



Университет
Мировых
Цивилизаций
имени В.В. Жириновского



АГЕНТСТВО
СТРАТЕГИЧЕСКИХ
ИНИЦИАТИВ

ЭКОСИСТЕМА КАСПИЯ: КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Материалы
международной научно-практической конференции
27 июня 2025 г.*

Москва
Издательский дом «УМЦ»
2025

УДК 502.3(262.81)

ББК 28.088.9

Э 40

Редакционная коллегия:

Булавина М.А. — к.ю.н., доцент, проректор по научной работе Университета мировых цивилизаций, *Герасимов В.И.* — к.ф.н., в.н.с. Университета мировых цивилизаций, *Глинушкин А.П.* — д.с.-х.н., профессор РАН, академик РАН, гл.н.с. Института органической химии РАН, *Кожанова Л.В.* — директор проектов программы «Трансграничная кооперация», Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов, *Липина С.А.* — д.э.н., советник директора ВНИИ «Экология» Минприроды России.

Э 40 **Экосистема Каспия: ключевые проблемы и решения:** материалы международной научно-практической конференции / отв. ред. М.А. Булавина, В.И. Герасимов. — Москва: Издательский дом «УМЦ», 2025. — 208 с.

ISBN 978-5-6054511-0-5

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции «Экосистема Каспия: ключевые проблемы и решения». Рассматриваются эволюция природной среды Каспия под воздействием глобальных изменений климата и антропогенной деятельности; проблемы комплексной экологической безопасности Каспийского макрорегиона; приоритетные задачи в области сохранения, восстановления и устойчивого использования природных ресурсов Каспийского моря; современные технологии сохранения биоресурсов Каспийского моря; международно-правовые аспекты охраны окружающей среды Каспийского моря.

Издание адресовано научным работникам и специалистам, преподавателям, аспирантам, студентам высших учебных заведений.

УДК 502.3(262.81)

ББК 28.088.9

Материалы публикуются в авторской редакции. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, собственных имен, статистических данных и прочих сведений.

The materials are being published in the author's edition. The authors of the published materials bear responsibility for the selection and accuracy of the presented facts, quotations, proper names, statistical data and other information.

ISBN 978-5-6054511-0-5

© Коллектив авторов, 2025

© АНО ВО «УМЦ», 2025

Содержание

Бубер А.А., Добрачев Ю.П., Бубер А.Л.

Гидродинамическое моделирование при управлении водными ресурсами Нижней Волги в целях сохранения уникальной экосистемы дельты р. Волги и Западных подстепенных ильменей 5

Булатов С.А.

Современное состояние биологического разнообразия залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море) в условиях изменения гидрологического режима и проблемы его изучения и сохранения 21

Бухаришин П.И.

Проблема возвратной заносимости Волго-Каспийского морского судоходного канала до сих пор не решена 36

Вялова О.Ю., Згуровский К.А., Лакустова О.И.

Морские водорослевые фермы как развитие экономики и решение углеродного и нефтяного загрязнения Каспия 47

Глазырин Е.А.

Загазованность грунтов и метановые выбросы как ведущая геоэкологическая опасность в акватории Каспийского моря 55

Глинушкин А.П., Захаренко В.А., Сучков С.В.,

Герасимов В.И., Степанова Е.В., Ковалева Т.Н.,

Филипчук О.Д., Барапин С.В.

Здоровье почв и вод регионов Каспия 68

Есекин Б.К.

Основные вызовы и приоритеты будущего развития Каспийского региона 74

Жильцов С.С.

Проблемы устойчивого развития Каспийского моря: основные вызовы 81

Исмаилов Н.М., Наджафова С.И., Гулиева Л.

Факторы, определяющие характер экосистем территории прибрежной зоны Каспийского моря (на территории Азербайджана) 90

Липина С.А.

Экономико-правовые основы научно-методического и информационно-аналитического обеспечения полномочий Российской Федерации при выполнении обязательств по сохранению экосистем Каспия 106

Люшвин П.В., Буянова М.О.

- Предвычисление массового углеводородного загрязнения
Каспийского моря 110

Наурузбаева Ж.К.

- Каспийские тюлени на льду: мониторинг и сохранение
в условиях климатических изменений 124

Пастухов Б.В., Парамонов С.Г., Бурцева Л.В.,

Александрова М.С.

- Состояние загрязнения окружающей среды в нижней части
дельты реки Волга по результатам наблюдений на станции
комплексного фонового мониторинга Астраханского государ-
ственного природного биосферного заповедника 135

Рахманин Ю.А.

- Каспийское море как источник хозяйственно-питьевого
водообеспечения приморских аридных территорий 149

Рубан Л.С., Пан Чанвэй, Захарченко Н.С.

- Охрана окружающей среды Каспийского моря:
международно-правовые аспекты 159

Сывороткин В.Л.

- Водородная дегазация и экологические проблемы
Каспийского макрорегиона 166

Фролов А.В.

- Экономические и экологические последствия значительных
изменений уровня Каспия: теоретико-вероятностный метод
оценки ущербов 174

Хамыдов Р.Х., Хомматгельдыев Л.Р.

- Туркменский берег Каспийского моря и его экологические
особенности 189

Эльдаров Э.М.

- К вопросу об экологически-дружественном развитии
государств Каспийского региона 193

Бубер А.А.

к.т.н., зав. лабораторией ФНЦ ВНИИ гидротехники и мелиорации

Добрачев Ю.П.

д.т.н., профессор, гл.н.с. ФНЦ ВНИИ гидротехники и мелиорации

Бубер А.Л.

зав. отделом ФНЦ ВНИИ гидротехники и мелиорации

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НИЖНЕЙ ВОЛГИ В ЦЕЛЯХ СОХРАНЕНИЯ УНИКАЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ И ЗАПАДНЫХ ПОДСТЕПНЫХ ИЛЬМЕНЕЙ

Ключевые слова: управление водными ресурсами, гидродинамическое моделирование, Нижняя Волга, Западные подстепные ильмени.

Keywords: water resources management, hydrodynamic modeling, Lowe Volga, Western Sub-steppe Ilmens.

Введение

До строительства каскада ГЭС на Волге в период половодья на территории Западных подстепных ильменей (ЗПИ) по протокам и ерикам ежегодно поступала вода в объеме 2–5 км³, в отдельных ильменях с помощью грунтовых перемычек вода задерживалась до глубокой осени. Кроме того, при высоком уровне воды в Каспийском море южная часть ЗПИ пополнялась пресной водой в результате периодических ветровых нагонов. Ильмени заполнялись водой, затапливая покрытые лугами берега, промывались, служили нерестилищами и объектами пастбищного рыбоводства, а также надежным водоисточником для сельского населения и различных отраслей экономики [1].

Уже к середине прошлого века приточность воды к ильменям и нагоны пресной воды уменьшились и прекратились из-за зарегулирования стока р. Волги и снижения уровня воды в Каспии. Площадь акватории ильменей значительно сократилась, произошло обмеление и повышение концентрации солей в водотоках

и ильменях. Развернувшееся строительство Волжско-Камского каскада водохранилищ привело к сокращению объемов стока и продолжительности затоплений в период половодий. Рассогласование динамики температурного режима и сокращение длительности весеннего затопления поймы и ЗПИ привели к нарушению сложившихся гидротермических условий местообитания водных экосистем, к деградации заливных лугов и нерестилищ промысловых и других видов рыб. Кроме того, к началу 90-х годов из-за отсутствия финансирования эксплуатации многочисленных насосных станций, построенных на рукаве Бахтемир и водотоках для обводнения и орошения ЗПИ, произошло снижение поступления пресных вод вглубь территории, что нарушило созданный промывной режим и водный обмен ильменей.

Согласно литературным данным к настоящему времени обводнение ЗПИ наблюдается только в многоводные годы в границах узкой Прибахтемирской полосы. Превращение лугов в степные массивы с одной стороны, и заболачивание и засоление межбуровых понижений, с другой, привело к снижению продуктивности кормовых угодий за счет изменения ботанического состава трав, ухудшения водного режима почв и вторичного засоления земель. Возникли острые проблемы с питьевым водоснабжением, произошло общее ухудшение экологической обстановки региона, обусловленное сухостью микроклимата [2].

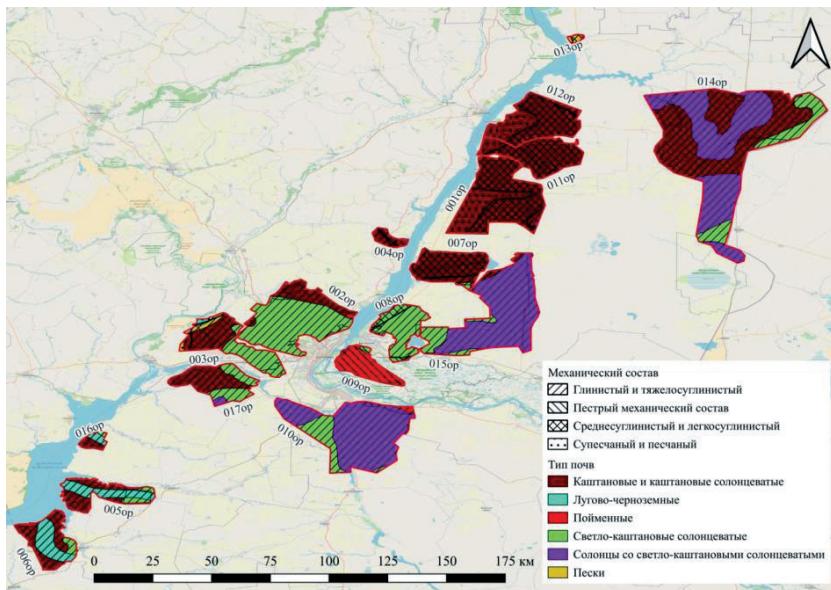
Анализ данных по характеристикам сформированных в последние годы спецпопусков показал составляющие интегрального влияния факторов (объем стока, продолжительность спецпопуска, температурный режим периода половодья), приводящих к негативным последствиям, выражющимся в снижении площадей затопления полыми водами, деформации оптимального графика продолжительности и уровня вод для влагозарядки почв сельскохозяйственных угодий и несоответствии температурных условий периода затопления с требованиями ихтиофауны Волго-Каспия. В результате произошло существенное изменение основных экологически значимых параметров гидрологического режима Волго-Ахтубинской поймы, дельты р. Волги и ЗПИ [3]. Обводнение ЗПИ в достаточном объеме происходит при попусках с Волгоградского гидроузла 24–25 тыс. м³ сроком не менее

7 дней, однако обеспечить такой режим с гарантированной надежностью не удается. Существующий гидрограф сброса полых вод характеризуется избыточно резким нарастанием и таким же сокращением продолжительности стояния высоких уровней. Это существенно уменьшает объемы сбросов воды, поступающей в речную сеть и водоемы дельты и ЗПИ, и влечет соответствующие экологические последствия.

В Волгоградской области (с целью повышения эффективности земледелия) для орошения сельскохозяйственных угодий построено 17 гидромелиоративных (оросительных) систем, для 10 из которых насосные станции подают воду из Волгоградского водохранилища. Хотя суммарный годовой объем водозабора на орошение 39,5 тыс. га составляет 0,2 км³ (по данным Информационного портала ВНИИ «РАДУГА» за 2023 г. [4]), что меньше погрешности расчетов при вычислении объема попусков с Волжской ГЭС, однако для бесперебойной работы насосных станций необходим контроль уровня воды в водохранилище. Для насосных станций Волгоградского водохранилища, подающих воду в каналы мелиоративных систем, требуется поддержание уровня воды в верхнем бьефе не ниже отметки 14,5 мБС. При несоблюдении данного условия подача воды к мелиоративным системам осуществляется частично, лишь отдельными насосными станциями, имеющими более глубокий водозабор. При весенних попусках за счет просадки уровня Волгоградского водохранилища складывается ситуация, когда некоторые насосные станции не способны обеспечить необходимую подачу поливной воды к оросительным системам для проведения ранних вегетационных и весенних влагозарядковых поливов.

Аналогичные ситуации могут складываться на отдельных водозаборах в течение всего вегетационного периода, что приводит к дефициту водопотребления сельскохозяйственных культур и значительному снижению урожайности. Другими факторами, оказывающими существенное влияние на дефицит водопотребления орошаемых культур, являются погодные условия, агрофизические и агрохимические характеристики почв различных районов Волгоградской области, а также техническое состояние оросительных систем, способы полива и севообороты выращи-

ваемых культур. Для согласования водохозяйственных условий гарантированного водообеспечения сельхозводопользователей и их потребностей в водных ресурсах, зависящих от воздействия природных и производственных факторов, разработан программный комплекс: «Прогноз актуального водопотребления для формирования декадных заявок сельхозпроизводителей (пилотный объект — Волгоградская область)» [5]. Отметим, что природно-хозяйственные условия Волгоградской области отличаются особой пестротой климатических, почвенных факторов и разнообразием агроэкономических и отраслевых специализаций (рис. 1).



Rис. 1. Размещение основных оросительных систем Волгоградской области с указанием типа почв и их механического состава

Применение данного программного комплекса позволяет для агроценозов в зависимости от погодных условий, складывающихся по периодам вегетации и типов почв Волгоградской области, характеризующихся большим разнообразием по механическому составу и плодородию, формировать актуальную картину и кра-

ткосрочный прогноз водопотребления и на этой основе выполнять расчеты необходимого декадного объема водозабора поливной воды и его распределения для водообеспечения сельхозпроизводителей. Очевидно, что для адекватного функционирования программного комплекса важнейшим информационным ресурсом являются оперативные данные об уровне воды в Волгоградском водохранилище, при котором обеспечивается водозабор насосными станциями, и прогноз уровней на декаду и более.

Управление режимами работы Волжско-Камского каскада ГЭС, включая спецпопуски, осуществляется членами Межведомственной рабочей группы (при участии специалистов ВНИИГиМ), что позволяет получить такую информацию в случае реализации и функционирования гидродинамической модели Нижней Волги, описывающей динамику расходов и уровней в Саратовском и Волгоградском водохранилищах и г/п г. Астрахань.

Материалы и методы

В рамках исследований выполнена разработка одномерной гидродинамической модели Нижней Волги от верхнего бьефа (ВБ) Жигулевской ГЭС до впадения р. Волги в Каспийское море, включающей Саратовское и Волгоградское водохранилища, Волго-Ахтубинскую пойму, дельту р. Волги и Западные подстепенные ильмени (рис. 2). Поперечные сечения в модели задавались с шагом 2–5 км. Граничными условиями для гидродинамической модели являются временные ряды приточности к Жигулевской ГЭС, попуски в нижний бьеф (НБ) Жигулевской ГЭС, попуски в НБ Саратовской ГЭС, попуски в НБ Волжской ГЭС, боковая приточность к Саратовскому водохранилищу, боковая приточность к Волгоградскому водохранилищу, в концевом створе модели задан уровень Каспийского моря.

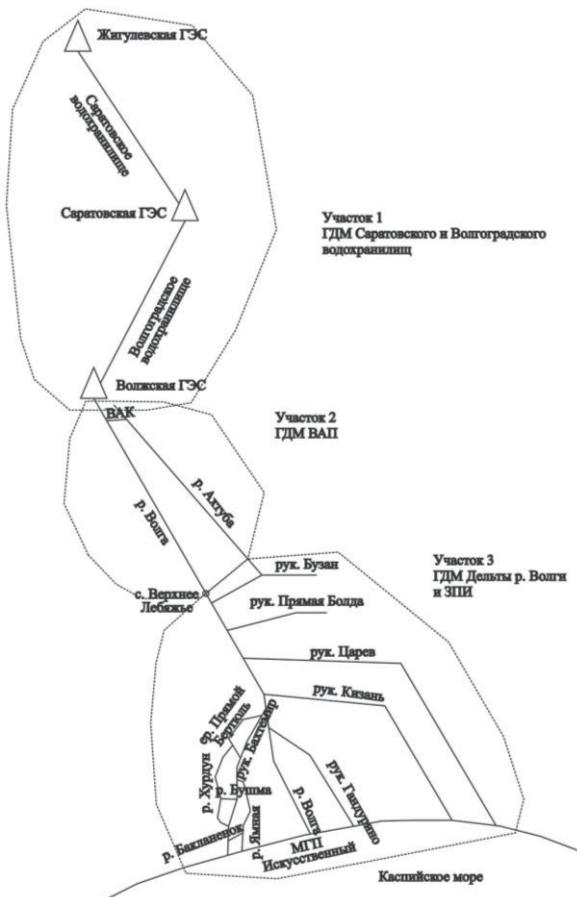


Рис. 2. Схема комплексной гидродинамической модели Нижней Волги

Калибровка модели выполнялась путем корректировки коэффициентов шероховатости в расчетных точках до достижения совпадения между наблюденными и полученными в расчетах величинами.

