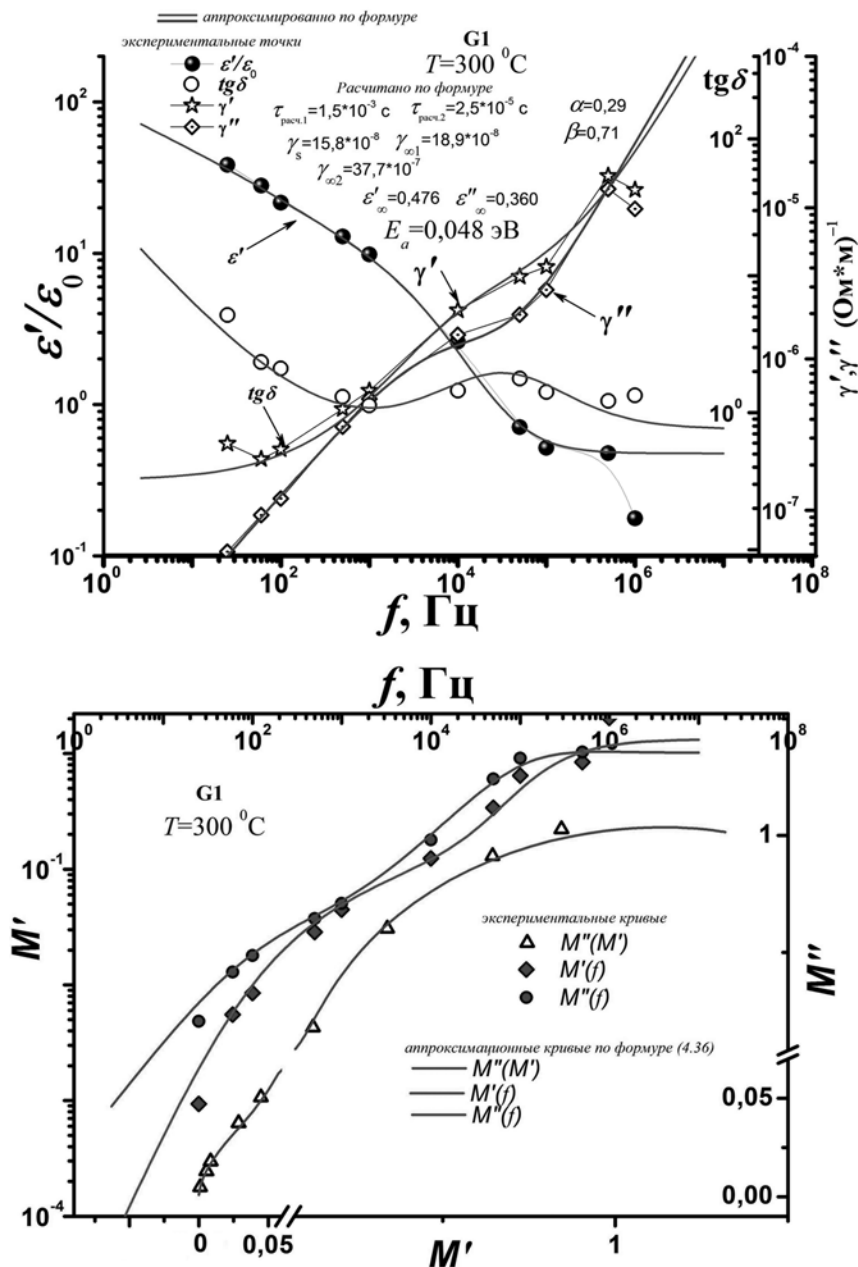


Рис. 5. Зависимости $\varepsilon'/\varepsilon_0(f)$, $\text{tg}\delta(f)$, $\gamma'(f)$, $M'(f)$, $M''(f)$, $M''(M')$ ТР донных отложений G1 при $T = 300^\circ\text{C}$, аппроксимированных новой моделью (1)

Видно, что данная модель описывает полученные зависимости с высокой точностью, что говорит о возможности ее реального применения в материалах с сильным релаксационным характером диэлектрических свойств.

В работе изучены донные отложения проб со станций, расположенных в Таганрогском заливе и Азовском море. Проведены исследования методами термогравиметрического, рентгенофазного, элементного анализов и диэлектрической спектроскопии для всех изучаемых образцов. Отмечено, что в процессе отжига происходит 3-ступенчатое уменьшение массы. В составе исследуемых материалов выявлены кальциевые и кремниевые образования, а также солевые отложения. Выявлено, что из-за большой примесности образцов их диэлектрические спектры имеют сильный релаксационный характер, обусловленный перекрытием нескольких процессов. Показано, что такие сложные спектры можно изучать при помощи модифицированной модели Гавриляка – Негами, записанной для комплексной электропроводности.

Работа подготовлена в рамках проекта РФФИ № 19-05-50099 Микромир.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрасов Ю.И., Назаренко А.В. Новый подход к описанию диэлектрических спектров на основе модели Гавриляка – Негами // Наука Юга России. 2018. Т. 14. № 4. С. 35–45.
2. Юрасов Ю.И., Назаренко А.В. Параметр температурно-частотного распределения диэлектрических потерь в нелинейных диэлектриках // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 1. С. 31–41.

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЖАРЫ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ ОТ ГРОЗ В РЕСПУБЛИКЕ АЛТАЙ В 2015–2020 гг. И ИХ СОПОСТАВЛЕНИЕ С ДАННЫМИ WWLLN

С.Ю. Каранина¹, А.В. Каранин¹, М.А. Лукашева², А.В. Глебова¹

¹Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск

²Алтайский государственный заповедник, г. Горно-Алтайск
krechetovas@yandex.ru

В последние два десятилетия на территории России отмечается увеличение количества и интенсивности опасных гидрометеорологических явлений, в связи с чем обостряется проблема природных пожаров [Доклад ... 2017]. Природные пожары ежегодно наносят ущерб экономике страны от 3 до 7 млрд руб. (потери древесины) [Доклад ... 2017]. Высокий уровень пожарной опасности характерен для лесов Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, на территории которых возникает до 50 % от общего числа природных пожаров [Атлас ... 2010].

Основной причиной возникновения природных пожаров является неосторожное обращение с огнем людей (в среднем по стране до 90 % случаев). Однако в отдельных регионах Западной и Восточной Сибири пожароопасная обстановка может существенно осложняться из-за прохождения гроз [Иванов и др., 2004; Григорьев, Кондратьев, 2005; Тарабукина, Кононова, 2018]. Как правило, пожары от гроз возникают на удаленных и труднодоступных участках, их количество может быть небольшим, однако несвоевременное обнаружение может приводить к увеличению площадей, пройденных огнем. В отдельные годы число пожаров от гроз для некоторых регионов Западной и Восточной Сибири может превышать 50 % от общего числа возгораний [Парамонов, Ишутин, 1999; Козлов и др., 2009; Дмитриев и др., 2011]. Анализ условий пожарной опасности в условиях грозовой активности является важной задачей для гор Республики Алтай на юго-востоке Западной Сибири.

Исследования условий грозовой пожароопасности, выполненные для территории Республики Алтай за период с 2001 по 2007 гг, вскрыли ряд интересных особенностей, характерных для этой территории [Дмитриев и др., 2011]. Например, обнаружена приуроченность грозовых пожаров к активным глубинным разломам. На момент исследований 2001–2007 гг.

сопоставление пространственного распределения природных пожаров и грозовой активности имело приблизительную оценку, так как было выполнено на основе наблюдений за грозами сетью метеостанций.

В настоящей работе представлена характеристика сезонного и пространственного распределения грозовых пожаров по территории республики в 2015–2020 гг. Приведены результаты сопоставления мест и времени возникновения грозовых пожаров с данными о молниевой активности.

Исследование выполнено на основе регистрационных данных о природных пожарах, предоставленных Министерством природных ресурсов, экологии и туризма Республики Алтай и Алтайским государственным природным биосферным заповедником. Данные о молниевой активности получены из архивов Всемирной сети локации молний (World Wide Lightning Location Network, WWLLN). WWLLN – единственная сеть, которая проводит детектирование молниевых разрядов на исследуемой территории в постоянном режиме. Эффективность детектирования WWLLN в среднем составляет около 11–15 % для всех разрядов, для разрядов с током выше 40 кА – 25 %, выше 130 кА – более 30 % [Hutchins et al., 2012]. Сеть регистрирует преимущественно мощные импульсы наземных грозовых разрядов [Тарабукина, Козлов, 2018].

Фактическая горимость лесов республики является низкой и пониженной (менее 2 пожаров на 100 тыс. га), согласно классификации по частоте пожаров М.А. Софронова [Софронов, 2005]. В целом для территории Республики Алтай в течение пожароопасного сезона выделяются два максимальных периода, различающиеся по причинам возникновения горения растительности: весенне-осенний – антропогенные пожары – и летний – пожары от гроз. В период с 2015 по 2020 г. на исследуемой территории возникло 286 пожаров, из них по причине действия гроз 184 пожара (72 %).

Распределение числа пожаров по годам в рассматриваемый период приведено на рисунке 1. В период с 2015 по 2020 г., по сравнению с периодом 2001–2007 гг., суммарное число природных пожаров, возникших по причине неосторожного обращения с огнем местного населения, снизилось в 4 раза. Число природных пожаров, обнаруженных после прохождения гроз, в отдельные годы может быть сравнимо и даже существенно превосходить число антропогенных пожаров. Грозы стали причиной 50 % от общего числа зарегистрированных природных пожаров в 2001 [Дмитриев и др., 2011] и 2015 гг., и около 80 % от всех случаев пожаров в 2017 и 2018 гг. (рис. 1). В указанные годы отмечалось обнаружение от 2 до 9 пожаров в день в течение 3–8 дней подряд. Наиболее существенной причиной вспышки природных пожаров являются интенсивные грозы, которые формируются и развиваются чаще всего в условиях засухи. На территории республики высокие температуры воздуха были характерны для августа 2015 г., мая-июня и второй половины июля 2017 г., июня и первой половины июля 2018 г., что и спровоцировало в эти периоды осложнение пожароопасной обстановки.

Максимальная встречаемость грозовых природных пожаров характерна для участков с высотами от 1000 до 2500 м над уровнем моря, приуроченным к хребтам Иолго, Сумультинский, Теректинский в центральных районах республики, а также на территории Улаганского плато и Чулышманского нагорья в восточных районах республики.

Для построения в дальнейшем методики оценки и прогноза пожарной опасности в условиях грозовой активности представляет интерес анализ применимости данных о молниевых разрядах, регистрируемых WWLLN. В среднем ошибка пеленга молниевых разрядов сетью WWLLN составляет 4–5 км. Отмечается, что пожары могут быть обнаружены

до 10 суток после прохождения грозы. После действия молниевых разрядов горение лесной подстилки или дерева может находиться в стадии тления или слабого горения несколько дней и при установлении хорошей погоды перейти в стадию активного горения [Иванов и др., 2004]. С учетом этого факта была проведена выборка молниевых разрядов возникших в радиусе 10 км и в течение 10 дней до обнаружения пожара, причиной которого была указана гроза.

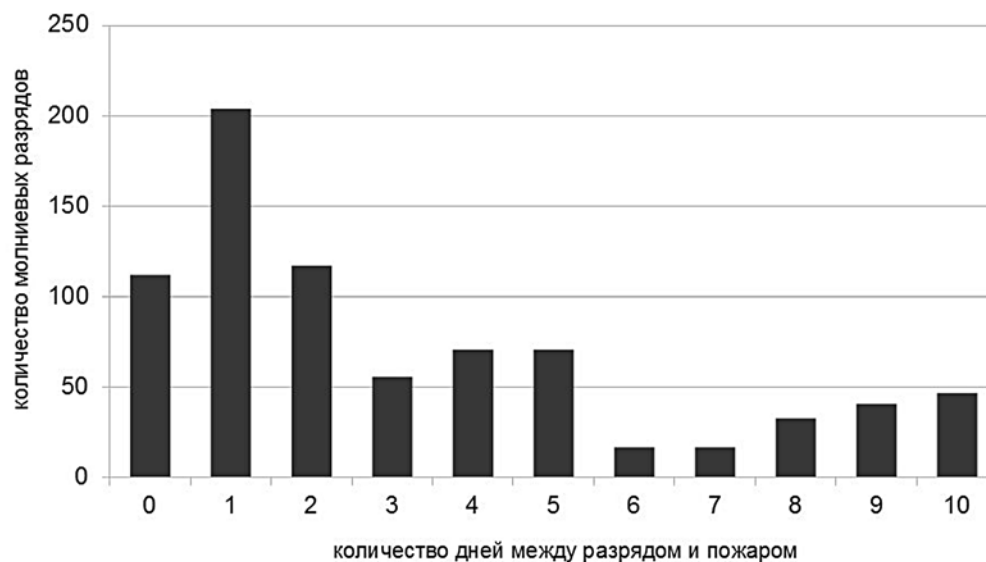


Рис. 1. Распределение числа природных пожаров в Республике Алтай в 2015–2020 гг.

Примечательно, что для всех пожаров 2015 и 2016 гг. указанным условиям не соответствует ни один молниевый разряд. Возможно, это связано с низкой эффективностью WWLLN в эти годы на рассматриваемой территории. В октябре 2015 г. к сети присоединилась станция регистрации разрядов, расположенная в г. Горно-Алтайске [Каранина и др., 2017]. Похоже, она сыграла определенную роль в последующем улучшении детектирования молниевых вспышек на территории республики.

Наличие одного и более разрядов в окрестности с радиусом в 10 км получено для 98 (77 %) из 127 грозовых природных пожаров, зафиксированных в 2017–2020 гг. Наибольшая молниевая активность в области действия пожара, характерна для первых двух суток до его обнаружения и ретроспективно уменьшается к шестым суткам (рис. 2). Исходя из этого, можно предположить, что 5–6 суток является предельной величиной стадии тления для большинства природных возгораний. Пожары, инициированные молниевыми разрядами за пределами этого срока, являются исключительно редкими.

С учетом погрешности координат пеленга молниевой вспышки и наличия условных (точечных) координат пожара можно признать, что данные WWLLN приемлемы для оценки наличия молниевой активности в области действия пожара.

Выполненный анализ распределения количества грозовых пожаров в 2015–2020 гг. подчеркивает актуальность исследования условий грозовой пожароопасности на территории Республики Алтай. Число антропогенных пожаров по сравнению с началом 2000-х годов в период с 2015 по 2020 гг. существенно снизилось по причине принимаемых административных мер и высоких штрафов за разведение костров в пожароопасный период. В 2015, 2017 и 2018 гг. формирование длительных засушливых периодов и развитие сопровожда-

ющих их грозовых явлений привело к осложнению пожароопасной обстановки в летний период. Данные сети WWLLN удовлетворительно описывают наличие молниевой активности в области действия природного пожара за несколько суток до его обнаружения.

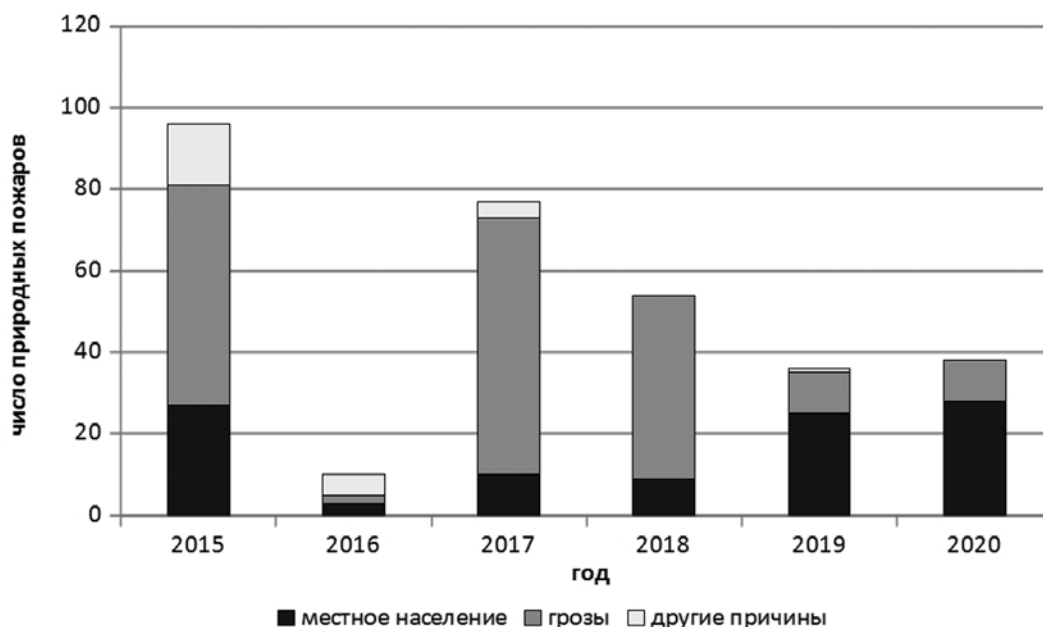


Рис. 2. Молниевая активность в окрестности с радиусом 10 км от пожара за 10 дней до его обнаружения

Авторы благодарны сотрудникам отдела охраны и защиты леса, воспроизводства лесов Министерства природных ресурсов, экологии и туризма Республики Алтай за предоставленные данные о природных пожарах; сотрудникам отдела охраны Алтайского государственного природного биосферного заповедника за консультацию по уточнению мест возникновения природных пожаров на территории заповедника. Авторы также выражают искреннюю признательность участникам сети WWLLN за возможность работать с данными о молниевой активности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Алтай в рамках научного проекта № 20-45-040012.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.
2. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Природные и антропогенные лесные пожары: компонент экодинамики и стихийные бедствия // Изв. РГО. 2005. Т. 137. Вып. 1. С. 21–35.
3. Дмитриев А.Н., Кречетова (Каранина) С.Ю., Кочеева Н.А. Грозы и лесные пожары от гроз на территории Республики Алтай. Горно-Алтайск, 2011. 154 с.
4. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. СПб., 2017. 106 с. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2017/riski.pdf>

5. *Иванов В.А., Коршунов Н.А., Матвеев П.М.* Пожары от молний в лесах Красноярского Приангарья. Красноярск: СибГТУ, 2004. 132 с.
6. *Каранина С.Ю., Кочеева Н.А., Каранин А.В.* Пространственное и временное распределение молниевых разрядов по территории Алтае-Саянского региона // Известия высших учеб-ных заведений. Северо-Кавказский регион. Сер.: Естественные науки. 2017. № 4–1 (196). С. 128–138.
7. *Козлов В.И., Муллаяров В.А., Соловьев В.С.* Лесные пожары в Якутии от гроз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 2. № 6. С. 388–393.
8. *Парамонов Е.Г., Ишутин Я.Н.* Крупные лесные пожары в Алтайском крае. Барнаул: Полиграфическое предприятие «Дельта», 1999. 193 с.
9. *Софронов М.А., Гольдаммер И.Г., Волокитина А.В., Софронова Т.М.* Пожарная опасность в природных условиях. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. 330 с.
10. *Тарабукина Л.Д., Кононова Н.К.* Циркуляция атмосферы, грозы и лесные пожары в Север-ной Азии в 2009–2016 гг. // Жизнь Земли. 2018. Т. 40. № 1. С. 22–30.
11. *Hutchins M.L. et al.* Far-field power of lightning strokes as measured by the World Wide Lightning Location Network // Journal of Atmospheric and Oceanic technology 2012. Т. 29. № 8. С. 1102–1110.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО СРАВНЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕНЫ СРЕДНЕЙ КРАТНОСТИ НА МОРСКОЙ И ПРЕСНОЙ ВОДЕ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА

А.Ш. Мамедов

*Московский университет МВД России им. В.Я. Кикотя,
Московский областной филиал, г. Москва
bulvar1969@mail.ru*

В практике пожаротушения применяются различные виды пенообразователей и смачивателей, их разновидностей на сегодняшний день очень много. Например, для тушения пожаров в морских условиях существует пенообразователь марки «Морпень», для северных условий – пенообразователь «Морозко», но не все пенообразователи применимы для тушения пожаров. Используемые в автоцистернах не подходят при заборе воды из берегов моря, портов, так как многие виды пены разрушаются при смешивании пены с соленой морской водой. Для этого автором было проведено исследование на Каспийском море [Мамедов, 2007].

Как известно, морская вода характеризуется повышенной жесткостью, обусловленной содержанием ионов кальция и магния. Они образуют в водном растворе пенообразователя труднорастворимые соли, изменяют коллоидно-химическое состояние поверхностно-активного вещества и превращают раствор в неустойчивую систему. Поэтому при использовании морской воды для приготовления раствора пенообразователя стойкость пены и ее огнетушащая способность существенно снижаются по сравнению с пеной, полученной на пресной воде [Мамедов, 2020a]. Сравнительные характеристики пен, полученных на морской и пресной воде, изучались на растворах пенообразователя ТЭАС стандартного качества. Раствор пенообразователя готовили в емкости пожарной автоцистерны. Кратность пены измерялась методом взвешивания определенного объема пены, стойкость – по времени разрушения 90 % объема пены в 100-литровой емкости. Кратность пены, полученной как на морской, так и на пресной воде, во всех опытах оказалась одного порядка и равнялась 50–60. Стойкость существенно отличалась: у пены, полученной на морской воде, она оказалась в два раза ниже, чем у пены, полученной на пресной воде (см. таблицу 1).

Таблица 1

Стойкость пены (мин.), полученной на морской и пресной воде

Концентрация раствора пенообразователя ТЭАС, %					
Морская вода			Пресная вода		
6 7,5	9 8,0	12 8,3	6 13,5	9 15,0	12 15,6

Огнетушащие свойства пены изучались на нефти с температурой вспышки от $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Мамедов, 20206]. Опыты проводились в резервуаре площадью 5 м^2 . Пену получали с помощью генератора ГПС-200, снабженного spraysками различного диаметра, которые позволяли изменить интенсивность подачи раствора от 0,04 до 0,45 л/($\text{м}^2 \times \text{с}$). Пена при этом имела кратность 40–50. Нефть заливалась в резервуар на водяную подушку. Толщина слоя нефти принималась 100–300 мм, высота свободного борта 0,7 м, время свободного горения 5 мин. Время тушения определялось с момента подачи пены в резервуар до полной ликвидации горения. Стенки резервуара водой не охлаждались. Было проведено 28 огневых опытов, в т.ч. 18 на морской воде и 10 на пресной [Голубев, Сорокин, 2010]. Параметры тушения пенами, полученными на морской и пресной воде, определялись по точкам, соответствующим минимуму функции удельного расхода пенообразующего раствора при тушении $Q = f(I)$ (см. рис. 1). Время тушения при этом не превышало 2 мин. При расчетном 10 мин., т.е. коэффициент запаса надежности тушения по времени составил более 5.

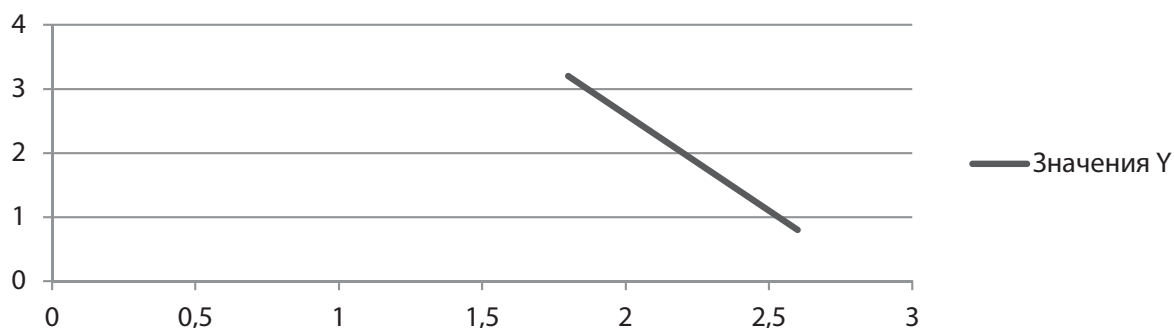


Рис. 1. Зависимость времени тушения от интенсивности подачи раствора пенообразователя ТЭАС: 6 %-ный раствор на морской воде; 2–9 %-ный раствор на морской воде, 3–6 %-ный раствор на пресной воде

Оптимальная интенсивность подачи 6 %-ного пенообразователя ТЭАС, приготовленного на морской воде, составляла 0,18 л/($\text{м}^2 \times \text{с}$), на пресной – 0,09 л/($\text{м}^2 \times \text{с}$). Завышенную против нормативной – 0,05 л/($\text{м}^2 \times \text{с}$) – интенсивность подачи раствора в опытах можно объяснить конкретными условиями их проведения: для тушения использовалась пена кратностью 40–50, стенки резервуара в процессе тушения не орошались [Яковлев, 2008].

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что морская вода понижает стойкость пены в два раза по сравнению с пресной. Также снижается и огнетушащая эффективность пены. Для компенсации разрушающего действия морской воды на пену оптимальная интенсивность подачи раствора, приготовленного на морской воде, должна быть увеличена в два раза по сравнению с раствором, приготовленным на пресной воде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамедов А.Ш. Пожарно-спасательные суда: учебное пособие / Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. Екатеринбург, 2007.
2. Мамедов А.Ш. Особенности пожаров и борьбы с ними в судовых условиях // Закономерности формирования и воздействия морских и атмосферных опасных явлений

и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов: мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д., 2020а.

3. Мамедов А.Ш. Пути экологической безопасности и ликвидации разливов нефти на водных объектах с применением боновых заграждений // Закономерности формирования и воздействия морских и атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов: мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д., 2020б.
4. Голубев Д.А., Сорокин Н.Д. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году. СПб.: Сезам, 2010.
5. Яковлев В.В. Экологическая безопасность, оценка риска. Учебное пособие. СПб.: СПбГПУ, 2008.

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЕ

ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ В ДИНАМИКЕ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ В РАННЕМ ЖЕЛЕЗНОМ ВЕКЕ: ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ (по археологическим материалам)

Г.П. Гарбузов, И.В. Толочко

*Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
i-r-69@mail.ru*

В последние десятилетия актуальным стал интерес к вопросам комплексного изучения палеоэкологии Приазовья с привлечением археологических материалов. Это связано как с разработкой палеогеографического обоснования прогноза регионального развития в условиях изменения природных факторов (глобальное потепление, повышение уровня моря, опустынивание), так и со стремлением лучше оценить возможные тенденции этнокультурного развития региона. Подобная тематика нашла отражение в ряде научных публикаций [Горлов, Требелёва, 2009].

Территория Северо-Восточного Приазовья и Нижнего Подонья, включая дельту Дона, насыщена археологическими памятниками широкого хронологического диапазона. Динамика и интенсивность отраженных в археологических данных этнокультурных процессов во многом обусловлена географическим расположением Северо-Восточного Приазовья и Нижнего Подонья на стыке обширных природно-географических зон и крупных историко-географических территорий – лесостепного Подонья, Поволжья, Северного Кавказа и Днепро-Донецкого региона. Через эту контактную зону с глубокой древности пролегали важнейшие сухопутные и водные пути коммуникаций.

Особый транзитный характер Северо-Восточного Приазовья и Нижнего Подонья хорошо виден на примере Ливенцовско-Каратаевской крепости, расположенной на правом берегу р. Мертвый Донец на западной окраине г. Ростова-на-Дону. В ее материальной культуре присутствовали как северокавказские компоненты, так и элементы Каменско-Ливенцовской культурной группы памятников бронзового века, существовавшей в первой половине II тыс. до н.э. на территории Крыма и Приазовья [Братченко, 1969; Отрощенко, 2001]. Более

поздними примерами, говорящими о вовлеченности Северо-Восточного Приазовья и Нижнего Подонья в межрегиональные контакты, служат переселение на финальном этапе эпохи бронзы из Закубанья в низовья Дона носителей кобьяковской культуры (IX–VIII вв. до н.э.) и появление в римское время (I–III вв. н.э.) в округе Танаиса меотских городищ, близких по устройству и материальной культуре к синхронным меотским городищам, известным на Кубани. Система путей коммуникаций в раннем железном веке в полной мере выявляется при анализе политической и экономической активности античных греков, связанной с колонизацией и освоением Нижнего Подонья [Копылов, 2000].

Интенсивные процессы культуро- и этногенеза, отмечаемые в раннем железном веке в Северо-Восточном Приазовье и Нижнем Подонье, нельзя рассматривать в отрыве от процессов изменения окружающей среды. Для учета влияния экологических факторов необходимы комплексное рассмотрение и моделирование системы расселения кочевого и оседлого населения Приазовья в условиях реконструированных палеоландшафтов. Для этого, помимо сбора информации об археологических памятниках, необходимо принимать во внимание результаты геоморфологических, почвоведческих, палинологических исследований, данные геофизики и дистанционного зондирования Земли.

Результаты и данные естественнонаучных исследований, проведенных за последние годы, позволяют восстановить достаточно подробную картину трансформации природного облика Северо-Восточного Приазовья и Нижнего Подонья начиная с эпохи среднего голоцена, в том числе представить в общих чертах среду обитания и природный контекст, в которых существовали поселения бронзового – раннего железного века. Можно выделить три основных фактора, важных для оценки развития поселенческих систем, каждый из которых заметно менялся в позднем голоцене: уровень моря, климатические условия, тип доминирующих ландшафтов.

Максимальные подъемы уровня Азовского моря отмечаются в хронологических интервалах от 7 до 4 тыс. л.н. (древнеазовская или новочерноморская трансгрессия) и от 2,3 до 1 тыс. л.н. (нимфейская трансгрессия). Эти этапы разделялись периодом (от 3,1–2,7 до 2,5–2,3 тыс. л.н.) кратковременного понижения уровня моря, соответствующего т.н. фанагорийской регрессии. Продолжительность этой регрессии, ее точные даты и величина падения уровня остаются дискуссионными вопросами, также как, в принципе, дискуссионным является и сам факт существования регрессии. Некоторые исследователи предлагают рассматривать этот период просто как стабилизацию положения уровня моря в промежуток времени между двумя выраженными фазами трансгрессии. На протяжении последних 1,5 тыс. лет с точки зрения уровня режима предполагаются малоамплитудные повышения и понижения уровня моря, к ним относится, например, т.н. корсунская регрессия (1,6–1,2 тыс. л.н. – 580–305 л.н.).

В период древнеазовской трансгрессии Азовское море на востоке достигало, по-видимому, устья Маныча, на юго-востоке береговая линия Азовского моря проходила в глубине современной дельты Кубани, на расстоянии до 40 км от современного берега [Балабанов, Измайлов, 1988; Беркович, Тимофеева, 2007; Иванов и др., 2013]. Повышение уровня моря не было одномоментным и чередовалось с кратковременными регрессивными фазами, в пределах Таганрогского залива влияние древнеазовской трансгрессии стало ощущаться не позже 4,6 тыс. л.н. [Матишов и др., 2019, с. 46].

Во время фанагорийской регрессии обмеление Азовского моря максимально проявилось на площади современного Таганрогского залива (до –5–6 м относительно современного уровня). Осушенное морское дно подвергалось активной денудации, прибрежная

зона представляла собой низменную заболоченную сушу с речными протоками [Матишов и др., 2019, Иванов и др., 2013, Маев и др., 2009, Копылов, Рылов 2006]. Судя по геологическому строению дельты Дона, основным в это время был ее северный рукав Мертвый Донец [Зайцев, Зеленщиков, 2009]. Около 2,5–2,3 тыс. л.н. уровень моря вновь стал подниматься. Этот временной этап соотносится со временем проявления нимфейской трансгрессии и накоплением отложений новоазовского возраста. На пике трансгрессии (1,3–1,5 тыс. л.н.) прибрежные участки суши были затоплены водами наступающего моря, а край дельты Дона был восточнее своего современного положения [Зайцев, Зеленщиков, 2009; Иванов и др., 2013].

Геоморфологическая характеристика береговой зоны Ейского лимана в эпоху нимфейской трансгрессии свидетельствует об активных эрозионных процессах в рыхлых береговых толщах, сопровождавшихся расширением речных долин. Поселения эпохи бронзы и раннего железного века, если и существовали на побережье Ейского лимана, то не могли сохраниться из-за абразионных процессов. Согласно предварительным расчетам, за последние 2000 лет могло разрушиться около 2 км прибрежной зоны Ейского лимана [Артюхин, Артюхина, Родионова, 2015]. Изучение акватории Таганрогского залива Азовского моря подтверждает выводы о значительном разрушении береговой линии: в районе Чумбурской косы на геофизических данных прослеживается выработанная в глине абразионная терраса, бровка которой расположена на расстоянии около 3 км от современного южного берега залива [Матишов, Польшин, 2019, с. 30]. Можно констатировать, что за последние несколько тысяч лет Таганрогский залив сильно менял размеры, глубину, конфигурацию берегов, менялись очертания и расположение дельты Дона. Все это подтверждается данными археологии, например, в результате интенсивного обрушения берегов в море ушла большая часть многослойного поселения Чумбур Коса I, которое датируется эпохой греческой архаики и ранним – развитым средневековьем [Зенюк, Польшин, Толочко, 2015, с. 8–17].