При калибровке модели по участку 1 был использован ряд наблюденных данных за период с 1999 по 2021 гг. (уровень воды в ВБ Саратовского и Волгоградского водохранилищ), также была проведена калибровка под статистический объем согласно

ПИВР [6]. Калибровка модели ВАП (участок 2) выполнялась по наблюденным данным уровней воды с гидропостов: р. Волга — г. Волгоград, р. Волга — пгт Светлый Яр, р. Волга — с. Черный Яр, р. Волга — с. Верхнелебяжье, р. Волга — пр. Енотаевка — с. Енотаевка, рук. Ахтуба — пгт Средняя Ахтуба, рук. Ахтуба — г. Ленинск, рук. Ахтуба — г. Ахтубинск, рук. Ахтуба — ст. Досанг. Участок 3 откалиброван по наблюдениям за период 2012 г. и 2017–2020 гг. по гидрологическим постам: р. Волга — с. Верхнелебяжье, р. Волга — г. Нариманов, р. Волга — г. Астрахань, рук. Бузан — с. Красный Яр, рук. Прямая Болда — с. Килинчи, рук. Камызяк — г. Камызяк, рук. Старая Волга — с. Самосделка, пр. Хурдун — с. Икряное, рук. Бахтемир — с. Оля. Погрешность калибровки по всем участкам составила не более 10 см; модели участков 1-3 прошли валидацию на наблюденных данных и были объединены в комплекс.

Динамическое управление водообеспечением оросительных систем и фермерских хозяйств в режиме реального времени описывается на сформированную многолетнюю базу данных, включающую: почвенные характеристики; ретроспективную и актуальную информацию по стандартным метео-элементам с суточным шагом; выращиваемые культуры и севообороты; технические параметры оросительных систем и доступность водных ресурсов. В посуточных расчетах водопотребления сельскохозяйственных культур на орошаемых и багарных землях используется алгоритм расчета эвапорации и транспирации, предложенный J.T. Ritchie [7]. Лимитирование процессов роста площади листьев и корней, вызванное недостатком почвенной влаги, обеспечивается использованием функции, количественно отражающей водный статус растений. Значения функции рассчитываются по величине испаряемости и актуальной влажности почвы с учетом адаптивных характеристик растений. С помощью послойной модели движения влаги в почве и поглощения ее корнями растений выполняется контроль водного баланса агроценоза путем ежесуточного расчета влагообмена орошаемого поля, учитывающего исходный весенний влагозапас, транспирацию и эвапорацию, впитывание осадков и поливной воды.

Результаты и обсуждения

Расчет уровенного режима Волгоградского водохранилища выполнялся по данным 2024 и 2025 гг., используя фактическую динамику спецпопусков Волжской ГЭС (рис. 3).

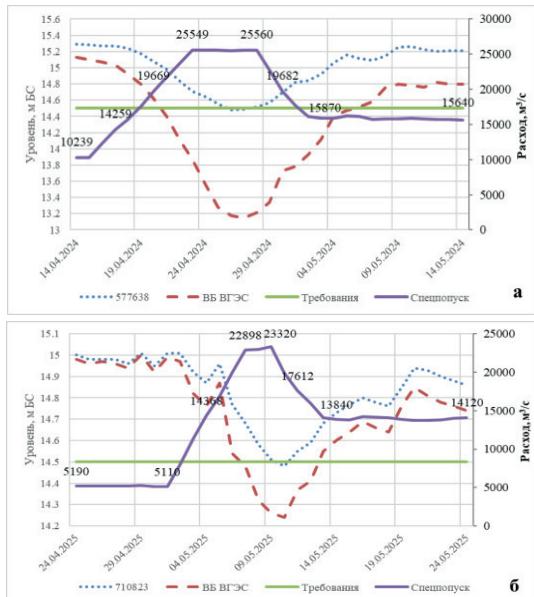


Рис. 3. Влияние спецпопусков на уровенный режим в створах Волгоградского водохранилища (а — 2024 г., б — 2025 г.): от пикета 577,6 км и пикета 710,8 км до гидроузла

Условные обозначения: сплошная фиолетовая линия — спецпопуск; сплошная зеленая линия — требования к уровню для нормальной работы головных насосных станций; мелкий синий пунктир — уровенный режим пикетов (а — 577,6, б — 710,8); крупный красный пунктир — уровенный режим верхнего бьефа Волжской ГЭС.

Анализ результатов моделирования выявил существенные отличия наблюдаемых уровенных режимов по глубине и времени просадки. Так, изучение динамики уровня воды в 2024 г. на пикете

кете 577,6 км позволило обнаружить снижение уровня ниже требуемого для бесперебойной подачи воды НС в течение 2 суток, а у ВБ Волжской ГЭС продолжительностью более 15 суток (с 21.04 по 05.05), что безусловно негативно отразится на водообеспечение сельхозпроизводителей растениеводческой продукции, тем более в критический период появления всходов. Численные эксперименты моделирования водного режима по данным 2025 г. показали более позитивную картину, вызванную спецпопуском, характеризующимся сниженным объемом сбросов воды и сокращением продолжительности: просадка уровня на пикете 710,8 км составила 2 суток, а в ВБ Волжской ГЭС всего 5 суток (с 08.05 по 12.05).

В перечень мероприятий по снижению дефицита водопотребления в период отсутствия поливной воды входят: 1) информирование сельхозпроизводителей о возможном прекращении подачи воды по датам в зависимости от местоположения насосной станции и динамики уровня в водохранилище; 2) предложение на заявку для снижения дефицита на влагозарядковый полив либо вегетационный; 3) создание запаса воды.

Оценка рисков снижения продуктивности посевов сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в результате просадки уровня Волгоградского водохранилища по данным 2024 г. выполнялась с помощью сценарных исследований на агрофизической модели. Рассматривались следующие варианты опытов: оптимистичный — оценка продуктивности посевов при соблюдении благоприятного уровенного режима на всех головных водозаборных сооружениях; фактический (пессимистичный) — при наличии просадки уровней от 2 до 15 суток и невозможности подачи воды на орошение в течение этого периода; превентивный — при принятии мер по снижению влияния водного дефицита, вызванного невозможностью обеспечения водозабора насосными станциями.

В качестве превентивных мер предложено назначать влагозарядковый полив (большой поливной нормой до момента нарушения уровенного режима), либо, в зависимости от продолжительности ожидаемого дефицита, сохранять плановый режим орошения в случае отсутствия значимого негативного влияния

при смещении сроков полива (перебой подачи оросительной воды 3–5 дней). Степень негативного влияния продолжительности водного дефицита оценивается по величине транспирации, которая в свою очередь зависит от влагозапаса почв и напряженности метеоусловий. Агрофизическая модель позволяет контролировать запас продуктивной почвенной влаги и рассчитывать испарение с поверхности почвы и растительного покрова в зависимости от метеорологических условий и биометрических характеристик посева. В этой связи для получения достоверной количественной оценки воздействия водного дефицита необходима постановка большого числа имитационных расчетов, позволяющих выделить степень влияния водного дефицита на фоне варьирующих значимых природных и антропогенных факторов.

В качестве наглядного фрагмента сценарных исследований приведены данные расчета, полученные по Среднеахтубинской мелиоративной системе (код системы 008ор), водозаборное сооружение которой расположено вблизи Волжской ГЭС (рис. 4) и для которой водный дефицит наиболее продолжительный и существенный.

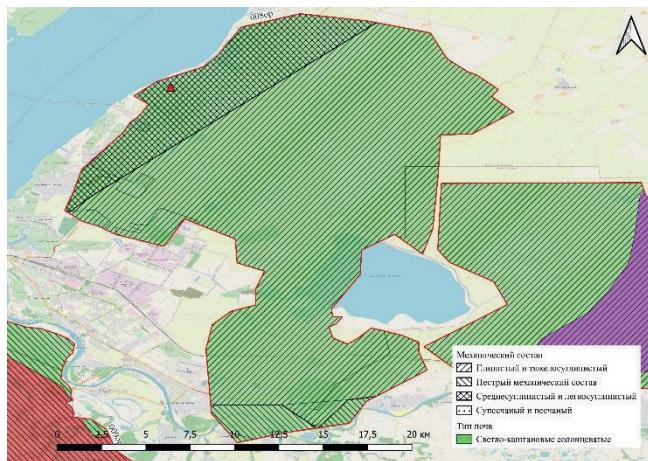
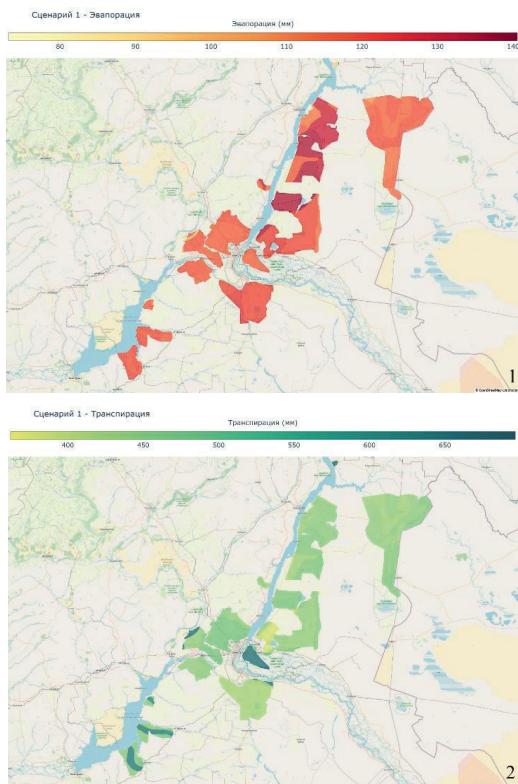


Рис. 4. Карта-схема размещения Среднеахтубинской мелиоративной системы с описанием почвенных характеристик мелиорированных земель

Продуктивность посевов (культуры репчатого лука) рассчитывалась пропорциональной сумме испарения влаги, накопленной почвой в зимне-весенний период, осадков, влагозарядкового и вегетационных поливов для различных типов почв, расположенных в границах мелиоративных систем. В этой связи влияние дефицита влаги, возникающего весной, трудно выявить из-за незначительной доли испаряемой влаги растениями в период всходов и первых дней вегетации, обусловленной малой листовой поверхностью и неглубоким проникновением корней в почву. Тем не менее, многочисленные эксперименты показывают, что изучаемый в сценарных исследованиях дефицит влаги создает устойчивую разницу в общей динамике транспирации в течение вегетационного сезона и, следовательно, оказывает ощутимое влияние на продуктивность (рис. 5).



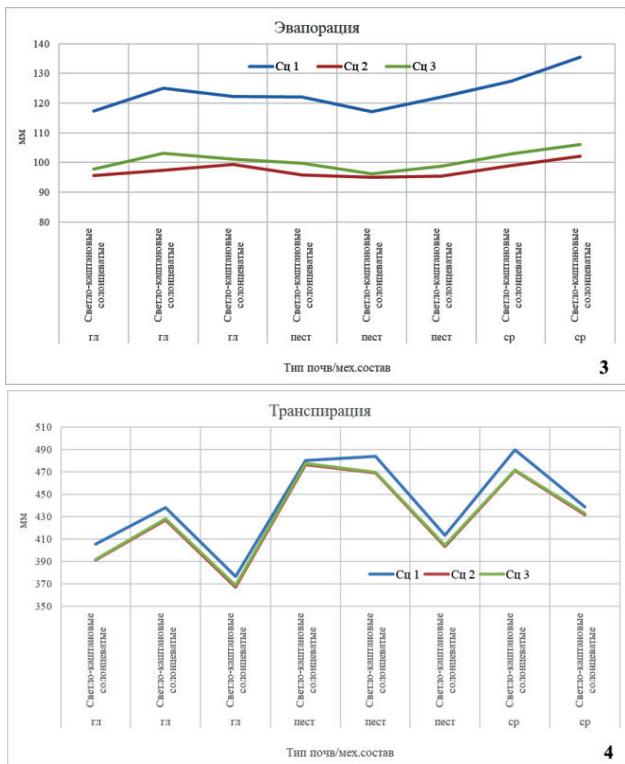


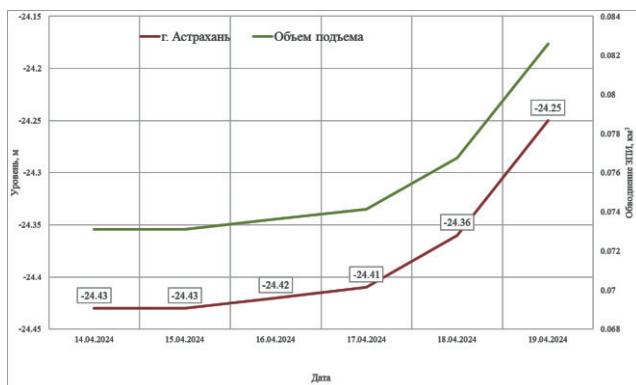
Рис. 5. Суммарное испарение влаги

(1 — эвапорация, 2 — транспирация) за вегетацию по мелиоративным системам Волгоградской области для «оптимистичного» сценария; и динамика эвапорации (3) и транспирации (4) посевов лука на светло-капшановых солончаковых почвах Среднеахтубинской мелиоративной системы для «оптимистичного», «пессимистичного» и «превентивного» сценариев

На рис. 5, фрагмент 1 и 2, визуально прослеживается дифференцированное влияние почвенных и метеорологических условий на водный обмен посевов сельскохозяйственных культур (на примере лука). Разница в значениях эвапорации составляет от 88 мм до 141 мм, и в транспирации от 376 до 697 мм на пойменных почвах пестрого механического состава Волго-Ахтубинской

МС в отсутствии дефицита водных ресурсов (оросительная норма 5250 м³/га). На фрагментах 3 и 4 отчетливо прослеживается снижение эвапорации и транспирации на вариантах опытов с пропсадкой уровней по сравнению с результатами «оптимистичного» сценария. Разница значений транспирации и эвапорации по типам почв обусловлена их различными водно- и агрофизическими свойствами и режимами орошения. На графиках, относящихся к «превентивному» сценарию значения эвапорации и транспирации заметно выше, чем аналогичные величины «пессимистичного» сценария, что свидетельствует об эффективности «превентивных» мероприятий.

На разработанной гидродинамической модели Нижней Волги были выполнены расчеты спецпопусков 2024 и 2025 гг. с целью определения водности по 19 водотокам ЗПИ, осуществляющим водообмен рук. Бахтемир с ЗПИ на подъеме и спаде весеннего половодья. Расчет водообмена ЗПИ с основными дельтовыми водотоками выполнялся на основе материалов натурных исследований по изучаемым протокам. Расходы воды в протоках вычислялись путем сопоставления с уровнями воды на гидропосту Астрахань, используя ранее полученные зависимости $Q=f(h)$ на подъеме и спаде половодья [8]. Результаты расчетов приведены на рис. 6.



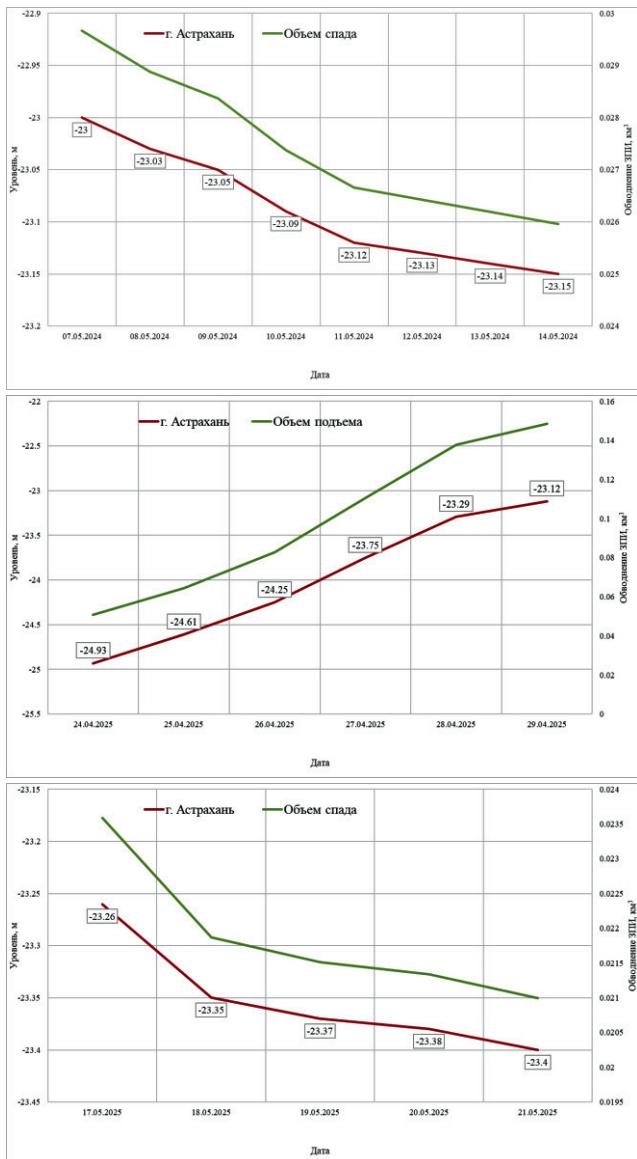


Рис. 6. Обводнение ЗПИ, рассчитанное по данным спецпопусков 2024 и 2025 гг.

В естественных условиях до зарегулирования р. Волги в период половодья на территорию ЗПИ по протокам и ерикам ежегодно поступала вода в объеме 2–5 км³, что выполняется при попусках с Волгоградского гидроузла 24–25 тыс. м³ сроком не менее 7 дней. Как видно из рисунка За, в 2024 г. попуски свыше 25 тыс. м³ с Волжской ГЭС выполнялись в течение 6 дней, что позволило задержать в ЗПИ 1,69 км³ (суммарный объем притока в ЗПИ — 2,19 км³, суммарный объем возврата из ЗПИ — 0,5 км³) и благоприятно повлияло на проточность ильменей, однако в 2025 году (рис. 3б) спецпопуск производился максимальными сбросами до 23,3 тыс. м³ в течение 3 суток, при этом объем стока, оставшийся в ЗПИ составил 0,64 км³ (приток — 0,91 км³, возврат — 0,27 км³), что могло негативно сказаться на экологической обстановке региона.

Список литературы

1. Феньков Я.А., Черников К.С. Современное состояние Западных подстепенных ильменей Лиманского района и их водообеспеченность // Современное состояние водообеспеченности и пути оптимизации хозяйственной деятельности в зоне западно-подстепенных ильменей: материалы науч.-производ. конф. п. Лиман, Астраханская обл. — 2011. — С. 11–16.
2. Русанов Н.В., Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г. Волго-Каспийский морской судоходный канал — современное состояние проблемы и пути их решения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 4–5. — С. 863–871.
3. Горелиц О.В., Ермакова Г.С., Терский П.Н. Гидрологический режим Нижней Волги в современных условиях // Метеорология и гидрология. — 2018. — № 10. — С. 27–39.
4. Информационный портал ВНИИ «РАДУГА». — <https://inform-raduga.ru/>
5. Бубер А.А., Попова Н.М., Раткович Е.Л., Акчуринова В.Р., Добрачев Ю.П., Соловьев Е.А. Прогноз актуального водопотребления для формирования декадных заявок сельхозпроизводителей (пилотный объект — Волгоградская область). Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024664042, 17.06.2024. Заявка № 2024662586 от 03.06.2024 г.

6. «Основные правила использования водных ресурсов Волгоградского водохранилища на р. Волге», утвержденные Министерством мелиорации и водного хозяйства РСФСР, 1983 г.; Основные правила использования водных ресурсов Саратовского водохранилища на р. Волге, утвержденные приказом Министерства мелиорации и водного хозяйства РСФСР от 11 ноября 1983 г. № 596. — 36 с.
7. *Ritchie, J.T. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies / J. T. Ritchie, E. Burnett // Agron. J. — 1968. — № 60. — P. 545–549.*
8. *Бухарицин П., Полонский В., Островумова Л. Устойчивое водообеспечение Западных подстепных ильменей дельты Волги. — Saarbrucken: LAP Lambert academic publishing, 2017. — 127 с.*

Булатов С.А.

президент Консорциума «Международный альянс комплексных исследований морских и гипергалинных экосистем»¹,
Московская область, г. Клин, пос. Майданово
mimge_rus@mail.ru, mimge2020@gmail.com,
<https://mimge-artemia.tilda.ws>

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗАЛИВА КАРА-БОГАЗ-ГОЛ (КАСПИЙСКОЕ МОРЕ) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ

Ключевые слова: Каспийское море, залив Кара-Богаз-Гол, биологическое разнообразие, проблемы сохранения, цианобактерии, водоросли, зоопланктон, *Artemia parthenogenetica*.

Keywords: Caspian Sea, Kara Bogaz Gol Bay, biological diversity, conservation issues, cyanobacteria, algae, zooplankton, *Artemia parthenogenetica*.

Залив Кара-Богаз-Гол представляет собой крупнейший солеродный бассейн, расположенный на востоке Каспийского моря на территории Туркменистана. По последним данным, длина залива по меридиану составляет 165 км и параллели — 154 км, в координатах 40°31' – 42°29' N и 52°43' – 54°46' E. За последний более чем 30-летний период (с 1993 по 2024 гг.) площадь поверхности Кара-Богаз-Гола изменилась с 19 200 до 16 600 км² [7] (рис. 1).

По состоянию на конец 2020 года уровень воды в заливе, по данным системы HYDROWEB, LEGOS (Франция), опустился до отметки в 28,5 м ниже уровня Каспийского моря, площадь

¹ Основными задачами Консорциума «Международный альянс комплексных исследований морских и гипергалинных экосистем» являются организация и осуществление научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, изучение альгофлоры гипергалинных экосистем, ее роли в трофических связях биоценозов соленых водоемов, трансформации гидробионтов в условиях экстремальных экосистем.

залива при этом составила примерно $17\ 300\ \text{км}^2$, в 2021 году уровень воды в заливе продолжил падение [8], в результате чего по состоянию на апрель 2024 г. его площадь уже составляла $16\ 800\ \text{км}^2$ [7]. Соленость в разных частях залива колеблется от 40 до 270 г/л, однако за последние 100 лет она достигала 300 г/л [6]. Минимальные и максимальные глубины в Кара-Богаз-Голе составляют от 2,2 до 6,2 м [2].

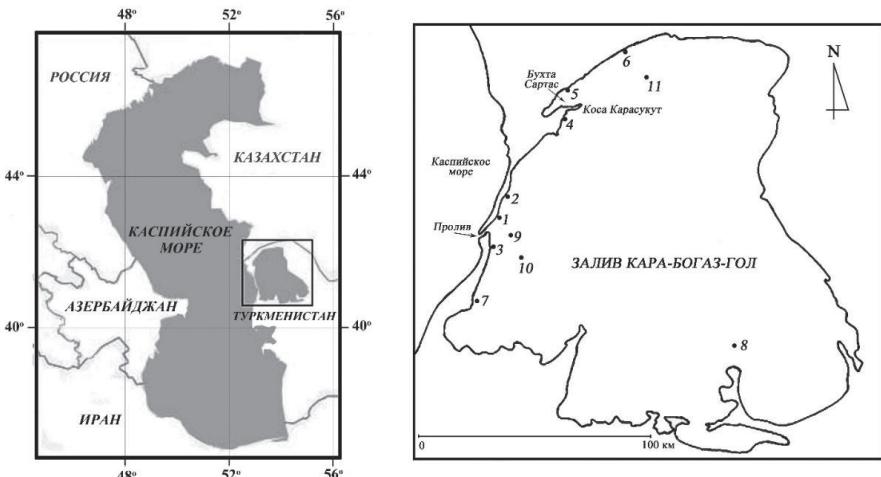


Рис. 1. Карта-схема залива Кара-Богаз-Гол с распределением станций отбора гидробиологических образцов по его акватории

Начиная с 30-х годов 20 столетия залив Кара-Богаз-Гол являлся основным объектом для химической промышленности Советского Союза [1]. Изучению биологического разнообразия водоема не уделялось практически никакого внимания.

Первые отрывочные сведения о биоте Кара-Богаз-Гола появились в 1847 г., когда в акватории залива путешественниками были обнаружены скопления галофильного рака *Artemia* [9]. Последующее его развитие в заливе отмечалось летом 1894 г. при солености 160 г/л и в 1897 г.; в 1930-х годах при солености 210 г/л наблюдались только скопления цист рака [12]. Первые скучные сведения об альгофлоре залива приводятся в работах 1930-х го-

дов [14], где отмечается развитие одной цианобактерии и двух видов зеленых водорослей рода *Dunaliella*. Позднее, в 1970-х годах в результате проведенных альгологических исследований в Каспийском море, указывалось на обитание в Кара-Богаз-Голе, при солености 20,4-20,5 г/л, 25 видов и разновидностей диатомовых водорослей [10; 11], а также указывалось на обнаружение в заливе 4 видов зеленых водорослей из рода *Dunaliella* [13].

Более детальное исследование биологического разнообразия залива Кара-Богаз-Гол было начато нами в середине 90-х годов прошлого столетия в рамках туркмено-бельгийского проекта «Промышленное освоение популяции артемии Кара-Богаз-Гола», в период после разрушения в 1992 г. дамбы и восстановления оттока каспийской воды из моря в залив [6] и продолжается в настоящее время. Основой исследования служат сборы, проведенные в период с 1998 по 2011 гг. на 11 станциях в акватории залива (см. рис. 1 и табл. 1). Всего было отобрано 457 альгологических образцов и 392 образца зоопланктона.

Таблица 1
Координаты и местоположение станций отбора
гидробиологических проб в акватории залива Кара-Богаз-Гол,
с указанием солености на каждой из станций

Станция, номер	Местонахождение	Координаты	Соленость, г/л
1	Зона смешения вод	41°06'43" N, 52°54'32" E	42-240
2	15 км севернее пролива	41°13'49" N, 52°51'13" E	160-268
3	10 км южнее пролива	41°04'41" N, 52°55'42" E	95-248
4	коса Карасукут	41°32'51" N, 52°52'13" E	150-272
5	бухта Сартас	41°46'22" N, 52°46'53" E	222-264
6	севернее бухты Сартас	42°00'26" N, 52°58'33" E	228-270
7	Сарбек-Ауле	40°52'20" N, 52°01'21" E	220-224
8	Пелагическая станция	41°02'00" N, 54°19'00" E	265
9	Пелагическая станция	41°06'00" N, 53°00'00" E	230
10	Пелагическая станция	41°03'03" N, 53°10'00" E	248
11	Пелагическая станция	41°47'00" N, 53°11'00" E	244

Современное биологическое разнообразие Кара-Богаз-Гола складывается из бактериальной флоры, цианобактерий, водорослей и представителей зоопланктона.

Начиная с 1997 г. и по состоянию на 2025 г. нами в заливе Кара-Богаз-Гол было выявлено и описано 107 таксонов цианобактерий и водорослей [5], включающих 72 вида и внутривидовых таксона диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*), 14 видов цианобактерий (*Cyanobacteria*), 12 — динофлагеллят (*Dinoflagellata*), 8 — зеленых водорослей (*Chlorophyta*) и 1 вид золотистых водорослей (*Chrysophyta*), принадлежащих к 63 родам, 51 семейству, 33 порядкам и 9 классам. К ведущим семействам относятся *Surirellaceae*, *Bacillariaceae* (по 7 таксонов), *Naviculaceae* (6 таксонов), *Coccconeidaceae*, *Mastogloiaeae*, *Prorocentraceae* (по 5 таксонов), *Diploneidaceae*, *Fragilariaeae* (по 4 таксона), *Oscillatoriaceae* и *Dunaliellaceae* (по 3 таксона) — они включали в себя 46,2% всех видов и внутривидовых таксонов. В родовом спектре альгофлоры залива можно выделить следующие таксономически значимые рода: *Mastogloia*, *Diploneis*, *Navicula*, *Campylodiscus*, *Coccconeis*, *Nitzschia*, *Fragilaria*, *Prorocentrum* и *Dunaliella*. Полный список порядков, семейств, родов и видовых и внутривидовых таксонов водорослей и цианобактерий гипергалинной экосистемы представлен в табл. 2.

Практически все диатомовые водоросли являются бентосными, обрастающими прибрежные макрофиты и различные твердые субстраты [16]. Преобладание непланктонных (бентосных) форм в водах залива, по-видимому, связано с его мелководностью. Перемешивание водных масс при постоянном ветровом волнении приводит к выносу большинства бентосных форм в толщу воды [1; 16]. В результате этого формируется состав планктонценозов водоема, наиболее широко представленных в его мелководной прибрежной зоне. Большинство из обитающих в заливе представителей цианобактерий и водорослей являются каспийскими формами.

Таблица 2

**Соотношение числа таксонов, родов, семейств и порядков
в альгофлоре залива Кара-Богаз-Гол [5]**

Порядки	Семейства	Роды	Видовые и внутривидовые таксоны
Bacillariophyta			
Mastogloiales	2	2	7
Coscinodiscales	2	2	5
Thalassiophysales	1	2	3
Aulacoseirales	1	1	1
Naviculales	4	5	11
Surirellales	1	3	7
Coccineidales	2	2	7
Stephanodiscales	1	2	2
Bacillariales	1	3	8
Rhopalodiales	1	2	4
Fragilariales	2	2	6
Rhabdonematales	1	1	2
Melosirales	1	1	1
Licmophorales	2	3	3
Lyrellaales	1	1	1
Rhizosoleniales	1	1	1
Cymbellales	1	1	1
Thalassionematales	1	1	1
Thalassiosirales	1	1	1
Dinoflagellata			
Peridiniales	3	5	5
Gonyaulacales	2	2	2
Prorocentrales	1	1	5
Cyanobacteria			
Chroococcales	4	4	5

Порядки	Семейства	Роды	Видовые и внутривидовые таксоны
Oscillatoriales	2	3	4
Synechococcales	2	2	2
Nostocales	1	1	1
Pleurocapsales	1	1	1
Spiruliniales	1	1	1
Chlorophyta			
Chlorellales	2	2	2
Sphaeropleales	1	1	1
	2	2	4
Ulotrichales	1	1	1
Chrysophyta			
Chromulinales	1	1	1

В отношении галобности большинство из найденных в Кара-Богаз-Голе видов и внутривидовых таксонов относятся к галофилам (23,6%), индифферентам (18,7%), мезогалобам (17,9%); часть видов относится к полигалобам (3,8%) и галофобам (1,9%) [5]. По мнению А.И. Прошкиной-Лавренко и И.В. Макаровой [15] эвригалинность организмов, выработанная в процессе экологической эволюции, способствует расширению их ареалов и обеспечивает их обитание в водоемах с различной соленостью.

Исследования альгофлоры залива, проведенные в последние годы, позволили не только выявить один новый для науки вид водорослей — *Brachysira carabogazgolensis* [3] и описать ранее не обитавшие в Каспийском море таксоны диатомовых водорослей [4; 16], но и расширить галобность ранее известных таксонов цианобактерий, диатомовых, пирофитовых и зеленых водорослей [5].