Помимо уровня моря, в Северо-Восточном Приазовье и Нижнем Подонье во второй половине голоцена отмечаются значительные изменения климата и типов ландшафта. В период 5,5–4 тыс. л.н. в Приазовье выявлено похолодание и увлажнение территории с увеличением роли широколиственных пород в растительном покрове, в этот же период на Восточно-Европейской равнине происходило максимальное продвижение лесов на юг, вплоть до бассейна Среднего Дона. В интервале 4–3,2 тыс. л.н. климат становится более засушливым, отмечается обеднение состава разнотравья, распространяются засушливые ковыльно-типчаковые степи и засоленные почвы. В последующую фазу 3,2–2,5 тыс. л.н. лесные сообщества восстановили свои позиции, степи были покрыты растительностью, характерной для достаточно увлажненного и прохладного климата. К моменту окончания фанаторийской регрессии (ок. 2,5 тыс. л.н.) доля древесной растительности в растительном покрове заметно увеличивается, леса распространялись по пойме Дона шире, чем в настоящее время. Для периода 2,5–1,8 тыс. л.н. реконструируется неблагоприятная для развития лесной растительности теплая засушливая фаза, в ходе которой распространение получают разнотравно-злаковые и полынно-маревые степи. В последующем сменяется еще несколько фаз более влажного (1800–1500 л.н., 650–150 л.н.) и более сухого климата (1500–650 л.н.) [Матишов и др., 2011].

Одним из важных этапов при рассмотрении динамики культурной составляющей ландшафтов северо-восточного Приазовья и Нижнего Подонья является изучение пространственного распределения археологических памятников (поселений и курганных могильников). Для

этого создана археологическая геоинформационная система, включающая ряд тематических слоев и наборов данных (археологические карты, схемы, планы раскопов, исторического картографического материала, архивные почвенно-картографические материалы, геологические, гидроморфологические данные). Помимо архивной и тематической информации, в нее вошли результаты полевых работ инвентаризационного и разведочного плана.

Работы в дельте Дона и комплексный анализ имеющихся данных позволили установить, что территория дельты Дона была плотно заселена с древних времен. Многие известные в дельте Дона археологические памятники имеют признаки нескольких археологических культур (от эпохи энеолита до средневекового и нового времени) и в основном расположены в центральной части дельты Дона, как правило, на территории больших массивов вытянутых широтно песчаных дюн («бугров»), хотя исследования последних лет доказывают, что области за пределами центральной части дельты также обладают значительным археологическим потенциалом. Значительное количество памятников сосредоточено в западной части дельты, в районе современного х. Рогожкино и в его ближайших окрестностях. В целом поселения и сезонные стоянки обнаруживаются на 30 % всей площади дельты. Основными промыслами населения в древности являлись, по-видимому, рыболовство и пастбищное скотоводство. Система расселения в древности была тесно связана с ландшафтом, максимальная концентрация поселений прослеживается на естественных возвышенностях в пойме Дона и по берегам стариц протоков Дона [Гарбузов, Толочко, Белов, 2009].

Характерным примером служит поселение Рогожкино XII и сопутствующий ему грунтовый могильник, датируемые эпохой энеолита, античности и средневековья (III тысячелетие до н.э., II–IV и VIII–X вв. н.э.). Памятник расположен вдоль гирла Каланча (Старый Дон), на гряде, разделенной небольшими ериками (Кабачным, Зарайченковым и Бубновым). Гряда является прирусловым валом гирл Большая Кутерьма и Каланча, сложенным, преимущественно, из незначительного почвенного слоя, суглинков и песка. В эпоху существования поселения в первом тысячелетии н.э. (этап нимфейской трансгрессии) оно находилось на западном побережье центрального острова в дельте Дона. Слабогумусные, с низким содержанием питательных веществ почвы позволяли использовать землю в основном под пастбища для скота, причем на протяжении всего исторического периода сохранялась тенденция к перевыпасу и ухудшению состояния пастбищных угодий. Для жителей поселения главным занятием было рыболовство и обработка рыбных продуктов, в меньшей степени – пастбищный выпас скота.

Экспедиционные работы на южном побережье Таганрогского залива и в пойме Еи помогли выявить неизвестные ранее археологические памятники, что позволяет ставить вопрос о полноте и достоверности сложившихся в научной литературе представлений об этапах и ходе исторического развития этого региона в период раннего железного века. Археологические разведки проводились на побережьях Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря (от хут. Чумбур-Коса Азовского района Ростовской области до хут. Шиловка Ейского района Краснодарского края).

В результате археологической разведки были выявлены курганные могильники в основании Ейской косы (курганные группы Должанская 4–5). Раскопанные в 1993 г. в непосредственной близости курганы курганных групп Должанская 1–3 датировались в пределах II–I вв. до н.э., и были оставлены носителями раннесарматской археологической культуры. Они вели кочевой образ жизни, держась зимой поблизости от морского побережья, так как там было легче найти корм для скота. Сохранившиеся остатки поселений в этом районе датируются средневековым временем (XIII–XIV вв.), вероятно, некоторые из них могут

быть соотнесены с населенными пунктами, обозначенными на венецианских портоланах (морских картах) [Волков, 1998].

Разведками изучена также территория дельты реки Ея. Расположенные в дельте Еи курганы и стоянки относятся к средневековому времени (VIII–X и XII–XIII вв. н.э.). По архивным данным, на участке правобережья Еи, а также на территории к югу от Ейска во время разведок 1920-х годов были открыты могильники кочевников – средневековые курганы с каменными изваяниями – «бабами». При этом многочисленные курганы между ст. Камышеватской и Ясенской, расположенные по побережью, оказались разрушенными оползновыми процессами. В 1972 г. археологические раскопки проводились на правобережье Еи у хут. Сонино Азовского района Ростовской области. Был раскопан курганный могильник Сонино (курганы 1–8, датированные эпохой бронзы, сарматским временем, эпохой средневековья (XII–XIII вв.)) [Максименко, Горбенко, Лукьяшко, Кореняко, 1972]. В 2020 г. проводились раскопки поселения Сонино I и курганных могильников Сонино V, VI, VII, поселение датировано эпохой поздней бронзы и салтово-маяцким временем (VIII–X вв.), курганы относились к сарматской эпохе и средневековью.

Исходя из сформированной базы данных археологических памятников и впервые произведенного комплексного анализа размещения памятников раннего железного века в северо-восточном Приазовье и Нижнем Подонье, можно предложить следующую модель, объясняющую наблюдаемые в базе данных структурные особенности. Наиболее вероятно, что по долине Еи проходили маршруты перекочевок прикубанских номадов. Причиной сравнительно слабого освоения территории оседлым населением может быть, предположительно, дефицит качественной питьевой воды, так как в реке Ея наблюдается повышенная минерализация воды, увеличивающаяся от ее истока к устью. По этому параметру вода непригодна для питья на всем протяжении реки, такая же ситуация с качеством воды у рек Челбас и Бейсуг, в отличие, например от малых степных рек Кирпили и Понура, общая минерализация которых не превышает допустимого уровня.

Исключительно богатая биоресурсами дельта Дона с внутренними областями, незатапливаемыми ни в половодье, ни при ветровых нагонах воды, служила безопасным местом для обустройства постоянных поселений, при этом не исключено, что здесь же располагались и зимники кочевников, а какие-то маршруты перекочевок транзитом проходили через дельту [Копылов 2000]. Притягательность дельты была особенно велика в условиях предполагаемого пониженного уровня моря в период фанагорийской регрессии. С учетом климатических реконструкций возвышенная внутренняя островная часть дельты была покрыта в это время разнотравными степными и луговыми участками, с большим участием лесной растительности, столь важной для хозяйственной жизни поселений. Неудивительно, что именно в этот период в дельте Дона возникает крупное Елизаветовское городище, населенное скифами, которое превратилось в IV в. до н.э. в основной центр торговли между греками и племенами Подонья.

Небольшое число выявленных археологических памятников раннего времени (эпоха бронзы, античность) в прибрежной зоне Азовского моря на отрезке дельта Дона – Ясенский залив может объясняться активной абразией легко размываемых суглинистых берегов. Вполне вероятно, что ранние памятники существовали здесь в устьях крупных балок, однако в настоящее время это трудно как-нибудь подтвердить, так как ранние археологические материалы пока описаны лишь по немногочисленным случайным сборам на пляжах. Подобного рода материалов, происходящих из непотревоженного культурного слоя поселений, почти не известно.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-80022 «Реконструкция и изменение палеоландшафтов в эпоху голоцена под влиянием природных и антропогенных процессов на примере акватории Таганрогского залива и прилегающего участка дельты Дона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюхин Ю.В., Артюхина О.И., Родионова Н.Б. Ейское морское побережье: история и проблемы освоения, природные основы реконструкции. Ейск, 2015. 205 с.
2. Балабанов И.П., Измайлов Я.А. Изменение уровня и гидрохимического режимов Черного и Азовского морей за последние 20 тысяч лет // Водные ресурсы. 1988. № 6. С. 54–62.
3. Беркович К.М., Тимофеева В.В. Морфология и направленные деформации русла Нижнего Дона // Геоморфология. 2007. № 3. С. 54–62. DOI: 10.15356/0435-4281-2007-3-54-62
4. Братченко С.Н. Багатошарове поселення Лівенцівка I на Нижньому Дону // Археологія. 1969.
5. Гарбузов Г.П., Белов В.В., Толочко И.В. Проблемы формирования археологической базы данных для территории природного парка «Донской» (участок «Дельта Дона») // Вестник ЮНЦ. 2009. Т. 5, № 3. С. 49–58.
6. Волков И.В. Исследования Южно-Российской комплексной экспедиции в Приазовье в 1995–1997 гг. // Историко-археологические исследования в Азове и на Нижнем Дону в 1995–1997 гг. Азов, 1998. С. 48–53.
7. Горбенко А.А., Максименко В.Е., Лукьяшко С.И., Коренько В.А. Раскопки курганов в бассейнах рек Еи и Кагальник // Отчёты о полевых исследованиях. Каталог. Т. 6. 1972–1974 гг. Научно-отраслевой архив Института археологии РАН. М.: ИА РАН. 2020. Сост.: С.А. Володин, С.С. Горланов, У.Ю. Кочкаров, А.А. Кудрявцев, С.В. Селезнёва. Ответственные редакторы: академик РАН Н.А. Макаров, чл.-корр. РАН П.Г. Гайдуков. С. 288–289: Отчет о раскопках курганов в пойме р. Еи в 1972 г. (Максименко В.Е., Горбенко А.А., Лукьяшко С.И.). Ф-1. Р-1. № 4976. 45 л. № 4976а – Альбом иллюстраций к отчету. 21 л., 40 ил. Охранное обследование и раскопки.
8. Горлов Ю.В., Требелёва Г.В. Комплексные палеонтологические и археологические исследования на Таманском полуострове // Археологические открытия. 1991–2004 гг. Европейская Россия. М.: Институт археологии РАН, 2009.
9. Горлов Ю.В., Поротов А.В., Столярова Е.В. К оценке изменений уровня Чёрного моря в античный период по археолого-палеогеографическим данным // Древности Боспора. Т. 7. М., 2004.
10. Зайцев А.В., Зеленичиков Г.В. Голоцен дельты Дона // Геология, география и экология океана. Мат-лы междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова (Ростов-на-Дону, 8–11 июня 2009 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. С. 124–126.
11. Зенюк Д.И., Польшин В.В., Толочко И.В. Новое античное поселение у Чумбур-косы // Большой Ромбит. Сб. ст. по истории и исторической географии Восточного Приазовья. Ейск, 2015. Вып. 2. С. 8–17.
12. Иванов В.В., Коротаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А., Чернов А.В. Строение поймы и динамика русла Нижнего Дона // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2013. № 5. С. 60–66.

13. *Копылов В.П.* Население Северо-Восточного Приазовья в конце VII–IV вв. до н.э. Дисс. ... к.и.н. СПб., 2000.
14. *Копылов В.П., Рылов В.Г.* Историко-географические предпосылки начала освоения греками устьевой области реки Танаис // Древнее Причерноморье. Одесса, 2006. С. 86–97.
15. *Лукьяшко С.И., Максименко В.Е., Горбенко А.А., Коренько В.А.* Раскопки курганов в бассейнах рек Еи и Кагальника // Археологические открытия за 1972 г. М., 1973. С. 134–136.
16. *Маев Е.Г., Мысливец В.И., Зверев А.С.* Строение верхнего слоя осадков и рельеф дна Таганрогского залива Азовского моря // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2009. № 5. С. 78–82.
17. *Матишов Г.Г., Новенко Е.Ю., Красноруцкая К.В.* Динамика ландшафтов Приазовья в позднем голоцене // Вестник ЮНЦ РАН. Т. 7, № 3. 2011. С. 35–43.
18. *Матишов Г.Г., Польшин В.В.* Изменение уровня Азовского моря и условия осадконакопления в голоцене // Палеогеография Приазовья в голоцене. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. С. 27–33.
19. *Матишов Г.Г., Польшин В.В., Титов В.В., Швердяев И.В.* Голоценовая история азовского шельфа // Наука Юга России. 2019. Т. 15, № 1. С. 42–53.
20. *Отрощенко В.В.* Проблеми періодизації культур середньої та пізньої бронзи Півдня Східної Європи. Київ, 2001.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ВООРУЖЕННЫМИ КОНФЛИКТАМИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ: К ПОСТАНОВКЕ ПРОБЛЕМЫ

Е.М. Горюшина

*Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
esherder@gmail.com*

Анализ взаимосвязи между вооруженными конфликтами и их воздействием на окружающую среду предполагает изучение роли природных ресурсов, охраны природы во время вооруженных действий, а также постконфликтной оценки окружающей среды и технической помощи в ликвидации неблагоприятных последствий уже после завершения открытой стадии конфликта.

Данная тема разработана преимущественно зарубежными исследователями и специалистами, занятыми в сфере профессиональной помощи, оказываемой международными организациями в зоне вооруженных конфликтов: Б.К. Шефер [Schafer, 1988], А. Бувье [Bouvier, 1991], О. Дас [Das, 2013], У.Ч. Джа [Jha, 2014], Р. Рейфьюз [Rayfuse, 2014], Б. Сьостат [Sjostedt, 2020], и др.

В 1998 г. норвежский социолог и политолог Кристиан Гледич (Институт исследований проблем мира в Осло) опубликовал работу, которая стала чрезвычайно популярной в академическом мире благодаря тому, что автор подверг всесторонней критике многочисленные источники по теме взаимосвязи вооруженного конфликта и окружающей среды [Gleditsch, 1998]. Он полагает, что конфликт из-за ограниченных ресурсов, таких как полезные ископаемые, рыба, вода и особенно территория, является традиционной причиной вооруженной борьбы. В своей статье Гледич отталкивается от утверждения, согласно которому ухудшение состояния окружающей среды приведет к увеличению дефицита ресурсов и, следовательно, к увеличению числа вооруженных конфликтов. Он резюмирует, что до 1998 г. было много споров и сравнительно мало систематических исследований этого феномена. С его точки зрения, большинство исследований взаимосвязи между ресурсами, окружающей средой и вооруженным конфликтом страдают от одной или нескольких из следующих проблем:

- 1) отсутствует ясность в том, что подразумевается под экологическим конфликтом,
- 2) исследователи занимаются выявлением основных дефиниций и полемикой, а не анализом,
- 3) игнорируются важные переменные, особенно политические и экономические факторы, которые оказывают существенное влияние на конфликт и одновременно минимизируют влияние ресурсов и факторов окружающей среды,
- 4) некоторые модели оценки этой взаимосвязи оказываются настолько громоздкими и сложными, что их практически невозможно проверить,
- 5) исследовательские кейсы выбираются по значениям зависимой переменной,
- 6) очевидна причинно-следственная связь, которая нередко оказывается обратной,
- 7) постулируемые события в будущем приводятся в потери качества эмпирических исследований,

8) в исследованиях не фиксируются различия между внешними и внутренними конфликтами,

9) царит заблуждение относительно надлежащего уровня анализа [Gleditsch, 1998].

Гледич развивает мысль о причинах конфликтов на момент публикации своей работы. Основным ресурсом, за который стоит бороться государствам друг с другом, очевидно, является территория, как, например, в случаях с экспансией европейскими поселенцами в Северной Америке или приграничных конфликтов между Китаем и сопредельными странами. Более поздняя разновидность территориального конфликта затрагивает экономическую зону на континентальном шельфе, который зачастую становится предметом спора между большинством странами (он приводит кейс островов Спратли в Южно-Китайском море). Другая причина конфликта – стратегическое сырье. Его разновидности могут быть тесно связаны с производством оружия или просто считаться необходимыми для экономики страны. Гледич подкрепляет это утверждение стратегическим значением, придаваемым Индокитаю в 1950-х гг. и оправданным президентом США Д. Эйзенхауэром (посредством его заявления, прославившем «теорию домино») в своей речи – в том числе – о важности олова, вольфрама и каучука для экономики США [Public papers of the Presidents ... 1954].

Отдельным источником конфликта выступает нефть. В частности, поставки нефти из Персидского залива, ставшие фактором нескольких недавних (к году публикации статьи Гледича) конфликтов.

Четвертая причина, способная привести к вооруженным действиям, это водные ресурсы. Например, плотина Ататюрк в Турции (первоначально плотина Карабаба, представляющая собой зональную каменную плотину с центральным ядром на реке Евфрат на границе провинций Адьяман и провинций Шанлыурфа в регионе Юго-Восточной Анатолии в Турции), которая в случае политических манипуляций может привести к нехватке воды в Сирии. Гледич ссылается на исследование ООН от 1996 г., согласно которому в мире было выявлено 214 крупных речных систем, разделяемых двумя или более странами, многие из которых являются предметом неразрешенных споров [Renner, 1997].

Наконец, пятая причина конфликта, названная Гледичем, – продукты питания, включая зерно и рыбу. Разногласия по поводу общих рыбных ресурсов вызвали многочисленные столкновения между прибрежными государствами, включая три «тресковых войны» между Исландией и Соединенным Королевством в период 1958–1976 гг. [Bailey, 1997]. Рост цен на продукты питания вызвал массовые беспорядки внутри страны; на международном уровне продажа продуктов питания использовалась в качестве стратегического рычага.

Логика рассуждений К. Гледича сводится к наглядной причинно-следственной связи: рост населения и высокое потребление ресурсов на душу населения → ухудшение условий окружающей среды → рост дефицита ресурсов → более жесткая конкуренция за ресурсы → повышенный риск насилия.

Важным для описания взаимосвязи между вооруженными конфликтами и их воздействием на окружающую среду представляется допущение Гледича о том, что «даже в случае дефицита, который теоретически можно было бы преодолеть с помощью империалистического поведения, крупные страны узнали на основе войн во Вьетнаме, Афганистане и ряда других, что подчинение сопротивляющегося населения, каким бы технологически отсталым оно ни было, является очень сложной и дорогой задачей» [Gleditsch, 1998, с. 387]. На момент публикации статьи Гледич еще не знал об иракской войне (1998–

2003 гг.) и многостороннем, многоуровневом вооруженном конфликте на территории Сирии, начавшемся весной 2011 г.

В других источниках обнаруживаются подтверждения тезиса Гледича и одновременно подводит к пониманию другой интерпретации войны в Афганистане и роли СССР в начале вооруженных действий. Затяжная и дорогостоящая военная кампания СССР в Афганистане привела к тому, что доступ к естественным ресурсам сыграл не последнюю роль «в советском вторжении в страну. К ним относятся доступ к страновым запасам полезных ископаемых и газа, а также транзитным маршрутам, ведущим к Персидскому заливу, и это в дополнение к усилению влияния СССР в богатых нефтью Южной Азии и на Ближнем Востоке» [Brown, 2013, с. 71]. С 1979 г. экономическое сотрудничество СССР с Афганистаном было сосредоточено на совместной эксплуатации минеральных, нефтяных и газовых ресурсов [The cost of Soviet Involvement ... 1987]. Советские специалисты активно участвовали в геологоразведке нефти и газа, золота и ртути. Также СССР помогал в разработке газового месторождения Шибеган и строительстве газопровода между СССР и Мазари-Шарифом, при этом на долю СССР приходилось около 90 % годовой добычи газа [The cost of Soviet Involvement ... 1987].

По мнению специалистов из «Обсерватории конфликтов и окружающей среды» (CEOBS), «Советы уничтожили посеы и зернохранилища в Афганистане [The Soviet Afghanistan Experience ... 1989], заминировали сельскохозяйственные угодья, разрушили ирригационные системы и убили домашний скот» [Report: How Russia approaches ... 2021]. «Они также вырубали виноградники, сады и декоративные деревья из соображений безопасности. Площадь орошаемых земель была уменьшена с 2,5 до 1,5 млн га» [Report: How Russia approaches ... 2021]. Бывший глава агрономии Кабульского университета охарактеризовал советскую стратегию во время войны как «...преднамеренный и систематический план по уничтожению сельского хозяйства на 80 % территории страны, контролируемой моджахедами» [Levin, 2009]. Действия СССР привели к существенному сокращению сельскохозяйственного производства на 20–25 %, росту цен на большинство товаров в 6–10 раз и нехватке продовольствия почти в условиях голода в Афганистане [Report: How Russia approaches ... 2021]. СССР обеспечивал семенами тех афганцев, которые проживали в подконтрольных ему районах; поставлял сельскохозяйственную продукцию на чрезвычайно выгодных условиях с целью поощрения внутренней миграции из сельских районов. Другие экологические проблемы, связанные с советским вторжением в Афганистан, включают упоминания о захоронении радиоактивных отходов и запрещенных на международном уровне пестицидов [Formoli, 1998].

Если обратить внимание на источники, используемые специалистами из «Обсерватории конфликтов и окружающей среды» (CEOBS), становится понятно, что анализ влияния СССР на окружающую среду Афганистана построен на отчетах, опубликованных различными органами безопасности США, и не включают иных (академических) публикаций.

Также следует учитывать, что ухудшение состояния окружающей среды само по себе не может служить основной причиной вооруженного конфликта; кроме того, данный вопрос не стоит на повестке дня национальной безопасности мировых держав и даже вряд ли окажется интересным в качестве области исследования, если не рассматривать его в сочетании с другими причинами вооруженного конфликта, среди которых наиболее очевидной остается борьба за ресурсы.

Статья подготовлена в рамках проекта РФФИ № 18-05-80043.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bailey J.L.* States, stocks, and sovereignty: High seas fishing and the expansion of state sovereignty // *Conflict and the Environment*. Springer, Dordrecht, 1997. С. 215–234.
2. *Bouvier A.* Protection of the natural environment in time of armed conflict // *International Review of the Red Cross* (1961–1997). 1991. Т. 31. No. 285. С. 567–578.
3. *Brown J.D.J.* Oil Fueled? The Soviet Invasion of Afghanistan // *Post-Soviet Affairs*. 2013. Т. 29. No. 1. С. 56–94.
4. *Das O.* Environmental protection, security and armed conflict: A sustainable development perspective. Edward Elgar Publishing, 2013.
5. DTIC ADA209189: The Soviet Afghanistan Experience as a Reflection of Soviet Strategic Culture, 1989. URL: https://archive.org/details/DTIC_ADA209189/mode/2up (дата обращения: 25.05.2021).
6. *Formoli T.A.* Impacts of the Afghan-Soviet War on Afghanistan's Environment: Short Communications & Reports // *Environmental Conservation*. 1995. Т. 22. No. 1. С. 66–69.
7. *Gleditsch N.P.* Armed conflict and the environment: A critique of the literature // *Journal of peace research*. 1998. Т. 35. No. 3. С. 381–400.
8. *Jha U.C.* Armed Conflict and Environmental Damage. Vij Books India Pvt Ltd, 2014.
9. *Levin A.* Agriculture and stability in Afghanistan. School of Advanced Military Studies United States Army Command and General Staff College Fort Leavenworth, Kansas. 2009. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.618.6861&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 25.05.2021).
10. Public papers of the Presidents of the United States, Dwight D. Eisenhower: containing the public messages, speeches and statements of the President by United States. President (1953–1961: Eisenhower): Statement made by President Eisenhower in a press conference on 7 April 1954, cf. (1954). URL: <https://archive.org/details/publicpapersofpr1957unse> (дата обращения: 25.05.2021).
11. *Rayfuse R.* (ed.). War and the environment: new approaches to protecting the environment in relation to armed conflict. Martinus Nijhoff Publishers, 2014.
12. *Renner M., Patterson W.* Fighting for survival: Environmental decline, social conflict, and the new age of insecurity. Earthscan, 1997.
13. Report: How Russia approaches the environment, peace and security. 2021. URL: https://ceobs.org/wp-content/uploads/2021/01/CEOBS_How_Russia_approaches_environmental_security.pdf (дата обращения: 25.05.2021).
14. *Schafer B.K.* The relationship between the international laws of armed conflict and environmental protection: the need to reevaluate what types of conduct are permissible during hostilities // *Cal. W. Int'l LJ*. 1988. Т. 19. № 2. С. 287–326.
15. *Sjostedt B.* The Role of Multilateral Environmental Agreements: A Reconciliatory Approach to Environmental Protection in Armed Conflict. Bloomsbury Publishing, 2020.
16. The cost of Soviet Involvement in Afghanistan. An Intelligent Assessment. 1987. URL: https://www.cia.gov/readingroom/docs/DOC_0000499320.pdf (дата обращения: 25.05.2021).

ТРАГЕДИЯ СЕЙНЕРА «УРУП» И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

Е.Ф. Кринко

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

Многие гости Новороссийска обращают внимание на памятник погибшим рыбакам на мысе Любви практически в самом центре набережной. На высоком гранитном постаменте три бронзовых рыбака напряженно всматриваются в бушующее море. Надпись сообщает: «Экипажу сейнера “Уруп” рыболовецкого колхоза “Черноморец”, погибшему во время урагана в районе Поти 21 февраля 1953 г.». Ниже перечисляются имена жертв трагедии: Панасенко А.Ф. (бригадир), Салыкин Н.С. (помощник капитана), Ружицкий В.И. (механик), Думбров И.П. (помощник механика); рыбаки: Хоролец В.И., Пискунов А.К., Шевчук В.П., Бутько А.Е., Демирьян А.С., Кагариди Е.И., Поляков В.А., Здесенко А.И. Авторами памятника являлись скульпторы Н.В. Тимошин и Р.М. Мокрушев. Ставший одним из мемориальных символов города, памятник имеет статус объекта искусства федерального значения.

В публикациях на сайте Новороссийска и в других Интернет-изданиях можно найти краткое изложение трагедии, происшедшей в феврале 1953 г. [Памятник погибшим рыбакам в Новороссийске ...]. Суть его сводится к следующему: возвращавшийся с улова сейнер «Уруп» получил штормовое предупреждение. Поскольку в ближайшем для него порту Сухуми существовала большая очередь на сдачу рыбы, сейнер направился в порт Поти. Но по пути сильным штормом его выбросило на мель примерно в 20 милях от Поти в районе речки Кулеви. Ко времени прибытия спасательных судов на «Урупе» перестала работать связь и заглох двигатель. Спасательная ситуация оказалась неудачной. До берега вплавь удалось добраться только капитану и его помощнику. Но помощник умер от переохлаждения, а капитан сошел с ума. Всего погибли 12 рыбаков в возрасте от 20 лет до 45 лет. Во многом эти сведения опираются на публикацию воспоминаний В. Титкова, бывшего одним из участников спасательной операции [Лапин, 2012].

Дополнительную информацию можно встретить в обсуждении истории «Урупа» на форуме сервера «Наш Новороссийск», вызванном вопросом одного из его посетителей: «Вроде стоит себе всем известный примечательный памятник на Мысе любви... А кто знает, с чем связана его установка? Ведь сейнеры тонут, и моряки гибнут не раз в сто лет... Да и памятник – не “для галочки”, а серьезное скульптурное сооружение. Расскажите. Мне (да и, наверное, многим) очень интересно». В ответ старожилы отмечали, что это «вроде известное в нашем городе событие... Раньше об этом и в школе, и в музее нашем рассказывали...». Другие рассказывали о том, что их родственники имели отношение к этой трагической истории: «...эти погибшие рыбаки – друзья моего деда, коллеги, он принимал участие в спасательной операции, долго потом переписывался с родственниками погибших. Даже сам переносил трупы в новороссийский морг»; «Мой дед тогда должен был на том сейнере в рейс пойти, но жена не пустила – почуяла». Третьи вспо-

нили, что памятники погибшим установлены также на их могилах на городском кладбище [Сейнер «Уруп» ...].

Таким образом, память о гибели команды «Уруп» сохраняется не только в мемориальных формах, но и в личных воспоминаниях жителей города, а памятник на набережной вызывает к себе закономерный интерес. Однако за прошедшие годы с момента трагедии она так и не стала предметом специальных исследований, порождая недостоверные предположения [Сейнер «Уруп» ...]. Между тем в архиве муниципального образования город Новороссийск хранится фонд рыболовецкого колхоза «Черноморец», документы которого позволяют пролить свет на многие обстоятельства трагедии, а также выяснить в ней роль социального и природного факторов. В первую очередь, это протоколы заседания правления рыболовецкого колхоза им. Нариманова (переименованного в 1956 г. в «Черноморец») с 5 января по 10 декабря 1953 г. [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 77].

Первые четыре заседания правления состоялись до выхода сейнера в море, и обращение к ним позволяет установить предпосылки трагедии. Так, на заседании № 1 от 5 января 1953 г. была заслушана информация бригадиров о работе и мероприятиях по выполнению плана. Первым выступил бригадир А.Ф. Панасенко, заявивший: «У нас все готово к выходу в море, но мешает погода». Председатель правления Н.Ф. Бубликов ответил: «Есть сообщения, что в районе Поти – Батуми много рыбы. Нужно выйти туда нашим бригадам». К обсуждению вопроса подключился другой бригадир рыбаков Джевага: «Против поездки на Кавказ мы не возражаем, но надо вместе с нами отправить приемку и закрепить ее за нами не менее трех рефрижераторов. Нужно сначала проверить наши берега, может здесь есть рыба и не стоит ее искать где-то». После этого Панасенко уточнил: «Только из-за метеорологических условий нужно ехать, т.к. ветры не дадут здесь работать, только нужно прикрепить за нами приемку, как сказал т. Джевага. Нужно рыбзаводу это учесть». После этого в дискуссию вступила член правления Алякринская: «Неправильно ставят вопрос бригадиры, чтобы посылать приемку вместе с ними, как только бригада поймает, сейчас же будем бить тревогу относительно приемки». С этим не согласился еще один бригадир П. Буряк: «Тов. Алякринская говорит, что езжайте, поймайте, а потом будем поднимать тревогу относительно приемки. Нужно потребовать от треста и рыбзавода наладить приемку. Послать вместе с бригадами и рефрижератор». Бригадиров поддержал председатель правления: «Мы за то, чтобы выехать в Поти, но требуем, чтобы дали баржу, и она шла вслед за бригадами. Бригады заключают соцдоговоры на выполнение плана. Тревогу надо поднимать сейчас, а не тогда, когда суда бригад будут заполнены, а приемки нет. Надо непременно послать баржу вместе с бригадами, тогда будет толк. И будут выходить наши бригады не все вместе, а пойдет одна и узнает, какой там лов. Если будет рыба и налажена приемка, тогда будут направлены и остальные бригады». Далее он заключил: «При восстановлении погоды необходимо проверить и свой район, так как имеется большая концентрация в наших районах, но мешают погоды». В результате заседание постановило: «При условии хорошей концентрации рыбы и при обеспечении нас приемками на месте лова выехать в район Поти одной бригаде, а двум бригадам проверить свой берег и в случае отсутствия рыбы у наших берегов выехать в Поти» [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 77. Л. 1–10б.].

На заседании № 3 28 января был утвержден план на 1 квартал 1953 г. по бригадам и обсужден вопрос о подготовке к выезду на лов хамсы в район Поти. Выступивший по второму вопросу председатель правления колхоза Бубликов довел до остальных участников следующую информацию: «Я имею сведения о том, что министр рыбной промышленности запретил выезд нашим бригадам в район Поти. Но мы на всякий случай должны

подготовиться к этой экспедиции, если там будет обеспечена приемка». Бригады наиболее успешных, исходя из плановых показателей бригад, Панасенко и Джевага, сообщили о неисправностях моторов на их судах, после чего было принято решение: «При устранении указанных неполадок и обеспечении приемкой рыбы в Потти послать в экспедицию бригады тт. Панасенко и Джевага» [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 77. Л. 3]. На следующем заседании № 4 9 февраля правление вернулось к вопросу о выходе в район Потти. Несмотря на доводы председателя правления все бригады высказались за поход к Потти. Принятое постановление подтвердило выход в данный район двух бригад после устранения всех неполадок и решения вопроса о приемке рыбы [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 77. Л. 4].