Начиная с 1995 г., на основании постановления Президента Туркменистана от 13 ноября 1995 г. № 2394 «О концессионном договоре с фирмой ИНВЕ» в Кара-Богаз-Голе было начато промышленное освоение популяции рака. Так был открыт в

Туркменистане новый потенциал биоресурса цист на международном рынке артемии. Одновременно была начата разработка научных основ сохранения и рационального использования популяции рака залива, которой занимались специально созданные экспертная комиссия и научные группы, сформированные на основании распоряжения Кабинета министров Туркменистана от 19 марта 1998 г. № 7, включавшие именитых учетных и специалистов из Туркмении, Бельгии, США и других стран [6].

Таблица 3

Средние по районам значения численности (в числителе, тыс. экз./ м^3) и биомассы зоопланктона (в знаменателе, г/ м^3) в заливе Кара-Богаз-Гол [2]

Станция, номер	Артемия	Прочие			Общее число видов
		другие ракообразные	коловратки	ресничные инфузории	
1	23,336 0,623	2,5 12,715	2,0 1,000	2,0 3,000	5
2	207,183 2,403	—	2,0 0,754	—	2
3	304,214 2,990	6,0 2,260	—	—	3
4	139,239 2,045	2,0 0,222	—	—	2
5	500,986 3,661	—	—	—	1
6–7	347,346 5,481	—	—	—	1
8–11	0,165 0,001	—	—	—	1

Изучению галофильного рака артемия и других представителей зоопланктона залива Кара-Богаз-Гол посвящено много работ, в частности статьи по морфометрии различных возрастных стадий *Artemia*, а также химическому составу цист рака [2; 7;

17]. Так, в 2019 г. была опубликована монография «Современное состояние залива Кара-Богаз-Гол» [2], в которой впервые представлены результаты многолетних исследований гидрологии, гидрохимии, альгофлоры и зоопланктона залива.

В общей сложности, в период с 1997 по 2002 гг. в заливе Кара-Богаз-Гол было выявлено 9 видов зоопланктона (табл. 3), из которых ракообразных — 3 (жаброногих — 1 и ветвистоусых — 2), коловраток — 4 и инфузорий — 1 вид (табл. 3).

Только один из встреченных нами таксонов ракообразных относился к галобионтам — *Artemia parthenogenetica*, остальные к формам с широкой экологической валентностью, встречающимся в Каспийском море вплоть до его пресноводных участков [2]. С увеличением солености воды в заливе, как правило, число таксонов значительно снижалось. Максимальное число представителей зоопланктона наблюдалось нами в зоне смешения вод (5 таксонов), с продвижением в более соленые участки залива отмечалось их сокращение до 1–2 таксонов, с повсеместным доминированием артемии на разных стадиях развития. Вероятно, что соленость выше 70 г/л для каспийских эвригалинных форм коловраток (*Notholca*) не являлась барьером на пути их распределения по заливу, однако при этом количество особей и биомасса были достаточно низкими по всему заливу, соленость выше 100 г/л — для представителей *Calanoida*, *Ciliata*, *Moina*, соленость выше 200 г/л — для коловраток (*Brachionus* и др.) и веслоногих ракообразных семейства *Macrothricidae*. В высокосоленых участках залива в планктоне доминировал исключительно галобионт *A. parthenogenetica*. Максимальная численность артемии наблюдалась в 10 км южнее пролива, в районе бухты Сартас и в северной части залива, составляя в среднем 304,214 тыс. экз./м³, 500,986 и 347,346 тыс. экз./м³, соответственно (табл. 3). Причем, в указанных районах залива Кара-Богаз-Гол в популяции рачка доминировали цисты и взрослые животные.

Минимальные значения численности и биомассы артемии в районе зоны смешения вод связаны с присутствием науплиусов на различных стадиях развития, но цисты в воде практически отсутствовали, а количество взрослых животных было минимальным. Самые низкие показатели численности и биомассы артемии

отмечены в пелагиали залива Кара-Богаз-Гол — 0,165 тыс. экз./м³ и 0,001 г/м³.

По нашим оценочным данным, в период с 1998 по 2002 гг. максимальные запасы цист артемии в заливе Кара-Богаз-Гол составляли 121,3 тыс. т (в 1999 г.), минимальные — 1,9 тыс. т (в 2000 г.) [6]. Объем возможного допустимого изъятия сухих цист за вышеуказанный период оценивался в пределах от 1,3 до 78,6 тыс. т (табл. 4).

Причем только за период с 1997 по 1999 год в заливе единственным пользователем — туркмено-бельгийской дочкой ИНВЕ — ТуркменистанАртемия, официально было добыто около 3,7 тыс. т цист [6], что составляло не более 2% от ежегодного объема общего допустимого улова [2].

Таблица 4

Данные по запасам и объемам возможного изъятия цист артемии в заливе Кара-Богаз-Гол за период с 1998 по 2002 гг. [6]

Год	Общий запас цист, в тыс. тонн	Объем возможного изъятия цист, в тыс. тонн
1998	116,0	75,3
1999	121,3	78,6
2000	1,9	1,3
2001	2,6	1,7
2002	3,1	2,0

Начиная с 2000 г. в заливе Кара-Богаз-Гол произошло резкое сокращение маточного поголовья популяции рака (табл. 5), в результате чего к 2002 г. промысел цист был практически прекращен [6].

Таблица 5

Соотношение значений биомассы (мг/м³) и численности (тыс. экз./м³) различных возрастных групп *Artemia* в заливе Кара-Богаз-Гол в 1998–2002 гг. [6]

Год	Возрастные группы <i>Artemia</i>				
	Взрослые животные	Ювенильные	Науплиусы	Цисты	Всего
1998	7339,2 8,5	246,6 3,3	82,9 7,4	457,3 81,7	8126,0 100,9
1999	161374,3 86,2	47094,1 52,3	2363,5 7,2	357,7 63,9	211189,6 209,6
2000	673,3 0,4	495,6 0,6	1855,6 5,6	752,9 134,4	3777,4 141,0
2001	201,2 0,2	100,8 0,1	30,3 0,1	305,3 54,5	637,6 54,9
2002	137,86 0,1	—	18,4 0,1	1092,9 169,4	1249,2 169,6

Примечание. Над чертой — значения биомассы, под чертой — значения численности

Основной причиной, по нашему мнению, явилось наличие слоя рассола практически по всему руслу пролива, соединяющего залив с Каспийским морем, толщиной от 1,5 до 1,8 м, препятствующего доступу каспийских вод в залив в объемах, достаточных для поддержания уровня солености в пределах, допустимых для развития воспроизводящейся части популяции рака, что стало следствием реализации проекта по отсечению залива от моря дамбой в 1980-х годах, проведенного без соответствующих комплексных исследований, необходимых для устранения всех возможных последствий. Так, по сравнению с 1996 годом, когда соленость Кара-Богаз-Гола составляла 210–215 г/л, в 2001–2002 гг. соленость выросла на 50 г/л, достигнув 260–265 г/л, значений, токсичных для рака.

По данным оптических изображений MODIS-Terra (англ. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), по состоянию

на 2022 г., в заливе отмечаются незначительные скопления таких трассеров, как фитопланктон и цисты галофильного рака *Artemia*, что связано, по всей видимости, с очень высокой соленостью вод залива [8]. В то же время, благоприятные значения гидрологического и экологического режимов Кара-Богаз-Гола могут создать условия для появления маточного поголовья рака из сохранившихся в акватории водоема скоплений цист.

Согласно Конвенции о биологическом разнообразии — международное соглашение, принятое в Рио-де-Жанейро 5 июня 1992 г., вступившее в силу 29 декабря 1993 г., ратифицированное 191 страной, включая Российскую Федерацию и Туркменистан, ее целью является сохранение биологического разнообразия, устойчивое использование его компонентов и справедливое и равное распределение выгод, связанных с использованием генетических ресурсов, а именно:

- сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания (в лабораториях, создание генетических банков данных редких и исчезающих видов и т.п.);
- сохранение экосистем и естественных мест обитания, а также поддержание и восстановление жизнеспособных популяций видов в их естественной среде.

В настоящее время существуют проблемы, связанные с изучением и сохранением биологического разнообразия залива Кара-Богаз-Гол.

В отношении цианобактерий и альгофлоры такими проблемами являются:

1. Прогрессирующее в настоящее время осолонение Кара-Богаз-Гола, которое может привести к вымиранию и исчезновению уникальных популяций таксонов морских и пресноводных водорослей, обнаруженных нами в заливе и выработавших в условиях Кара-Богаз-Гола уникальные структуры своих клеток (створок). Невозможность доступа к заливу и отбора образцов водорослей из рассолов Кара-Богаз-Гола, не позволяет нам осуществлять мониторинг за современным состоянием таких таксонов водорослей.

2. По результатам проведенных исследований нами была создана коллекция микрофотоснимков, в основном форм водорослей

новых для Каспийского моря в целом, которая хранится в личной фототеке С.А. Булатова [16], а также сформирована коллекция препаратов диатомовых водорослей, находящаяся в Консорциуме «Международный альянс комплексных исследований морских и гипергалинных экосистем» (далее — Консорциум). С 2025 года при личном участии Президента Консорциума С.А. Булатова удалось сформировать небольшую коллекцию препаратов диатомовых водорослей Кара-Богаз-Гола в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН, который является международным хранителем коллекций водорослей. Несмотря на это в настоящее время существуют трудности с сохранением в живом либо зафиксированном виде нитчатых колоний цианобактерий и зеленых водорослей, а также плазмоидных форм галофильных видов зеленых водорослей рода *Dunaliella*. На наш взгляд решить данную проблему невозможно без участия туркменской стороны, а также заинтересованных уполномоченных органов Туркменистана.

3. Отсутствие достаточного объема научно-исследовательских мощностей и оборудования у Консорциума не позволяет в должной мере обеспечить получение дополнительных научных результатов.

4. По причине отсутствия должного финансирования проводимых исследовательских работ, в настоящее время исследования в данном направлении могут быть приостановлены.

В отношении галофильного рака *A. parthenogenetica* имеются следующие проблемы:

- а) невозможно обеспечить поддержание солевого баланса в водоеме на уровне, достаточном для развития кормовой базы рака и его воспроизводства в естественных условиях;
- б) не проводятся вспомогательные инокуляционные мероприятия — инкубация цист *Artemia* в контролируемых человеком условиях с последующим выпуском в залив Кара-Богаз-Гол подросших животных для нагула и цистоношения.

Для решения проблем, связанных с сохранением популяции рака в Кара-Богаз-Голе, мы предлагаем разработать дорожную

карту, которая, на наш взгляд, должна включать следующий комплекс мероприятий:

- возведение временного регулируемого гидротехнического сооружения в районе магистрального моста через пролив, соединяющий залив с Каспийским морем, с целью ограничения поступления воды по водотоку;
- проведение работ по углублению русла пролива и его очистке от избытка рассола для обеспечения беспрепятственного доступа каспийских вод в объемах, позволяющих «распреснить» насыщенные рассолы Кара-Богаз-Гола, с предварительной оценкой влияния проводимых работ на экосистему водотока;
- оценка современного состояния зоопланктона, в частности популяции артемии залива Кара-Богаз-Гол и ее среды обитания, для возможности использования ее ресурсов при проведении инокуляционных работ;
- сбор с акватории залива необходимого количества оставшихся цист рачка с целью формирования стартового потенциала науплиусов и взрослых животных, необходимого для проведения инокуляционных работ;
- организация рыбоводного хозяйства в приустьевой части залива с целью получения достаточного количества животных на различных стадиях развития с последующим зарыблением ими залива для нагула и цистоножения в естественных условиях;
- проведение научно-исследовательских работ по оценке состояния выращиваемых животных в условиях рыболовного хозяйства и залива, кормовой базы водоема (альгофлора, бактерии и т.п.), гидрохимических показателей среды обитания рачка, перспективности формирования промысловых скоплений цист артемии в акватории Кара-Богаз-Гола;
- выделение дополнительного финансирования для продолжения исследований морфометрических, биохимических и экологических параметров артемии.

Только государственная поддержка при участии заинтересованных специалистов и исследователей позволит решить постав-

ленные задачи, обеспечив восстановление и сохранение статуса Кара-Богаз-Гола как экосистемы с уникальным биологическим разнообразием в регионе.

Список литературы

1. Аковецкий В.И., Богданов И.Я. Кара-Богаз-Гол: вчера, сегодня, завтра. — Ашхабад: Ылым, 1988. — 195 с.
2. Булатов С.А. Современное состояние залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море). — Бо-Бассен: ГлобеЭдит, 2019. — 210 с.
3. Булатов С.А. Новый вид Bacillariophyta из залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море, Туркменистан) // Альгология. — 2020. — Т. 30, № 2. — С. 211–218.
4. Булатов С.А. Новые виды диатомовых (Bacillariophyta) для флоры залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море) // Ботанический журнал. — 2021. — Т. 106, № 1. — С. 52–60.
5. Булатов С.А. Состав и структура альгофлоры залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море). Вопросы современной альгологии. — 2022. — № 1 (28). — С. 59–73.
6. Булатов С.А. Перспективы промышленного освоения запасов цист рака Artemia parthenogenetica Barigozzi, 1974 (Branchiopoda, Anostraca) залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море) // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2023. — Т. 17, № 6 (209). — С. 356–366.
7. Булатов С.А. Внутрипопуляционная изменчивость цист Artemia parthenogenetica Barigozzi, 1974 (Branchiopoda, Anostraca) залива Кара-Богаз-Гол Каспийского моря (биометрия) // Океанология. — 2025. — Т. 65, № 4 (в печати).
8. Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Шеремет Н.А. О динамике вод в заливе Кара-Богаз-Гол (спутниковая информация) // Современные проблемы ДЗЗ из космоса. — 2022. — Т. 19, № 4. — С. 265–279.
9. Дзенс-Литовский А.И., Чарыев Б. Шаги Кара-Богаз-Гола. — Ашхабад: Туркменская ССР, 1973. — 69 с.
10. Караева Н.И. Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря. — Баку: Элм, 1972. — 258 с.

11. Караева Н.И., Гаджиева М.А. Новые данные к изучению диатомовых водорослей Каспийского моря // Новости систематики низших растений. — 1975. — Т. 12. — С. 123–129.
12. Лепешков И.Н., Буйневич Д.В., Буйневич Н.А., Седельников Г.С. Перспективы использования солевых богатств Кара-Богаз-Гола. — М.: Наука, 1981. — 274 с.
13. Масюк Н.П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Teod. — Киев: Наукова думка, 1973. — 244 с.
14. Пельш А.Д. К гидробиологии Карабугаза // Труды соляной лаборатории АН СССР. — 1936. — Т. 5. — С. 49–80.
15. Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В. Водоросли планктона Каспийского моря. — Л.: Наука, 1968. — 295 с.
16. Bulatov S.A. The Diatom Flora (Bacillariophyta) of Kara-Bogaz-Gol Bay, the Caspian Sea: New Data // Russian Journal of Marine Biology. — 2021. — Vol. 47, N 4. — P. 265–273.
17. Bulatov S.A. Metal Content in the Cysts of *Artemia parthenogenetica* (Branchiopoda, Anostraca) from Kara-Bogaz-Gol Bay (the Caspian Sea) // Hydrobiological Journal. — 2022. — Vol. 58, N 1. — P. 56–66.

Бухарицин П.И.

д.геогр.н., профессор, в.н.с. Института водных проблем РАН,

Астраханская группа

asrrgo@mail.ru

ПРОБЛЕМА ВОЗВРАТНОЙ ЗАНОСИМОСТИ ВОЛГО-КАСПИЙСКОГО МОРСКОГО СУДОХОДНОГО КАНАЛА ДО СИХ ПОР НЕ РЕШЕНА

Ключевые слова: судоходный канал, дноуглубление, новые технологии, эффективность.

Keywords: shipping canal, dredging, new technologies, efficiency.