Последствия трагедии рассматривались на заседаниях № 5 27 марта, № 6 15 апреля, № 7 16 мая и № 8 23 июля 1953 г. Так, 27 марта правление рыболовецкого колхоза им. Нариманова утвердило по авансовому отчету члена правления П.Б. Буряка расходы, произведенные в г. Потти на розыски тел погибших членов колхоза бригады Панасенко, на отправку их в Новороссийск и на похороны, а также распределение единовременного пособия семьям погибших колхозников [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 77. Л. 6–7].

Несомненный интерес при изучении данного вопроса представляют и другие документы – годовой отчет рыболовецкого колхоза им. Нариманова за 1953 г., в приложении к которому содержится перечень расходов на погребение [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 80. Л. 52] и список погибших [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 80. Л. 58]; переписка правления колхоза с Новороссийской моторно-рыболовной станцией по производственным вопросам [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 81], включающая, помимо прочего, такие материалы, как письмо о розыске тела Демирьяна, предложение правления назвать именем Панасенко один из сейнеров, приказ по Новороссийской моторно-рыболовной станции «Об аварии МЧС “Уруп” от 27 апреля 1953 г., приговор линейного суда Черноморского бассейна и Дунайского пароходства от 16 апреля 1953 г.; переписка с крайрыбсоюзом по вопросам работы флота, добычи рыбы-сырца и другим производственным вопросам [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 81. Л. 27]. Указанные документы позволяют восстановить хронологию и содержание событий, а также опровергнуть ряд домыслов, например, о судьбе спасшихся. Добраться вплавь до берега удалось помощнику бригадира Бузину, рыбаку Полякову, умершему в больнице, и капитану Нефедову, который был затем признан виновным в аварии судна и гибели людей и осужден на 5 лет лишения свободы в исправительно-трудовом лагере [АМОГН. Ф. Р-335. Оп. 1. Д. 81. Л. 74–75].

Трагедия «Урупа» совпала по времени с выборами в местные Советы депутатов трудящихся (они проводились на следующий день, 22 февраля) и не получила освещения в печати. Городская газета «Новороссийский рабочий» – орган горкома ВКП(б) и совета депутатов трудящихся – опубликовала лишь заметку «Успех рыбаков» под рубрикой «Трудовые успехи в честь выборов», в которой говорилось: «Коллективы экспедиционных судов базы государственного улова, находящихся в районе Потти на вылове черноморской хамсы, добились новых замечательных успехов» [Скляр, 1953]. В последующем о катастрофе, жертвами которой стали 12 человек, также ничего не сообщалось, так как отмечалась 35-я годовщина Советской армии и Военно-морского флота, подводились итоги выборов. Затем умер И.В. Сталин и на несколько дней страницы газеты заполнили траурные материалы. В кратких заметках сообщалось о стихийных бедствиях – но только происходивших в капиталистических странах [Шторм над Данией, 1953; Наводнение в Турции, 1953].

Только после смерти Сталина об открытии памятника рассказала заметка в газете «Новороссийский рабочий» [Открытие памятника погибшим морякам, 1959]. Обраще-

ние к ней позволяет уточнить дату установления памятника, поскольку в современных публикациях сообщается, что это произошло в очередную годовщину трагедии [Памятник погибшим рыбакам в Новороссийске...]. Однако в заметке, датированной 4 августа, сказано: «В воскресенье (следовательно – 2 августа 1959 г. – Е.К.) неподалеку от городской водной станции был открыт памятник 12 рыбакам сейнера “Уруп” колхоза “Черноморец”, погибшим на трудовом посту» [Открытие памятника погибшим морякам, 1959].

Таким образом, использование различных источников позволяет раскрыть на достоверной основе все обстоятельства происшедшей трагедии.

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».

Автор выражает признательность за помощь в сборе материал директору Новороссийского политехнического института (филиала) Кубанского государственного технологического университета к.и.н. Т.В. Лоховой и руководителю Управления архива муниципального образования город Новороссийск Н.А. Мартовецких.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архив муниципального образования город Новороссийск (АМОГН).
2. Липин Е. Улов того не стоил // Новороссийский рабочий. 2012. Апрель. URL: <http://novo-city.ru/news/1/24819/ulov-togo-ne-stoil/&print=1> (дата обращения: 12.04.2021).
3. Наводнение в Турции // Новороссийский рабочий. 1953. 25 февраля. С. 4.
4. Открытие памятника погибшим морякам // Новороссийский рабочий. 1959. 4 августа. С. 4.
5. Памятник погибшим рыбакам в Новороссийске: трагическая история, фото, видео. URL: <https://gorod-novoross.ru/pamyatnik-pogibshim-rybakam-v-novorossijske-foto> (дата обращения: 12.05.2021)
6. Сейнер «Уруп». Что за история? // Наш Новороссийск. URL: <http://forum.nvrsk.ru/index.php?showtopic=133095> (дата обращения: 12.05.2021)
7. Скляр В. Успех рыбаков // Новороссийский рабочий. 1953. 21 февраля. С. 1.
8. Шторм над Данией // Новороссийский рабочий. 1953. 22 февраля. С. 4.

СТОЛКНОВЕНИЕ КУБАНСКИХ КАЗАКОВ С НЕПРИВЫЧНЫМИ ПРИРОДНО-СОЦИАЛЬНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРОСТРАНСТВ ЗАКУБАНЬЯ

А.П. Скорик¹, И.М. Федина²

*¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М.И. Платова, г. Новочеркасск*

*²Кубанский государственный университет, г. Краснодар
s_a_p@mail.ru; ir_lap@mail.ru*

Имперское правительство направляло в Закубанье новых поселенцев из различных регионов России, и в переселенческой политике акцентировало внимание на богатстве горно-предгорного края природными ресурсами (а не на серьёзных проблемах), о чём сообщалось в «Рескрипте, данном 24-го июня 1861 года на имя Наказного Атамана Кубанского казачьего войска, г[осподина] генерал-адъютанта графа [Н.И.] Евдокимова» императором Александром II. В правовом акте подчёркивалось: «Переселение вперёд наших линий, конечно, не может не быть тягостным; но это переселение есть жертва, приносимая верно-подданными для блага Отечества... Честь выполнения этого славного дела принадлежит преимущественно казакам Кубанского войска... Желаю, чтобы заселение передовых пространств клонилось к собственному же их благу... Обширные земли, которыми они теперь владеют, состоят большею частию из степных пространств, во многих местах маловодных и почти везде безлесных; новые-же земли, отводимые им в предгорьях Кавказа, богаты водами, пастбищами, лесами. Земли эти впоследствии, при трудолюбивом и смышлёном населении, могут доставить Войску полное благоденствие» [1, л. 3–4].

Планомерное и целенаправленное заселение обоих склонов главного Кавказского хребта русским населением, преимущественно казаками, начинается с 1861 г. на исходе продолжительной Кавказской войны 1817–1864 гг. Динамика водворения новых казачьих станиц в Закубанье на этом, завершающем историческом этапе затянувшегося военного противостояния с горцами характеризовалась шестикратным приростом поселенческих структур и выглядела следующим образом: в 1861 г. всего насчитывалось 17 станиц, в 1862 г. к ним добавилось ещё 28 станиц, в 1863 г. появилась 21 новая станица, в 1864 г. дополнительно обустроились 54 станицы [2, л. 151].

Об использовании природных древесных строительных материалов и успешном заселении выделенных территорий оптимистично докладывал 1 июля 1864 г. вышестоящему начальству командир 23-го Псекупского полка, полковник И.Д. Попка. В его рапорте отмечается: «Водворение переселенцев идёт деятельно. В строительных материалах недостатка нет». Однако заготовка и доставка материалов сопровождалась трудностями для поселенцев. Им выделялись определённые делянки леса, где они могли брать строительный материал под присмотром конных разъездов, как указывалось, «чтобы ездили за оным вместе и составляли надёжное прикрытие, а не раскидывались бы по одиночке, по всем окрестностям» [3, л. 106об.]. Устранять кордонные происшествия, в том числе с горцами, которые

неизбежно случались при массовой заготовке строительных материалов для обустройства возводимых станиц, приходилось военному начальству.

Большой урон лесным богатствам Закубанья нанесли заготовки шпального леса, для чего требовались породы деревьев покрупче (а они, как правило, растут дольше), при этом древесных отходов при выпиливании шпал из брёвен получалось немало, к тому же потребность в деревянных шпалах только нарастала. Заготовку шпального леса контролировали крупные лесопромышленники, предпочитавшие привлекать для выполнения первичных операций по вырубке леса «тёмных личностей», не брезговавших никакими средствами ради удовлетворения своей наживы. Эти шустрые посредники путём прямого подкупа станичных властей, преднамеренного спаивания выборных (лиц, имеющих право голоса), красочными обещаниями крупных барышей населению заручались общественными приговорами станичных обществ на право открытия в населённых пунктах лесных складов и организации скупки шпального леса. Когда дело по заготовке шпального леса налаживалось, заметно усиливалась хозяйственно-экономическая эксплуатация местного населения, поскольку «тёмные личности» произвольно понижали плату за скупаемый у жителей лес, а некоторые дельцы даже уклонялись от уплаты денежных средств за лесоматериал, доставленный на склады. В свою очередь, местные жители пользовались близким месторасположением лесного склада к возможному участку вырубке леса, чтобы реализовать личностную надежду на приличный денежный заработок, и соглашались даже на заведомо низкие расценки за шпальный лес, поскольку у таких «вольных лесорубов» имелась возможность обернуться несколько раз в день из станицы в лес и обратно для сдачи на лесной склад своей добычи. Для поездки в степные кубанские станицы им понадобилось бы затратить полторы – две недели, хотя там лесоматериалы можно было продать дороже, но близость лесного склада и нахождение в своих родных домах (а не в трудной дороге) перевешивала возможную выгоду. В результате местные жители беспощадно вырубали подряд дубовые деревья толще 6 вершков на всей лесной площади станичного юрта, причём лишь немногим из них, имевших несколько пар быков, как сообщалось в циркуляре от 8 декабря 1895 г. [4, л. 185], действительно удавалось заработать десятки рублей за 2–3 недели ведения активной вырубки, на долю большинства «вольных лесорубов», приходились редкие рубли и сущие копейки. Однако даже в таких условиях продажа строевой древесины процветала, хотя главными её бенефициарами являлись отнюдь не местные жители, природную ренту получали «тёмные личности» и крупные лесопромышленники, ибо тот же шпальный лес был крайне востребованным товаром, а строевая древесина шла на строительство общественных зданий и жилищ зажиточных поселенцев. Впрочем, с другой стороны проблемы заготовки дров для отопления домов в холодные времена года для местных жителей в условиях активной вырубки леса не существовало.

Рациональному природопользованию в лесных населённых пунктах Закубанья мешали лесные пожары, нередко являвшиеся результатом воздействия на природу человеческого фактора. В сохранившемся описании лесного катаклизма одного из кубанских путников мы читаем: «Из посёл[ка] Прусского (ныне станица Безводная Майкопского района Республики Адыгея. – *Авт.*) в станицу Дагестанскую (ныне в Майкопском районе Республики Адыгея. – *Авт.*) дорога пролегает через лес. ...У самой дороги огненные языки пожирают всё, что только может гореть. Ямщик попался из бойких, и на все мои замечания об опасности лесного пожара отвечал со смехом: «Ничего, лошади хорошие, проскочим», что он и исполнил аккуратно. Из всех расспросов о причинах лесных пожаров нужно прийти к такому заключению: чистых полей не очень много, на всех не успевают скосить траву, распахки не бывает, а поляны зарастают мелким лесом, который потом и мешает сенокосу; вот почему

и прибегают к помощи «красного петуха». А раз только пожар начался, хотя и на поляне, то остановить его в должных границах весьма трудно, и он гуляет себе по лесу, да и останавливать-то огонь никто ни желания, ни охоты не имеет. В виду этого, целую ночь вы можете пользоваться даровыми картинами лесных пожаров, но, смотря на эти явления, невольно пожалеешь, что так много и совершенно напрасно пропадает богатых лесов» [7, с. 5].

Буквально в первый же год своего проживания в новой местности первопоселенцы столкнулись с сокрушительными наводнениями и масштабными разливами горных рек, приносившими людям неисчислимые страдания. За первые пять лет пребывания в Закубанье жители станицы Фанагорийской (ныне село в составе Безымянного сельского округа, входящего в муниципальное образование «город Горячий Ключ» Краснодарского края) пережили три крупных наводнения. В общественном заявлении от 8 декабря 1869 г. станичники прискорбно отмечали: «Мы потерпели убытки от поселения, именно: в 1866 году 19 июля чрез проливной дождь открывалось сильное наводнение, кроме того, что речка Чуджи (Чепси. – *Авт.*), под которою поселена наша станица, выходила из берегов на семь аршин вверх (то есть до 5 метров. – *Авт.*), затопляло половину нашей станицы, уносило движимое и недвижимое наше имущество, которое только было залито водою, и вовремя этого наводнения произошло нам в убыток на девять тысяч рублей серебром. В 1868 году 20 июля так же от наводнения произошло нам убыток на тысячу рублей серебром, и за всё прожитое нами время в Фанагорийской станице, т.е. с 1864 по настоящий 1869-й год, мы пользы себе ни в чём не получили, кроме натурального убытка» [5, л. 178–178об., 179–179об.]. Тем самым расположение станицы в горно-лесистой местности на берегу реки Чепси, где она впадает в реку Псекупс, сыграло с селением злую роль, когда непредсказуемая водная стихия в один момент уничтожала многомесячные труды людей.

Река Шебш (или Шебша; правый приток реки Афипис, являющейся левым притоком реки Кубань) за короткий срок (трижды за три года) доставляла большие неприятности поселенцам станицы Новодмитриевской (ныне станица административно находится в Северском районе Краснодарского края). Через реку Шебш был сооружен казённый деревянный мост, соединявший станицу Новодмитриевскую с местечком Григорьевским, где тогда располагалась штаб-квартира Большого Шапсугского отряда, и здесь же в 1863 г. сформировали Джубгский отряд, а в 1864 г. недалеко от укрепления основывается станица Григорьевская. О важности указанного места свидетельствует посещение его осенью 1861 г. императором Александром II, который под охраной третьего дивизиона Северского драгунского полка прибыл в Григорьевское укрепление в целях осмотра войск Большого Шапсугского отряда. Так вот связь станицы Новодмитриевской с местечком Григорьевским неоднократно прерывалась из-за норовистой горной реки Шебш, в частности, в декабре 1866 г. сильное наводнение полностью разрушило важное средство местной коммуникации, но мост очень быстро отремонтировали. Однако уже в январе 1867 г. мощный речной поток вновь снёс восстановленный мост, не удержавшийся от неимоверного воздействия водной стихии. Транспортное сооружение люди в очередной раз возвели заново и соединили два берега реки Шебш для поддержания связи с близлежащими селениями. Прошёл год, и 28 января 1868 г. вновь «сильным напором льда сорвало и повыворачивало пали (имеются в виду промежуточные опоры моста, которые также называют быками. – *Авт.*), уцелели только береговые устои (опоры, врытые в речной берег. – *Авт.*), чрез что сообщение с м[естечком] Григорьевским прекращено» [6, л. 76].

Даже небольшие речки в Закубанье, наполняясь буквально в считанные минуты и часы мощными притоками природной воды, причиняли немало неожиданных неприятностей

путникам, волею судеб оказавшихся на переправе через небольшую вроде бы водную преграду именно в этот самый момент быстрого набора стихийной силы горной речкой. Вот такой непредсказуемой бедой оказывалась простая речная переправа у посёлка Самурского (ныне станица в Апшеронском районе Краснодарского края), расположенного на правом берегу реки Пшеха, в которую впадают более мелкие речки, в том числе многократно петляющая на местности река Матузка. Один из кубанских путников по какой-то надобности в начале 1881 г. попал в обозначенный район станицы Самурской, основанной в 1863 г., как раз во время горного паводка, о чём красноречиво написал в своих путевых заметках в газете «Кубанские областные ведомости»: «Положение посёлка Самурского на р[еках] Пшехой и Писхой (Циц(а)е. – *Авт.*) весьма невыгодное: эти капризные реки, переполняясь при самых небольших дождях в горах, бывают опасны и совершенно недоступны; да и в хорошее время, переправляясь через эти реки, вы не лишены приятности замочить ноги, так как воды всегда почти столько, что она захватывает и ящик перекладной, а течение настолько быстро, что малейшая неосторожность или неумение ямщика может заставить вас принять, помимо вашего желания, холодную ванну, что и проделал со мной мой возница» [7, с. 5]. Тем самым, маленький экстрим настолько впечатлил неизвестного автора в конце XIX в., что он счёл возможным описать путевое приключение в газете.

Проходимость проложенных во второй половине XIX в. дорог в распутицу (в зимнее и весеннее время, после затяжных дождей и таяния снега) оставалась крайне низкой, поэтому населённые пункты в такие времена оставались, к сожалению, надолго отрезаны от остальной части Кубанской области, о чём многократно упоминается в исторических источниках. К примеру, инспектор в чине генерал-майора (увы, его подпись в архивном документе неразборчива) 16 февраля 1869 г. с большим неудовольствием сообщает об итогах своей инспекционной поездки: «Я выехал из ст[аницы] Ключевой (ныне город Горячий Ключ Краснодарского края) в Фанагорийскую (ныне примерно в 22 километрах на юг. – *Авт.*) взглянуть на их жизнь и хозяйство, но не проехал и полдороги, был принуждён вернуться обратно по случаю отсутствия всякого сообщения, которое продолжается иногда довольно долго; другого же пути до станицы Фанагорийской (сегодня это село входит в состав Безымянного сельского округа муниципального образования «город Горячий Ключ» Краснодарского края. – *Авт.*) не имеется. Находясь в таком замкнутом положении, жители постепенно приходят всё более и более в положительную нищету, и потому высылка их из того ущелья на удобную землю необходима» [5, л. 180].

Таким образом, освоение казаками Закубанья во второй половине XIX в. сталкивалось со многими, ранее непривычными для них природно-социальными проблемами, которые постепенно находили своё разрешение, и зачастую это делалось местными силами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный архив Краснодарского края (ГАКК). Ф. 252. Оп. 2. Д. 383.
2. ГАКК. Ф. Р-1700. Оп. 2. Д. 745.
3. ГАКК. Ф. 252. Оп. 2. Д. 396. Т. 1.
4. ГАКК. Ф. 454. Оп. 4. Д. 4135.
5. ГАКК. Ф. 252. Оп. 2. Д. 2163.
6. ГАКК. Ф. 351. Оп. 1. Д. 353.
7. Кубанские областные ведомости. 1881. № 16. 25 апреля.

**ОБЪЕКТЫ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В РАЙОНАХ
АКТИВНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ АБРАЗИИ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСКУРСИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
(на примере береговой зоны Неклиновского района Ростовской области)**

О.А. Хорошев, М.Ю. Русаков, Д.Д. Челпанова

*Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону
ourregion@mail.ru, rusakov@ssc-ras.ru, chelpanova@ssc-ras.ru*

Абразионные процессы и последствия их проявлений в пределах российского побережья Азовского моря на протяжении долгого времени исследуются российскими специалистами, в том числе, учеными РГУ (ЮФУ) и ЮНЦ РАН [Мамыкина, Хрусталева, 1980; Матишов и др., 2015; Матишов и др., 2016; Беспалова, Цыганкова, 2020]. В последние годы большое внимание уделяется вопросам оценки прогнозируемого ущерба социально-экономическим объектам на участках с активным проявлением абразионных и оползневых процессов, в частности, на северном берегу Таганрогского залива Азовского моря [Khavansky et al., 2020; Хорошев и др., 2020].

Определенную часть объектов культурного наследия (ОКН) можно отнести к социально-экономическим объектам, к примеру, те из них, которые используются культурной, образовательной, туристской сферами хозяйственного комплекса. К ним событийно и тематически могут быть привязаны культурно-просветительские, духовные, патриотические мероприятия. ОКН могут выступать главным экономическим активом территорий, на которых они находятся, принося прибыль – так называемую «культурную ренту». Утрата ОКН в результате абразионного разрушения берегов может негативно отразиться на потенциале и возможностях развития туристско-рекреационной сферы, традиционной для береговых зон южных морей, в частности, на формировании программ культурно-познавательного (экскурсионного) туризма, а также на туристском имидже региона в целом.

В ходе экспедиционных работ ЮНЦ РАН и ЮФУ (2018–2021 гг.), произведенных в рамках реализации проектов РФФИ и междисциплинарного проекта ЮНЦ РАН № 16–20-МД/2020, в пределах северного побережья Таганрогского залива (Неклиновский район Ростовской области), авторы исследования столкнулись с проблемой интенсивного разрушения, а также угрозой утраты в ближайшей перспективе отдельных ОКН, низкой информированностью местных жителей об их существовании, уникальности и исторической ценности. Многие ОКН оказались не вовлечены в какие-либо экскурсионные программы даже на уровне сельских поселений, имели явные признаки нерационального использования. На этом фоне актуальной может быть реалистичная экскурсионная оценка ОКН, расположенных в районах активного проявления абразионных процессов.

Более 70 % побережья Неклиновского района подвержено активному воздействию береговой абразии, среднемноголетняя интенсивность (скорость) которой на отдельных участках превышает 4 м/год [Беспалова, Цыганкова, 2020]. Согласно расчетам [Хорошев

и др., 2020], в перспективе на два ближайших десятилетия Неклиновский район может безвозвратно потерять в результате обрушения берегов 111 га земель различного назначения с расположенными на них (только отмеченных на публичных кадастровых картах Росреестра) 69 объектами капитального строительства, инфраструктуры, культурного наследия и пр.

При проведении оценки возможностей экскурсионного использования ОКН, расположенных в районах активного проявления абразии, авторы исследования опирались на методологические разработки известных советских и российских специалистов в области рекреационной географии и исторического краеведения [Емельянов, 1985; Матюшин, 1987; Долженко, 2006; Емельянов, 2007], а также на собственные наработки по данной тематике [Карцева и др., 2015; Погосова и др., 2016; Хорошев, Кедрова, Карич, 2020].

Исследованию подлежали все ОКН, внесенные в Единый государственный реестр ОКН народов РФ (ЕГР), частично или полностью расположенные в зонах предполагаемого обрушения берегов – между современным береговым клифом и границей его прогнозируемого смещения в перспективе на 20-летний период. В процессе полевых работ на местности выявлялись визуальные признаки присутствия памятников (или их элементов). Фиксировались также все достопримечательные объекты и местности, имеющие признаки ОКН, но по каким либо причинам не внесенные в ЕГР. В случаях необнаружения визуальных признаков присутствия ОКН (или их элементов), то есть – фактического отсутствия элементов показа, дальнейшая экскурсионная оценка объектов не производилась. Также не оценивались ОКН, расположенные на защищенных неповрежденными берегозащитными сооружениями участках берега, и берегах, не подверженных абразии, в т.ч., имеющих замершие склоны, покрытые древесно-кустарниковой растительностью.

Всего в пределах участков азовского побережья Неклиновского района, подверженных активной абразии, как на предварительном камеральном этапе, так и на местности, было идентифицировано и обследовано 24 ОКН, внесенных в ЕГР. Из них 4 объекта относятся к братским воинским захоронениям, состоящим также на учете в Военно-мемориальном центре Минобороны РФ (ВМЦ). В перспективе на два ближайших десятилетия возможно разрушению, из числа исследованных ОКН, могут подвергнуться 18 памятников федерального значения, 2 памятника регионального значения и 4 братских воинских захоронения. В зоне возможного разрушения выявлено также 5 объектов, имеющих признаки ОКН, но не состоящих на учете в ЕГР.

Последующие этапы экскурсионной оценки осуществлялись в отношении идентифицированных на местности объектов, имеющих визуальные признаки присутствия ОКН (или их элементов). Таким образом, из 29 обследованных на местности ОКН, для дальнейшей оценки было оставлено только 11 объектов. Так, например, большинство археологических памятников (преобладающих на участках исследования) ожидаемо не обладали какими-либо видимыми элементами экскурсионного показа.

Для экскурсионной оценки ОКН был применен балльный подход как универсальный и достаточно объективный метод. Количеством баллов (от 1 до 5) оценивался каждый из критериев, характеризующих степень пригодности того или иного объекта для использования в экскурсионном показе. Итоговая сумма баллов, полученных каждым ОКН при оценке всех критериев, характеризовала его пригодность для дальнейшего экскурсионного использования. В число критериев оценки объектов были включены: безопасность и комфортность экскурсионного посещения, удобство месторасположения, познавательная ценность, информативность, историческая значимость, экзотичность (неповторимость),

выразительность, уровень сохранности, общее состояние. Оценивалась также известность ОКН через контент-анализ электронных (интернет) источников информации об объекте, изучение особенностей вовлечения ОКН в существующие экскурсионные программы, общественные мероприятия и пр.

По итогам оценки (исходя из суммы набранных баллов) из исследуемых 11 объектов, расположенных на участках с активным проявлением абразии, наиболее перспективными для использования в экскурсионном показе (25 и более баллов), можно отметить: 1) особняк (замок) Лакиера в ансамбле усадьбы А.Б. Лакиера (пос. Золотая Коса); 2) западный бастион Семеновского шанца поселения «Семеновская крепость» (с. Беглица); 3) памятник павшим героям Красного Десанта над братской могилой (с. Боцманово); 4) памятник над братской могилой воинов Советской армии (с. Христофоровка); 5) памятник на месте перехода линии фронта разведчиками 56 армии (х. Рожок); 6) Самбекский археологический комплекс, включающий Самбекское городище и Круглый редут (с. Вареновка).

На исследуемой территории, учитывая среднескользящую скорость абразии, было определено, что в течение ближайших трех лет велика вероятность разрушения четырех ОКН (без учета объектов археологического наследия):

- особняк (замок) Лакиера в ансамбле усадьбы А.Б. Лакиера (пос. Золотая Коса);
- кирпичные склады в ансамбле усадьбы А.Б. Лакиера (пос. Золотая Коса);
- памятник павшим героям Красного Десанта над братской могилой (с. Боцманово);
- памятник на месте перехода линии фронта разведчиками 56-й Армии (х. Рожок).

Работа выполнена в рамках реализации научного проекта РФФИ № 18-05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е. Абразионные процессы и их последствия // Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 97–110. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-97-110
2. Долженко Г.П. Экскурсионное дело: Учебное пособие / изд. 2-е, испр. и доп. (Сер. «Туризм и сервис»). М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д.: Изд. центр «МарТ», 2006. 304 с.
3. Емельянов Б.В. Основы экскурсоведения. Уч. пос. М.: ЦРИБ «Турист», 1985.
4. Емельянов Б.В. Экскурсоведение. М.: Советский спорт, 2007. 216 с.
5. Khavansky A.D. et al. Risk assessment of hazardous abrasion and landslide processes in the coastal zone of the Azov Sea. 2020. E3S Web of Conferences. 175(1): 06008. DOI: 10.1051/e3sconf/202017506008.
6. Карцева К.В. и др. Оценка городищ античного времени города Ростова-на-Дону в свете развития цивилизационного туризма // Сотрудничество стран БРИКС для устойчивого развития: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых стран БРИКС (Ростов-на-Дону, 24–26 сентября 2015 г.): в 2 т. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 325–328.
7. Мамыкина В.А., Хрусталева Ю.П. Береговая зона Азовского моря / отв. ред. О.К. Леонтьев. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1980. 174 с.

8. Матишов Г.Г. и др. Азовское море: современные абразионные процессы и проблемы берегозащиты // Доклады академии наук. М.: Изд-во «Российская академия наук». 2016. Т. 471, № 4. С. 483–486. DOI: 10.7868/S086956521634020X.
9. Матишов Г.Г., Бердников С.В., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Цыганкова А.Е., Хартиев С.М., Иошпа А.Р., Архипова О.Е., Кропянко Л.В., Сушко К.С., Шевердяев И.В., Беспалова Е.В. Современные опасные экзогенные процессы в береговой зоне Азовского моря: монография. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. 324 с.
10. Матюшин Г.Н. Историческое краеведение. Уч. пос. для студентов пед. ин-тов по спец. № 2108 «История». М.: Просвещение, 1987. 207 с.
11. Погосова и др. Городище античного времени как источник экономико-географической информации в школьных учебных экскурсиях (на примере Нижне-Гниловского городища Ростова-на-Дону) // Сб. мат-лов V Всеросс. научно-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по туризмоведению / отв. ред. О.В. Ивлиева. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2016. С. 180–182.
12. Хорошев О.А. и др. Оценка социально-экономического ущерба проявления абразионных и оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря // Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе. Ростов н/Д., Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 300–311. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-300-31.
13. Хорошев О.А. и др. Оценка возможности экскурсионного использования археологических объектов в условиях городской среды (на примере города Ростова-на-Дону) // Гуманитарные и социально-экономические науки. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2020. № 1 (110). С. 94–103. DOI: 10.18522/1997-2377-2020-110-1-94-103.

ВОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНОВ РФ

ЗООБЕНТОС НИЖНЕГО ДОНА В ПОЗДНЕОСЕННИЙ ПЕРИОД

Н.И. Булышева

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

Река Дон – ключевая транспортная артерия Юга России и основной источник питьевого и хозяйственного водоснабжения Ростовской области. Дефицит водных ресурсов в бассейне Дона, отмечающийся на протяжении последних десятилетий и являющийся следствием сокращения водного стока, усугубил проблемы водохозяйственного комплекса. Всё это не могло не сказаться на состоянии водной экосистемы в целом и её отдельных компонентов в частности, в том числе на состоянии зообентоса, являющегося одним из лучших объектов биоиндикации экологического состояния водотоков, так как эта группа животных характеризуется стабильной локализацией в пространстве и длительными жизненными циклами.

ЮНЦ РАН проводит регулярные исследования экосистемы Нижнего Дона с целью выявления перестроек в донных сообществах под действием климатической нестабильности и хозяйственной деятельности человека. Для корректной оценки произошедших изменений в качестве сравнительного материала привлекаются опубликованные и собственные фондовые данные.

Сведения о структуре донных сообществ до начала строительства Цимлянского водохранилища приведены в работе Л.Л. Россолимо [1952]. Автор выделил в среднем и нижнем течении Дона семь основных биотопов и описал доминирующие таксоны зообентоса (табл. 1).

Активные исследования донных сообществ Нижнего Дона были начаты после возведения гидроузлов и носили в основном рыбохозяйственную направленность. В ходе работ, проведенных в 1981–1994 гг., было выявлено, что пространственная изменчивость количественных показателей бентоса была довольно высока. За этот период общая численность бентосных организмов изменялась от 0 до 18000 экз./м² у г. Волгодонска, до 0,12–106000 экз./м² у г. Азова, отмечены элементы регресса бентосных сообществ и даже их полная гибель [Брызгало и др., 2000].

Таблица 1

**Основные биотопы Нижнего Дона до зарегулирования
(по: [Река Дон ... 1952])**

№	Биотоп	Доминирующие виды
1	Каменистое ложе из девонского известняка на небольшой глубине с большой скоростью течения	Обильно населено реофильными личинками ручейников
2	Прибрежная полоса с меловыми камнями, иногда с фосфоритами	Пиявки, планарии, битинии, лужанки, корофииды, гаммарида, личинки ручейников
3	Чистый песок	Беззубки, перловицы и литоглифусы
4	Яры с быстрым течением, глинистым грунтом с конкрециями	Личинки ручейников и полужесткокрылые
5	Песок с известковой галькой	Перловицы, дрейссены, литоглифусы, неритины, лужанки, шаровки, пиявки, водяные клопы и иногда гаммарида
6	Иловатый песок	Различные моллюски и корофииды
7	Илы	Олигохеты и хирономиды

Осенью 2012 г. ЮНЦ РАН была проведена комплексная экспедиция, в ходе которой были обследованы Нижний Дон и его водотоки: реки Северский Донец и Маныч, Веселовское водохранилище. Отмечено, что во всех водоемах преобладали организмы пресноводного фаунистического комплекса. Доля видов, относящихся к понто-каспийскому комплексу незначительна. На течении, при наличии твердого субстрата для прикрепления, развивались обрастания, сформированные моллюсками *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) с примесью *D. bugensis* (Andrusov, 1897). Наблюдалась пространственная неоднородность распределения бентоса, связанная с разнообразием типов биотопов. Наибольшее видовое разнообразие отмечено на заиленных песках, а максимальная продуктивность отмечена в сообществах, с доминированием Chironomidae, на илах [Матишов и др., 2016].

В 2016 г. Правительством РФ утверждена Стратегия развития внутреннего водного транспорта до 2030 г., согласно которой для комплексного решения проблемы ликвидации «узких мест» на внутренних водных путях предусматривается строительство Багаевского гидроузла (БГУ) в районе хут. Арпачинский в дополнение к уже существующим. Анализ опубликованных данных показал, что большинство гидробиологических съемок в настоящее время сосредоточено в районе строительства БГУ и ниже. Так, летом 2018 г. в районе строительства БГУ сотрудниками Азовского филиала ВНИРО было проведено гидробиологическое обследование, в ходе которого отмечено, что численность донных беспозвоночных изменялась от 20 до 17 867 экз./м², биомасса – от 0,02 до 2 114,0 г/м². Основу численности формировали малощетинковые черви и хирономиды, по биомассе доминировали моллюски [Живоглядова и др., 2020]. Сведения о состоянии донных сообществ на участке реки выше строительства БГУ и до Цимлянского водохранилища фрагментарны, поэтому целью исследований было описание донных сообществ на отрезке реки от г. Константиновска до Цимлянского водохранилища.

Пробы макрозообентоса были отобраны с борта НИС «Профессор Панов» в ходе комплексной экспедиции в период с 3 по 9 ноября 2020 г. (рис. 1). Отбор проб осуществлялся модифицированным дночерпателем Петерсена площадью захвата 0,028 м² в 3-кратной повторности преимущественно в медиали. Обработка биологического материала проводилась стандартными гидробиологическими методами [Руководство ... 1977]. В качестве сравнительного материала использовались фондовые данные ЮНЦ РАН, собранные в осенний период 2012 г.

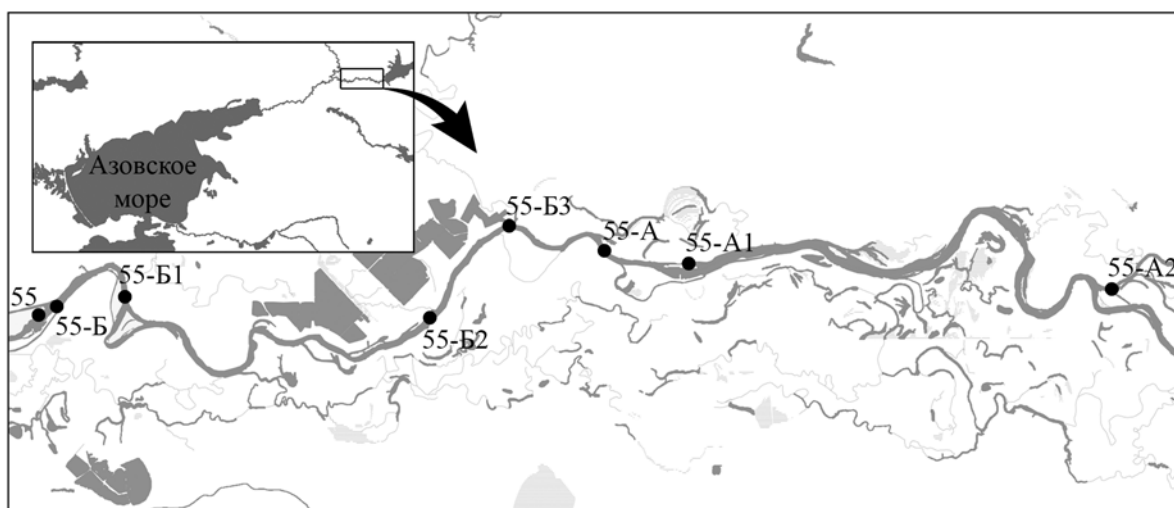


Рис. 1. Карта-схема отбора проб

На момент проведения экспедиционных исследований складывались экстремальные гидрологические условия с очень низкой долей (90 % обеспеченности) наполнения Цимлянского водохранилища, с такими же малыми объемами сброса в нижний бьеф [Михалко, Зайцев, 2021]. Значение температуры воды в поверхностном слое колебалось от 8,4 (ст. 55А) до 10,2 °С (ст. 55А1), на четырех станциях из шести температура составляла 8,8 °С. Информация о глубинах и донных осадках представлена в таблице 2.

Таблица 2

Распределение донных осадков по станциям отбора проб

№ станции	Глубина	Тип донных осадков
55-Б1	8,6	Мелко- и среднезернистый песок
55-Б2	2,5	Раковинный материал + друзы <i>Dreissena</i>
55-Б	4,2	Заиленный среднезернистый песок с раковинным материалом
55-А	1,0	Мелко- и среднезернистый песок с детритом и раковинным материалом
55-А2	8,1	Пелиты
55	7,5	Средне- и крупнозернистый песок

Распределение сообществ зависело от глубины типа грунта и скорости течения. По данным анализа обработанных проб численность по станциям колебалась

от 107 до 7536 экз. м², биомасса – от 0,36 до 1714,6 г/м² (рис. 2). Максимальные показатели как численности, так и биомассы отмечены на станции 55-Б-2, приуроченной к друзовому сообществу, сформированному двустворчатыми моллюсками *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Наименьшие показатели отмечены на глубоководных станциях, на грунтах, представленных незаиленным песком.

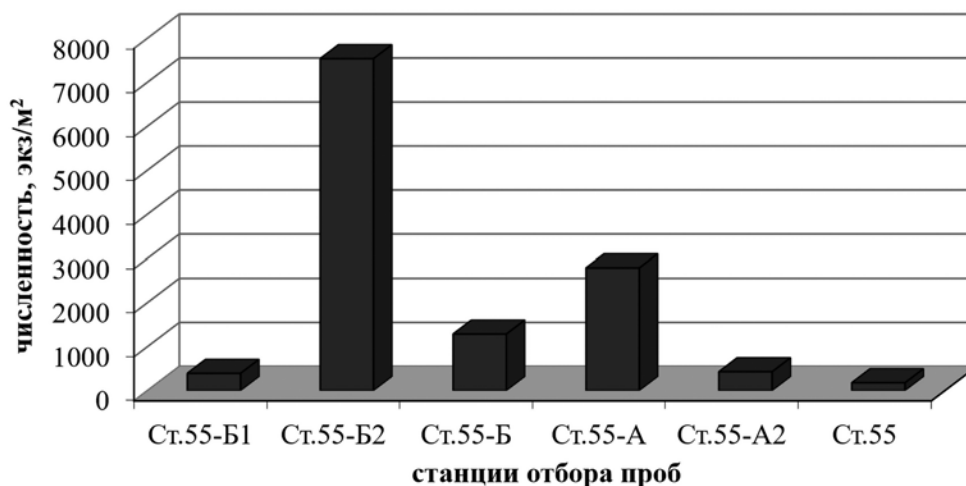


Рис. 2. Динамика численности макрозообентоса по станциям, ноябрь 2020 г.

Осенью 2020 г. отмечено 22 таксона макрозообентоса, из них Nematoda – 1; Polychaeta – 1; Clitellata – 2; Bivalvia – 6; Gastropoda – 1; Malacostraca – 4; Insecta – 3 (личинки Chironomidae до вида не определяли). Количество видов по станциям варьировало от 3 до 9, в среднем – 7. В пробах не встречалась полихета-вселенец – *Laonome хeprovala* Bick & Bastrop, которая в настоящее время расселяется от устья вверх по Дону [Булышева и др., 2020]. На станции 55-А2 среди донных беспозвоночных не было обнаружено ни двустворчатых, ни брюхоногих моллюсков. Личинки сем. Chironomidae и представители сем. Naididae характеризовались 100 % встречаемостью.

В целом качественный и количественный состав зообентоса района исследований характерен для Нижнего Дона в период маловодья и сопоставим с фоновыми данными, полученными в 2012 г. [Матишов и др., 2016]. Обследованные участки можно считать для Нижнего Дона типичными, подверженными умеренному антропогенному воздействию.

Работа выполнена в рамках проекта ГЗ ЮНЦ РАН № АААА-А18-118122790121-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булышева Н.И., Сёмин В.Л., Шохин И.В., Савикин А.И., Коваленко Е.П., Бирюкова С.В. Чужеродные виды зообентоса в экосистемах Нижнего Дона и Азовского моря на рубеже XX–XXI вв. // Труды ЮНЦ РАН. 2020. Т. 8. С. 256–273.
2. Брызгалов В.А., Коршун А.М., Никаноров А.М., Соколова Л.П. Гидробиологическая характеристика нижних участков Дона в условиях длительного антропогенного воздействия // Водные ресурсы. 2000. Т. 27. № 3. С. 357–363.

3. Живоглядова Л.А., Сафронова Л.М., Шляхова Н.А., Бондарев С.В., Налетова Л.Ю., Афанасьев Д.Ф. Гидробиологическая характеристика реки Дон в районе строительства Багаевского гидроузла // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2020. Т. 23. № 2. С. 131–138.
4. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Харьковский В.М., Старцев А.В., Булышева Н.И., Сёмин В.В., Соьер В.Г., Кренёва К.В., Глуценко Г.Ю., Свистунова Л.Д. Особенности водной экосистемы Нижнего Дона в позднеосенний период // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 6. С. 620–632. doi.org/10.7868/s0321059616060043.
5. Михалко А.С., Зайцев Д.С. Экспедиционные исследования современного состояния Цимлянского водохранилища и Нижнего Дона в условиях маловодья в период летне-осенней межени // XVII Ежег. молодеж. науч. конф. «Наука и технологии Юга России»: тез. докл. (г. Ростов-на-Дону, 15–30 апр. 2021 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2021. С. 104.
6. Россолимо Л.Л. Река Дон // Очерки по географии внутренних вод СССР. М.: Изд-во Мин. просвещения РСФСР, 1952. С. 85–108.
7. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 725 с.

РОЛЬ ВОДОРΟΣЛЕЙ-МАКРОФИТОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ОЧИСТКЕ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Г.М. Воскобойников., М.В. Макаров, С.В. Малавенда,
Л.О. Метелькова, М.В. Митяев, М.П. Клиндух,
Д.В. Пуговкин, И.В. Рыжик, Д.О. Салахов

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск

Впервые для большой группы водорослей-макрофитов определен диапазон толерантности к воздействию ДТ. Установлено, что наиболее устойчивыми являются фукусовые водоросли, а наименее устойчивыми – ламинариевые. Представители зеленых, а также красных водорослей занимают промежуточное место. Малые концентрации ДТ (до 20 ПДК) не оказывают повреждающего действия на большинство представителей макрофитобентоса, а при небольшой продолжительности воздействия (3 суток) могут даже стимулировать усиление фотосинтеза. По-видимому, причиной сохранения жизнеспособности у исследованных видов, при содержании ДТ в воде 20 ПДК, является их постоянное обитание в морской среде при среднем фоновом содержании НП 4 ПДК. Вместе с тем необходимо учитывать, что данные, полученные в экспериментальных условиях (без постоянного водообмена), могут отличаться от результатов, наблюдаемых в природных условиях.

В связи с проведением опытов в закрытых системах их продолжительность не превышала 7–10 суток. Практически у всех 14 исследованных видов водорослей, различающихся по строению и систематической принадлежности, наименьшей устойчивостью к ДТ обладали особи на ранних стадиях развития. Детальный анализ устойчивости к ДТ, проведенный на зеленых водорослях, продемонстрировал различную способность выдерживать воздействие ДТ даже у представителей близких систематических групп, которая убывает в ряду *Ulva lactuca* > *Ulvaria obscura* > *Ulva intestinalis* > *Acrosiphonia arcta*.

Ulva lactuca и *U. obscura* способны выдерживать воздействие ДТ в концентрации 50 мг/л (1000 ПДК) более трех суток, *U. intestinalis* – концентрацию до 5 мг/л (100 ПДК) свыше 10 суток, *A. arcta* – концентрацию 5 мг/л (100 ПДК) до 10 суток. Устойчивость к воздействию ДТ обеспечивает комплекс адаптивных реакций, сопровождающихся биохимическими, физиологическими и ультраструктурными перестройками.

Изменения у исследованных водорослей при повышении концентрации и продолжительности влияния ДТ были однотипны и проходили в несколько этапов: 1) снижение фотосинтеза и уменьшение содержания фотосинтетических пигментов, нарушение структуры хлоропластов; 2) плазмолиз, сопровождающийся вакуолизацией и просветлением цитоплазмы; 3) изменение окраски таллома, разрушение клеточных структур, появление некротических пятен.

Анализ на содержание нефтепродуктов (НП) в воде заливов и бухт, местах обитания водорослей выявил колебания содержания НП в воде от 1 до 8 ПДК. Исследована взаимосвязь содержания НП и микроорганизмов. Показано, что незначительное загрязнение водной среды нефтяными углеводородами (до 5 ПДК) не оказывает влияния на количественные показатели пелагических бактериальных сообществ и вызывает пятикратное

увеличение числа сапротрофов в эпифитных сообществах водорослей *Saccharina latissima*. Доля культивируемых бактерий не превышает 1 % от общей численности бактерий.

На 14 видах водорослей экспериментально прослежена их способность к аккумуляции и поглощению ДТ из морской воды, роль в данном процессе углеводородоксилирующих бактерий. В результате лабораторных и натурных экспериментов представлена доказательная база, подтверждающая способность морских водорослей-макрофитов, различающихся по строению и систематической принадлежности, к сорбции и деструкции дизельного топлива (ДТ), что обуславливает их значимую роль в биоремедиации прибрежных акваторий, создает основу для санитарной аквакультуры. Уменьшение содержания компонентов ДТ в воде идет параллельно с их накоплением в водорослях. Предполагается, что деструкция ДТ макроводорослями происходит всем талломом: начинается на поверхности водоросли за счет деятельности эпифитных углеводородоксилирующих бактерий (УОБ), обеспечивающих перевод нефтепродукта (НП) в доступную для растений форму. В дальнейшем НП поглощаются и нейтрализуются клетками водорослей.

Лабораторные эксперименты позволили выполнить расчет удельной скорости поглощения ДТ водорослями – макрофитами (мкг/г/сут.): *Fucus vesiculosus* – 202,0; *F. distichus* – 169,0; *Ascophyllum nodosum* – 44,0; *F. serratus* – 123,0; *Saccharina latissima* – 1752,0; *Palmaria palmata* – 146,4; *Ulvaria obscura* – 25,4. Натурные наблюдения за запасами и распределением водорослей-макрофитов с учетом определенной скорости поглощения ДТ позволили рассчитать их вклад в очистку от НП ряда заливов и бухт Мурманского побережья. В частности, присутствующие в трех коленах Кольского залива водоросли-макрофиты ежедневно могут нейтрализовать около 312 кг ДТ. Данный объем НП по современной классификации соответствует среднему локальному разливу нефтепродуктов в морской воде.

Впервые получены данные о возможности использования для биоремедиации морской среды от НП не только живых фукусовых водорослей, а и сухих талломов фукуса. Как показали эксперименты, сухие фукусы активнее сорбируют НУ из водной среды. Единственным недостатком сухих водорослей является то, что у них полностью отсутствуют метаболические процессы, которые присущи живым водорослям и приводят к деструкции нефтяных углеводородов.

Высушенные макрофиты представляют собой резервуар для накопления НУ, в котором основная работа по деструкции углеводородов, вероятно, приходится на УОБ, а также на физико-химические процессы. Это подтверждается результатами определения содержания НП в водорослях. Однако данный вывод базируется на результатах лабораторных экспериментов, где происходит накопление органики и резкий рост бактерий за счет замкнутости систем. Можно предположить, что данный процесс носил бы иной характер в природных условиях, в которых количество УОБ, участвующих в окислении НП, помимо высокого содержания органики, будет балансироваться и другими факторами. Выявленное свойство сухих фукусов перспективно для использования в очистке от НП придонных слоев.

Работы выполнены по гранту РФФИ 18-05-80058 программа «Опасные явления».

К ИЗУЧЕНИЮ УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫХ ПАРАЗИТОВ РЫБ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ДОН И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. Казарникова¹, Ю.В. Степанова^{1, 2}

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
kazarnikova@ssc-ras.ru; yuliast21@mail.ru

Период изучения паразитов рыб Азовского бассейна охватывает более чем вековой период. Н.А. Солонченко [1982] обобщила данные о циркуляции гельминтов в экосистеме Азовского моря, уделив внимание их хозяйственному значению. Наиболее полный список паразитов рыб приведен в коллективной монографии «Определитель паразитов пресноводных рыб» [1984; 1985; 1987]. Исследования в данном направлении проводятся специалистами разных научных учреждений Юга России. Согласно опубликованным данным, в рыбах Азовского моря было обнаружено 165 видов гельминтов, 22 из которых заносятся во время миграции из Черного моря.

Экологическая ситуация в Азовском бассейне находится под влиянием множества факторов, одним из которых является соленость, непосредственно связанная с Азово-Черноморским течением. В период с 2009 по 2019 г. средний показатель солености воды в море повысился с 11 до 14,3 ‰. Негативные экологические изменения связаны с нарушением естественного режима речного стока и его уменьшением вследствие перекрытия долины Дона Цимлянской плотиной в 1952 г. Это не могло не оказать влияния на структуру ихтиоценов Азовского моря, Таганрогского залива и дельты Дона [Матишов, 2016]. В настоящее время в Азовском море основу промысловых уловов формируют короткоцикловые морские и солоноватоводные виды рыб [Балыкин и др., 2019].

Меняющиеся условия окружающей среды могут оказать влияние на эпизоотическую ситуацию в разных районах Азовского бассейна. Наличие многочисленных работ в этом направлении в последние 10 лет, позволила проанализировать условно-патогенные виды паразитов и риски возникновения заболеваний рыб в современных условиях. Кроме дельты р. Дон и Таганрогского залива в таблицу были включены данные по Азовскому морю.

В естественных водоемах болезни рыб наблюдаются сравнительно редко, хотя их роль в регулировании численности популяций водных организмов значительна. Всего к настоящему времени известно более 30 видов паразитов, представляющих угрозу для здоровья рыб Азовского бассейна, – Microsporea, Muxozoa, Peritricha, Monogenea, Cestoda, Trematoda, Nematoda, Bivalvia, Crustacea (табл. 1).

Среди условно-патогенных видов паразитов доминировали представители пресноводной фауны. Чаще всего заболевания регистрировались в р. Дон и восточной части Таганрогского залива, реже – в море. Большинство из представленных видов паразитировали у широкого круга рыб. В условиях продолжающегося осолонения можно предположить уменьшение зараженности пресноводными видами паразитов и увеличение – морскими.

Таблица 1

**Условно-патогенные виды паразитов рыб,
зарегистрированные в водоемах Азовского бассейна
за последние 10 лет**

Вид паразита (заболевание)	Хозяин	Дельта р. Дон	Таганрогский залив	Азовское море
1	2	3	4	5
Microsporea				
<i>Glugea dogieli</i> , пресноводный	Судак	–	+	+
<i>Glugea</i> sp., пресноводный	Пиленгас	–	–	+
<i>Loma turgili</i> , морской	Пиленгас	–	–	+
Myxozoa				
<i>Myxobolus parvus</i> , морской	Пиленгас	–	–	+
<i>Kudoa nova</i> , морской	Бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-сирман	–	–	+
Peritricha				
<i>Trichodina</i> sp., сомнительный	Карп, серебряный карась, бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-сирман, судак, тарань, тюлька	+	+	+
Monogenea				
<i>Dactylogyrus vastator</i> , <i>D. extensus</i> , пресноводные	Карповые: серебряный карась, сазан, карп	+	+	–
<i>Gyrodactylus sprostonae</i> , пресноводный	Карповые: серебряный карась, сазан, карп	+	+	–
<i>Diplozoön paradoxum</i> , пресноводный	Сазан, тарань	+	+	+
<i>Ligophorus pilengas</i> , морской	Пиленгас	–	+	+
Trematoda				
<i>Diplostomum spathaceum</i> met., пресноводный	Бычок-песочник, бычок-сирман, бычок-кругляк, густера, рыбец, пиленгас	–	–	+
<i>Diplostomum</i> sp. met., пресноводный	Черноморско-азовская проходная сельдь, лещ, пиленгас, тарань, судак, густера, рыбец, бычок-кругляк	+	+	+
<i>Posthodiplostomum cuticola</i> met., пресноводный	Тарань, красноперка	+	–	+
<i>Apophallu muehlingi</i> met., пресноводный	Карповые, окуневые, судак, щука, лещ, тарань	+	+	–
<i>Apophallus donicus</i> met., пресноводный	Бычок-кругляк, бычок-сирман, окунь	+	+	+

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
<i>Paracoenogonimus ovatus met.</i> , пресноводный	Лещ, сазан, бычок-песочник, судак, тарань, карась, рыбец, пиленгас, густера	+	+	–
<i>Paracoenogonimus sp.</i> , пресноводный	Лещ, белый амур, густера, плотва сазан, линь, синец, карась, краснопёрка, толстолобик, щука, судак, чехонь, окунь	+	+	–
<i>Cryptocotyle conspicua met.</i> , <i>C. lingua met.</i> , морские	Бычок-кругляк, бычок-сирман, пиленгас	–	+	+
<i>Timoniella imbutiforme</i> , морской	Пиленгас	–	–	+
<i>Ascocotyle longa</i> , морской	Пиленгас	–	–	+
Cestoda				
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> , <i>Bothriocephalus gowkongensis</i> , пресноводные	Сазан, лещ	+	+	–
<i>Ligula intestinalis</i> , пресноводный	Тарань, серебряный карась, красноперка, густера	+	+	–
<i>Digramma interrupta</i> , пресноводный	Тарань, лещ, густера, серебряный карась	+	+	–
<i>Caryophyllaeus laticeps</i> , пресноводный	Лещ, густера, рыбец, судак	+	+	+
<i>Khawia sinensis</i> , пресноводный	Сазан, карп	+	+	–
Nematoda				
<i>Eustrongylides excisus</i> l., пресноводный	Бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-ширман, рыбец, судак, окунь, сазан, тюлька, черноморско-азовская проходная сельдь, серебряный карась, тарань.	+	+	+
<i>Hysterothylacium aduncum</i> , морской	Сельдь, бычок-кругляк, хамса, ставрида, черноморско-азовская проходная сельдь	+	+	+
<i>Philometroides lusiana</i> , пресноводный	Сазан	+	–	–
Bivalvia				
Глохидии <i>Unionidae gen. sp.</i> , пресноводный	Лещ, сазан, серебряный карась, судак, бычок-кругляк, бычок-песочник, бычок-сирман, пиленгас	+	+	–
Crustacea				
<i>Lernaea cyprinacea</i> , пресноводный	Серебряный карась	+	–	–
<i>Argulus sp.</i> , <i>Argulus foliaceus</i> , пресноводные	Сазан, тарань, лещ	+	–	–

по: [Балыкин и др., 2020]; [Бортников и др., 2017]; [Гаевская, 2012; 2013]; [Джимова, Шаповалов, 2011]; [Заиченко, 2014]; [Казарникова, 2021]; [Никитеев, 2016]; [Стрижакова и др. 2014]; [Федоров и др., 2014]; [Фирсов, Каретникова, 2015]; [Шинкаренко, Федоткина, 2016]; [Юрахно, Горчанок, 2011; Юрахно, 2020] и др.

Особо следует отметить виды, представляющие опасность для здоровья рыб, выращиваемых в аквакультуре (*Trichodina* sp., *Dactylogyrus vastator*, *D. extensus*, *Gyrodactylus sprostonae*, *Diplozoon paradoxum*, *Diplostomum spathaceum*, *Posthodiplostomum cuticola*, *Bothriocephalus acheilognathi*, *Bothriocephalus gowkongensis*, *Ligula intestinalis*, *Digramma interrupta*, *Caryophyllaeus laticeps*, *Khawia sinensis*, *Philometroides lusiana*, *Argulus foliaceus*). К патогенным для человека и животных видам относятся метацеркарии трематод *Aporhalls donicus*, *Cryptocotyle concava*, *C. lingua*, а также потенциально опасные для здоровья человека нематоды *Eustrongylides excisus* и *Hysterothylacium aduncum*.

В Азовском бассейне функционирует крупный рыбохозяйственный комплекс, в состав которого входят предприятия по заводскому воспроизводству и товарному выращиванию рыб. Учитывая высокую экологическую пластичность многих паразитических организмов, их способность использовать разных хозяев для завершения своего жизненного цикла, необходимо особое внимание уделить мониторингу эпизоотической ситуации. Это особенно важно для объектов аквакультуры, так как эпизоотическое благополучие любого рыбоводного хозяйства определяется прежде всего наличием возбудителей болезней в источнике водоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балыкин П.А., Куцын Д.Н., Орлов А.М. Изменения солености и видового состава ихтиофауны в Азовском море // Океанология. 2019. Т. 59. № 3. С. 396–404.
2. Балыкин П.А., Старцев А.В., Гуськов Г.Е., Гринь А.С., Казарникова А.В. Результаты мониторинга популяции сазана (*Cyprinus carpio carpio* Linnaeus, 1758) в Восточной части Таганрогского залива и устье реки Дон // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: юбил. сб. науч. тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию ДГТУ (Ростовского-на-Дону института сельхозмашиностроения), в рамках XXIII Агропромышленного форума Юга России и выставки «Интерагромаш»: в 2 т. (г. Ростов-на-Дону, 26–28 фев. 2020 г.). Ростов н/Д.: ДГТУ-ПРИНТ, 2020. С. 364–368.
3. Бортников Е.С., Стрижакова Т.В., Шевкоплясова Н.Н. Состояние паразитофауны основных промысловых рыб Азовского и Черного морей в 2016 г. // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: мат-лы VIII Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке (12–14 апр. 2017 г.). Ч. I. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. С. 46–49.
4. Гаевская А.В. Паразиты и болезни рыб Чёрного и Азовского морей: I – морские, солоноватоводные и проходные рыбы. Севастополь: ЭкоСи-Гидрофизика, 2012. 380 с.
5. Гаевская А.В. Паразиты и болезни рыб Чёрного и Азовского морей: II – полупроходные и пресноводные рыбы. Севастополь: ЭкоСи-Гидрофизика, 2013. 354 с.
6. Джимова Н.Д., Шаповалов М.И. О паразитофауне некоторых рыб-бентофагов бассейна реки Кубань // Вестник АНЧР. 2011. № 1 (14). С. 62–67.
7. Заиченко Н.В. Сравнительный анализ паразитов бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Gobiidae) в донорных и приобретенных ареалах распространения // Наук. зап. Терноп. Нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія. 2014. № 4. С. 54–58.
8. Казарникова А.В. Анализ эпизоотического состояния рыб дельты Дона и Восточной части Таганрогского залива в современных условиях // Наука Юга России. 2021. Т. 17. № 1. С. 97–108.

9. Матишов Г.Г. Климат, водные ресурсы и реконструкция гидротехнических сооружений с учетом интересов населения, рыболовства и сельского хозяйства, судоходства и энергетики. Доклад на расширенном заседании Президиума Южного научного центра РАН (г. Ростов-на-Дону, 25 мая 2016 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. 64 с.
10. Никитеев П. Распространение лигулеза в водоемах Ростовской области // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2016. № 12. С. 18–21.
11. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 1. Паразитические простейшие. Л.: Наука, 1984. 428 с.
12. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2. Паразитические многоклеточные (первая часть). Л.: Наука, 1985. 425 с.
13. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные (вторая часть). Л.: Наука, 1987. 583 с.
14. Стрижакова Т.В., Мирзоян А.В., Шевкоплясова Н.Н., Бортников Е.С. Паразиты промысловых рыб Нижнего Дона и Азовского моря, потенциально опасные для человека // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сб. науч. тр. АЗНИИРХ. 2014. С. 236–254.
15. Солонченко А.И. Гельминтофауна рыб Азовского моря. Киев: Наукова думка, 1982. 153 с.
16. Федоров Н.М., Фирсов Н.Ф., Соловьев Н.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза речного окуня при эустронгилидозе // Ветеринарная патология. 2014. № 3–4 (49–50). С. 68–73.
17. Фирсов Н.Ф., Каретникова А.Р. Мониторинг инвазионной патологии у рыб в зоне водных источников Азово-Донского региона // «Актуальные проблемы и методические подходы к лечению и профилактике болезней животных»: мат-лы Междунар. науч.-прак. конф. (05 фев. 2015 г.). Пос. Персиановский: ДонГАУ, 2015. С. 145–149.
18. Шинкаренко А.Н., Федоткина С.Н. К вопросу о параценогонимозе на территории Волгоградской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2016. № 17. С. 529–531.
19. Юрахно В.М. Паразиты пиленгаса *Planiliza haematocheila* (Temminck & AMP; Schlegel, 1845) (Actinopterygii: Mugilidae) в нативном ареале и местах вселения // Российский журнал биологических инвазий. 2020. Т. 13. № 2. С. 120–130.
20. Юрахно В.М., Горчанок Н.В. Микроспоридия *Kudoa nova* (Myxosporea: Kudoidae) – паразит рыб Чёрного и Азовского морей // Морской экологический журнал. 2011. Т. 10. № 2. С. 68–77.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕКИ ДОН И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА СИНТЕТИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ВЕРОЯТНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Т.А. Ластовина, А.В. Клещенков, А.Б. Будник

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

Ежегодно в мире производится около 300 млн т пластика, из которых до 13 млн т в виде отходов поступает в реки и поступает в океаны [Foerster, 2018]. Это позволяет ожидать к 2025 г. совокупное количество отходов пластика в 250 млн т [Jambeck et al., 2015]. Срок службы пластиковых изделий может варьироваться от года до более 50 лет; далее изделия либо утилизируются (9 %), используются для извлечения энергии (12 %), попадают на свалку (8 %) или выбрасываются в окружающую среду (71 %) [Enfrin et al., 2019]. Выброшенные предметы из пластика (т.н. макропластик) начинают постепенно деградировать под действием факторов окружающей среды, таких как свет, тепло, влажность, механическое воздействие ветра и волн и пр. Это главным образом ведет к фрагментации на более мелкие частицы.

Частицы пластика в размерном интервале от 5 мм до 1 мкм называются микропластиком (МП). Дальнейшая эрозия поверхности частиц приводит к образованию наночастиц пластика. И если очистка от макропластика берегов и водоёмов представляет собой большую, но посильную задачу, то удаление МП из природной среды на данный момент является уже непосильной задачей в силу отсутствия соответствующих технологий. Поэтому практически важным являются ответственное отношение к отходам, правильное управление отходами с максимальной вторичной переработкой пластика и своевременная очистка природной среды.

Главной водной артерией Южного региона является р. Дон. Она является частью судоходного пути от Каспийского к Азовскому морю; её воды используются для водоснабжения городов и в хозяйственной деятельности, как то полив сельхозугодий, теплоноситель и растворитель в технологических процессах предприятий. Дон с прибрежной зоной остается средой обитания богатой флоры и фауны, из него продолжают ловить рыбу и раков для индивидуального потребления. Дон впадает в Азовское море через Таганрогский залив, который является лагуной важного морского порта со времен Петра Великого. К сожалению, массовая практика безответственного выбрасывания разнообразных пластиковых изделий привела к загрязнению береговой линии, а также самих вод большим количеством пластиковых отходов (рис. 1).

Как видно из рисунка 1 типичными загрязнителями береговой линии р. Дон и Таганрогского залива являются использованные рыбацкие сети, куски корабельных канатов, пластиковые бутылки и пр. Сети и канаты являются источником большого количества волокон, главным образом синтетических. Эти волокна составляют особый подвид МП, который, согласно публикациям, наиболее распространен в водной среде. Их общее количество оценивается как 1,5 млн трлн микроволокон [Mishra et al., 2019]. Ежегодно в мировой океан поступает 13 млн т прибрежных синтетических тканевых отходов, из которых 2,5 млн т

попадают через прилегающие реки; ещё около 2 млн т микроволокон сбрасывается в мировой океан из разных источников, значительный вклад в которые (700 тыс. т) дают волокна одежды из сточных вод прачечных.



Рис. 1. Фотографии загрязнения пластиковыми волокнами (использованные рыболовные сети, корабельные канаты и т.п.) и прочим мусором побережья р. Дон в районе х. Донской (а) и Таганрогского залива в районе с. Шабельское (б)

С целью исследования содержания МП в воде основной водной артерии Южного региона, в ходе рейса НИС «Профессор Панов» (31.10.2019 и 01.11.2019) был произведен отбор проб с помощью сети Манта в дельте Дона (2 станции около г. Азов и х. Дугино) и в восточной части Таганрогского залива (3 равноудаленные станции).

Для выделения микропластика из проб была использована методика, разработанная в рамках Программы морского мусора США (NOAA Marine Debris Program) [Masura et al., 2015]. Частицы МП были отобраны вручную из высушенного твердого остатка проб под оптическим микроскопом. Для проверки правильности отбора и идентификации типа пластика были проведены измерения спектроскопии комбинационного рассеяния света (рамановская спектроскопия). Прибор InVia производства Renishaw совмещает рамановский спектрометр с оптическим микроскопом, позволяя направлять луч лазера на отдельные частицы и снимать спектры (т.н. μ -Raman).