Волго-Каспийский судоходный канал (ВКСК) — грандиозное гидротехническое сооружение, один из крупнейших морских каналов, не имеющий аналогов в мировой практике регулирования морских устьев рек. Он представляет собой реализованную идею создания единой глубоководной магистрали, объединяющей водные пути бассейна р. Волги и Каспийского моря. Из сохранившихся архивных материалов становится очевидным, что задолго до 1874 года предпринимались попытки создания судоходного пути из устья Волги в Каспийское море. Министерство путей сообщения образовало специальную комиссию инженеров, которые проводили комплексные исследования в устье р. Волги в 1870–1873 годы. Но окончательно проблема судоходства на участке низовья Волги — Северный Каспий, не решена до сих пор. Показано, что существующая в настоящее время технология проведения дноуглубительных работ недостаточно эффективна. Установлено, что часть уже изъятого грунта под воздействием природных факторов возвращается обратно в ложе канала. Предлагается внедрить новый механизм дноуглубления на трассе ВКМСК, полностью исключающий повторное попадание изъятого грунта в канал. Предлагаются рекомендации по изменению технологии и выбору технических средств для более эффективного, эконо-

мичного и экологически чистого проведения ремонтных дноуглубительных работ.

Проблема судоходства в низовье реки Волги и в мелководной северной части Каспийского моря имеет тысячелетнюю историю. Судоходные маршруты периодически менялись, главным образом под влиянием колебаний уровня моря. Обширные мелководья устьевого взморья представляли серьезные проблемы для мореплавателей.

Современный судоходный канал, образуемый рукавом Бахтемир, начал функционировать лишь в начале XIX в. До этого времени мореплаватели, проводя свои суда через обширные мели устьевого взморья к морю, использовали иные водные пути — по Бузану, Старой Волге, Болде (рис. 1).

В 1854 году было одобрено предложение провести фарватер по рукаву Камызяк при замене обмелевшего на тот момент проходящего мимо Бирючей косы фарватера от Астрахани до Каспийского моря. Изыскания начались в 1855 году.

В 1857 году исследования были закончены, и Камызякский рукав признан (на тот момент) наиболее удовлетворяющим всем условиям, требуемым для хорошего фарватера.

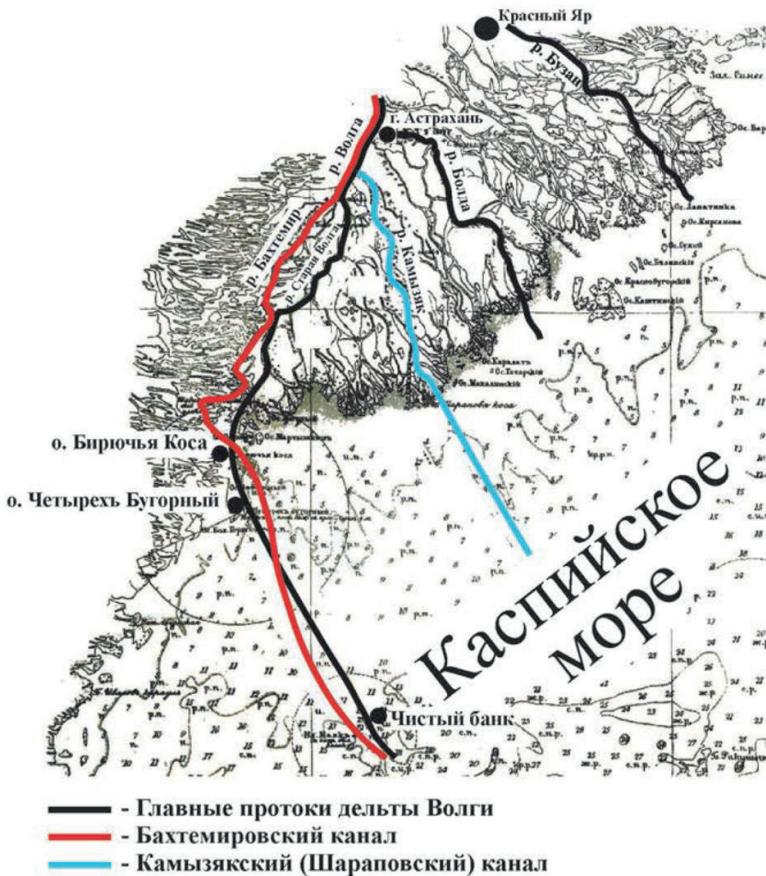


Рис. 1. Карта Каспийского моря по съемке и промеру 1861–1873 гг. с показаниями фарватера. 1873 г. Главные протоки дельты Волги. Функционирующий Бахтемировский канал и недостроенный Камызякский канал [1].

В 1 четверти XIX в. были проведены изыскания и спроектирована трасса канала по Камызякому направлению (рис. 1). На торжественном открытии строительства канала 30 октября 1858 г. присутствовал находившийся проездом в Астрахани французский писатель Александр Дюма-старший [2].

Однако через 5 лет строительство было остановлено, т.к. после каждого половодья все углубленные участки канала заносились, превращая строительство гидротехнического сооружения в «Сизифов труд». Внесла свой «вклад» и существовавшая в то время в России коррупция.

В память о «великой стройке» остались лишь едва видимые на поверхности, впоследствии густо заросшие тростником, следы (рис. 2, 3).

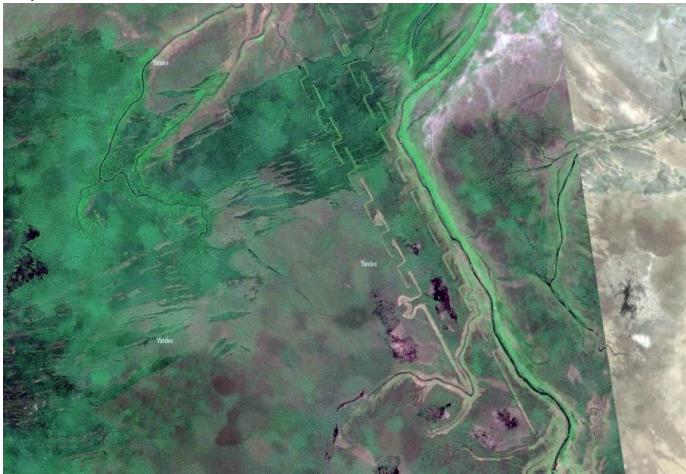


Рис. 2. Современный космический снимок недостроенного Камызякского судоходного канала



Рис. 3. Фрагмент недостроенного канала (вид с квадрокоптера)

Лишь через 11 (в 1874 г.) лет были начаты опытные работы по приведению в судоходное состояние Бахтемировского фарватера в 1874 г. Для выполнения этих работ 1 августа был направлен караван в составе зеплочерпательницы и шести шаланд. Руководил работами инженер Шалевич. Таким образом, в 1874 г. было положено начало регулярным путейским работам на Бахтемировском направлении. Этот год считается годом основания современного Волго-Каспийского морского судоходного канала (ВКМСК), которому в 2024 году исполнилось 150 лет.

В настоящее время Волго-Каспийский морской судоходный канал является единственной глубоководной артерией, соединяющей Каспийское море с внутренними водными путями (ВВП) реки Волги и далее, с Азово-Черноморским, Балтийским и Северным морскими бассейнами. Это уникальное рукотворно-природное сооружение, несмотря на длинную и сложную систему взаимоотношений человека с природой, сыграло огромную роль в развитии экономики как СССР, так и России.

Известно, что дноуглубительные работы, наряду с такими источниками загрязнения как сброс сточных вод и выпадение загрязняющих веществ из атмосферы, являются одним из основных видов антропогенного воздействия на морскую среду шельфовой зоны. Сотни миллионов кубометров грунта ежегодно извлекаются при дноуглублении и сбрасываются в подводные отвалы.

Считается, что существенное снижение объемов дноуглубительных работ или их приостановка невозможны, так как дноуглубление является жизненно важной потребностью функционирования портов и каналов. Эксплуатация современных большегрузных судов требует создания углубленных акваторий и каналов, которые на фоне небольших прибрежных глубин выступают в роли искусственных ловушек для наносов.

Несмотря на принятые международные соглашения и национальные регламенты, захоронение в море (дампинг) грунтов во всем мире и в России, остается самым распространенным, массовым способом удаления материалов дноуглубления. Основными причинами этого являются технические возможности дноуглубительного флота и экономические соображения.

Наносы в канале представляют собой комплексную экологическую проблему. В связи с постоянной заносимостью, возросшей степенью антропогенного воздействия и увеличивающейся осадкой судов эта проблема на стыке Волги и Каспия приобретает особенно острый характер.

Во времена СССР на Волго-Каспийском морском судоходном канале объем извлекаемого грунта при дноуглубительных работах достигал 4 млн куб м/год. в период низкого стояния уровня Каспия. В период подъема уровня моря и увеличением объема стока реки Волги, объем извлекаемого из канала грунта существенно уменьшался (рис. 4).

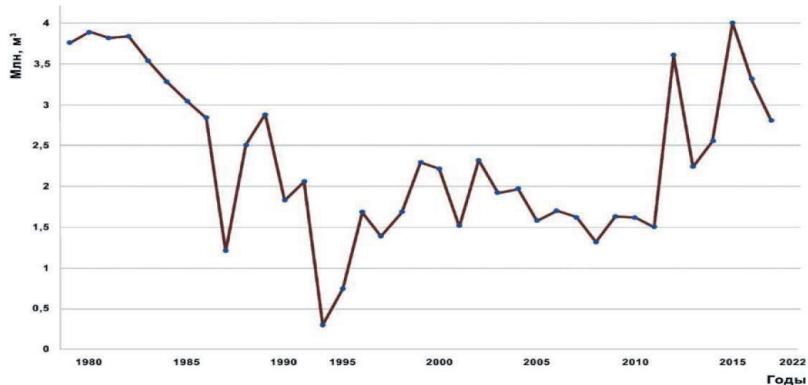


Рис. 4. График суммарных объемов изъятого грунта из ложа ВКМСК по годам. Материалы из официальных отчетов ОАО «Союзморниипроект» (Астраханский отдел) [3]

Начавшийся с 1997 г. (и продолжающийся в настоящее время) очередной этап трансгрессии уровня Каспийского моря, а также уменьшение объема стока Волги (маловодье), связанное с климатическими процессами в ее бассейне, вызвал необходимость вновь увеличить объем изымаемого из ложа ВКМСК грунта, особенно на его лимитирующих участках.

С каждым годом нарашивается объём изымаемого грунта, но судопроходимость с каждым годом ухудшается, не прекращаются случаи посадки судов на мель. Прикаспийские государства все чаще вынуждены отказываться от участия в обеспечении судоходства в нашем регионе. Астраханская область теряет огромное количество денег из-за этого (рис. 5).

В 2024 году в ходе дноуглубительных работ были задействованы 13 земснарядов и 10 вспомогательных судов, извлечено более 6,8 млн куб. м грунта. В следующую навигацию планируется извлечь уже 8,7 млн куб. м.

И, тем не менее, несмотря на предпринимаемые титанические усилия, трудности с осуществлением судоходства продолжаются.

За 35 лет (1980-2015 года — полный цикл снижения и подъёма Каспия) из ложа ВКМСК было извлечено (по официальным отчетам) 70 млн м³ при среднегодовом объеме в 2 млн м³ и максимальном годовом 4,08 млн м³ (2015 год). Даже если посчитать, что все наносы доставленные рекой за 3 года в морскую часть ВКМСК осели в ложе канала, то объем других источников заносимости составит 5,79 млн м³ (65%)! То есть возвратная заносимость больше, чем река Волга приносит взвешенных наносов за год.

Отсюда выходит, что при отсутствии возвратной заносимости, за 35 лет вдоль бровок канала на месте подводных свалок должна образоваться дамба высотой с пятиэтажный дом — 15x15 м и длиной в 300 км, а морская часть ВКМСК имела бы глубину 12 метров на протяжении 50 км.

В настоящее время существует три схемы дноуглубительных работ.

1 вариант (основной) — сброс пульпы земснарядом на бровки канала;

2 вариант — доставка извлеченного земснарядом грунта маточонажными шаландами в район дампинга или берегового складирования;

3 вариант — сам земснаряд доставляет изъятый из ложа канала грунт в район дампинга или берегового складирования.

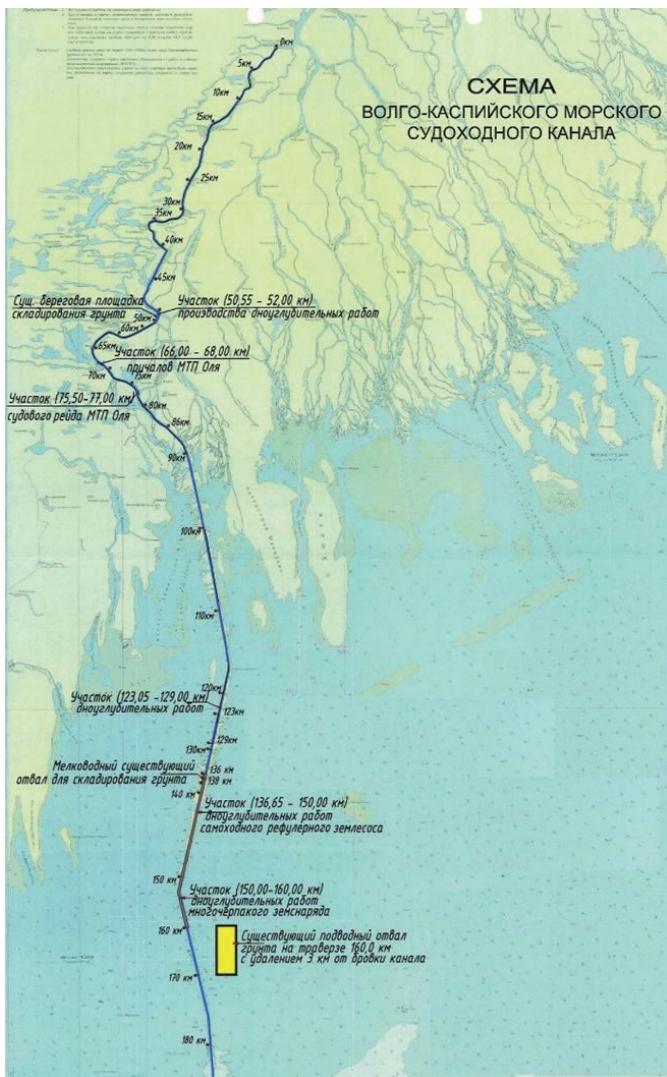


Рис. 5. Схема трассы современного Волго-Каспийского морского судоходного канала, с основными участками дноуглубления и район отвала грунта (желтый прямоугольник в нижней части рисунка).

Рисунок взят из Интернета [3]

Применяемые в настоящее время технологии ремонтных дноуглубительных работ приводят к тому, что изъятый из ложа канала грунт вскоре вновь возвращается в канал под воздействием ветровых течений, волнения, а в зимний период — еще и дрейфующим льдом.

Мы, коллектив авторов, предлагаем новый подход, когда меньшими средствами меньше изымается грунта из канала. При этом эффективность дноуглубительных работ значительно возрастает. Внедрение новой технологии позволит обеспечить беспребойное судоходство в ВКМСК благодаря тому, что изымаемый из ложа канала грунт будет безвозвратно вывозиться на свал глубин, или складироваться на суше на специально отведенных местах с последующим его использованием в народном хозяйстве.

Для этого предлагается более эффективная схема работы крупнотоннажных судов-грунтовозов и земснарядов (рис. 6).



Рис. 6. Предлагаемая схема дноуглубительных работ при совместном использовании самоотвозного землесоса (СЗС) и нескольких специальных многоцелевых судов (МПС) [4]

По этому предложению имеется ряд патентов на изобретения (рис. 7).



Рис. 7. Патенты, готовые к внедрению

Следует обратить внимание на то, что новая схема не противоречит, а наоборот, дополняет существующие. Предлагаемая модернизированная схема изменения технологии работ, предусматривающая введение дополнительного звена — многоцелевого судна (МЦС), позволит только на недопущении подводных свалок сократить объемы работ на 30–40%. Это не означает, что другие способы борьбы с заносимостью с использованием защитных дамб, «ловушек» и др. предаются забвению. Работы по поиску путей их реализации следует продолжать, т.к. они могут сократить объем дноуглубительных работ еще на 30–40%.

Выводы

Напрашивается решение. Если уж однажды изъяли из ложа канала грунт, то не следует его перекладывать многократно до самого свала глубин, а сразу вывезти специальным судном большой грузоподъемности на любое место по берегу канала (или другое место на суше), для использования его в хозяйственных целях.