В результате измерений были получены пары – микрофотография частицы и её спектр (рис. 2). Особенностью подобного рода измерений является сильная флуоресценция образца, которая заметно заглушает полезный сигнал спектральной подписи материала. После измерения была проведена идентификация типа пластика по его спектральной подписи. Полученные типы пластика – полиэтилен (PE), полиэтилентерефталат (PET), полистирен (PP) и поливинилхлорид (PVC). Эти материалы очень распространены [Gago et al., 2018]. К сожалению, химический состав небольшой части (~10 %) микроволокон остался неидентифицированным из-за сильной флуоресценции во время измерений.

При анализе морфологии частиц МП, собранных в приповерхностном слое пресной воды, микроволокна составили ~30 % от общего количества. Волокна были преимущественно прозрачные (желтоватые), небольшая часть была черного цвета. При детальном рассмотрении с помощью микроскопии, поверхность волокон оказалась достаточно гладкой с незначительными следами механических повреждений.

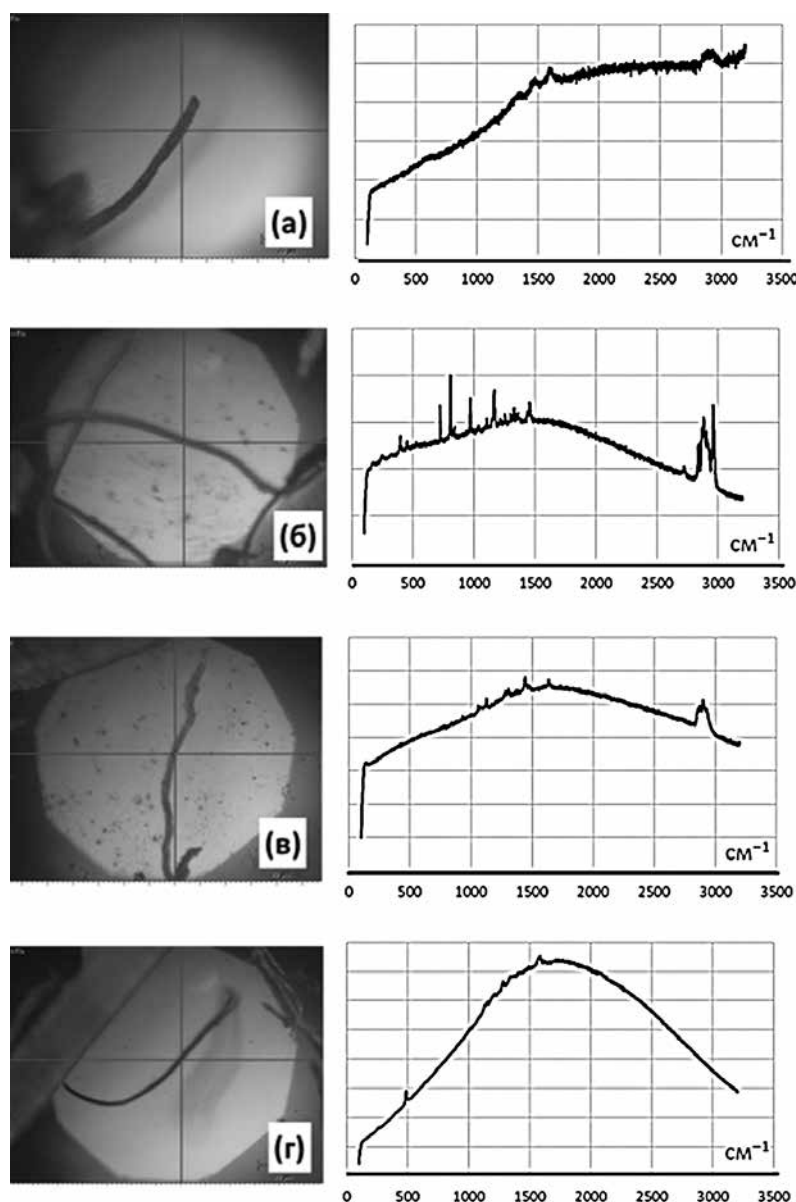


Рис. 2. Микрофотография и рамановский спектр микроволокон пластика, идентифицированных как PET (а), PP (б), PE (в) и PVC (г)

Таким образом, проведенное исследование показывает, что берега и водная среда р. Дон и Таганрогского залива загрязнены отходами пластика. В частности, выявлено значительное загрязнение береговой линии использованными сетями и канатами. В приповерхностном слое воды на разных участках реки и залива обнаружены микроволокна пластика наиболее распространенных типов. Полученные данные, с одной стороны, соответствуют общемировой картине загрязнения водных ресурсов отходами пластика, а с другой – вносят свой вклад в общемировую копилку исследований, дополняя её данными по Южному региону Российской Федерации.

Работа выполнена в рамках междисциплинарного проекта ЮНЦ РАН при реализации ГЗ гр. проект №АААА-А19-119040390084-З (Т. А. Л. и А. П. Б.) и ГЗ гр. проекта № ААА-А-А18-118122790121-5 (К. А. В.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ластовина Т.А., Галушка С.С., Бескопильный Е.Р., Клещенков А.В., Филатова Т.Б., Пляка П.С., Будник А.П. Загрязнение микропластиком природных водоемов: концентрации, риски и методы исследований (раздел 7.5) // Труды Южного научного центра РАН. Т. VIII: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе / отв. ред. д.г.н. Бердников С.В. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 237–255.
2. Foerster K.H., Plastics – the Facts 2017 // Association of Plastic Manufacturers. Brussels, 2018. 23 p.
3. Gago J., Carretero O., Filgueiras A. V., Viñas L. Synthetic microfibers in the marine environment: A review on their occurrence in seawater and sediments // Mar. Pollut. Bull. 2018. Vol. 127. P. 365–376.
4. Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C., Siegler T.R., Perryman M., Andrady A., Narayan R., Law K.L. Plastic waste inputs from land into the ocean // Science. 2015. Vol. 347. P. 768.
5. Masura J., Baker J.E., Foster G.D., Arthur C., Herring C. Laboratory methods for the analysis of MPs in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. 2015.
6. Mishra S., Rath C.C., Das A.P. Marine microfiber pollution: A review on present status and future challenges // Mar. Pollut. Bull. 2019. Vol. 140. P. 188–197.

ВОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИПОЛЯРНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНОВ РФ

А.И. Малов

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. акад. Н.П. Лаверова Уральского отделения РАН, г. Архангельск
malovai@yandex.ru*

Крупномасштабные, зачастую катастрофические климатические и географические изменения на Земле на протяжении ее геологической истории происходили регулярно, иногда приводя к гибели большинства ее обитателей. В настоящее время перспектива возможного глобального потепления также вызывает беспокойство. В частности, она касается и водохозяйственных проблем. Особенный интерес связан с процессами на прибрежных арктических и субарктических территориях. Соленая вода современных морей вторглась во многие прибрежные водоносные горизонты мира, но степень ее проникновения широко варьируется в зависимости от географического положения местности и гидрогеологических условий. Во многих случаях территория, загрязненная соленой водой, ограничивается небольшими частями водоносного горизонта; в других случаях загрязнение морской водой носит региональный характер. Прибрежные водоносные горизонты в приполярных регионах подвержены проблемам с соленостью и в результате повышения минерализации подземных вод и остаточной солености в водоносных горизонтах, связанных с древними трансгрессиями в среднем-верхнем плейстоцене. Кроме того, установлены очаги разгрузки рассолов нижнепермского возраста вблизи морских побережий, ввиду чего имеет место также их участие в формировании химического состава подземных вод. Интенсивная и быстрая подпитка ультрапресными водами после ледниковых максимумов и современный режим циркуляции подземных вод привели к созданию сложных и уникальных гидрохимических сред, которые на сегодняшний день полностью не изучены.

Исследование эволюции химического состава подземных вод в водоносных горизонтах на побережье Белого моря на северо-западе России с использованием методов радиоуглеродного и уран-изотопного датирования подземных вод выявило основные эволюционные тенденции (рис. 1) [Malov, 2018].

1. Смешение позднеплейстоценовых «солончатых» (1) вод и «морской воды» микулинского межледникового (mIIImk) с формированием «соленой (Vpd) воды» в водоносном горизонте падунской свиты венда в MIS-3 – период между 60 и 27 тыс. л.н., во время последнего ледникового цикла, когда было несколько проявлений фаз резкого потепления климата.

2. Смешение «пресных вод» позднего плейстоцена и «соленой Vpd» воды падунской свиты венда с формированием «солончатой» (2) воды падунской свиты венда в MIS-3 от 39 до 25 тыс. л.н.

3. Смешение среднеплейстоцен-голоценовых «пресных вод» тающих ледников и рассолов с формированием «соленой Vmz» воды в мезенской свите вендского водоносного горизонта в среднем плейстоцене-голоцене во время MIS-12 – MIS-1.

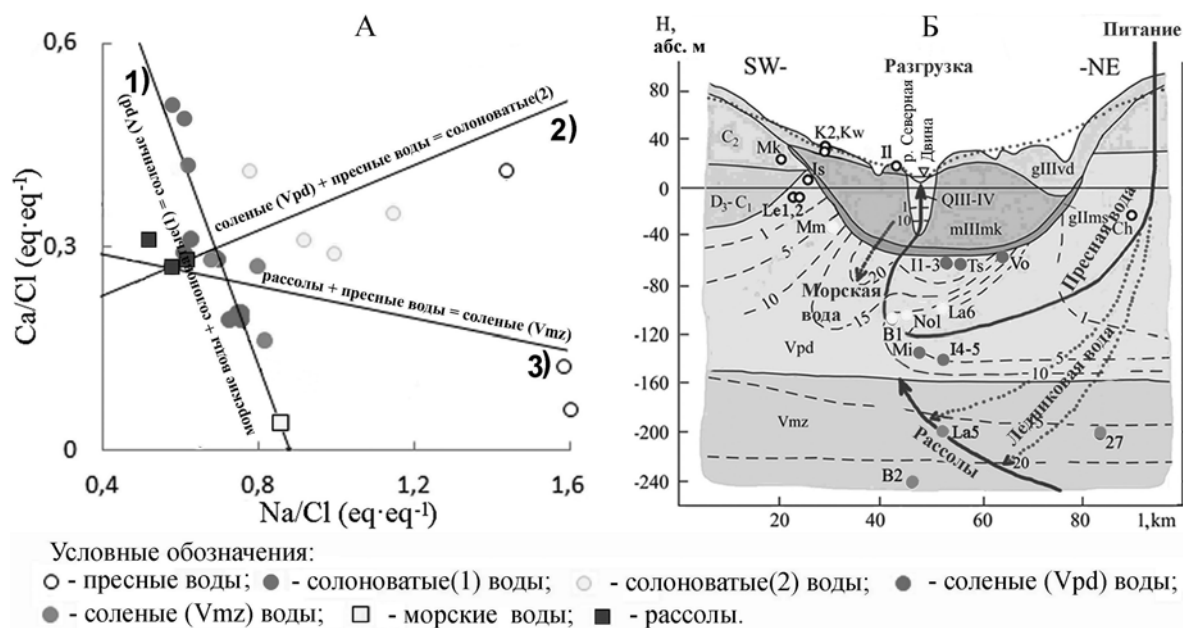


Рис. 1. Схемы смешения подземных вод (а) и концептуальная модель смешения основных потоков подземных вод и рассолов (б) в водоносных горизонтах на побережье Белого моря

В результате интенсивного и быстрого пополнения после таяния ледников, ледниковые флюиды проникли на глубину более 600 м [Malov, Tokarev, 2019]. В этот период уровень моря был примерно на 140–80 м ниже нынешнего уровня. Это привело к снижению солености рассолов. Однако полного рассоления подземной гидросферы на побережье Белого моря не произошло, соленые воды распространены повсеместно у морского побережья под глинистой толщей микулинского межледниковья и под глубокими палеодолинами рек, которые также были затоплены микулинским морем 130 тыс. л.н.

В водоносном горизонте современной долины реки Северная Двина также установлено наличие интрузии морской воды современного-верхнечетвертичного возраста на расстоянии до 40 км от морского залива. Ее состав практически полностью соответствует составу морской воды. Исключение составляет полное отсутствие сульфатов и повышенное содержание гидрокарбонатов вследствие длительного протекания процессов сульфатредукции. На расстоянии 40–60 км от морского залива состав соленых вод полностью соответствует составу подземных вод водоносного горизонта падунской свиты венда. Это свидетельствует о продолжающейся разгрузке древних соленых вод водоносного горизонта падунской свиты венда в долину реки.

Пресные воды хорошего качества распространены только на водораздельных территориях с абсолютными отметками выше 60–140 м. Мощность зоны пресных вод здесь достигает 200–250 м и связана с проникновением атмосферных вод возрастом менее 14 тыс. лет в послеледниковый период.

Результаты данного исследования позволяют лучше понять взаимосвязь различных потоков подземных вод у морского побережья и способствуют более обоснованному и эффективному их использованию в настоящий период антропогенного воздействия.

В частности, в этой связи прояснены следующие вопросы:

- 1) возможность обеспечения качественной питьевой водой из ресурсов подземных вод крупных городов, таких как Архангельск, Новодвинск и Северодвинск, потребность

которых в воде более 300 000 м³/сут. В настоящее время их водоснабжение обеспечивается поверхностными водами низкого качества;

- 2) возможность эксплуатации промышленного месторождения йода, связанного с морской водой морских отложений микулинского межледниковья в бассейне реки Северной Двины («соленой Vpd» воды на рис. 16);
- 3) опасность сброса соленых дренажных вод с эксплуатируемого месторождения алмазов в реку Золотица.

Эти вопросы определяют экологическую значимость работы.

Для арктических прибрежных регионов, расположенных в более высоких широтах, характерно практически повсеместное развитие многолетней мерзлоты. На основной территории подземные воды имеют крайне ограниченное распространение и приурочены к речным и озерным таликам небольшой мощности. Мы исследовали песчаный водоносный горизонт, используемый для водоснабжения в долине реки Печоры в Ненецком автономном округе (рис. 2).

Установлено, что подземные воды горизонта различаются по условиям питания у реки и вдали от нее. Вода, забираемая из береговых скважин, по составу аналогична составу речных вод в зимнюю межень. Гидродинамические расчеты времени движения речной воды к скважинам показали значения в диапазоне 200–250 дней, а тритиевый возраст подземных вод в береговых скважинах составил, по нашим оценкам, 20–25 лет, на основании чего был сделан вывод, что подземные воды, которые поступали в водоносный горизонт до периода 1995–2000 гг. практически полностью замещены. Увеличение времени движения речных вод к прибрежным скважинам по сравнению с расчетными данными может быть связано с островным распространением многолетней мерзлоты и кольматизацией русла реки, в результате чего происходит подтягивание речных вод к водозабору более сложными способами, что предусмотрено расчетной формулой.

В подземных водах скважин, удаленных от берега реки, содержание всех компонентов ионного состава значительно ниже, чем в речных водах, что свидетельствует об их питании за счет инфильтрации атмосферных осадков. Оценки тритиевого возраста подземных вод показывают, что вода из этих скважин может находиться в диапазоне от 20 до 50 лет. Однако в отличие от воды береговых скважин, эти подземные воды содержат «бомбовую воду», поступавшую в водоносный горизонт в период интенсивных испытаний ядерного оружия, и старую воду, которая попала в водоносный горизонт до 1952 г., что, однако, не влияет на качество этих вод. Радиоуглеродное датирование позволило определить возраст старых подземных вод до 12,9 тыс. лет. Доля старых вод колеблется от 79 до 53 %, то есть их исходная минерализация составляла 450 мг/л, а содержание хлоридов 95 мг/л. Такие воды могли перетекать из верхних частей нижележащего водоносного комплекса алевролитов и песчаников нижнего мела.

Кроме того установлено, что с уменьшением возраста подземных вод величина $\delta^{13}\text{C}$ (отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) снижается, а $^{14}\text{C}_0$ (величина, характеризующая изменение концентрации ^{14}C вследствие геохимических и физических процессов в водоносном горизонте) увеличивается. Это может указывать на процесс увеличения углеродного обмена между растворенным неорганическим углеродом и почвенным CO_2 , вызванный таянием вечной мерзлоты. Этот процесс обычно происходит в зоне питания в условиях открытой системы. При таянии вечной мерзлоты закрытая система подземных вод может стать открытой для почвенного CO_2 , способствуя обмену углерода между растворенным неорганическим углеродом и почвенным CO_2 .



Рис. 2. Расположение участка исследования песчаного водоносного горизонта, используемого для водоснабжения г. Нарьян-Мара в долине р. Печоры в Ненецком автономном округе с указанием мест отбора проб

Таким образом, использование информации о распределении изотопов трития в подземных водах таликового водоносного горизонта в Арктике позволило уточнить условия питания подземных вод в различных частях водоносного горизонта и тенденции в их изменении в связи с возможными изменениями климатических условий. В связи с интенсивной добычей углеводородов в бассейне реки Печора состав речной воды следует контролировать, так как она играет ведущую роль в формировании реки.

Работа выполнена в рамках РФФИ (проект № 20-05-00045_А).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Malov A.I. Evolution of the groundwater chemistry in the coastal aquifers of the south-eastern White Sea area (NW Russia) using ^{14}C and ^{234}U - ^{238}U dating // Science of the Total Environment. Vol. 616–617. March 2018. P. 1208–1223. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.197>.
2. Malov A.I., Tokarev I.V. Using stable isotopes to characterize the conditions of groundwater formation on the eastern slope of the Baltic Shield (NW Russia) // Journal of Hydrology. Vol. 578. 2019. P. 124130. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124130>.

ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д.С. Помазков

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону
danil.pomazkov@gmail.com*

Исследуемый водный объект представляет собой большую открытую экосистему, которая непрерывно подвергается воздействию различных факторов среды. Вследствие этого влияние этих факторов оказывает большую нагрузку на экосистему Цимлянского водохранилища и на отдельно взятые биогеоценозы.

Ежегодно вследствие водной и ветровой эрозии конфигурация водохранилища (глубина, площадь) меняется, подвергается трансформациям растительный и животный мир. По мнению экспертов, ожидалось, что со временем береговая линия Цимлянского водохранилища, как и большинства мировых водохранилищ, стабилизируется, но ожидания не были оправданы.

Процесс эвтрофикации создает благоприятные условия для заиливания не только Цимлянского водохранилища, но и в первую очередь озерных протоков, устьев малых рек, как правило значительное количество донных отложений скапливается именно в этих местах. Также процесс зарастания играет значительную роль в увеличении заиливания. Исследования последних лет показывают, что площадь водохранилища увеличилась, а зеркало акватории уменьшилось.

Ещё одной немаловажной причиной заиливания является изменение гидрологического режима Цимлянского водохранилища и малых рек. На сегодняшний день наблюдается парадоксальная ситуация при регулировании стоков, когда вода из водохранилища поступает в малые реки против течения, тем самым нарушая их экосистемы. Ещё одним аспектом являются сгонно-нагонные явления, когда из-за ветра уровень водного объекта резко меняется, вызывая эрозию. Всё это приводит к заилению малых рек, их зарастанию и обмелению.

Благодаря тому, что глубина водохранилища постепенно уменьшается, происходит более интенсивное прогревание воды, вследствие этого создаются более благоприятные условия для развития цианобактерий. Немалой проблемой Цимлянского водохранилища является «цветение воды» ввиду нарушения процессов саморегуляции экосистемы. Особенно важно отметить, что «цветение» спровоцировано антропогенным воздействием на экосистему, что в свою очередь становится ещё одной причиной заиливания водоема [Лобойко, Зубов, 2009].

Все вышеперечисленные факторы приводят к интенсивному зарастанию водоема, существенно влияющему на изменение кислородного режима. Доказательством этому служит факт происходящего изменения в ихтиофауне водоема. Принято считать, что 1985 год стал границей раздела двух этапов развития экосистемы в целом и началом коренного перелома в структуре ихтиофауны в частности. Большее развитие начали обретать виды, распространение которых соответствует в большей степени озерным условиям обитания.

В период первой половины 1980-х гг. по численности доминирующим видом в составе молоди был лещ *Abramis brama* (34,5 %). В настоящее время состав ихтиофауны распределяется следующим образом: плотва *Rutilus rutilus* (33 %), густера *Blicca bjoerkna* (23 %), укля *Alburnus alburnus* (19 %), серебряный карась *Carassius gibelio* (11 %), лещ *Abramis brama* (9 %), бычки *Gobiidae* (5 %) (рис. 1).

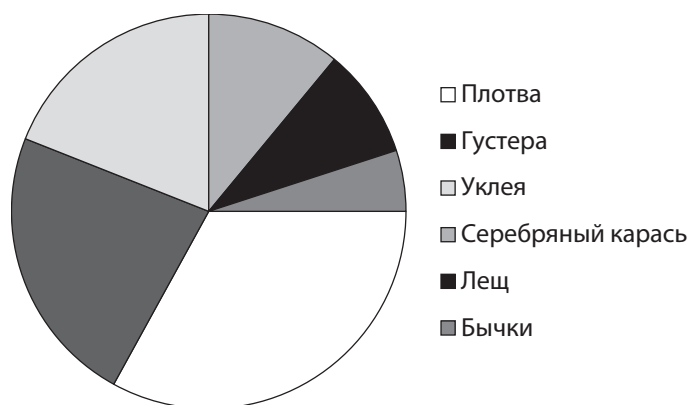


Рис. 1. Современное состояние ихтиофауны водохранилища

На сегодняшний день ихтиофауна определяется динамикой двух процессов, действующих в разнонаправленном соотношении, с одной стороны снижение численности высокопродуктивных видов, которые составляют уникальную основу и ценность сырьевой базы Цимлянского водохранилища, с другой – увлечение низкопродуктивных видов. Вследствие этих процессов меняются трофические связи в водоеме, ведущие к изменению всей экосистемы.

Антропогенный фактор является основным фактором, влияющим на состояние экологического благополучия Цимлянского водохранилища. Благодаря тому что исследуемый водоем имеет искусственное происхождение, это предопределяет его усиленную эксплуатацию человеком. Водохозяйственную деятельность человека, эксплуатирующего мощности водохранилища можно разделить на 5 категорий: бытовая, энергетическая, транспортная, рыбохозяйственная, мелиоративная.

Большое развитие получила транспортная составляющая, занимающая ведущие позиции в нанесении вреда экосистеме водоема. Более 6 тысяч судов прошло в 2019 г. через Волго-Донской канал, в 2020 г. этот показатель возрос более чем на 2000 единиц, установившись на уровне 8 тысяч судов, прогрессирующая динамика этого фактора оказывает негативное влияние на всю экосистему не только Цимлянского водохранилища, но и всего бассейна реки Дон.

Особое значение имеет деятельность человека, направленная на мелиорацию земель, в условиях засушливого климата. Регион получил успешное развитие в этом направлении, с момента создания искусственного водохранилища. На побережье стали создаваться совхозы, колхозы, основываться поселки. Большой скачок в развитии получило овощеводство и сектор агропромышленного комплекса в целом, на эти цели ежегодно затрачивается значительное количество запаса воды Цимлянского водохранилища. Экосистемы водоохранной зоны объекта претерпели изменения. Однако несанкционированный забор воды, превышающий нормативные показатели в несколько раз, для целей орошения сельскохозяйственных земель привел к деструкции сложившихся биоценозов в экосистемах прибрежного шельфа.

Все это привело к заболачиванию и засолению сельскохозяйственных территорий. За период действия Цимлянского водохранилища из сельхозоборота в общей сложности выведено сотни тысяч квадратных километров мелиорированных земель. В экосистемах произошло разрушение цепей питания, сменились доминанты. Наглядно это можно наблюдать на примере заболачивания заливных лугов, в данном случае растительность с луговой сменилась на водно-болотную, что в свою очередь сказалось на видовом составе фауны [Дандара, Борисова, 2016].

Для экономики прибрежных территорий, а также их населения огромное значение имеет рыбохозяйственный комплекс. Исследуемый водный объект с момента своего основания имел широкую кормовую базу, славился количеством, качеством и видовым разнообразием водных биологических ресурсов. Однако с начала 2000-х гг., вылов рыбы стал в большей степени бесконтрольным, это резко подорвало запасы рыбных ресурсов в Цимлянском водохранилище и реке Дон. Эвтрофикация оказала большое влияние на места обитания рыб, произошло зарастание мест нереста высшей водной растительностью, загрязнение биогенными элементами, изменение гидрологического режима вследствие заиления малых рек.

Видовой состав водных биоресурсов Цимлянского водохранилища сменился с речного на озерный. Большой ошибкой стала акклиматизация в начале 1980-х гг. в водохранилище серебряного карася. Карась начал активно размножаться и отлично прижился, заняв экологическую нишу леща и синца. Уже в середине 1980-х гг. количество карася занимало лидирующие позиции в промысловых уловах промышленных судов. А такие важные с точки зрения биологической мелиорации виды, как белый амур и толстолобик, хоть и прижились хорошо, но не размножаются в Цимлянском водохранилище.

В результате совместного действия всех перечисленных факторов, в современный период мы наблюдаем маловодие Цимлянского водохранилища, заиление ложа водохранилища и устьевых участков малых рек, питающих водоем, а также интенсивное развитие высшей водной растительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобойко В.Ф., Зубов И.А. Роль факторов среды и антропогенного воздействия в формировании современной экосистемы Цимлянского водохранилища // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2009. Т. 1. № 4. С. 30–34.
2. Дандара Н.Т., Борисова И.А. Цимлянское водохранилище на реке Дон: история создания, современное состояние и проблемы природопользования // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. С. 62–72.

ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИМОРСКОГО ГОРОДА-КУРОРТА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ (на примере города-курорта Геленджик)

Б.В. Сенин, Б.Н. Алешин, А.М. Шишукнов, Е.А. Глазырин, А.Ю. Сильченко

*АО «Южморгеология», г. Геленджик
eaglazyrin@mail.ru*

Глобальные климатические изменения и капиталистические преобразования России последних десятилетий негативно отразились на водоснабжении черноморского побережья. Ухудшение водоснабжения сказывается на рекреационной привлекательности приморской территории и перспективах ее социально-экономического развития. Наиболее показательным примером служит ухудшение водоснабжения муниципального образования город-курорт Геленджик, особенно ярко проявившееся в курортный сезон 2020 г.

Основной особенностью гидрогеологических условий черноморского побережья Кавказа является крайне неравномерная обводненность разновозрастных литолого-генетических толщ в зависимости от их структурно-тектонических условий и положения относительно базиса эрозии [Гидрогеология СССР, 1968].

Основным источником водоснабжения выступает водоносный четвертичный аллювиальный горизонт, приуроченный к переуглублённым речным долинам и крупным балкам. Водовмещающие породы представлены валунами, галечниками, гравием и песками мощностью от 7 до 45 м. Глубина залегания вод горизонта колеблется от 0,5 до 30 м. Питание вод горизонта происходит за счёт инфильтрации речных вод и атмосферных осадков, а также в незначительной степени за счёт разгрузки трещинных вод из коренных отложений.

Второстепенным источником служат каптированные родники, связанные с водопрводящими разломами, а также спорадически обводненными поперечными флексуно-разрывными зонами с повышенной трещиноватостью пород и системой малоамплитудных тектонических нарушений. Частично потребность водоснабжения населенных пунктов северо-западного побережья (Новороссийск, Кабардинка, Геленджик и др.) покрывается за счет перекачки по водоводам воды с месторождений Кубанского артезианского бассейна (Троицкий водозабор).

Месторождения пресных вод Черноморского побережья Российской Федерации были разведаны в подавляющем большинстве своем в советский период и в настоящее время во многом уже не отвечают возросшим современным потребностям. В постсоветский период здесь проведены преимущественно только систематизация материалов поисково-разведочных работ по водоснабжению, региональная оценка ресурсного потенциала питьевых подземных вод речных долин и гидрогеологические наблюдения на эксплуатируемых месторождениях.

Проявившиеся проблемы водоснабжения обусловлены различными факторами, среди которых можно выделить следующие.

1. *Активная застройка побережья* в постсоветский период, в том числе жилая, значительно увеличила потребление хозяйственно-питьевых вод. Эксплуатируемые месторожде-

ния подземных вод нередко уже не удовлетворяют возросшие потребности или имеют ограниченные возможности, что приводит к появлению дефицита хозяйственно-питьевых вод.

2. *Климатические изменения.* Поверхностные воды являются основной составляющей в питании подрусовых водозаборов, производительность которых на прямую зависит от годового количества выпадающих атмосферных осадков. Для анализа изменений гидрометеорологических условий района использованы данные наблюдений с ближайших гидрометеорологических станций (ГМС) Геленджик и Джубга, открытые данные с уровней постов рек Вулан, Пшада и Мезыбь научно-производственной компании «Эмерсит», данные специализированных спутников Земли.

Рассмотрение многолетних рядов наблюдений за температурой воздуха на ГМС Геленджик и ГМС Джубга показывает повышение в районе среднегодовой температуры, по крайней мере, с 1973 г., практически на 2 °C (рис. 1).

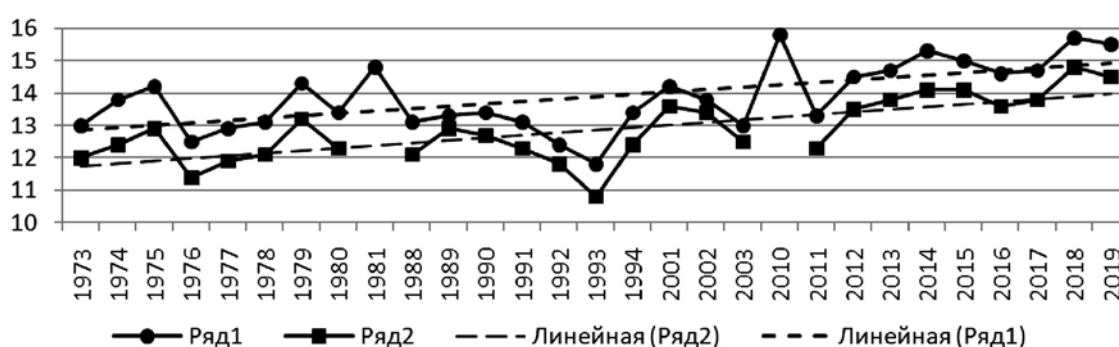


Рис. 1. Изменение среднегодовой температуры воздуха в районе Геленджика (ряд 1) и Джубги (ряд 2) и их линейные тренды

Анализ помесечных и среднегодовых изменений количества выпавших атмосферных осадков в Геленджике показывает постепенное их уменьшение. Особенно заметно это проявилось в 2020 г.

Анализ и сравнение графиков изменения уровня рек Вулан, Пшада, Мезыбь за 2017–2020 гг. показывает тенденцию к его падению, т.е. обмелению рек за счет получения меньшего количества питающих их атмосферных осадков.

Исходя из анализа данных ГМС, можно сказать, что гидрометеорологические факторы в последние годы испытали заметные изменения. Температура воздуха стала повышаться, особенно в летние месяцы, вследствие этого увеличилось испарение воды, а количество выпавших осадков заметно уменьшилось. По данным анализа спутниковых снимков, мощность снежного покрова также стала меньше. В результате суммарный сток рек заметно уменьшился. Как следствие всего этого возникший дефицит пресной воды, так как запасы используемых водозаборов не успевают восстанавливаться в условиях возрастания потребления.

3. *Антропогенная трансформация бассейна питания водозаборов* многократно возросла за последние 20–25 лет. Долины рек в горных условиях черноморского побережья являются наиболее удобными для застройки. Это привело к частичному уменьшению древесно-кустарниковой растительности долин рек. Выборка аллювия снизила емкостные свойства аллювиальных отложений. Значительно увеличилось число личных скважин для хозяйственного водоснабжения. Все эти трансформации негативно сказываются на восполнении запасов подземных вод аллювиального типа и их экологическом состоянии.

4. *Правовые вопросы.* Капиталистические социально-политические трансформации привели к появлению правовых ограничений на расширение как действующих водозаборов, так и на разведку новых месторождений подземных вод. В первую очередь это касается возникновения собственности на земли в поймах рек, в том числе в водоохраной зоне, а также сервитутов.

5. *Износ водозаборов и систем водоснабжения.* Износ систем водоснабжения составляет до 90 %, в некоторых местах 100 %. За многие годы экстенсивной эксплуатации водозаборов снизилась их эффективность. В курортный сезон нагрузка на водозаборы многократно возрастает, что совпадает с понижением уровня подземных вод в аллювиальных горизонтах. В результате водозабор из эксплуатационных скважин нередко превышает рекомендуемый. Это приводит к снижению эффективности работы фильтров водозаборных скважин и снижению проницаемости околоскважинного пространства за счет развития кольматационных процессов.