Реализация этого предложения позволит:

- В течение 2–5 лет резко сократить объем выполняемых ремонтных дноуглубительных работ до 2–3 млн м³ в год).
- Наладить реальный учет количества наносов и их рациональное использование в хозяйственных целях.
- Ликвидировать лимитирующие участки с односторонним движением и повысить эффективность работы судоходного канала в целом.

Список литературы

1. Бухарицин П.И., Ушивцев В.Б., Котеневков С.А. Трудные перекаты Волго-Каспия. Историческая ретроспектива. Ч. 2 (XIX–XXI вв.) // Гидрометеорология и экология. — 2023. — № 70. — С. 82–98.
2. Котеневков С.А., Михайлов В.Н. Географ или канал: что же на самом деле скрывали тростниковые заросли? // Каспий: прошлое, будущее, настоящее. — Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2021. — С. 157–165.
3. Бухарицин П.И. Астраханский вестник экологического образования. — 2023. — № 6 (78). — С. 133–142.
4. Бухарицин П.И., Русанов Н.В., Беззубиков Л.Г. Волго-Каспийский судоходный канал — от старых принципов к новым идеям. Комплекс мероприятий по улучшению функционирования Волго-Каспийского воднотранспортного узла в третьем тысячелетии. Монография / Lambert Academic Publishing. — 2016. — 101 с.

Вялова О.Ю.

к.б.н., с.н.с. ФИЦ ИнБЮМ РАН, руководитель проекта
«Морские экофермы» Фонда «Зеленая миссия»

vialova@ibss-ras.ru

Згурковский К.А.

к.б.н., почетный эколог РФ,
старший советник Фонда «Зеленая миссия»
greyfox2005_52@mail.ru

Лакустова О.И.

директор Фонда «Зеленая миссия»
lakustova007@gmail.com

МОРСКИЕ ВОДОРОСЛЕВЫЕ ФЕРМЫ КАК РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ И РЕШЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО И НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАСПИЯ

Ключевые слова: водоросли, аквакультура, Каспийское море.

Keywords: seaweed, aquaculture, Caspian Sea.

Введение

Водоросли играют ключевую роль в морских экосистемах, выступая в качестве пищи для разных организмов и их среды обитания, являясь составной частью универсальной системы самоочищения океана. Известно примерно 10 500 видов морских водорослей, из них около 220 видов выращиваются человеком. И только 6 видов водорослей составляют 97,9% мирового производства. По данным ФАО в 2020 году выращивание водорослей (в сыром весе) достигло 30% мирового производства продукции аквакультуры, и составило 123 млн тонн общей стоимостью 281 млрд долларов США¹.

Производство морских водорослей сосредоточено главным образом в Восточной и Юго-Восточной Азии. Лидерами являются

¹ Доклад о работе Двенадцатой сессии Подкомитета по аквакультуре ФАО, Эрмосильо, Мексика, 16-19 мая 2023. — <https://openknowledge.fao.org/items/cb9815e8-2d56-44b1-938e-5ed1c5f5a716>

Китай (48,8%), Индонезия (36,9%), Филиппины (5,7%), Южная Корея (4,0%), Япония (1,3%), Малайзия (0,9%) [1]. В основном морские водоросли широко и часто употребляются в пищу, однако они имеют множество других применений в пищевой и непищевой промышленностях. Так, продукция из водорослей используется в качестве пищевых биодобавок, кормов для животных, фармацевтических препаратов, нутрицевтиков, косметических средств, сырья для текстильного производства, биоудобрений/биостимуляторов, биоупаковочных материалов, биотоплива и др. [2, 3]. Практически ежедневно появляются новые продукты из водорослей.

С каждым годом интерес к морским водорослям растет. Особое внимание уделяется не только их потенциалу в качестве уникального источника морских микроэлементов и белка, но и их экосистемным услугам. Морские водоросли и травы предоставляют широкий спектр экосистемных услуг, включая улучшение качества воды, защиту берегов, связывание углерода, в качестве местообитания многих видов гидробионтов. Так, они способствуют фильтрации воды, удаляя из нее избыток питательных веществ (в первую очередь азота и фосфора) и загрязняющих веществ, что улучшает прозрачность и общее состояние водной среды. Мангровые заросли и морские травы, например, создают защитные барьеры побережья от эрозии, штормов и наводнений. И, наконец, водоросли способны поглощать и хранить большие объемы углерода, играя важную роль в смягчении последствий изменения климата и закисления океана.

Закисление океана (Ocean acidification), или снижение pH морской воды, происходит в результате растворения атмосферного CO₂ в морской воде. Согласно сценарию RCP6.0 (Representative Concentration Pathway. 6.0.), разработанному японским Национальным институтом экологических исследований (NIES), выбросы CO₂ в атмосферу вырастут до 700 ppm к 2100 году. Ожидается, что к концу столетия pH океана снизится на 0,3–0,5 ед. с соответствующим увеличением [H⁺] на 100–150%. В результате насыщенность карбонатами океанической воды снизится примерно на 45% к 2100 году. Чрезмерное поглощение атмосферного CO₂ приведет к повышению глобальной температуры воды

примерно на 3–4°C¹. По оценкам [4] удаление из морской воды излишков углерода водорослями всего Мирового океана может составлять до 135 гигатонн в год, исходя из содержания углерода в морских водорослях ~ 27% от сухого веса.

За последние десятилетия в окружающую среду было выброшено большое количество нефтяного загрязнения в результате аварий и человеческой деятельности. Последние исследования, проведенные на некоторых видах водорослей показали, что общий вклад бурых водорослей в биоремедиацию от дизельного топлива в море может достигать до 312 кг в сутки [5, 6]. Заросли морских макрофитов являются важным элементом в процессе профилактической, повседневной очистки прибрежных вод от нефтепродуктов.

Таким образом, сохранение биоразнообразия и восстановление природных запасов морских водорослей является критически важным для обеспечения устойчивого развития любых прибрежных районов и смягчения последствий изменения климата.

При разработке Концепции устойчивого развития экосистемы Каспийского моря необходимо рассмотреть роль морской аквакультуры водорослей в развитии новых направлений экономики стран Каспийского региона и сохранения биоразнообразия, а также перспективность применения санитарных ферм для решения проблем углеводородного и нефтяного загрязнения.

Материалы и методы

В данной работе представлены результаты собственных исследований, проводимых в восточной части Черного моря, и анализа литературных данных.

Результаты и обсуждение

Макроводоросли и морские травы играют важную роль в прибрежной экосистеме Каспийского моря. Водные растения обеспечивают гетеротрофные организмы питанием и образуют биото-

¹ <https://www.climatewatchdata.org/pathways/scenarios/200#overview>

пы для беспозвоночных и фитофильных рыб. Динамика водной растительности во многом определяет изменения в донных сообществах, их распределении и биоразнообразии. Специалисты рассматривают сообщества морских трав и водорослей как индикаторы долговременных климатических и антропогенных изменений [7].

По данным [8] в Каспии выявлено около 70 видов макроводорослей. Преобладают зеленые (58%) и красные (33%) водоросли. Основное ядро каспийской флоры составляют зеленые водоросли родов *Ulva*, *Cladophora*, *Ulothrix*, и красные водоросли *Polysiphonia*, *Laurencia*, *Ceramium* [7, 8]. Пониженная соленость, относительная мелководность, хорошая прогреваемость воды, преобладание илистых грунтов являются факторами, формирующими естественную повышенную трофность Каспийского моря. Практически все водоросли представлены однолетними или сезонными видами, небольших размеров (до 5-10 см в высоту), с высокой удельной поверхностью таллома. Для водорослей Каспийского моря характерен быстрый рост, воспроизводство большого количества спор, низкие значения биомассы и относительно высокая продуктивность [8].

Наличие обширных морских территорий на Каспии, пригодных для разведения морских водорослей, может послужить стимулом к дальнейшему расширению этого важного подсектора аквакультуры. По нашим оценкам, наиболее перспективными видами для выращивания являются лауренция (*Laurencia*) и ульва (*Ulva*), но для этого нужны дополнительные исследования. Выращивание морских водорослей оказывает благоприятное влияние на состояние окружающей среды, увеличивая содержание растворенного кислорода в районах расположения ферм, усваивая CO_2 , удаляя излишки азота, фосфора и тяжелых металлов из загрязненных вод, чем способствует смягчению прибрежной эвтрофикации. Все это составляет пул «экологических услуг», которые могут быть впоследствии верифицированы, например, в «углеродные единицы», оценены и монетизированы [9, 10].

Наши расчеты показали, что климатический водорослевый проект (верифицированные углеродные единицы) окупается при создании ферм на больших акваториях (от 100 до 500 га) в тече-

ние 3–5 лет, имеет внутреннюю норму рентабельности (IRR) от 5,4% до 17%, дает устойчивый доход на протяжении многих лет, что привлекательно для консервативных инвесторов.

Экологические и технологические преимущества выращивания морских водорослей в Каспийском море:

- Нет необходимости в использовании земель,
- Не требуется пресной воды для полива,
- Не используются удобрения,
- Быстрая скорость роста биомассы,
- Увеличивается биопродуктивность прибрежных морских акваторий,
- Восстанавливается биоразнообразие на пустынных участках дна,
- Могут использоваться заброшенные и рабочие нефтяные платформы.

Анализ ТЭО модели окупаемости инвестиций в проекты по культивированию водорослей показал, что возвратность инвестиций составляет 3–5 лет. В зависимости от вида водоросли и направления использования сырья IRR может достигать 28%. Основными конечными продуктами переработки водорослей предлагаются [3, 11–14]:

- кормовые биодобавки сельскохозяйственным и домашним животным с высоким содержанием белка, йода и морских микроэлементов,
- быстроразлагаемые альгокартон и альгопластик,
- биоудобрения (биочар),
- биотопливо и биомасло,
- адсорбенты для удаления нефтяных загрязнителей в морской воде.

Наши лабораторные исследования показали, что водоросль цистозира способна снижать содержание растворенных фракций мазута М100. В совокупности с бактериальным нефтеокислением эффективность поглощения НУ за 21 сутки составила 70%, за 30 суток — на 82% при превышении ПДК НУ более чем в 60 раз (неопубликованные данные). Эти результаты позволяют рассматривать перспективность использования санитарных морских ферм для решения проблем хронического и аварийного нефтяно-

го загрязнения. Конструкторские разработки боновых водорослевых заграждений могут быть использованы вблизи акваторий портов, нефтяных терминалов и нефтедобывающих платформ в открытом море. По расчетам специалистов за год санитарная плантация-биофильтр площадью в 1 га может накапливать и перерабатывать от 10 до 15 тонн нефтепродуктов.

Так, морские водоросли обладают огромным потенциалом с точки зрения пищевого и непищевого применения, однако для их полноценного использования в коммерческих целях требуются значительные совместные усилия всех заинтересованных сторон.

Состояние окружающей среды в Каспии внушает серьезную тревогу. В шельфовой зоне Каспия образовались мертвые зоны. В некоторых местах содержание загрязнителей в 10–20 раз превышает норму. По данным ученых в северной части Каспийского моря, достаточно одного серьезного разлива нефти, чтобы нанести фатальный удар по осетровому стаду и гнездовьям птиц. По подсчетам экспертов, ежегодный ущерб от утраты рыбных запасов моря для всех прикаспийских государств может достигнуть 15 млрд долларов.

Применение лучших мировых практик, взвешенный технологический подход позволит сделать Каспийское море чистым и плодородным, а экономику прибрежных территорий устойчивой.

Проект «Морские экофермы» реализуется при финансовой поддержке компании Greenway Global.

Список литературы

1. *Chopin T. Seaweed aquaculture — from the global, mostly Asian, picture to the opportunities and constraints of the Canadian scene // Bulletin of the Aquaculture Association of Canada.* — 2017. — Vol. 1. — P. 3–8.
2. *Hengjie T., Das S.K., Zainee N.F.A., Yana R., Rozaimi M. Ocean Acidification and Aquacultured Seaweeds: Progress and Knowledge Gaps. // Journal of Marine Science and Engineering.* — 2023. — Vol. 11. — P. 78. <https://doi.org/10.3390/jmse11010078>

3. *Farghali M., Mohamed I.M.A., Osman A.I., Rooney D.W.* Seaweed for climate mitigation, wastewater treatment, bioenergy, bioplastic, biochar, food, pharmaceuticals, and cosmetics: a review // Environmental Chemistry Letters. — 2023. — Vol. 21. — P. 97–152. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01520-y>
4. Seaweed aquaculture for food security, income generation and environmental health in tropical developing countries / World-Bank-Group. — 2016. <https://doi.org/10.1596/24919>
5. *Voskoboinikov G.M., Malavenda S.V., Metelkova L.O.* The role of algae macrophyte in bioremediation of petroleum products of the Kola bay of the Barents sea // Marine Biological Journal. — 2021. — Vol. 6, N 3. — P. 35–43. — <https://mbj.marine-research.org2021>
6. *Vahabisani A., An C.* Use of biomass-derived adsorbents for the removal of petroleum pollutants from water: a mini-review // Environmental Systems Research. — 2021. — Vol. 10. Article number: 25. <https://doi.org/10.1186/s40068-021-00229-1>
7. Ушивцев В.Б., Востоков С.В., Лобковский Л.И., Водовский Н.Б., Галактионова М.Л. Методология направленного развития локальных биоцентров для оптимизации мониторинга и оздоровления морской среды на шельфах России // Доклады академии наук. — 2019. — Т. 488, № 1. — С. 94–98.
8. Степаньян О.В. Макрофитобентос Каспийского моря: разнообразие, распределение, продуктивность // Океанология. — 2016. — Т. 56, № 3. — С. 429–439.
9. Marine Protected Areas: Economics, Management and Effective Policy Mixes / OECD Publishing. — Paris, 2017. <https://doi.org/10.1787/9789264276208-en>.
10. Economic Incentives for Marine and Coastal Conservation Prospects, Challenges and Policy Implications / Ed. by Mohammed E.Y. — London, 2013. <https://doi.org/10.4324/9780203728345>
11. Znad H., Awual M., Martini S. The Utilization of Algae and Seaweed Biomass for Bioremediation of Heavy Metal-Contaminated Wastewater // Molecules. — 2022. — Vol. 27, N 4. 1275. <https://doi.org/10.3390/molecules27041275>
12. Arumugam N., Chelliapan S., Kamyab H., Thirugnana S., Othman N., Nasri N.S. Treatment of Wastewater Using Seaweed: a Review //

- International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2018. — Vol. 15, N 12. — P. 2851. doi: 10.3390/ijerph15122851.
- 13. Дайджест ключевых публикаций СМИ / Центр Агроаналитики Минсельхоза России. — 2022. — Вып. 42. https://specagro.ru/sites/default/files/2022-03/daydghest_ryba_42_vypusk-red.pdf
 - 14. Назаренко Л.В., Загоскина Н.В. Водоросли и продукты промышленного назначения на их основе // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. — 2011. — № 2. — <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorosli-i-produkty-promyshlennogo-naznacheniya-na-ih-osnove>

К.Г.-М.Н., доцент, главный геолог комплексно-геологической экспедиции,
АО «Южморгеология», г. Геленджик

ЗАГАЗОВАННОСТЬ ГРУНТОВ И МЕТАНОВЫЕ ВЫБРОСЫ КАК ВЕДУЩАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ В АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ключевые слова: метановые сипы, загазованность грунтов, геоэкология, опасные геологические процессы, мониторинг, Каспийское море.

Keywords: methane seeps, soil gas contamination, geoecology, hazardous geological processes, monitoring, Caspian Sea.

Введение

Многочисленные морские исследования свидетельствуют о широком распространении на дне морей загазованных грунтов и метановой разгрузки различной интенсивности — диффузного высачивания, локального струйного выделения (метановые сипы), выбросов и взрывных выделений, например, в составе грязевулканических извержений. Генетически это может быть биогенный, термогенный, мантийный, а также газогидратный метан, утечки из нефтегазовых залежей [15, 21, 25].

Каспийское море не является исключением. Загазованность разреза и опасность газовых выбросов, в том числе с возгоранием, является одним из основных опасных геологических процессов в Каспийском море [1, 4, 8, 9, 14, 16, 18]. Следствием загазованности геологического разреза служит формирование газовых карманов и аномально высокого пластового давления с проявлением газовых выбросов при бурении с глубины уже первые десятки метров и постановке нефтегазовых платформ, ослабление несущей способности грунтов, повышение коррозионной способности грунтов. На выявление и оценку этих опасностей направлены усилия инженерно-геологических изысканий. Немаловажное значение имеет средообразующая и экологическая роль метановой разгрузки. Все это определяет повышенное внимание к изучению, мониторингу и оценке загазованности грунтов и метановой разгрузки в Каспийском море.

Исходные материалы

Использованы материалы государственного геологического картирования масштаба 1:200 000 и государственного мониторинга состояния недр шельфа Каспийского моря, а также инженерно-геологических изысканий для нефтегазовых компаний России и Казахстана, выполняемых АО «Южморгеология» с использованием методов сейсморазведки, сейсмоакустического профилирования, гидролокации бокового обзора, картировочного бурения, грунтового пробоотбора, петрографического описания производных метановой разгрузки. Выполнен анализ опубликованной литературы. Большинство из неупомянутых в статье публикаций приведены и процитированы в статьях из списка литературы.

Загазованность грунтов и метановые выбросы Каспийского моря

Анализ материалов полевых геолого-геофизических работ и публикаций показывает широкое развитие загазованности геологического разреза и метановой разгрузки различной интенсивности в акватории Каспийского моря. Наиболее широко метановая разгрузка известна в акватории Среднего и Южного Каспия в виде подводного грязевого вулканизма и в составе природных выходов углеводородов из нефтегазовых залежей. В российском секторе грязевулканическая метановая разгрузка не выявлена. Здесь присутствует аномальная загазованность разреза с формированием метановых сипов и газовых прорывов, которые к грязевому вулканизму не имеют отношения.

Полученные АО «Южморгеология» обширные материалы сейсмоакустического профилирования и опубликованные данные других исследований [1, 2, 4, 10, 14, 16, 17, 18] показывают широкое развитие в разрезе четвертичных отложений Каспийского моря площадных зон загазованности и локальных газофлюидных прорывов. Максимумы загазованности с аномальным внутрипластовым давлением, как правило, стратифицированы, где приурочены к горизонтам и линзам алевропесчаных пород.

Стратификация загазованности связана с климатическими вариациями и специфическими высокоамплитудными колебаниями уровня Каспийского моря, которые сформировали чередование флюидоупорных глинистых и коллекторных алевропесчаных пачек, соответствующих трансгрессивно-регressiveным циклам и эрозионным врезам. Особенно это характерно для Северного Каспия, где широкое развитие получили авандельтовые отложения таких крупных рек, как Волга, Кума, Старый Терек и Урал. Диагенетическая генерация метана при разложении захороненного органического вещества, вертикальная и латеральная миграция газа способствовали формированию стратифицированных зон аномального внутрипластового давления.

На сейсмоакустических разрезах такие горизонты обладают сверхвысокой упругой энергией в виде аномалий типа «яркое пятно». Широко распространена диффузная загазованность разреза, препятствующая прохождению сейсмоакустического сигнала с потерей корреляции сейсмоакустических границ — аномалии «мутное пятно» (рис. 1).

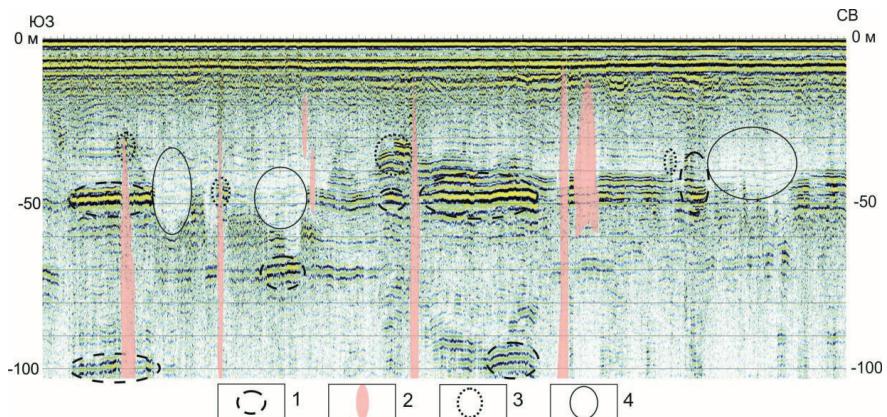


Рис. 1. Пример активного развития загазованности и газофлюидной разгрузки в разрезе четвертичных отложений. Фрагмент сейсмоакустического разреза близ о. Тюлений

Обозначения: 1 — аномалии типа «яркое пятно»; 2 — каналы газофлюидной миграции; 3 — вертикальные перескоки газовых аномалий «яркое пятно»; 4 — аномалии «мутное пятно».

На сейсмоакустических и сейсморазведочных разрезах часто устанавливается вертикальная газо-флюидная миграция в виде столбообразных каналов («труб») потери корреляции или резкого ослабления сигнала (рис. 1), в том числе из глубинных частей геологического разреза (рис. 2). Нередко вертикальная миграция создает перескоки газовых аномалий типа «яркое пятно» через глинистые покрышки (рис. 1).

Одним из опасных проявлений загазованности разреза служат метановые выбросы (прорывы) при бурении. Так при бурении картировочных скважин глубиной до 95,4 м на одном из таких участков в районе острова Тюлений неоднократно происходили газовые выбросы с разжиженной грязью (рис. 3). Выбросы приурочены к интервалам разреза с аномальным внутрипластовым давлением и происходили при перебуривании флюидоупорных глинистых пачек на подходе к газонасыщенным алевропесчанным пачкам. Наиболее интенсивные и продолжительные газовые выбросы зафиксированы здесь на глубинах 35, 44 и 71 м от морского дна с высотой выброса грязи над буровой площадкой, соответственно, на 0,5, 2 и более 10 м [7]. Состав газов преимущественно метановый. По данным [18] состав выходящих грунтовых газов в колодце на о. Тюлений — CO_2 — 0,86%, CH_4 — 92,94%, N_2 +редкие — 6,2%. Современные диагенетические газы, образующиеся при разложении органического вещества в скопившихся донных осадках в пенетрационных ямах глубиной 5–6 м от башмаков опор буровых платформ, содержат метан (60–95%), углекислый газ (5–20%), сероводород (3–7%) и азот (10–15%) [19].

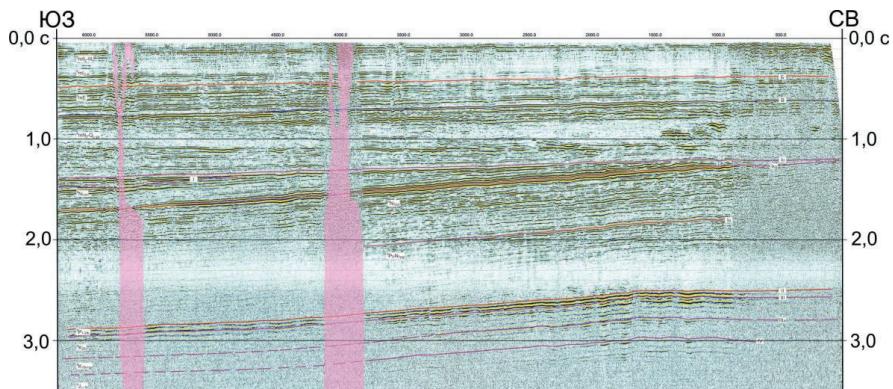


Рис. 2. Вертикальная газо-флюидная миграция в виде столбообразных каналов на временном разрезе ВЧ МОГТ, район острова Тюлений



Рис. 3. Выбросы газа из скважины при бурении близ острова Тюлений

В керне газовые прорывы представлены субвертикальными и кососекущими газо-флюидными грязевыми брекчиями мощностью до 0,5 м (в среднем 15–20 см), представленных разжиженной и газонасыщенной песчано-глинистой пульпой с комками вмещающих тугопластичных глин различного размера (рис. 4а).

Алевропесчаные пачки, примыкающие ниже к газовым прорывам, отличаются своей сухостью за счет вытеснения пластовой воды скопившимся газом.

Следы старых газовых прорывов присутствуют в керне довольно часто. Они имеют консистенцию аналогичную вмещающим грунтам и представлены секущими брекчированиеми мощностью до 0,5 м, интервалами интенсивного нарушения и фрагментации слоистости, сближенными секущими плоскостями со смещениями вдоль них, осадочными дайками более песчанистого материала (рис. 4 б). В разрезе пробуренных картировочных скважин интервалы газовых прорывов в сумме занимают 5–7% разреза, где вмещающие их существенно глинистые интервалы составляют, в свою очередь, в среднем 50% разреза.

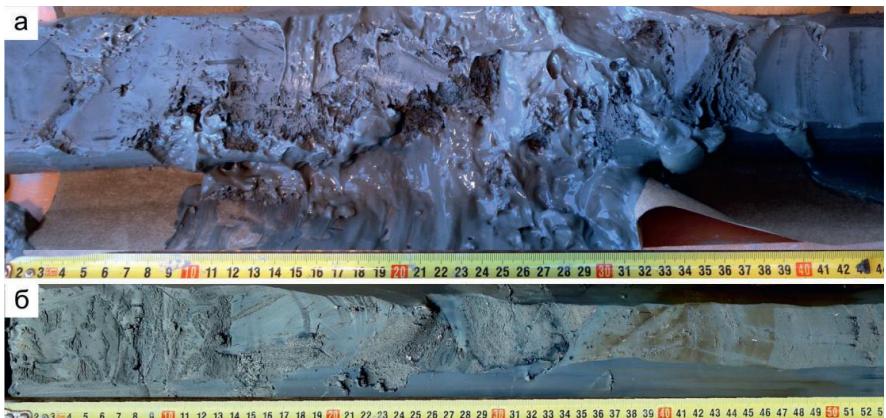


Рис. 4. Газовые прорывы в керне скважины: а — свежая загазованная грязевая брекчия, интервал 85,4–85,8 м; б — следы старых газовых прорывов, интервал 43,5–44,5 м

Радиолокационным спутниковым зондированием выявлены периодические грифонные выходы газонефтенасыщенных флюидов из верхних горизонтов разреза в связи с нефтегазоносностью региона [3, 11, 12, 13, 16].

С метановыми выбросами связываются негативные экологические события. Широко известен вклад метана в парниковые газы. В Каспийском море с выбросами метана связывают массовую гибель каспийских тюленей [29], вымирание моллюсков, рыб и других групп морских обитателей в истории развития Каспия [23]. Примером может служить массовая гибель водных организмов в турецком секторе Черного моря за два дня до Измитского землетрясения 17 августа 1999 г., связываемая с интенсивным высвобождением метана из донных осадков [20].

Одной из причин выбросов метана служит уменьшение лито- и гидростатической нагрузки. Крупные события понижения уровня моря (гидростатической нагрузки) могут быть причиной активизации газофлюидной разгрузки, в том числе связанной с грязевым вулканизмом [27]. В частности, наибольшая активность метановой разгрузки в Каспийском море реконструируется в нижнем плиоцене при резком падении уровня моря, что привело к перенасыщению и интоксикации вод метаном с массовым вымиранием морской биоты [23]. Современному падению уровня Каспийского моря отвечает усиление современной флюидодинамической активности по данным [17]. Делаются прогнозы о вероятном весьма активном усилении этой активности [4]. Падение уровня моря провоцирует также разложение газогидратов метана, присутствие которых в Каспийском море доказано прямыми находками [5].

Необходимо отметить, что повышение поставки метана как парникового газа способствует потеплению климата. А это обусловливает дополнительное поступление метана за счет массового разложения газогидратов метана при повышении температуры.

С высачиванием (сипингом) метана на дне моря связывается локальный породообразующий биоценоз, трофическая цепь которого основана на метанотрофных бактериях [22, 24, 26]. В результате на поверхности донных осадков и в приповерхностном разрезе формируются метаногенные литифицированные карбонатные образования различной морфологии (воронкообразные тела, корки, плиты и постройки различной морфологии, трубо- и жилообразные тела, цементация биотурбации, стяжения,

гнездово-вкрапленная минерализация и др.). Практика морских исследований последних десятилетий показала их широкое распространение на дне морей.

В Каспийском море скальные метаногенные карбонатные образования выявлены на участках метановых высачиваний [1, 2, 4, 6]. Метаногенные карбонатные постройки имеют поперечные размеры до первых метров [1, 2], где представлены конусовидными телами и буграми высотой до 1,6 м, обрастающие водорослями, баланусами и обрамленные раковинным материалом. Они сложены песчаниками и ракушняками, сформированными за счет цементации магнезиальным кальцитом псевофосфатитовых осадков. Также встречаются в виде отдельных линз в колонках донных осадков. В них отмечены включения микрокристаллических агрегатов барита и скопления глобулярных сульфидов железа.

В районе южной оконечности банки Кулалинская (южная часть Северного Каспия) на глубинах около 10 м метаногенные литифицированные карбонатные образования залегают на терригенно-детритовых песках с ракушней. Эти образования имеет неправильную плитообразную форму (рис. 5). Верхняя поверхность их бугристая с выростами часто покрыта прикрепленными моллюсками, баланусами и водорослями. Нижняя поверхность имеет следы растворения, она ямчатая, с ребристыми выступами. Образования имеют многочисленные сквозные вертикальные газовые каналы диаметром до 2 см. На верхней поверхности выходы газовых каналов нередко образуют сифоны в форме округлых почковидных выступов. Метаногенные литифицированные карбонатные образования представлены тонкопористыми оолитовыми известняками. Они состоят из кальцита и арагонита в виде оолитов, детрита раковин и микробиально-водорослевого микросгусткового карбонатного цемента, содержат небольшое количество терригенных зерен псаммитовой и алевритовой разммерности. Оолиты составляют 45–50% объема породы, цемент — 13–15%, поры — 25–35% [6].

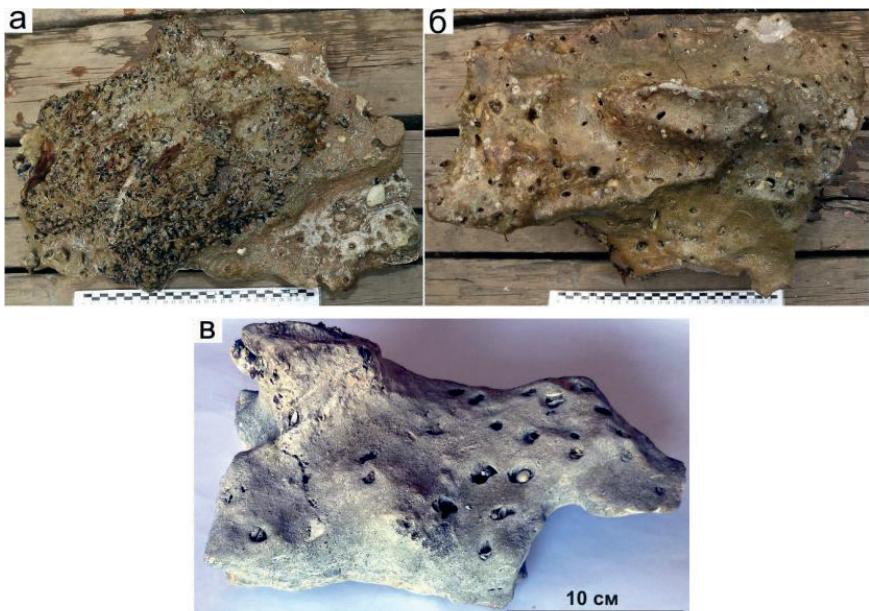


Рис. 5. Внешний вид метаногенных карбонатных образований:
а — вид сверху; б — вид снизу; в — вид сверху

Анализ архивных материалов гидролокации бокового обзора по многочисленным площадкам исследований в пределах Северного Каспия показал широкое развитие таких тел. Плотность фиксируемых гидролокацией относительно крупных тел (размером не менее 1–2 м), диагностируемых как метаногенные, может достигать до 200 шт./км² и более.