Рассмотренные факторы в сочетании друг с другом имеют не аддитивный, а мультипликативный эффект и значительно усугубляют проблемы водоснабжения черноморского побережья.

Выделенные основные проблемы позволяют сформулировать рекомендации для улучшения водоснабжения в условиях антропогенных и климатических изменений:

- провести поисково-разведочные работы в пределах переуглубленных долин, а также в зонах локализации разломно-трещинных структур;
- предусмотреть проектирование системы искусственного восполнения запасов подземных вод, что является обязательным условием для увеличения эксплуатационной нагрузки на водоносный горизонт современных аллювиальных отложений, приуроченных к долинам рек. В целях реализации задачи искусственного восполнения запасов пресных вод, в меженный период подготовить данные для разработки проекта соответствующих гидротехнических сооружений;
- выполнить доразведку и переоценку запасов пресных подземных вод месторождений с учетом увеличения их площади при условии искусственного восполнения запасов подземных вод;
- решить вопрос с собственниками земельных участков, на которых располагаются дополнительные скважины, включенные ранее в подсчет запасов подземных вод, а также с владельцами территорий, ограничивающих возможности разведки и ввода в эксплуатацию новых месторождений подземных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. Описание подземных вод. М.: Недра, 1968. С. 60–228.

МАТЕРИАЛЫ К ФАУНЕ ПАРАЗИТОВ КАРПОВЫХ ВИДОВ РЫБ (CYPRINIDAE, RAFINESQUE, 1815) В ПРУДОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

В.Н. Хорошельцева^{1,2}, Т.В. Стрижакова¹, Т.В. Денисова²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО»), Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
horosheltseva_v_n@azniirkh.ru

Семейство Cyprinidae Rafinesque, 1815 впервые описал в 1815 г. американский учёный Константэн Рафинеск. На сегодняшний день эта группа гидробионтов является самой распространённой не только в естественных водоемах, но и среди выращиваемых рыб в аквакультуре. Объемы производства продукции товарной аквакультуры в России за 10 лет увеличились более чем в 2 раза и в 2020 г. составили 328,6 тыс. т, в видовой структуре которых преобладают карповые виды рыб, на долю которых приходится 59 % от общего объема производства. По этой причине исследования болезней карповых видов рыб, в том числе и паразитарных, является приоритетным направлением рыбохозяйственной науки.

Материал для настоящего исследования был собран в осенний период 2018 г. в рыбноводном хозяйстве, расположенном в северной части Ставропольского края. Методом полного паразитологического вскрытия были исследованы сеголетки трех видов рыб из семейства Cyprinidae: *Ctenopharyngodon idella*, Valenciennes, 1844; *Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1752; *Hypophthalmichthys molitrix*, Valenciennes, 1844 (табл. 1). Отбор проб проводился методом случайной выборки. Клинический осмотр осуществлялся на местах облова. Полное паразитологическое вскрытие осуществляли в соответствии с общепринятыми методами [Лабораторный практикум ... 1983]. Определение систематической принадлежности паразитов проводили, руководствуясь соответствующими томами «Определителя паразитов пресноводных рыб фауны СССР» [1984; 1985; 1987].

Таблица 1

Количество и размерно-массовые характеристики исследованных рыб

Вид рыбы	Возраст, лет	Количество исследованных рыб, экз.	$m_{\text{ср.}}$, г	$l_{\text{ср.}}$, см
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (белый амур)	0+*	31	$37,2 \pm 2,8$	$12,1 \pm 0,3$
<i>Cyprinus carpio</i> (ка́рп)	0+	28	$41,8 \pm 2,9$	$11,0 \pm 0,3$
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (белый толстолобик)	0+	30	$37,3 \pm 0,6$	$12,7 \pm 0,1$

Примечание: * – сеголетка.

При массовом клиническом осмотре рыб из орудий лова (≈ 100 экз. каждого вида) видимых отклонений от нормы не было выявлено. Для оценки зараженности рыб использовался индексный метод. Определялись следующие показатели: экстенсивность инвазии (ЭИ, Prevalence) – процент хозяев, зараженных одним паразитом или группой; интенсивность инвазии и средняя интенсивность инвазии (ИИ, СИ, Intensity) – диапазон и среднеарифметический показатель числа паразитов, приходящихся на одну зараженную особь хозяина и индекс обилия (ИО, Abundance) – среднее значение количества особей выбранного одного или нескольких видов паразитов у всех особей хозяина, включая незараженных.

В результате исследования установлено, что спектр паразитических организмов у сеголетков карповых рыб включал 10 представителей различных классов: по 1 виду кругоресничных (Peritricha), трематод (Trematoda) и ракообразных (Crustacea), 2 вида цестод (Cestoda) и 4 вида моногеней (Monogenea). Наибольшее количество (7) видов паразитических организмов было зарегистрировано у карпа (*C. carpio*), у белого амура (*C. idella*) – 5 видов, у белого толстолобика (*H. molitrix*) – 2 вида (табл. 2). Общими паразитами для всех видов сеголетков были представители pp. *Trichodina* и *Diplostomum*.

Таблица 2

Спектр паразитических организмов, выявленных у сеголетков карповых рыб

№	Вид паразита	<i>C. carpio</i>	<i>C. idella</i>	<i>H. molitrix</i>
Peritricha				
1	<i>Trichodina</i> sp.	+	+	+
Monogenea				
2	<i>Dactylogyrus extensus</i>	+	–	–
3	<i>Dactylogyrus lamellatus</i>	–	+	–
4	<i>Diplozoon paradoxum</i>	–	+	–
5	<i>Gyrodactylus</i> sp.	+	–	–
Trematoda				
6	<i>Diplostomum</i> sp. met.	+	+	+
Cestoda				
7	<i>Bothriocephalus opsariichthydis</i>	+	–	–
8	<i>Paradilepis scollecina</i>	+	–	–
Crustacea				
9	<i>Ergasilus sieboldi</i>	+	+	–
Итого		7	5	2

Паразитофауна сеголетков *C. carpio* включала 7 компонентов (табл. 3). Большая часть инвазий (5 из 7) характеризовалась низкими значениями показателей зараженности, не оказывающей существенного влияния на здоровье рыб, за исключением жаберных моногеней *Dactylogyrus extensus* и цестод *Paradilepis scollecina*, паразитирующих в желчном пузыре.

Dactylogyrus extensus заражал около 40 % сеголетков карпа. При этом у 35,7 % обследованных особей паразит встречался в единичном количестве (2–6 экз.), но у 3,6 % рыб насчитывались десятки (более 20 экз.) моногеней. В обследованном материале пока не отмечено видимых глазом патологических изменений в состоянии жаберного аппарата. Однако заражение *D. extensus* может представлять опасность для вышеуказанной части (около 4 %) сеголетков карпа с длиной 14,5 см, поскольку известно, что 20–30 экз. моногеней данного вида являются летальным количеством для мальков длиной 4,0–4,5 см [Prost, 1963].

Таблица 3

Зараженность сеголетков карповых рыб

Вид паразита	Показатели зараженности			
	ЭИ, %	ИИ, экз.	СИ, экз.	ИО, экз.
<i>C. carpio</i>				
<i>Trichodina</i> sp. ¹	28,6	0,04–0,3	0,1 ± 0,02	0,03 ± 0,01
<i>Dactylogyrus extensus</i>	39,3	2–22	5,3 ± 1,7	2,1 ± 1,1
<i>Gyrodactylus</i> sp.	17,8	2–6	4,0 ± 0,6	0,7 ± 0,3
<i>Diplostomum</i> sp. met. ²	14,3	1–2	1,2 ± 0,2	0,2 ± 0,1
<i>Bothriocephalus opsariichthydis</i>	7,1	1–2	1,5 ± 0,5	0,1 ± 0,1
<i>Paradilepis scolecina</i>	17,8	13–63	25,6 ± 9,4	4,5 ± 3,9
<i>Ergasilus sieboldi</i>	3,5	2	2,0	0,1
<i>C. idella</i>				
<i>Trichodina</i> sp. ¹	61,3	0,08–6	1,5 ± 0,4	0,9 ± 0,3
<i>Dactylogyrus lamellatus</i>	54,8	1–31	8,1 ± 2,1	4,4 ± 1,6
<i>Diplozoon paradoxum</i>	3,2	1	1,0	0,03
<i>Diplostomum</i> sp. met. ²	3,2	1	1,0	0,03
<i>Ergasilus sieboldi</i>	6,4	1	1,0	0,1
<i>H. molitrix</i>				
<i>Trichodina</i> sp. ¹	10,0	0,04–0,08	0,1 ± 0,01	0,01 ± 0,004
<i>Diplostomum</i> sp. met. ²	36,7	1–7	2,4 ± 0,5	0,9 ± 0,3

Примечания. ¹ – в пересчете на 1 поле зрения микроскопа.

² – метацеркарий (личиночная форма трематод).

Дилепидиды в обследованной выборке карпа исчислялись десятками особей. Максимальные значения интенсивности, превышающие 60 экз., отмечены у 3,5 % рыб. У 14 % зараженных парадилеписами карпов интенсивность инвазии варьировала в пределах 13–19 экз. Патологические изменения в желчном пузыре выражались в отежности стенок органа, визуальном увеличении его размеров и помутнении желчи.

Заражение дилепидидами наиболее опасно для молоди карпа. Цестоды, локализирующиеся в желчном пузыре, могут нарушать нормальный кровоток. Кроме того, высокая интенсивность препятствует стабильному выделению желчи, нарушая пищеварение, и в связи с этим снижает упитанность и темп роста рыб, что очень важно для сеголетков перед зимовкой [Андакулова, 1977].

Ботриоцефалус (*B. opsariichthydis*) регистрировался у единичных особей (7,1 %) карпа в небольшом количестве (1–2 экз.), однако найденные черви имели большую длину – от 21,5 до 45 см. Гельминты такого размера оказывают пагубное влияние на пищеварение рыб, вызывая непроходимость кишечника.

Зараженность белого амура большинством выявленных видов характеризовалась низкими показателями: 3 вида паразитов из 5 встречались у единичных (3,2–6,4 %) особей с низкой интенсивностью (1 экз.). Инвазия рыб триходинами, встречавшимися более чем у 60 % особей, также имела характер паразитоносительства, не нанося ущерба молоди белого амура. Заражение сеголетков дактилогирисами *D. lamellatus* не вызывает опасений, поскольку интенсивность инвазии у 48,4 % рыб не превышала 13 экз. и только для 6,5 % отмечены достаточно высокие значения (29–31 экз.) данного показателя, но они были за пределами диапазона летальности [Molnar, 1971a; 1971b].

Паразитологический статус сеголетков белого толстолобика был наиболее благополучен. Зарегистрированные патогены (2 вида) характеризовались низкими значениями показа-

телей зараженности. Так, ресничные инфузории р. *Trichodina* встречались на жабрах 10 %, а диплостомиды, паразитирующие в хрусталиках глаз, – у 36,7 % рыб, те и другие – с низкими индексами обилия: 0,01 и 0,9 экз. соответственно. Инвазии с такими показателями не могут нанести существенного вреда здоровью рыб и расцениваются как паразитоносительство.

Таким образом, в результате исследования установлено, что паразитофауна карповых видов рыб, выращиваемых в прудовом хозяйстве Ставропольского края включала 10 представителей различных классов. Наибольшее количество (7) видов паразитических организмов было зарегистрировано у карпа (*C. carpio*), у белого амура (*C. idella*) – 5 видов, у белого толстолобика (*H. molitrix*) – 2 вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Molnar K. Studies on gill parasitosis of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) caused by *Dactylogyrus lamellatus* Achmerov, 1952. II. Epizootology // Acta Veter. Acad. Scien. Hungar, 1971a. 21(4). P. 361–375.
2. Molnar K. Studies on gill parasitosis of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) caused by *Dactylogyrus lamellatus* Achmerov, 1952. III. Therapy and Control // Acta Veter. Acad. Scien. Hungar, 1971b. 21(4). P. 377–382.
3. Prost M. Investigations on the development and pathogenicity of *Dactylogynts anchoratus* (Duj., 1845) and *D. extensus* Mueller et v. Cleave, 1932 for breeding carps // Acta Parasitologica Polonica. 1963. T. 11. №. 1/4. C. 17–47.
4. Андакулова Н.А. Данные по биологии и распространению возбудителя дилепидоза у прудовых рыб Казахстана // Болезни рыб и меры борьбы с ними. Алма-Ата, 1977. С. 15–21.
5. Лабораторный практикум по болезням рыб / В.А. Мусселиус, В.Ф. Ванятинский, А.А. Вихман и др.; под ред. В. А. Мусселиус. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 294 с.
6. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 1: Паразитические простейшие. Л.: Наука, 1984. 438 с.
7. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 2: Паразитические многоклеточные (первая часть). Л.: Наука, 1985. 425 с.
8. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3: Паразитические многоклеточные (вторая часть). Л.: Наука, 1987. 583 с.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПЛАЗМОННЫЕ СЕНСОРЫ LAB-ON-FIBER ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.П. Будник

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

Плазмонная сенсорика является важной областью прикладных научных исследований междисциплинарного характера для построения аналитических систем измерения малых и сверхмалых количеств веществ. Основой методики измерения выступает явление плазмонного резонанса, т.е. усиления собственных коллективных колебаний свободных носителей заряда в металлических наноразмерных телах (наночастицах или периодических структурах) за счет поглощения энергии электромагнитного излучения падающей волны света [Schasfoort, 2017]. Ранее нами были рассмотрены методы регистрации полезного сигнала с использованием этого явления для измерения значимых параметров ряда физических и биохимических процессов [Будник, 2020].

Функционирование плазмонных сенсоров обычно основано на использовании или поверхностно-локализованного плазмонного резонанса (ПЛПР) или поверхностных плазмон-поляритонов (ППП), распространяющихся вдоль границы между двумя средами и существующими в каждой из них [Tong et al., 2014]. Развитие плазмонных сенсоров идёт по пути разработки эффективных, недорогих, стабильных и многоразовых подложек с потенциалом для применения в устройствах. Примером такой подложки может служить композитный материал пористого стекла с наночастицами золота, полученный методом золь-гель синтеза, физические и сенсорные свойства которого были представлены ранее [Черкасова и др., 2017; Budnyk et al., 2017]. В целом же плазмонные сенсоры создают как нанопериодические ансамбли из оптических антенн и метаматериалов, позволяющие настроить оптический резонанс в нужном спектральном интервале, сгенерировать значительное усиливающее поле и достигнуть требуемой локальной плотности оптических состояний, требуемых для осуществления контроля электрон-фотонных взаимодействий [Wang et al., 2019].

Традиционным форм-фактором плазмонных сенсоров является призма со слоем оптически-активных металлических наноструктур на поверхности, которая вводится в контакт

со средой, содержащей аналит; при этом наиболее часто используется геометрия Кречмана. Регистрируются вариации в профиле ПЛПР из-за изменения показателя преломления внешней среды вследствие взаимодействия молекул аналита с сенсором. Такие схемные решения хорошо зарекомендовали себя в лабораторных исследованиях, но являются непрактичными для полевых измерений из-за относительно больших размеров, наличия дискретных компонентов и довольно высокой стоимости. В системах контроля параметров окружающей среды их потеснили планарные интегрированные оптические датчики [Masson, 2020], которые получают различными способами в рамках технологии изготовления тонкопленочных твердотельных сенсоров [Марков, Маскаева, 2019]. Измерительный отклик сенсоров на основе ПЛПР проявляется как изменение цвета коллоидной суспензии наночастиц благородных металлов, регистрация которого является основой работы колориметрических плазмонных сенсоров [Wei et al., 2015]. Датчики ППП с волноводным каналом основаны на измерении вариации интенсивности мод распространения из-за изменений показателя преломления анализируемого вещества. Параметры такого датчика могут быть рассчитаны теоретически, как в случае плазмонного волноводного датчика показателя преломления для водной среды с максимумом ППП на 633 нм [Madaan et al., 2018]. Источниками возбуждения плазмонного резонанса в компактных и недорогих сенсорах могут служить лазерные диоды, LED и дисплей смартфона [Prabowo et al., 2018].

Концепция использования оптического волокна в качестве сенсора известна с конца 60-х прошлого столетия, однако, в связи с развитием нанотехнологий она получила новое развитие в виде плазмонных массивов на концевом срезе волокна, называемая Lab-on-Fiber (лаборатория на волокне). Технология состоит в создании мультипараметрового сенсора на основе плазмонного интерферометра (рис. 1). Сенсор состоит из 2D массива нанолунок (дырочек), созданного в нанесенном на очищенный концевой срез оптоволоконного слоя благородного металла (рис. 1а). Этот массив создаёт поверхностный плазмон, который распространяется вдоль границы раздела слоя металла и подлежащего слоя оксида кремния (обычного материала для изготовления оптоволокон). Это распространение приводит к множественным отражениям на границах конечных элементов, создавая плазмонную интерференцию (рис. 1б). Благодаря четко известному отклику плазмонного резонанса и плазмонной интерференции на изменение температуры или показателя преломления, возможны непрерывные измерения этих двух параметров (т.н. *in situ* измерения), которые сами по себе являются ключевыми показателями для многих биологических систем.

Пример такого сенсора представлен в работе [Zhang et al., 2015], где с помощью магнетронного напыления было нанесено серебряное покрытие толщиной 150 нм на одномодный оптический волновод (SMF28, Corning). Массив нанолунок (диаметр 528 нм, шаг 1055 нм) был вырезан с помощью сфокусированного ионного пучка.

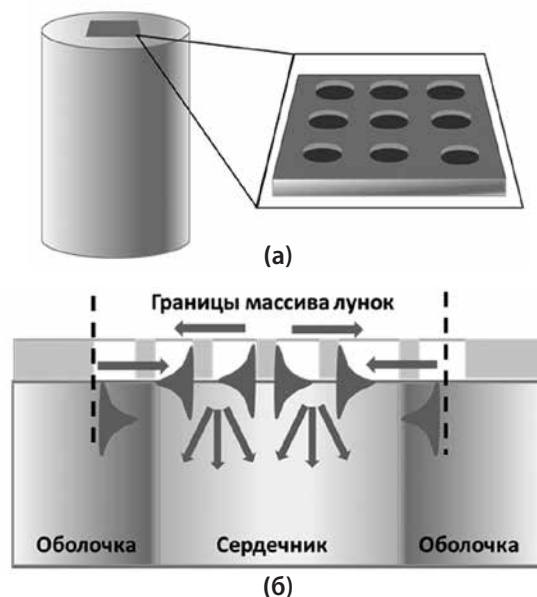


Рис. 1. Схема плазмонного интерферометра: на концевом срезе оптического волокна с увеличением части массива лунок (а); эффект плазмонной интерференции (б)

Различным аспектам получения и испытаний сенсоров типа Lab-on-Fiber посвящены множество хороших обзорных публикаций [Шишкин и др., 2016; Ricciardi et al., 2015; Wang Q., Wang L., 2020]. Следует отметить, что эти сенсоры хорошо сочетаются с микрофлюидикой и рядом других передовых исследовательских технологий, что позволяет говорить о скором создании комплексных сенсоров, позволяющих выполнять несколько лабораторных функций, которые объединяют общим названием Lab-on-a-Chip.

Работа выполнена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН гр. проект № АААА-А19-119040390084-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будник А.П. Использование плазмонных наноструктурных сенсоров для измерения физических и биохимических процессов // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – II»): мат-лы II Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. 428 с.
2. Марков В.Ф. Маскаева Л.Н. Технология тонкопленочных твердотельных сенсоров: учеб. пос. / Мин-во науки и высш. образования РФ. Екатеринбург, 2019. 148 с.
3. Черкасова С.О., Будник А.П., Солдатов А.В. Влияние диэлектрических свойств среды на оптические свойства заключенных в ней наночастиц золота // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4579> (дата обращения: 17.05.2021)
4. Шишкин В.В., Гранёв И.В., Шелемба И.С. Отечественный опыт производства и применения волоконно-оптических датчиков // Прикладная фотоника. 2016. № 3. С. 61–75.
5. Budnyk A.P., Cherkasova S.O., Damin A. One-pot sol-gel synthesis of porous silica glass with gold nanoparticles // Mendeleev Commun. 2017. Vol. 27. P. 531–534.
6. Schasfoort B.M. Richard (ed.) Handbook of Surface Plasmon Resonance: 2nd ed. London: Royal Society of Chemistry, 2017. 524 p.
7. Madaan D., Kapoor A., Sharma V.K. Ultrahigh Sensitivity Plasmonic Refractive-Index Sensor for Aqueous Environment // IEEE Photon. Technol. Lett. 2018. No. 30. P. 149–152.
8. Masson J.-F. Portable and field-deployed surface plasmon resonance and plasmonic sensors // Analyst. 2020. Vol. 145. P. 3776–3880.
9. Prabowo B.A., Purwidyantri A., Liu K.-C. Surface Plasmon Resonance Optical Sensor: A Review on Light Source Technology // Biosensors. 2018. Vol. 8. P. 80.
10. Ricciardi A., Crescitelli A., Vaiano P., Quero G. et al. Lab-on-Fiber Technology: A New Vision for Chemical and Biological Sensing // Analyst. 2015. Vol. 140. P. 8068–8079.
11. Tong L., Wei H., Zhang S., Xu H. Recent Advances in Plasmonic Sensors // Sensors. 2014. Vol. 14. P. 7959–7973.
12. Wang P., Nasir M.E., Krasavin A.V., Dickson W., Jiang Y., Zayats A.V. Plasmonic Metamaterials for Nanochemistry and Sensing // Acc. Chem. Res. 2019. Vol. 52. P. 3018–3028.
13. Wang Q., Wang L. Lab-on-Fiber: Plasmonic Nano-arrays for Sensing // Nanoscale 2020. Vol. 12. P. 7485–7499.
14. Wei H., Hossein Abtahi S.M., Vikesland P.J. Plasmonic colorimetric and SERS sensors for environmental analysis // Environ. Sci.: Nano. 2015. Vol. 2. P. 120–135.
15. Zhang Z., Chen Y., Liu H., Bae H., Olson D.A., Gupta A.K., Yu M. On-fiber plasmonic interferometer for multiparameter sensing // Optics Express. 2015. Vol. 23. P. 10732–10740.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ С ТЕРМОПЛАСТИЧНЫМ И ОЛИГОБУТАДИЕНОВЫМ КАУЧУКАМИ

Т.И. Григоренко, Ю.С. Кочергин, И. Тиц

*Харбинский политехнический университет, Харбин, провинция Хэйлуньцзян, КНР
grigorencot@rambler.ru*

До настоящего времени не теряет актуальности поиск модификаторов, обеспечивающих расширение температурного интервала эксплуатации и повышение адгезионной прочности эпоксидных композитов. В этом плане большой интерес представляют термопластичные каучуки, так называемые термоэластопласты (ТЭП) [Ношей, Мак-Грат, 1980; Лобанов и др., 2016; Зеленев, 2002; Вольфсон, 2001], которые представляют собой блок-сополимеры (БСП) строения (АВА) и (АВ)_n, где А – жесткие блоки термопластов, В – гибкие эластомерные блоки. Ниже температуры стеклования жесткого компонента эти материалы обладают очень хорошей прочностью и эластичностью, а при более высоких температурах – текучестью, свойственной линейным полимерам.

Термоэластопласты представляют собой двухфазные блок-сополимеры, где каждый из блоков выполняет определенную функцию. Эластичный блок определяет гибкую эластомерную природу сополимера, а жесткий играет роль узлов физической сетки и наполнителя. Из-за микрофазового разделения жесткие блоки ассоциируют друг с другом, образуя маленькие дисперсные домены (0,01–0,02 мкм), которые химически связаны с каучуковой матрицей. Эти домены выполняют ту же функцию, что и химическая сетка в вулканизированных эластомерах [Liu et al., 2000]. Домены сетки ТЭП размягчаются или плавятся при температурах, превышающих их температуры стеклования или плавления жесткого блока, и таким образом возможна переработка материалов через расплав. Другая функция жестких доменов заключается в повышении прочности путем усиления каучуковой матрицы. Это возможно из-за дискретной природы жестких доменов, их малых размеров и идеальной однородности по размеру, отличной адгезии между фазами, обусловленной наличием химических связей между блоками.

В связи с изложенным, несомненный интерес представляет исследование термоэластопластов в качестве модификаторов эпоксидных полимеров. Благодаря наличию эластичного блока в их составе можно ожидать увеличения ударостойкости в широком интервале температур и адгезионной прочности. Одновременное насыщение эпоксидной матрицы жесткими блоками БСП с высокой температурой размягчения позволяет рассчитывать на сохранение теплостойкости и модуля упругости. Также представляет интерес сравнение модифицирующего эффекта, достигаемого с помощью термопластичных каучуков и традиционных эластомеров на основе олигобутадиена.

В качестве объектов исследования выбраны эпоксидные полимеры (ЭП) на основе диглицидилового эфира бисфенола А, которые получали отверждением смолы марки ЭД-20 с массовой долей эпоксидных групп 21,4 % и молекулярной массой 410. Отвердителем служил диэтилентриаминометилфенол марки УП-583Д.

В качестве термопластичного каучука (ТПК) использовали блок-сополимер полибутилентерефталат-политетраметиленоксид с содержанием жестких блоков полибутилентерефталата 30 масс.% и эластомерных блоков политетраметиленоксида 70 масс.%. Совмещение ТПК с эпоксидной смолой (ЭС) осуществляли при 393К.

В качестве традиционного каучука использовали олигобутадиеновый каучук (ОБК) с концевыми карбоксильными группами с молекулярной массой 2800 и содержанием карбоксильных групп 2,90 %. Совмещение ОБК с ЭС осуществляли при 433К путем проведения в течение двух часов реакции этерификации за счет взаимодействия оксиановых групп ЭС и карбоксилатных групп ОБК.

Отверждение продуктов совмещения ЭС с каучуками проводили по режиму 293К /240 ч + 393К/3 ч.

На рисунке 1 представлена зависимость температуры стеклования (T_g), от количества введенных каучуков ТПК и ОБК. Видно, что при малых концентрациях (C) модификатора ТПК наблюдается небольшое увеличение T_g , а затем при $C > 7$ мас. ч. имеет место снижение температуры стеклования. Для ОБК небольшое повышение T_g имеет место только при $C = 3$ мас. ч., после чего наблюдается монотонное снижение T_g с большей скоростью, чем в случае ТПК.

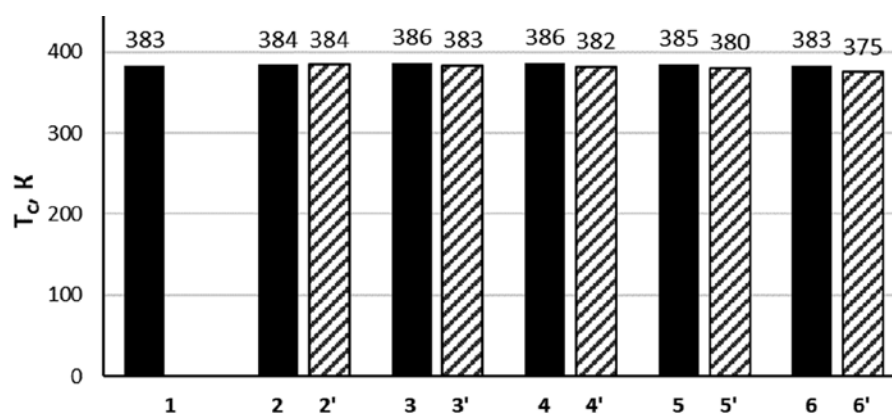


Рис. 1. Зависимость температуры стеклования (T_g) от количества модификаторов ТПК (1–6) и ОБК (1'–6'). Содержание каучуков равно: 0 (1, 1'), 3 (2, 2'), 5 (3, 3'), 7 (4, 4'), 10 (5, 5') и 15 (6, 6') мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы

Как следует из данных рисунка 2, прочность образцов (σ_p) закономерно убывает с ростом температуры испытания как для исходного эпоксидного полимера, так и модифицированных образцов. При этом в широком диапазоне температур от 153 до 353 К (т.е. во всем исследованном интервале стеклообразного состояния полимера) прочности исходного и модифицированного ТПК образцов практически совпадают, а при температуре 423, когда образцы находятся в высокоэластическом состоянии, σ_p эпоксиды, модифицированного ТПК ощутимо выше, чем у немодифицированного. Для образцов, модифицированных ОБК при всех температурах испытания, величина прочности ниже, чем у исходного эпоксиды и модифицированного ТПК. Особенно заметно это проявляется при комнатной и более высоких температурах.

Деформация образцов при разрыве (ϵ_p), в отличие от прочности, растет с увеличением температуры (рис. 3). Причем для образца на основе модифицированных смол наблюдается монотонный рост ϵ_p (более существенный при введении ОБК), а для исходного эпоксидного полимера после первоначального увеличения ϵ_p в температурном диапазоне 153–213К

происходит некоторое уменьшение деформации при повышении температуры до 295К. В результате образец при пониженной температуре обладает большей деформативностью, чем при комнатной температуре. Это явление тесно связано с молекулярной подвижностью в эпоксидной матрице. Как известно [Ван Кревелен, 1976], при температуре примерно 213К в эпоксидных полимерах происходит размораживание движения небольшого участка молекулярной цепи в точке соединения узлов химической сетки по механизму коленчатого вала. Проявление подвижности этого фрагмента, по-видимому, привносит дополнительный вклад в увеличение ϵ_p . Следующее после роста в температурном диапазоне 295–353К снижение деформации ϵ_p при температуре 423К может быть связано с окончанием молекулярной подвижности вблизи температуры T_c (383К), связанной с переходом полимера из стеклообразного в высокоэластическое состояние.

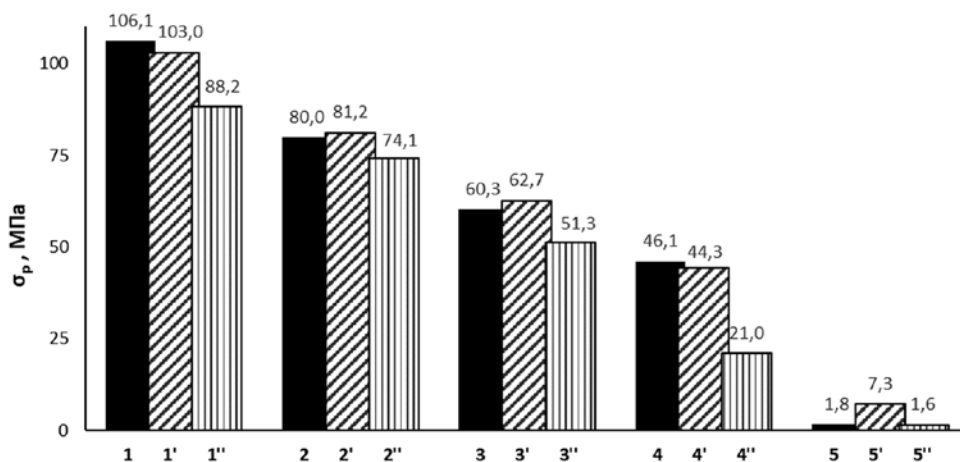


Рис. 2. Зависимость прочности при растяжении (σ_p) от температуры испытания для исходного (1–5) эпоксидного полимера и модифицированного 10 мас. ч. ТПК (1'–5') и ОБК (1''–5''). Температура испытания равна 153 (1, 1', 1''), 213 (2, 2', 2''), 295 (3, 3', 3''), 353 (4, 4', 4'') и 423 (5, 5', 5'') К

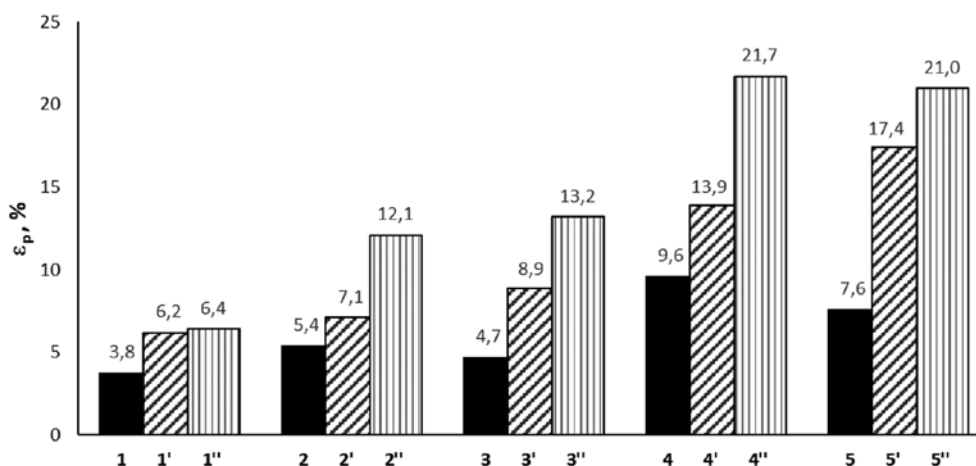


Рис. 3. Зависимость деформации при разрыве (ϵ_p) от температуры испытания для исходного эпоксидного полимера (1–5) и модифицированного 10 мас. ч. ТПК (1'–5') и ОБК (1''–5''). Температура испытания равна 153 (1, 1', 1''), 213 (2, 2', 2''), 295 (3, 3', 3''), 353 (4, 4', 4'') и 423 (5, 5', 5'') К

Как видно из рисунка 4, добавка ТПК в эпоксидный полимер приводит к увеличению работы разрушения материала. Образец, модифицированный ТПК, превосходит исходный

эпоксид во всем исследованном интервале температур. Эффект в равной мере проявляется как при пониженных (ниже комнатной), так и повышенных температурах испытания. При использовании ОБК эффект модификации выше, чем для ТПК, при отрицательных температурах и комнатной температуре, но ниже при повышенных температурах испытания.

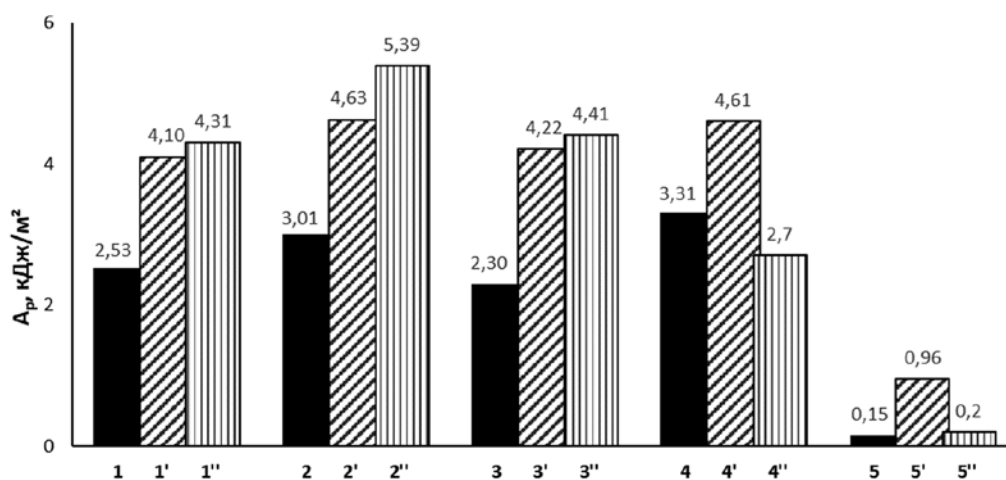


Рис. 4. Зависимость работы разрушения (A_p) от температуры испытания для исходного эпоксидного полимера (1–5) и модифицированного 10 мас. ч. ТПК (1'–5') и ОБК (1''–5''). Температура испытания равна 153 (1, 1', 1''), 213 (2, 2', 2''), 295 (3, 3', 3''), 353 (4, 4', 4'') и 423 (5, 5', 5'') К

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о весьма высоком эффекте модификации эпоксидных композитов термопластичным каучуком, представляющим собой блок-сополимер полибутилентерефталат-политетраметиленоксид. При этом системы, модифицированные ТПК, превосходят материалы, содержащие олигобутадиеновый каучук, по величинам прочности при растяжении и температуре стеклования. По величинам деформации при разрыве и работе разрушения образцы с ТПК уступают композитам с ОБК при пониженных температурах, но имеют более высокие показатели свойств при повышенных температурах испытания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров / пер. с англ.; под ред. А.Я. Малкина. М.: Химия, 1976. 415 с.
2. Вольфсон С.И. Структура, свойства, применение термоэластопластов для композиционных материалов нового поколения // Вестник КГТУ. 2001. Спецвып. С. 26–46.
3. Зеленов Ю.В. Исследование взаимосвязи состава, строения, структуры и физических свойств блок-сополимеров на основе гибко- и жесткоцепных компонентов // Пластмассы. 2002. № 3. С. 11–18.
4. Лобанов М.В., Гуляев А.И., Бабин А.Н. Повышение ударо- и трещиностойкости эпоксидных реактопластов и композитов на их основе с помощью добавок термопластов как модификаторов // Высокомолекулярные соединения. Сер. Б. 2016. Т. 58. № 1. С. 3–15.
5. Ношей А., Мак-Грат Дж. Блок-сополимеры. М.: Мир, 1980. 480 с.
6. Liu B., Liu F., Luo N., Ying S.-K., Liu Q. Synthesis of block copolymer by internated living cationic polymerization (ATRP) // J. Polym. Sci. 2000. Vol. 18. № 1. P. 39–43.

ПРОТИВООБРАСТАЮЩИЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ОЛОВООРГАНИЧЕСКИМ ГАЛОГЕНИДОМ

Ю.С. Кочергин, Т.И. Григоренко, И. Тци

*Харбинский политехнический университет, Харбин, провинция Хэйлуньцзян, КНР
grigorencot@rambler.ru*

Обрастание водорослями и моллюсками является одной из основных проблем, затрагивающих промышленные теплообменники, морские и речные суда [Звягинцев и др., 2015; Сабадах и др., 2017]. Поселяясь на поверхности гидротехнических объектов, обрастатели причиняют существенный экономический ущерб. Отрицательными последствиями обрастания являются сокращение передачи тепла, потеря эффективности охлаждения, преждевременный износ объектов и увеличение расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание. При эксплуатации морских и речных судов обрастание снижает их скорость (до 50 %) и увеличивает потребление топлива (до 40 %). В случае использования платформ для добычи нефти и газа на шельфе обрастатели повышают массу гидротехнических сооружений (до 20 %) и нарушают работу их выводов. Обрастание является одной из главных причин выхода из строя подводных частей судов, субмарин и гидротехнических сооружений, а также океанографических приборов, длительно находящихся в воде. Кроме того, морские организмы могут нарушать изоляцию электрических кабелей и повреждать металлические тросы.

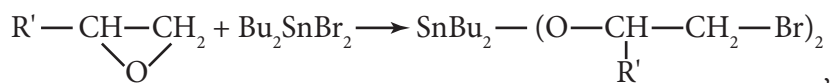
В настоящее время для профилактики обрастания используются специальные покрытия, содержащие в своём составе медь или другие токсические вещества (биоциды), обладающие большей токсичностью и большим сроком службы [Азанова, Чиждова, 2014; Мэтьюз, Роллинг, 2014; Черкасов и др., 2014]. Классическим примером является применение в защитных покрытиях, препятствующих обрастанию днищ кораблей от морских наростов, в качестве биоцида порошкообразной меди и ее оксида. Для придания фунгитоксичности применяются также другие металлы и их соли, в первую очередь олово. Оловоорганические полимеры обладают высокой антимикробной и антигрибковой активностью [Каблов и др., 2015]. В состав связующих, используемых в судостроении, часто вводят галогенсодержащие полимеры, которые предназначены для повышения огнестойкости компонентов [Каблов и др., 2015].

Эффективными биоцидами являются оловоорганические галогениды (ООГ), которые благодаря наличию атомов олова обладают антимикробными и антигрибковыми свойствами, а наличие атомов галогена позволяет повысить огнестойкость лакокрасочных материалов. В отличие от окисей металлов добавки ООГ в полимерные материалы не вызывает вторичных коррозионных эффектов. При этом в морской воде ООГ легко разлагаются на неопасные для фауны моря продукты.

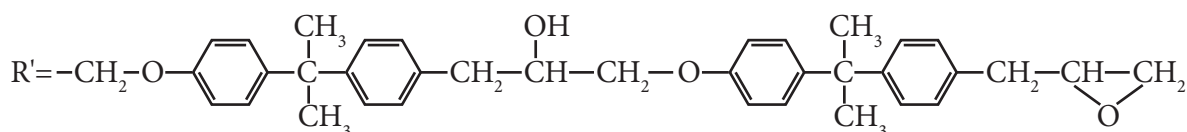
В настоящее время свойства композитов на основе оловогалогенсодержащих смол изучены явно недостаточно. В связи с этим целью настоящей работы явилось исследование деформационно-прочностных и релаксационных свойств композиционных мате-

риалов на основе продукта взаимодействия эпоксидной смолы с оловоорганическим галогенидом.

В качестве объектов исследования выбраны промышленная эпоксидная смола марки ЭД-16 с массовой долей эпоксидных групп 17,3 % и молекулярной массой 495 и продукт ее взаимодействия с ООГ, в качестве которого использовали дибромид дибутилолова. Взаимодействие происходило по схеме:



где $\text{Bu} - \text{C}_4\text{H}_{12}$



В ходе реакции дибромид дибутилолова добавлялся в таком количестве, чтобы сохранились свободные оксирановые циклы. В результате был получен продукт с молекулярной массой 1350 и содержанием эпоксидных групп 10,7 %.

Отвердителем служил диэтилентриаминометилфенол марки УП-583Д. Отверждение композиций проводили по режимам I: 20°C/240 ч (отверждение без подвода тепла извне, т.е. при комнатной температуре) и II: 20°C/240ч+120°C/3ч (отверждение при комнатной температуре с последующей термообработкой).

Как следует из рисунка 1, образцы на основе эпоксидной смолы, содержащей ООГ (в дальнейшем модифицированная смола), существенно уступают образцам на основе исходной смолы по величинам прочности при растяжении, деформации при разрыве, модуля упругости и работы разрушения. Это может быть связано с меньшей скоростью перемещения более громоздких молекул модифицированной смолы, а также присутствием в ней тяжелых атомов олова и брома, которые, в свою очередь, обуславливают снижение молекулярной подвижности и затрудняют протекание реакции отверждения при введении отверждающего агента. В результате образуется менее плотная и более дефектная химическая сетка. После термообработки для всех образцов несколько возрастают значения σ_p и E , а величины параметров ϵ_p и A_p , наоборот, уменьшаются, что объясняется формированием более плотной химической сетки вследствие доотверждения образцов при воздействии повышенной температуры. В образующейся в результате этого более плотной химической сетке, благодаря сближению молекул, возрастает вероятность формирования физической сетки водородными связями ОН-групп и атомов брома, что дополнительно упрочняет материал. При повышении температуры физическая сетка разрушается в первую очередь, а более редкая химическая сетка в композитах на основе модифицированной смолы в меньшей степени сопротивляется механической нагрузке. Это находит свое отражение в более быстром уменьшении прочности при растяжении (рис. 2а, кривая 2) и значительном увеличении деформации при разрыве (рис. 2б, кривая 2) для образцов на основе модифицированной смолы уже при небольшом повышении температуры. Очевидно, что подобное поведение может быть связано с более ранним расстеклованием эпоксидной матрицы (рис. 3а) и переходом полимера в вынужденно-эластическое состояние.

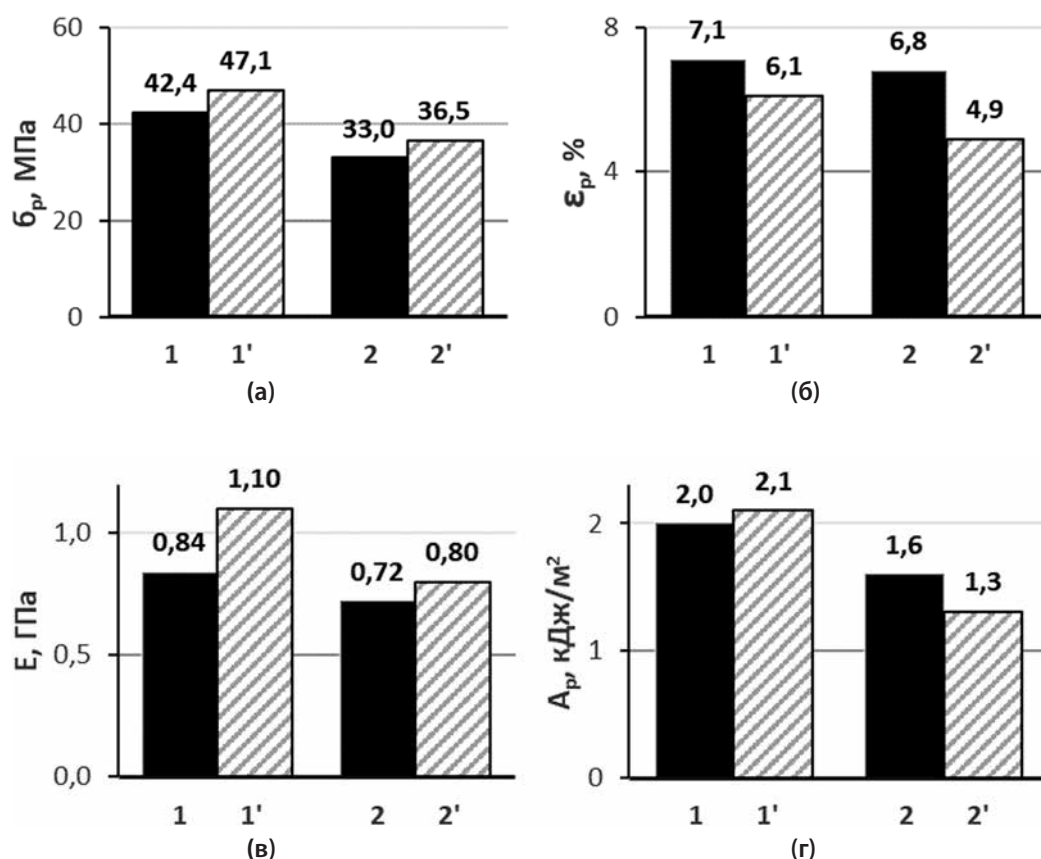


Рис. 1. Зависимости σ_p (а), ϵ_p (б), E (в) и A_p (г) для образцов на основе исходной (1, 1') и модифицированной (2, 2'). Образцы отверждены по режимам I (1, 2) и II (1', 2')

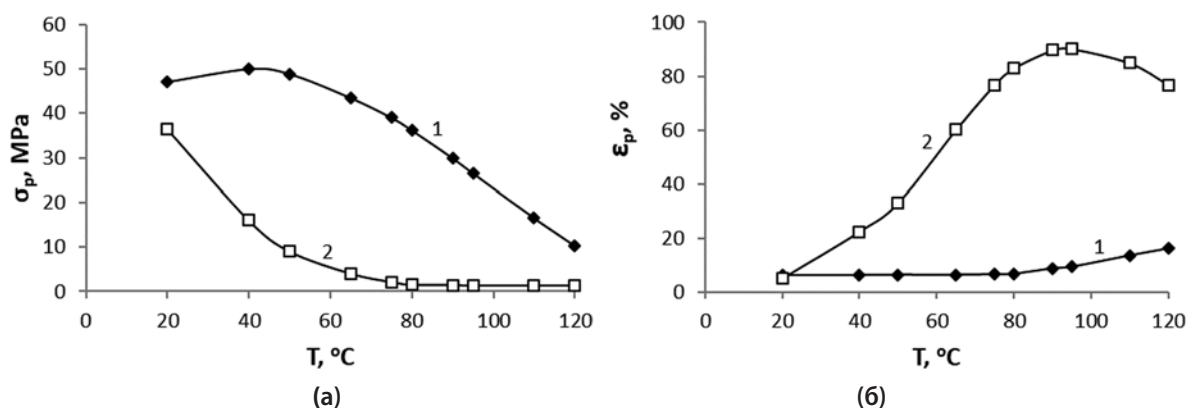


Рис. 2. Температурные зависимости прочности при растяжении σ_p (а) и деформации при разрыве ϵ_p (б) для эпоксидных полимеров на основе исходной (1) и модифицированной ООГ (2) эпоксидной смолы ЭД-16. Образцы отверждены по режиму II

Благодаря тому, что исследуемый полимер на основе продукта взаимодействия эпоксидной смолы с ООГ содержит 11,3 % брома и 8,4 % олова, он обладает пониженной горючестью и хорошей фунгитоксичностью. Его кислородный индекс составляет 27 % против 21 % у полимеров на основе исходной смолы ЭД-16. Как известно [Ушков и др., 2017], полимеры с КИ от 20 до 27 относятся к медленногорючим, а полимеры с КИ >27 считаются трудногорючими и относятся к самозатухающим при выносе из огня. Оценка устойчивости компо-

зита к воздействию плесневых грибов, показала, что он обладает достаточной фунгитоксичностью: степень роста плесени 0 (то есть рост плесени под микроскопом не наблюдается) против 2 (слабое развитие плесени) для образцов на основе исходной смолы.

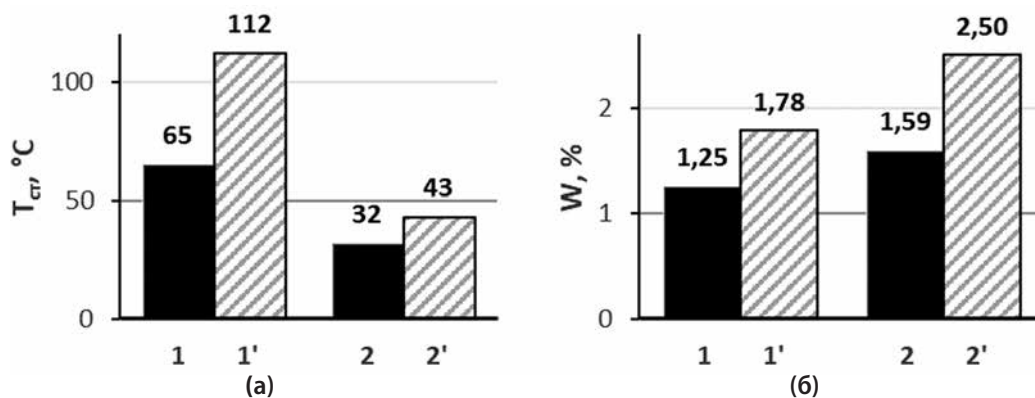


Рис. 3. Температура стеклования T_g (а) и водопоглощение W (б) для образцов на основе исходной (1, 1') и модифицированной (2, 2'). Образцы отверждены по режимам I (1, 2) и II (1', 2')

Данные исследований расширяют возможные области применения таких композиций, в первую очередь в качестве противообрастающих и трудногорючих покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азанова Н.А., Чижова М.А. Защита лакокрасочных материалов и покрытий от биоповреждений // Актуальные вопросы лесного комплекса. 2014. Вып. 40. С. 56–57.
2. Звягинцев А.Ю., Полтаруха О.П., Масленников С.И. Обрастание морских систем технического водоснабжения и анализ методов защиты от обрастания в водоводах (аналитический обзор) // Вода: химия и экология. 2015. № 1. С. 37–60.
3. Каблов В.Ф., Новопольцева О.М., Кейбал Н.А., Кочетков В.Г., Лапина А.Г., Крюкова Д.А. Элементоорганические олигомерные модификаторы эластомерных композиций // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 14. С. 59–61.
4. Мэтьюз Ф., Роллинг Р. Композиционные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. 407 с.
5. Сабадаха Е.Н., Прокопчук Н.Р., Шутова А.Л. Повышение биозащитных свойств лакокрасочного покрытия за счет биостойкости и фунгитоксичности входящих в него компонентов // Труды БГТУ. 2017. Сер. 2. № 2. С. 120–126.
6. Ушков В.А., Фиговский О.Л., Копытин А.В., Шувалова Е.А. Воспламеняемость и дымообразующая способность эпоксидных композиционных материалов // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3991> (дата обращения: 17.05.2021).
7. Черкасов В.Д., Черкасов Д.В., Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Лазарев А.В., Меркулов Д.А. Повышение долговечности железобетона с помощью полимерных покрытий // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2014. № 4. С. 3–11.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

К.А. Фролов, А.Б. Люхтер

*Научно-образовательный центр внедрения лазерных технологий
при Владимирском государственном университете
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир
frolov@laser33.ru*

Изделия, изготовленные из композитных материалов, все чаще используются во многих сферах промышленности, благодаря таким их свойствам, как соотношение прочности к плотности, коррозионная стойкость. Применение композитных материалов зачастую ограничено из-за сложности подтверждения их высоких механических свойств. В данной работе представлено описание существующих методов испытания механических свойств композитных материалов, их проблем и возможных путей решения.

Композиты обладают значительно отличающимися от металлов механическими свойствами. Это связано со способом получения композитных материалов, в результате которого полученные изделия обладают неоднородными механическими свойствами.

В настоящее время существует огромная масса марок композитных материалов, и их количество неуклонно растет. Только методы получения изделий из ПКМ можно подразделить на 14 видов: свободное литье; литье под давлением; инжекция; прессование; пултрузия; намотка; автоклавное формование; вакуумная инфузия; контактное формование; вибропрессование; штранг-прессование; экструзия. А количество комбинаций компонентов является практически неисчислимо.

Анизотропность и многообразие по составу и методу получения композитных материалов накладывают существенные ограничения на применимость схем и способов механических испытаний [Saba, 2019]. Практически невозможно быстро утвердить государственные стандарты на активно создаваемые новые виды ПКМ.

Другую сложность для проведения испытаний оказывает количество физических и механических параметров, необходимых для оценки применимости ПКМ в конкретных условиях [Vazquez-Nunez, 2021; Sahinovic, 2020]. Предел прочности при растяжении, сжатии, сдвиге, кручении, изгибе, модуле упругости, плотности, коэффициенте водопоглощения – это далеко не весь список испытываемых параметров.

Испытание на растяжение – это процесс разрушающего испытания, который предоставляет информацию о прочности при растяжении, пределе текучести и пластичности металлического материала. Он измеряет силу, необходимую для разрушения композитного или пластикового образца, и степень растяжения или удлинения образца до точки разрыва. Испытания композитов на растяжение, как правило, проводятся в форме испытания на базовое натяжение или испытания на растяжение плоского сэндвича в соответствии со стандартами, такими как ГОСТ 32656–2014, ГОСТ 33375, ГОСТ 33377.

При испытаниях на растяжение ПКМ приходится сталкиваться со следующими проблемами: крошение зажимаемых поверхностей образцов; слишком низкая толщина образцов, недостаточное/чрезмерное усилие зажимов, что приводит к получению результата от комбинированных испытаний сдвиг/растяжение, а не от чистого разрыва.

Существует большое количество стандартов по испытаниям ПКМ на сдвиг, например ГОСТ 33685–2015, ГОСТ 32659–2014, ГОСТ Р 56799–2015, ГОСТ Р 57778–2017, ГОСТ Р 56786–2015, ГОСТ Р 56651–2015, в которых описаны различные подходы к данному виду испытаний. Проблема заключается в том, что для некоторых видов ПКМ сложно определиться с наиболее подходящим методом, а иногда такого метода не существует в государственном стандарте.

На рисунке 1 представлен один из способов испытания на сдвиг, в соответствии с ГОСТ Р 56651–2015.

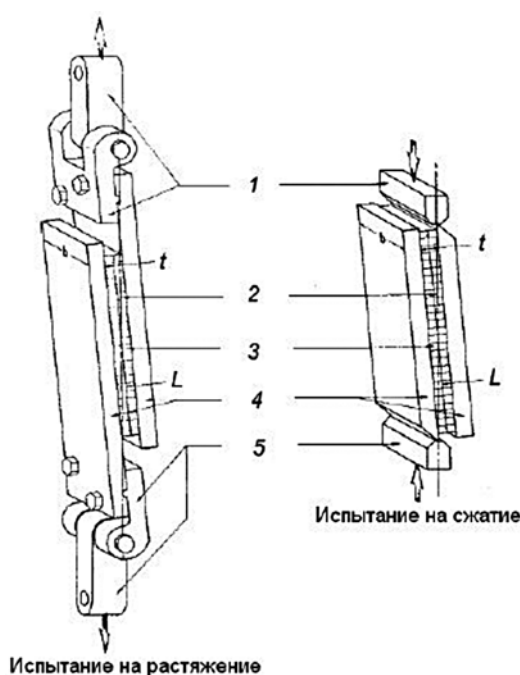


Рис. 1. Фиксирующее устройство, в соответствии с ГОСТ Р 56651–2015:

- 1 – верхнее шарнирное крепление/верхний нагрузочный блок;
- 2 – плоскость, в которой действует нагрузка; 3 – образец; 4 – нагрузочные пластины;
- 5 – нижнее шарнирное крепление/нижний нагрузочный блок;
- L – длина образца, мм; t – толщина материала заполнителя, мм

В связи с наличием анизотропных свойств у ПКМ, данный метод может показать не совсем истинную нагрузку на межслойный сдвиг, так как она осуществляется не по оси слоев.

На рисунке 2 представлен способ испытания на сдвиг, в соответствии с ГОСТ 32659–2014.

Данная схема нагружения соответствует методу испытания на трехточечный изгиб и направлена лишь на получение данных о фактическом месте появления первых дефектов.

Лаборатория физико-механических испытаний научно-образовательного центра внедрения лазерных технологий при ВлГУ занимается уже 5 лет решением нетипичных проблем при физико-механических испытаниях полимерных композитных материалов. Наши специалисты убеждены в необходимости индивидуального подхода к механическим

испытаниях каждого вида ПКМ. Работа центра направлена на составление и утверждение с заказчиками программ и методик проведения механических испытаний на основании анализа всех существующих методов испытаний, описанных в государственных стандартах и предлагаемых нами индивидуальных решений под исследование конкретных механических или физических свойств образцов из композитных материалов.

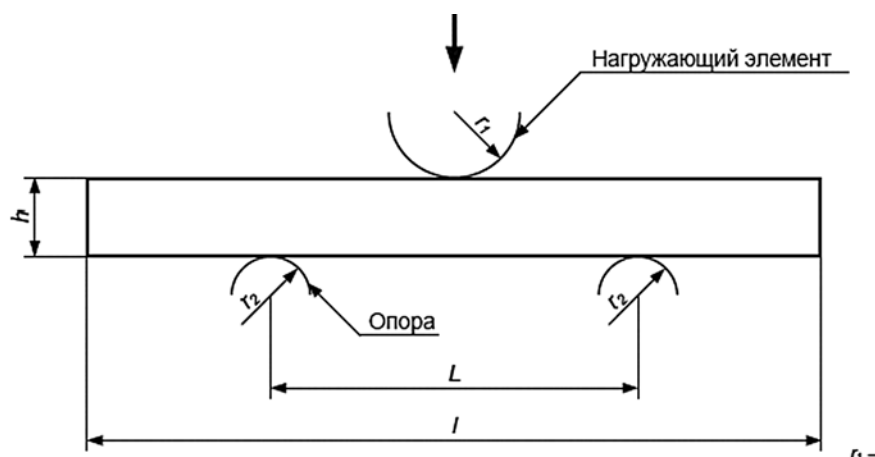


Рис. 2. Схема нагружения, в соответствии с ГОСТ 32659–2014:
 r_1 – радиус нагружающего наконечника; r_2 – радиус опор; h – толщина образца;
 L – пролет; l – полная длина образца

В настоящий момент перспективным направлением использования ПКМ является изготовление из них волногасящих элементов для защиты прибрежной зоны Российской Федерации. В текущее время ведутся работы совместно с ООО «Национальная компания «Евразия» (г. Самара) по механическим испытаниям композиционных материалов, непосредственно участвующих в конструкции волногасящих элементов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saba N. Mechanical and Physical Testing of Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites // An overview of mechanical and physical testing of composite materials. 2019. doi:10.1016/B978-0-08-102292-4.00001-1.
2. Vazquez-Nunez E. Green composites and their contribution toward sustainability: a review. 2021. DOI:10.1177/09673911211009372.
3. Sahinovic A. Improvement of the mechanical properties of thermosetting-binding-system-based composites by means of kneading procedure modification and composite formulation // Processes. 2020. 8. 625. DOI:10.3390/PR8050625.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Матишов Г.Г.</i> Важнейшие задачи в изучении опасных явлений степной зоны аридного климата	7
<i>Степаньян О.В.</i> Вклад члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова в исследование опасных природных и техногенных явлений на юге и севере России.	13
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ	
<i>Архипкин В.С., Мысленков С.А.</i> О моделировании штормовых нагонов в Карском море	17
<i>Афанасьев В.В., Уба А.В.</i> 10 лет наблюдений разрушения бенча, косейсмически поднятого в результате Невельского землетрясения 2007 г.	21
<i>Бабешко В.А., Бабешко О.М., Горшкова Е.М., Евдокимова О.В., Зарецкая М.В., Павлова А.В., Телятников И.С., Федоренко А.Г., Шестопалов В.Л.</i> Целевые и междисциплинарные результаты проекта «Разработка комплекса математических моделей прогнозирования землетрясений с широким набором литосферных плит, охватывающих различные типы прибрежных территорий»	26
<i>Валитов М.Г., Прошкина З.Н.</i> Наблюдаемые эффекты в вариациях гравитационного поля в период подготовки близкого землетрясения	30
<i>Вербицкая З.В., Медведев М.А., Василевская Л.Н.</i> Взаимодействие охотского антициклона и дальневосточной депрессии летом 2020 г., их влияние на опасные погодные явления	33
<i>Глазырин Е.А.</i> Природное углеводородное загрязнение в черноморской прибрежной зоне Таманского полуострова	37
<i>Гогоберидзе Г.Г., Румянцева Е.А., Шилин М.Б.</i> Матричный подход к оценке рисков природопользования в береговой экосоциоэкономической системе Арктической зоны РФ.	41
<i>Давыдов А.В., Симченко С.В.</i> Абразионные процессы в пределах коренного выступа береговой системы Тендра – Джарылгач.	45
<i>Долгих Г.И., Чупин В.А., Гусев Е.С.</i> Пеленг тайфунов по зонам генерации микросейсм «голоса моря»	49
<i>Зуб О.Н.</i> Анализ и прогноз опасных природных процессов и явлений на территориях Краснодарского края и Кабардино-Балкарской Республики	53
<i>Игнатов Е.И., Афанасьев В.В., Уба А.В.</i> Берега контактных зон Северной Пацифики	56
<i>Ингель Л.Х.</i> О некоторых условиях зарождения полярных мезоциклонов	61
<i>Ионов В.В.</i> Антарктика – опасное морское преддверие ледяного континента (к 200-летию открытия Антарктиды)	65
<i>Иошпа А.Р., Парфенова А.В., Стрюцкая А.О.</i> Анализ динамики климата на побережье Азовского моря	69
<i>Калмыкова О.В.</i> Смерчи над Чёрным морем – новая визитная карточка юга России	73
<i>Клещенков А.В., Хвостенко Д.Д.</i> Поступление соленых вод в дельту Дона во время нагонов в XX–XXI вв.	78
<i>Любицкий Ю.В.</i> Метод прогноза штормовых нагонов на побережье Берингова моря.	81

Мамедов А.Ш.

К вопросу об эффективности применения пены для ликвидации пожаров нефтехранилищ в резервуарах 85

Мамедов А.Ш.

Оценка пожароопасных свойств неметаллических горючих материалов, применяемых в судостроении, и влияния их дымообразующей способности на окружающую среду 90

Медведев М.А., Вербицкая З.В., Василевская Л.Н.

Влияние физико-географического положения на розу ветров в малых аэропортах побережья Чукотки 96

Мизюк А.И., Коротаев Г.К., Холод А.Л., Сендеров М.В., Пузина О.С.

Экспериментальная система морских прогнозов Морского гидрофизического института РАН: от южных морей России до Мирового океана. 100

Мироненко А.А., Рец Е.П., Фролова Н.Л., Гизатуллин А.Т.

Оценка опасности наводнений на реках Северного Кавказа России на основе анализа максимальных уровней воды 104

Миронюк С.Г., Безуглова Е.В.

Типы, строение и факторы развития оползней в междуречье Хоста – Кудепста Черноморского побережья Кавказа. 108

Петриченко С.А., Калмыкова О.В., Козлов С.В.

Использование индексов конвективной неустойчивости для оценки вероятности возникновения полярных мезоциклонов в Арктическом регионе России 114

Полозок А.А., Фомина И.Н.

Моделирование штормовых нагонов в районе МГС Темрюк 118

Румянцева Е.А., Гогоберидзе Г.Г., Шилин М.Б.

Классификационные признаки и видовые формы составляющих рисков природопользования в береговой экосоциально-экономической системе Арктической зоны РФ 123

Соколов А.Н., Чубаренко Б.В.

Экстремальные штормы на Балтике в период с 1979 по 2018 г., по данным численного моделирования... 127

Сорокина В.В., Титов В.В., Вереин Р.В., Попов Ю.В., Ковалева Г.В., Гаврилова И.Ю.

Первые комплексные данные о пыльной буре в Восточном Приазовье в конце сентября – начале октября 2020 г. 132

Ушаков М.В.

Многолетние колебания максимальных расходов воды весеннего половодья на реках северного побережья Охотского моря 139

Чикин А.Л., Чикина Л.Г.

Численное исследование затопления дельты Дона при нагонах. 142

Шестопалов В.Л., Карцева М.В., Фоменко В.А.

Анализ сейсмогеодинамической активности Таманского полуострова в 2017–2018 гг. технологиями GPS 146

Шестопалов В.Л., Карцева М.В., Фоменко В.А., Куликова В.В., Бородако А.М.

Вариации геофизических и газ-гидрогеохимического полей в период сейсмической активности Азово-Черноморского побережья в 2020 г. 151

Яицкая Н.А.

Штормовое волнение в Азовском море с 1979 по 2019 г., по данным математического моделирования и глобального реанализа ERA-INTERIM 159

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ, ПРИВОДЯЩИХ К СБОЮ В РАДИОСВЯЗИ, К ОШИБКАМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Алимпиева М.А., Завьялова Е.В., Кузнецова О.Э.

Сравнение степени континентальности климата в степной и высокогорной зонах на юге Европейской части России 163

ОПАСНЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Бердников С.В., Беспалова Л.А., Хаванский А.Д., Кулыгин В.В., Магаева А.А.,

Мисиров С.А., Меринова Ю.Ю., Хорошев О.А., Цыганкова А.Е., Иошта А.Р.

Опасные береговые процессы в Азовском море: закономерности формирования и социально-экономические последствия их проявлений (результаты проекта РФФИ 18-05-80082)... 167

Бердыев Д.А., Гречина Ю.Ю.

Конструктивно-техническое решение по восстановлению береговых линий морей, рек, водохранилищ с применением новых разработок и современных материалов. 171

Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е.

Опасные береговые процессы Азовского моря в многолетнем аспекте. 178

Дивинский Б.В., Косьян Р.Д., Куклев С.Б.

Исследование экстремального штормового нагона Азовского моря. 183

Липка О.Н., Андреева А.П., Богданович А.Ю., Крыленко М.В., Добролюбова К.О.

Погодно-климатическая обусловленность динамики флишевых береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа. 188

Огородов С.А., Баранская А.В., Белова Н.Г., Богатова Д.М., Кокин О.В.,

Маслаков А.А., Шабанова Н.Н., Мазнев С.В., Новикова А.В., Кондратьева Д.М., Вергун А.П.

Электронный атлас абразионной и ледово-экзарационной опасности прибрежно-шельфовой зоны Российской Арктики. 192

Павлова А.В., Архипкин В.С., Мысленков С.А.

Оценка опасности затопления прибрежных территорий Северного Каспия. 196

Санин А.Ю.

Опасные береговые процессы как сдерживающий фактор для развития прибрежного туризма в России. 200

Соколов А.Н., Чубаренко Б.В.

Параметрическое описание вдольберегового распределения пластикового мусора, появляющегося при разрушении берегозащитных сооружений. 204

Хорошев О.А., Хаванский А.Д., Меринова Ю.Ю.

Оценка материального ущерба проявления абразионных процессов в приазовских муниципальных образованиях Краснодарского края. 209

Щодро А.Е., Сорокин А.Н.

Принципы управления движением наносов с помощью проницаемых волногасящих сооружений с гибкими элементами. 213

Щодро А.Е., Сорокин А.Н.

Схемы защиты берегов рек и водохранилищ от волн и течений. 218

МОРСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ.

РИСКИ ОТ РАСТУЩЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКИХ РЕСУРСОВ

Журавлева Н.Г.

Рекомендации для разработки биотехнологии содержания производителей и получения икры арктического гольца – возможного объекта аквакультуры. 223

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Оганесян А.А., Смирнова Е.А., Савикин А.И.

Современная структура бентосных сообществ Таганрогского залива. 226

Романчук Р.В., Оспищев Р.Н.

Материалы по распространению самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) в городе Ростове-на-Дону в период 2015–2021 гг. 230

Саяпин В.В.

Азовоморская сезонная популяция *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz, 1865) в декабре 2020 г. 233

ЭКОСИСТЕМЫ ПОБЕРЕЖИЙ

В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Агаркова-Лях И.В.

Донные ландшафты Василёвой бухты (Юго-Западное побережье Крыма) в условиях многолетнего техногенного загрязнения. 236

Аракелов М.С., Ахсалба А.К., Долгова-Шхалахова А.В., Темиров Д.С.

К вопросу обеспечения экологической безопасности прибрежных экосистем Черноморского побережья Краснодарского края в условиях интенсификации туристско-рекреационной деятельности. 239

Архипова О.Е., Габова В.Н.

Использование современных спутниковых данных для мониторинга антропогенных изменений ландшафтов в дельте Дона. 244

Баскакова Т.Е., Бурдина Е.И., Картамышева Т.Б.

Изучение основных биогенных соединений прибрежной акватории Черного моря в районе Крымского полуострова в 2019 г. 249

Вареник А.В., Коновалов С.К.

Вклад атмосферных осадков в поступление биогенных элементов в районе крымского побережья 253

Гуськов Г.Е.

Антропогенный фактор, влияющий на натурализацию чужеродных видов в Чёрном море 257

Далёкая Л.Б.

Массовые виды макроэпибионтов в зарослях цистозеры Севастопольской бухты. 260

Дбар Р.С., Жиба Р.Ю., Строчан Т.П., Вольтер Е.Р.

Особенности трансформации вдольбереговой литодинамической системы под влиянием инженерного объекта – морского порта Очамчира (Республика Абхазия) 264

Кавцевич Н.Н., Светочев В.Н., Светочева О.Н.

Результаты мечения нерпы (*Pusa hispida*) датчиками спутниковой телеметрии летом 2020 г. в Белом море 268

Кашулин Н.А., Беккелунд А., Даувальтер В.А.

Цветение арктического озера Имандра как результат климатических и антропогенных изменений 272

Кренёва К.В.

Состояние сообщества цилиатопланктона Нижнего Дона в осенний период и использование его в качестве индикатора состояния вод 276

Матасова И.Ю.

Особенности распределения Со, V, Cr в почвах геохимических ландшафтов Черноморского побережья России. 280

Новикова А.В., Огородов С.А.

Морфодинамика берегов Карского моря 284

Помазков Д.С.

Влияние абиотических и антропогенных факторов на состояние популяции судака обыкновенного (*Sander lucioperca* L.) Азовского моря в различные периоды рыболовства 287

Сорокина В.В., Швердяев И.В., Бердников С.В.

Интегрированный модельный подход к изучению процессов биогеохимической трансформации веществ в дельте Дона в условиях сильных ветровых нагонов. 290

Сушко К.С., Ильина Л.П.

Экологическое состояние островных ландшафтов дельты Дона в условиях антропогенного воздействия 295

Щербина В.Г.

Реакция корневых систем в экосистемах *Fagus orientalis* L. сочинского побережья на хронические рекреационные нагрузки 300

Щербина Ю.Г.

Восстановление за осенне-зимний период рекреационно-нарушенной почвы в лесах сочинского побережья. 304

Ясакова О.Н.

Состояние фитопланктона в открытой северо-восточной части Чёрного моря и в районе Абхазии в осенний период 2020 г. 307

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

Григоренко К.С.

Течения и ледовый режим в Азовском море в 2020–2021 гг. 311

Ершова Т.С., Зайцев В.Ф., Чаплыгин В.А.

Тяжелые металлы в экосистеме Каспийского моря 313

Ильичев В.Г.

Математические образы структуры речной дельты 317

Орехова Н.А., Коновалов С.К.

Формирование зон экологического риска в районе Керченского пролива 320

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МОРСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

Бадина С.В., Бабкин Р.А.

Оценка уязвимости наличного населения городов к природным и техногенным опасностям с использованием данных мобильных операторов 325

Вербицкий Е.В.

Циркадные отражения природных и антропогенных катастроф 330

Суций С.Я.

Материальный ущерб от наводнений в Восточном Приазовье и Причерноморье: конец имперского периода (на материалах Кубанской области и Черноморской губернии) 331

Чуклина Э.Ю.

Роль опасных природных явлений в детерминации преступности 335

МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И БЕРЕГОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Бугай Н.Ф.

Опасное природное явление цунами – основа для формирования катастроф в прибрежных регионах Дальнего Востока (на примере Камчатского края) 339

Глазырин Е.А.

Проблемные вопросы государственного мониторинга опасных геологических процессов прибрежно-шельфовой зоны Азовского, Черного и Каспийского морей 343

Глущенко Г.Ю.

Результаты исследования фитопланктона Цимлянского водохранилища в мае 2019 г. 346

Гудимов А.В.

Как бы экология: факты 5-летней практики разработки и тестирования экологических инноваций в РФ 350

Егоркин А.А.

Методология развития концепции оценки экологической обстановки специальных объектов 353

Зуб О.Н.

К вопросу мониторинга береговых процессов в пределах литодинамической системы Туапсе – Адлер для оценки возможного их влияния на береговую инфраструктуру. 356

Ильин Г.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е., Валуйская Д.А.

Оценка радиоактивного загрязнения морской среды побережья Кольского полуострова 358

Крыленко В.В., Крыленко М.В.

Необходимость учета короткопериодных изменений при анализе динамики береговой линии аккумулятивных берегов 362

Кулыгин В.В., Лихтанская Н.В.

Системы поддержки принятия решений для оценки риска опасных природных процессов в береговой зоне 366

Шмидько А.Г., Шмидько Г.А.

Исследование снежного покрова опытного участка Станции юных натуралистов для задач снежной мелиорации г. Таганрога 370

Юрасов Ю.И., Назаренко А.В., Толстунов М.И.

Исследование и оценка микрочастиц донных отложений различными физическими методами. 374

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЖАРЫ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

Каранина С.Ю., Каранин А.В., Лукашева М.А., Глебова А.В.

Природные пожары от гроз в Республике Алтай в 2015–2020 гг. и их сопоставление с данными WWLLN 381

Мамедов А.Ш.

Экспериментальное исследование по сравнению эффективности пены средней кратности на морской и пресной воде при тушении пожара 386

ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЕ

Гарбузов Г.П., Толочко И.В.

Природные и антропогенные факторы в динамике ландшафтов Северо-Восточного Приазовья в раннем железном веке: опыт изучения (по археологическим материалам) 389

Горюшина Е.М.

Взаимосвязь между вооруженными конфликтами и их воздействием на окружающую среду: к постановке проблемы. 396

Кринко Е.Ф.

Трагедия сейнера «Уруп» и ее отражение в исторической памяти 400

Скорик А.П., Федина И.М.

Столкновение кубанских казаков с непривычными природно-социальными явлениями при освоении пространств Закубанья 404

Хорошев О.А., Русаков М.Ю., Челпанова Д.Д.

Объекты культурного наследия в районах активного проявления береговой абразии: проблемы и перспективы экскурсионного использования (на примере береговой зоны Неклиновского района Ростовской области) 408

ВОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНОВ РФ

Бульшиева Н.И.

Зообентос Нижнего Дона в позднеосенний период 412

Воскобойников Г.М., Макаров М.В., Малавенда С.В., Метелькова Л.О.,**Митяев М.В., Клиндух М.П., Пуговкин Д.В., Рыжик И.В., Салахов Д.О.**

Роль водорослей-макрофитов Баренцева моря в очистке прибрежных акваторий от нефтепродуктов 417

Казарникова А.В., Степанова Ю.В.

К изучению условно-патогенных паразитов рыб дельты реки Дон и восточной части Таганрогского залива в современных условиях 419

Ластовина Т.А., Клещенков А.В., Будник А.Б.

Загрязнение реки Дон и Таганрогского залива синтетическими волокнами: экспериментальные наблюдения и вероятные источники. 424

Малов А.И.

Водные и водохозяйственные проблемы приполярных прибрежных регионов РФ. 428

Помазков Д.С.

Факторы, оказывающие воздействие на формирование экологического благополучия Цимлянского водохранилища 432

Сенин Б.В., Алешин Б.Н., Шишкунов А.М., Глазырин Е.А., Сильченко А.Ю.

Проблемы водоснабжения приморского города-курорта в условиях антропогенных и климатических изменений (на примере города-курорта Геленджик) 435

Хорошельцева В.Н., Стрижакова Т.В., Денисова Т.В.

Материалы к фауне паразитов карповых видов рыб (Cyprinidae, Rafinesque, 1815) в прудовом хозяйстве Ставропольского края 438

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И КАТАСТРОФ

Будник А.П.

Перспективные плазмонные сенсоры LAB-ON-FIBER для контроля параметров окружающей среды 442

Григоренко Т.И., Кочергин Ю.С., Тици И.

Сравнительные свойства композитов на основе смесей эпоксидных смол с термопластичным и олигобутадиеновым каучуками. 445

Кочергин Ю.С., Григоренко Т.И., Тици И.

Противообрастающие композитные материалы на основе эпоксидной смолы, модифицированной оловоорганическим галогенидом 449

Фролов К.А., Люхтер А.Б.

Новые материалы и перспективы их использования при ликвидации последствий опасных природных явлений и катастроф. 453

CONTENTS

Matishov G.G.

Most important tasks in the study of dangerous phenomena of the steppe zone of the arid climate 7

Stepan'yan O.V.

Input of RAS Corresponding Member D.G. Matishov to the studies of the hazardous natural and man-made phenomena in the South and North of Russia 13

ANALYSIS AND FORECAST OF NATURAL HAZARDOUS PHENOMENA AND DISASTERS

Arkhipkin V.S., Myslenkov S.A.

On modeling storm surges in the Kara Sea 17

Afanasyev V.V., Uba A.V.

10 years of observations of the erosion of the shore platform raised by the coseismic coastal uplift (Nevelsky earthquake) of 2007 21

Babeshko V.A., Babeshko O.M., Gorshkova E.M., Evdokimova O.V., Zaretskaya M.V.,

Pavlova A.V., Telyatnikov I.S., Fedorenko A.G., Shestopalov V.L.

Target and interdisciplinary results of the project "Development of a complex of mathematical models for predicting earthquakes with a wide range of lithospheric plates covering various types of coastal territories" 26

Valitov M.G., Proshkina Z.N.

Observed effects in variations of the gravitational field during the preparation of a near earthquake 30

Verbitskaya Z.V., Medvedev M.A., Vasilevskaya L.N.

Interaction of the Okhotsk anticyclone and the Far East depression in summer 2020, their influence on dangerous weather phenomena 33

Glazyrin E.A.

Natural hydrocarbon pollution in the Black Sea coastal zone of the Taman Peninsula 37

Gogoberidze G.G., Rumyantseva E.A., Shilin M.B.

Matrix approach to the assessment of nature-management risks for the coastal eco-socio-economic system of the Arctic zone of the Russian Federation 41

Davydov A.V., Simchenko S.V.

Erosion processes within the bedrock of the Tendra – Dzhar'lgach coastal system 45

Dolgikh G.I., Chupin V.A., Gusev E.S.

Bearing of typhoons by the zones of generation of microseisms of the "Voice of the Sea" 49

Zub O.N.

Analysis and forecast of hazardous natural processes and phenomena in the areas of the Krasnodar Krai and the Kabardino-Balkarian Republic 53

Ignatov E.I., Afanasyev V.V., Uba A.V.

Shores of the Northern Pacific contact zones 56

Ingel L.Kh.

On some conditions of generation of the polar mesocyclones 61

Ionov V.V.

Antarctic – dangerous maritime surroundings of the ice continent (to the 200-year anniversary of discovery of the Antarctic) 65

Ioshpa A.R., Parfenova A.V., Stryutskaya A.O.

Analysis of climate dynamics on the coast of the Sea of Azov 69

Kalmykova O.V.

Waterspouts over the Black Sea – a new iconic landmark of the South of Russia 73

Kleshchenkov A.V., Khvostenko D.D.

Salt water inflow to the Don Delta during surges in the 20th – 21st centuries 78

Lyubitskiy Yu.V.

Storm surge forecasting method for the coast of the Bering Sea 81

<i>Mamedov A.Sh.</i> To the question of the effectiveness of the use of foam to eliminate oil fires in reservoirs	85
<i>Mamedov A.Sh.</i> Evaluation of fire hazard properties of non-metallic combustible materials used in shipbuilding and their smoke-forming ability as an impact on the environment.	90
<i>Medvedev M.A., Verbitskaya Z.V., Vasilevskaya L.N.</i> Impact of physical and geographical location on wind roses at airports of the Chukotka coast	96
<i>Mizyuk A.I., Korotaev G.K., Kholod A.L., Senderov M.V., Puzina O.S.</i> Experimental Marine Forecasting System of Marine Hydrophysical Institute RAS: from southern seas of Russia to the Global Ocean.	100
<i>Mironenko A.A., Rets E.P., Frolova N.L., Gizatullin A.T.</i> Flood hazard assessment for the rivers of the Russian Northern Caucasus based on the maximum water levels' analysis	104
<i>Mironyuk S.G., Bezuglova E.V.</i> Types, structure, and factors of landslides' development in the interfluvial region of Khosta – Kudépsta of the Black Sea coast of the Caucasus.	108
<i>Petrichenko S.A., Kalmykova O.V., Kozlov S.V.</i> Application of convective indices to estimate the probability of occurrence of the polar mesocyclones in the Arctic Region of Russia.	114
<i>Polozok A.A., Fomina I.N.</i> Storm surge modeling at the Temryuk Marine Hydrological Station	118
<i>Rumyantseva E.A., Gogoberidze G.G., Shilin M.B.</i> Classification features and specific forms of components of nature-management risks for the coastal eco-socio-economic system of the Arctic zone of the Russian Federation	123
<i>Sokolov A.N., Chubarenko B.V.</i> Extreme storms in the Baltic Sea from 1979 to 2018. Numerical modeling results	127
<i>Sorokina V.V., Titov V.V., Verein R.V., Popov Yu.V., Kovaleva G.V., Gavrilova I.Yu.</i> First comprehensive data on the dust storm in the Eastern Sea of Azov Region in late September – early October 2020	132
<i>Ushakov M.V.</i> Long-term oscillations of the maximum water discharge of spring flood in the rivers of the northern coast of the Sea of Okhotsk	139
<i>Chikin A.L., Chikina L.G.</i> Numerical study of flooding of the Don Delta during surges.	142
<i>Shestopalov V.L., Kartseva M.V., Fomenko V.A.</i> Analysis of seismogeodynamic activity of the Taman Peninsula in 2017–2018 by GPS technologies	146
<i>Shestopalov V.L., Kartseva M.V., Fomenko V.A., Kulikova V.V., Borodako A.M.</i> Variations of geophysical and gas-hydrogeochemical fields during the seismic activity of the Sea of Azov – Black Sea coast in 2020	151
<i>Yaitskaya N.A.</i> Storms in the Sea of Azov in 1979–2019 by the mathematical modeling and global reanalysis ERA-INTERIM data	159
STUDY OF ATMOSPHERIC PROCESSES LEADING TO RADIO COMMUNICATION FAILURES, ERRORS IN NAVIGATION SYSTEMS' EXPLOITATION	
<i>Alimpieva M.A., Zav'yalova E.V., Kuznetsova O.E.</i> Comparison of the continentality degree of climate in the steppe and high-mountain zones in the South of the European territory of Russia (ETR)	163
HAZARDOUS COASTAL AND BANK PROCESSES	
<i>Berdnikov S.V., Bepalova L.A., Khavansky A.D., Kulygin V.V., Magaeva A.A., Misirov S.A., Merinova Yu.Yu., Khoroshev O.A., Tsygankova A.E., Ioshpa A.R.</i> Dangerous coastal processes in the Sea of Azov: regularities in the formation and socio-economic consequences of their manifestations (results of the RFBR Project No. 18-05-80082)	167
<i>Berdyev D.A., Grechina Yu.Yu.</i> Constructive and technical solution for the restoration of the coastlines of the seas, rivers, storage reservoirs applying new developments and modern materials	171

<i>Bespalova L.A., Tsygankova A.E.</i> Dangerous coastal processes of the Sea of Azov in a long-term aspect	178
<i>Divinsky B.V., Kos'yan R.D., Kuklev S.B.</i> Study of extreme storm surge in the Sea of Azov	183
<i>Lipka O.N., Andreeva A.P., Bogdanovich A.Yu., Krylenko M.V., Dobrolyubova K.O.</i> Weather-climatic influences on the dynamics of flysch coastal cliffs of the Caucasus Black Sea coast	188
<i>Ogorodov S.A., Baranskaya A.V., Belova N.G., Bogatova D.M., Kokin O.V., Maslakov A.A., Shabanova N.N., Maznev S.V., Novikova A.V., Kondrat'eva D.M., Vergun A.P.</i> Electronic atlas of the coastal erosion and ice-gouging hazards in the coastal-shelf zone of the Russian Arctic	192
<i>Pavlova A.V., Arkhipkin V.S., Myslenkov S.A.</i> Risk assessment of flooding of the coastal territories of the Northern Caspian	196
<i>Sanin A.Yu.</i> Dangerous coastal processes as a deterrent to the development of coastal tourism in Russia	200
<i>Sokolov A.N., Chubarenko B.V.</i> Parametric description of the alongshore distribution of plastic waste appearing due to destruction of coastal protection structures	204
<i>Khoroshev O.A., Khavansky A.D., Merinova Yu.Yu.</i> Assessment of material damage caused by abrasion processes in the Sea of Azov municipal formations of the Krasnodar Krai (Territory)	209
<i>Shchodro A.E., Sorokin A.N.</i> Principles of sediment control using permeable wave-damping structures with flexible elements	213
<i>Shchodro A.E., Sorokin A.N.</i> Schemes for protecting river banks and storage reservoirs from waves and currents	218
MARINE BIOTECHNOLOGIES. RISKS OF THE INCREASING ECONOMIC EXPLOITATION OF MARINE RESOURCES	
<i>Zhuravleva N.G.</i> Recommendations for the development of biotechnology of the maintenance of breeders and the production of caviar of the Arctic char – a possible object of aquaculture	223
BIOLOGICAL INVASIONS AS A GLOBAL ECOLOGICAL PROBLEM	
<i>Oganesyan A.A., Smirnova E.A., Savikin A.I.</i> Current structure of benthic communities of the Taganrog Bay	226
<i>Romanchuk R.V., Ospishchev R.N.</i> Materials on the boxwood moth <i>Cydalima perspectalis</i> (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) distribution in Rostov-on-Don during 2015–2021	230
<i>Sayapin V.V.</i> Seasonal population of <i>Mnemiopsis leidyi</i> (Agassiz, 1865) in the Sea of Azov in December 2020	233
COASTAL ECOSYSTEMS UNDER CLIMATIC AND ANTHROPOGENIC CHANGES	
<i>Agarkova-Lyakh I.V.</i> Bottom landscapes of the Vasileva Bay (South-Western coast of the Crimea) under the conditions of long-term technogenic pollution	236
<i>Arakelov M.S., Akhsalba A.K., Dolgova-Shkhalakhova A.V., Temirov D.S.</i> On the issue of ensuring the ecological safety of the coastal ecosystems of the Black Sea coast of the Krasnodar Krai (Territory) in the context of the intensification of tourist and recreational activities . . .	239
<i>Arkhipova O.E., Gabova V.N.</i> Use of modern satellite data for monitoring anthropotechnogenic changes in landscapes in the Don Delta	244
<i>Baskakova T.E., Burdina E.I., Kartamysheva T.B.</i> Study of the main biogenic compounds of the Black Sea coastal area near the Crimean Peninsula in 2019	249
<i>Varenik A.V., Kononov S.K.</i> Atmospheric influx of nutrients to the Crimean coastal areas	253
<i>Gus'kov G.E.</i> Anthropogenic factor influencing the naturalization of alien species in the Black Sea	257

Dalyokaya L.B. Abundant species of macroepibionts in thickets of cystoseira in the Sevastopol Bay	260
Dbar R.S., Zhiba R.Yu., Strochan T.P., Voltaire E.R. Specific features of transformation of the alongshore lithodynamic system under the influence of an engineering facility – the sea port of Ochamchira, Republic of Abkhazia.....	264
Kavtsevich N.N., Svetochev V.N., Svetocheva O.N. Results of the ringed seal (<i>Pusa hispida</i>) tagging with satellite telemetry sensors in the summer of 2020 in the White Sea	268
Kashulin N.A., Bekkelund A., Dauvalter V.A. Blooming of the Arctic Lake Imandra as a result of climatic and anthropogenic changes.....	272
Kreneva K.V. The state of the ciliatoplankton community of the Lower Don in autumn and its use as an indicator of the state of waters	276
Matasova I.Yu. Specific features of the distribution of Co, V, Cr in the soils of geochemical landscapes of the Black Sea coast of Russia	280
Novikova A.V., Ogorodov S.A. Morphodynamics of the shores of the Kara Sea	284
Pomazkov D.S. Influence of abiotic and anthropogenic factors on the state of the common pike perch (<i>Sander lucioperca</i> L.) population in the Sea of Azov in different fishing periods	287
Sorokina V.V., Sheverdyaev I.V., Berdnikov S.V. Integrated model approach to the study of the processes of substances' biogeochemical transformation in the Don Delta under the strong wind surges	290
Sushko K.S., Ilyina L.P. Ecological state of the island landscapes of the Don Delta under the conditions of anthropogenic impact	295
Shcherbina V.G. Root systems' response in the ecosystems of <i>Fagus orientalis</i> L. of the Sochi coast o chronic recreational loads	300
Shcherbina Yu.G. Restoration over the autumn-winter period of recreationally disturbed soil in the forests of the Sochi coast ..	304
Yasakova O.N. State of phytoplankton in the open North-Eastern Black Sea and the area of Abkhazia in autumn 2020	307
 ANOMALOUS CHANGES IN MARINE ENVIRONMENT UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC AND SEISMIC INSTABILITY, RUNOFF OF LARGE RIVERS AND LAKES INTO THE OCEAN TAKING INTO ACCOUNT THE PALEOCLIMATE AND ECONOMIC ACTIVITIES IN THE BASINS OF SEAS OF RUSSIA	
Grigorenko K.S. Currents and ice conditions in the Sea of Azov in 2020–2021	311
Ershova T.S., Zaitsev V.F., Chaplygin V.A. Heavy metals in the ecosystem of the Caspian Sea.	313
Il'ichev V.G. Mathematical images of the structure of the river delta	317
Orekhova N.A., Konovalov S.K. Developing environmental risk zones in the Kerch Strait area.	320
 SOCIO-ECONOMIC AND MEDICO-ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF MARINE HAZARDOUS PHENOMENA AND NATURAL DISASTERS	
Badina S.V., Babkin R.A. Assessment of vulnerability of cities present population to natural and manmade hazards using mobile operators' data	325
Verbitsky E.V. Circadian reflections of natural and anthropogenic disasters	330

Sushchiy S.Ya.

Material damage from floods in the Eastern Sea of Azov Region and the Black Sea Region:
the end of the Imperial period (based on the materials of the Kuban Region and the Black Sea Province) . . . 331

Chuklina E.Yu.

Role of natural hazards in the determination of crimes. 335

MONITORING OF HAZARDOUS PROCESSES AND PROVISION OF POPULATION AND COASTAL INFRASTRUCTURE SECURITY AND SAFETY

Bugai N.F.

Dangerous natural phenomenon of tsunami – the basis for forming disasters
in the coastal regions of the Far East (the case of the Kamchatka Krai (Territory)) 339

Glazyrin E.A.

Problematic issues of the state monitoring of dangerous geological processes in the coastal shelf zone of the Sea
of Azov, Black and Caspian seas 343

Glushchenko G.Yu.

Results of the phytoplankton study in the Tsimlyansk Storage Reservoir in May 2019 346

Gudimov A.V.

As if the ecology: facts of 5-year practice of development and testing
of environmental innovations in the Russian Federation 350

Egorin A.A.

Methodology for the development of the concept of assessing the environmental situation
of special objects 353

Zub O.N.

On the issue of monitoring coastal processes within the Tuapse – Adler lithodynamic system
to assess their possible impact on the coastal infrastructure 356

Ilyin G.V., Usyagina I.S., Kasatkina N.E., Valuiskaya D.A.

Assessment of radioactive contamination of the marine environment of the Kola Peninsula coast 358

Krylenko V.V., Krylenko M.V.

Significance of short-period changes in the analysis of the coastline dynamics of the accumulative coasts . . . 362

Kulygin V.V., Likhtanskaya N.V.

Decision support systems for natural hazards' risk assessment in the coastal zone 366

Shmid'ko A.G., Shmid'ko G.A.

Study of the snow cover of the SUN experimental site for the tasks of snow reclamation
of the city of Taganrog 370

Yurasov Yu.I., Nazarenko A.V., Tolstunov M.I.

Study and evaluation of microparticles of bottom sediments by various physical methods 374

NATURAL AND TECHNOGENIC FIRES AND FIRE PROTECTION

Karanina S.Yu., Karanin A.V., Lukasheva M.A., Glebova A.V.

Thunderstorm fires in the Altai Republic in 2015–2020 in comparison with WWLLN data 381

Mamedov A.Sh.

Experimental study on comparative efficiency of the resulting foam of average multiplicity
in sea and fresh water influencing the fire extinguishing 386

HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA IN HISTORY AND CULTURE

Garbuzov G.P., Tolochko I.V.

Natural and anthropogenic factors in the dynamics of landscapes
of the Northeastern Sea of Azov Region in the early Iron Age: a study experience
(based on archaeological materials) 389

Goryushina E.M.

Relationship between armed conflicts and their environmental impact: to the problem statement. 396

Krinko E.F.

Tragedy of the Urup Seiner and its reflection in historical memory 400

Skorik A.P., Fedina I.M.

The Kuban Cossacks facing the unusual natural and social phenomena when exploring
and developing the spaces of the Trans-Kuban Region 404

Khoroshev O.A., Rusakov M.Yu., Chelpanova D.D.

Objects of cultural heritage in the areas of active coastal erosion: problems and prospects of excursion organization and management (the case of the coastal zone of the Neklinovsky District of Rostov Region) 408

**WATER AND WATER MANAGEMENT PROBLEMS OF COASTAL REGIONS
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Bulysheva N.I.

Zoobenthos of the Lower Don in the late autumn period 412

Voskoboinikov G.M., Makarov M.V., Malavenda S.V., Metel'kova L.O., Mityaev M.V., Klindukh M.P., Pugovkin D.V., Ryzhik I.V., Salakhov D.O.

Role of algae macrophytes of the Barents Sea in the cleaning up petroleum products in the coastal waters 417

Kazarnikova A.V., Stepanova Yu.V.

To the studying of conditionally pathogenic fish parasites in the Don River Delta and the eastern Taganrog Bay under the current conditions 419

Lastovina T.A., Kleshchenkov A.V., Budnik A.B.

Contamination of the Don River and the Taganrog Bay with synthetic fibers: experimental observations and probable sources 424

Malov A.I.

Water and water management problems of the circumpolar coastal regions of the Russian Federation 428

Pomazkov D.S.

Factors influencing the formation of the ecological well-being of the Tsimlyansk Storage Reservoir 432

Senin B.V., Aleshin B.N., Shishkunov A.M., Glazyrin E.A., Sil'chenko A.Yu.

Problems of water supply of the seaside resort city under anthropogenic and climatic changes (the case of the resort city of Gelendzhik) 435

Khoroshel'tseva V.N., Strizhakova T.V., Denisova T.V.

Materials on the fauna of parasites of carp fish species (Cyprinidae, Rafinesque, 1815) in a pond fish farm of Stavropol Krai (Territory) 438

**NEW MATERIALS AND THEIR USAGE PROSPECTS FOR ELIMINATION OF CONSEQUENCES
OF HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA AND DISASTERS**

Budnik A.P.

Promising advanced lab-on-fiber plasmonic sensors for environmental control 442

Grigorenko T.I., Kochergin Yu.S., Yiqi Wu.

Comparative properties of composites based on mixtures of epoxy resins with thermoplastic and oligobutadiene rubbers 445

Kochergin Yu.S., Grigorenko T.I., Yiqi Wu.

Antifouling composite materials based on epoxy resin modified with organic tin halide 449

Frolov K.A., Lyukhter A.B.

New materials and their application prospects when eliminating the consequences of hazardous natural disasters 453

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 – III»)**

Материалы III Международной научной конференции
памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова
(г. Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021 г.)

Техническая редакция: А.С. Бабаева,
С.А. Шестак,
А.А. Яковлева
Перевод Р.Г. Михалюк
Верстка Н.В. Лункина
И.В. Кубеш

Подписано в печать 07.06.2021. Формат 62 × 94 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 54,6. Заказ № 4-5/21.
Тираж 200 экз.

Издательство Южного научного центра
Российской академии наук
344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41
Тел. 8 (863) 250-98-21



Отпечатано DSMGroup
ИП Лункина Н.В. Св-во № 002418081
344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Седова, 9. Тел. 8-918-558-63-49, 8 (863) 263-26-38
E-mail: dsmgroup@mail.ru