Метаногенные литифицированные карбонатные образования как локальные скальные грунты нелитифицированных грунтов рассматриваются как осложнения для строительства и эксплуатации различных морских сооружений [9, 28]. С ними связаны искривление или отказ свай до достижения проектной глубины; отказ в проникновении, частичное нарушение целостности, нарушение вертикальности кессона и его опрокидывание при монтаже; препятствие для заложения неглубоких фундаментов; истирание покрытия трубопроводов, их локальная

дифференциальная осадка или нарушение прямолинейности, осложнение монтажа [28], а также осложнения при дноуглублении и строительстве подходных каналов — поломки механических разрыхлителей дноуглубительных судов и техники; необходимость замены на более дорогостоящую дноуглубительную технику, соответствующую фактическим грунтовым условиям; вынужденное изменение технологии работ по дноуглублению [9]. С наличием метаногенных литификаций в верхнем разрезе четвертичных отложений связаны отказы проникновения СРТ-зондов при инженерно-геологических изысканиях.

Заключение

Загазованность грунтов и метановые выбросы широко распространены в акватории Каспийского моря и являются основной геоэкологической опасностью.

Четвертичные отложения Каспийского моря насыщены метаном до концентраций, создающих аномальные внутривластовые давления и опасные газовые прорывы с глубины уже в первые десятки метров. Загазованность разреза и опасность газовых выбросов является одним из лидирующих опасных геологических процессов в Каспийском море, требующим учета при бурении, постановке опор нефтегазовых платформ и строительстве других морских инженерных сооружений.

Природа аномальных концентраций газа в грунтах различна. Присутствует диагенетический, термогенный и глубинный метан, а также как агент грязевулканических извержений, утечки из нефтегазовых залежей и от разложения газогидратов.

Интенсивные метановые выбросы рассматриваются как опасный экологический процесс, приводящий к гибели морской биоты. Метановые выбросы усиливаются при понижении уровня моря и потеплении климата.

С просачиванием метана связаны метаногенные карбонатные постройки, которые являются инженерно-геологическими осложнениями как скальные образования среди нелитифицированных грунтов.

Список литературы

1. Алексеев А.Г., Безродных Ю.П., Лисин В.П. Газоносность грунтов и газовые сипы Северного Каспия // Труды V Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование: Maresedu-2016» 18–21 октября 2016 г. — М., 2016. — С. 242–245.
2. Безродных Ю.П., Делия С.В., Лаврушин В.Ю. и др. Газовые сипы на акватории Северного Каспия // Литология и полезные ископаемые. — 2013. — № 5. — С. 415–425.
3. Бухарицин П., Голубов Б., Иванов А. Особенности гидрологии и строения морских месторождений Каспия. — Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2016. — 110 с.
4. Волож Ю.А., Трохименко М.С., Калимов А.М., Едилбаев М.Т. Каспийский регион: кольцевые субвертикальные структуры, покмарки и экспокмарки. Ч. 2 // Нефть и газ. — 2020. — № 2 (116). — <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2020.002>.
5. Гинсбург Г.Д., Грамберг И.С., Гулиев И.С. и др. Подводногрязевулканический тип скоплений газовых гидратов // Доклады Академии наук СССР. — 1988. — Т. 300, № 2. — С. 416–418.
6. Глазырина Н.В., Глазырин Е.А. Литолого-петрографические признаки проявления метановых сипов на дне Каспийского моря // Геология морей и океанов: Материалы XX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т 3. — М.: ГЕОС, 2013. — С. 298–300.
7. Глазырин Е.А., Шейков А.А. О проявлении флюидного литогенеза в четвертичных отложениях Северного Каспия // Осадочные комплексы Урала и прилегающих регионов и их минерагения. Материалы 11 Уральского литологического совещания. — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016. — С. 62–65.
8. 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. 10, ч. 2. — М.: ИИЕТ РАН, 2020. — С. 325–332.
9. Глазырин Е.А., Замковой В.Б., Карпенко Г.Е. и др. Локальные подводные скальные грунты района развития грязевого вулканизма и метановой палеоразгрузки и их выявление // Инженерные изыскания

- ния. — 2023. — № 2. — С. 18–31. DOI: <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2023-17-2-18-31>.
10. Глазырин Е.А., Карпенко А.Н., Карпенко Г.Е. и др. Информационный бюллетень о состоянии недр прибрежно-шельфовых зон Азовского, Черного и Каспийского морей в 2023 г. — М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2024. — 120 с. DOI: 10.36871/978-5-907823-32-7.
 11. Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. Активизация выбросов нефти из недр Северного и Среднего Каспия в апреле-июне 2012 г. по спутниковым и геолого-геофизическим данным // Исследование Земли из космоса. — 2014. — № 2. — С. 67–81.
 12. Иванов А.Ю. Слики и плёночные образования на космических радиолокационных изображениях // Исследования Земли из космоса. — 2007. — № 3. — С. 73–96.
 13. Иванов А.Ю., Матросова Е.Р., Кучейко А.Ю. и др. Поиск и обнаружение естественных нефтепроявлений в морях России по данным космической радиолокационной съемки // Исследование Земли из космоса. — 2020. — № 5. — С. 43–62.
 14. Маштаков А.С. Оценка инженерно-геологических опасностей при освоении шельфовых месторождений Каспийского моря // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2016. — № 2. — С. 35–42.
 15. Миронюк С.Г. Газонасыщенные морские грунты и естественные газовыделения углеводородов: закономерности распространения и опасность для инженерных сооружений // Геориск. — 2014. — № 2. — С. 8–18.
 16. Путанс В.А., Мерклин Л.Р., Амбросимов А.К., Иванов А.Ю. Флюидодинамические аномалии Каспийского моря // Neftegaz.RU. — 2019. — № 1 (85). — С. 74–77.
 17. Путанс В.А., Мерклин Л.Р., Иванов А.Ю., Амбросимов А.К. Проявления современной флюидодинамической активности на Северном Каспии (геофизические данные) // Океанологические исследования. — 2019. — Т. 47, № 5. — С. 98–115. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(5).8.
 18. Серебрякова О.А. Газоносность донных отложений Каспийского моря // Геология, география и глобальная энергия. — 2010. — № 4 (39). — С. 14–21.
 19. Ушивцев Б.В., Водовский Н.Б., Галактионова М.Л. и др. Опыт исследования устьев ликвидированных поисково-оценочных скважин в Ка-

- спийском море // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2013. — № 5. — С. 37–44.
- 20. *Barca A.* The 17 August 1999 Izmit Earthquake // Science. — 1999. — Vol. 285, N 5435. — P. 1858–1859.
 - 21. *Feyzullayev A.A.* Mud volcanoes in the South Caspian basin: Nature and estimated depth of its products // Natural Science. — 2012. — Vol. 4, N 7. — P. 445–453. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2012.47060>.
 - 22. *Foucher J.P., Westbrook G.K., Boetius A.* et al. Structure and drivers of cold seep ecosystems // Oceanography. — 2009. — Vol. 22, N 1. — P. 92–109.
 - 23. *Huseynov D.A., Guliyev I.S.* Mud volcanic natural phenomena in the South Caspian Basin: geology, fluid dynamics and environmental impact // Environmental Geology. — 2004. — N 46. — P. 1012–1023.
 - 24. *Levin L.A.* Ecology of cold seep sediments: interactions of fauna with flow, chemistry and microbes // Oceanography and Marine Biology. — 2005. — N 43. — P. 1–46.
 - 25. *Mazzini A., Etiope G.* Mud volcanism: An updated review // Earth-Science Reviews. — 2017. — Vol. 168. — P. 81–112. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.03.001>.
 - 26. *Olu-Le Roya K., Sibueta M., Fiala-Merdioni A.* et al. Cold seep communities in the deep eastern Mediterranean Sea: composition, symbiosis and spatial distribution on mud volcanoes // Deep-Sea Research. — 2004. — Pt 1, N 51. — P. 1915–1936. <http://doi.org/10.1016/j.dsr.2004.07.004>.
 - 27. *Somoza L., Medialdea T., León R.* et al. Structure of mud volcano systems and pockmarks in the region of the Ceuta Contourite Depositional System (Western Alborán Sea) // Marine Geology. — 2012. — N 332–334. — P. 4–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2012.06.002>.
 - 28. *Thomas S., Clare M., Shreeve J.* Understanding engineering challenges posed by natural hydrocarbon infiltration and the development of authigenic carbonate // Proceedings of the Offshore technology Conference, — Houston, 2011. ID 21253. <http://doi.org/10.4043/21253-MS>.
 - 29. «Это второй такой массовый случай». Каспийские тюлени могли погибнуть отудушья/—<https://www.gazeta.ru/social/2022/12/05/15891721.shtml>

Глинушкин А.П.

д.с.-х.н., академик РАН, гл.н.с.
Института органической химии РАН

glinale1@mail.ru
Захаренко В.А.

д.с.-х.н., академик РАН, гл.н.с.
Института органической химии РАН

Сучков С.В.

д.м.н., гл.н.с. Института органической химии РАН,
старший эксперт Национальной Ассоциации Гонконга
по развитию международного сотрудничества

Герасимов В.И.

к.ф.н., в.н.с. Университета мировых цивилизаций
Степанова Е.В.

к.ф.-м.н., н.с. Института органической химии РАН,
Института общей физики РАН

Ковалева Т.Н.

к.э.н., доцент РГУ нефти и газа (НИУ)
Филипчук О.Д.

д.с.-х.н., н.с. Института органической химии РАН
Баранин С.В.

д.х.н., в.н.с. Института органической химии РАН

ЗДОРОВЬЕ ПОЧВ И ВОД РЕГИОНОВ КАСПИЯ

Ключевые слова: здоровье почв и вод, экология, ландшафты, водосборные площади, ксенобиотики, поллютанты, технологии.

Keywords: soil and water health, ecology, landscapes, catchment areas, xenobiotics, pollutants, technologies.

Каспий — уникальный природный объект, его прилегающие территории включаются в стоковый характер наполнения этого водного объекта. Каспий могут объять своей заботой и вниманием 5 государств. Потому есть уверенность в разработке технологий формирования «здоровых водных стоков» — чистых от ксенобиотиков и биологических загрязнителей. Безусловно, такое

возможно с соблюдением ряда главных компонентов [2] формирования водного стока. К основным мы относим: а) отсутствие ксенобиотиков и биозагрязнителей; б) способность водных, почвенных животных, фито- и микроорганизмов к самоочищению (в случае поступления вновь или из-за ранней сельскохозяйственной, промышленной и подобной деятельности, например, в бассейнах рек); в) формирование технологий, позволяющих улавливать и нейтрализовывать биозагрязнители или ксенобиотические соединения; г) показатели водопоглощения и самоочистки стока талых вод. Начиная с 2000-х годов во Франции, Германии, Италии, и других странах вредные вещества и биоагенты, опасные для здоровья человека, домашних животных и нецелевой биоты, регламентируются международными и (или) государственными актами биологической безопасности (почвы, воды), подобное сделано или прорабатывается в Китае, США (имеется существенное различие по отдельным регионам) [3, 4, 5]. В Российской Федерации, как и во многих из названных ранее стран, содержание в здоровой почве вредных веществ лимитировано, а иногда и вообще не допускается. Однако интенсификация применения агрехимикатов (пестицидов, удобрений и различных интерпретаций как бы мезоформ или частично отвечающих по качественным характеристикам воздействия групп соединений имеющих биологическую активность) производит нелинейное воздействие на почву, педосферу, показатели здоровья почв и качества вод (вешних, артезианских, смешанного типа). Интенсификация земледелия в США, Китае, Индии по отдельным субъектам до 90% некогда плодородных и здоровых почв фактически вывела из сельскохозяйственного оборота и существенно ограничила возможности использования вод рек. Подобные процессы для Каспия, безусловно, будут создавать огромную экологическую нагрузку на системы самоочищения и восстановления экологического равновесия.

По нашему мнению, в настоящее время все прикаспийские страны могут выбрать технологии, наиболее реализуемые и наиболее эффективные для обеспечения здоровья вод Каспия и впадающих в него рек.

Безусловно, нужен контроль и за биологическими объектами как мигрирующими по водным «артериям», так и пассивно поступающими в Каспий вместе со стоком. Как показывает международная практика [12, 13] потеря здоровья почв, основной ошибкой является чрезмерная, часто абсолютная вещественная составляющая анализа здоровья почв. Ученые теряют интерес [14] вполне вероятно из-за сильной зарегулированности, так, например, в странах, входящих в Европейский союз, жесткие регламенты по веществам усугубили состояние вод и почв по загрязнению ксенобиотиками, уже более 30 действующих веществ и более 100 препаратов запрещают для применения даже в сельскохозяйственных угодьях. Регламентирующие органы были убеждены в том, что они все просчитали и предусмотрели, однако в результате хозяйствующие субъекты теряют ресурсы, простые граждане теряют и ресурсы, и здоровье, а также подвергаются множеству иных рисков.

Пяти прикаспийским странам следует руководствоваться системным принципом — здоровая вода и почва (в том числе на селитебных территориях) должна быть безопасна для человека, нецелевых аборигенных геобионтов, гидробионтов, сопряженных сред и хозяйственно значимого продукта (сырья, урожая и т.п.). Полагаем, что этот системный принцип будет достижим с помощью сохранения функционализации естественной (или приближенной к естественной) биологической категории почвенной водосборной и окружающей водные источники (родники) экосистемы (успешной в метаболизме и катаболизме соединений биофильных элементов, самоочищением от поллютантов и чужеродных биоагентов — посредством внедрения новаций [15, 16]), от системно поступающих масс растений, микробов и прижизненных метаболитов.

Существует несколько технологических, системообразующих путей повышения здоровья вод и здоровья почв, питающих водами Каспий:

- 1) разработаны и формируются «Агрохимикаты» параметрированно воздействующие не только на качественные показатели хозяйственного урожая и его количества (также способные разлагаться, например, в растительных

организмах, почвенной микробиотой) стимулирующие выделение безопасных прижизненных метаболитов. Пограничная емкость здоровья почв (здоровья формируемых водных стоков) существенно различается и трудно прогнозируется, деградационные процессы здоровья почв на порядки выше числа групп организмов, находящихся в воде и в почве, и возможного числа поступления ксенобиотиков;

- 2) разработка стандартов благораживания стабильно действующих русел рек (высокобережных, с малыми притоками и т.п.), например, древесно-кустарниковой растительностью, стабилизирующей качество вод как своей инфильтрационной, симбиотической (совместно с микроорганизмами) деятельностью, позволяющей получать существенно «богаче качественный водный сток);
- 3) расположение растительных объектов интенсивного типа эксплуатации (накапливающих в своих отдельных частях стойкие ксенобиотики, с последующим включением, например, в пеллетном или строительном материале в дальнейшие природно-деградационные циклы);
- 4) размножение водных гидробионтов обладающих детоксикационными свойствами, свойствами фитомелиоратного или аккумулирующего типа (с последующим выводом накопленных стойких соединений из водного и почвенного состава и др.

Слепое копирование способов борьбы с деградацией почв и водных объектов, применяемых в ЕС, США, и ряде других стран с сохранением промышленных объектов в руслах рек (включая затапливаемые территории), с применением агрохимиков, технологий из этих стран для стран Каспийского региона и Российской Федерации не приемлемо — требуется адаптация, переосмысление и рекультивационные работы. Важны экологические подходы, включающие упредительно безопасные, природопревосходящие технологии, позволяющие вывести Каспий в экологически качественное новое состояние. Акватория Каспия, водораздельные границы по направлению к Каспию в отношении вод, водных стоков, почв, должны быть упредительно

максимально здоровыми, в целом отвечающими системному принципу здоровья почв, почвенно-поглощающему комплексу и разным видам вод.

Список литературы

1. Долгушкин Н.К. Кадры — важнейший фактор обеспечения продовольственной безопасности России // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2009. — № 4. — С. 53–55.
2. Дубенок Н.Н., Петелько А.И., Вылова А.В., Калиниченко Р.В. Показатели снегозапасов, стока талых вод и водопоглощения в центральной лесостепи // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2023. — № 12. — С. 735–742.
3. Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве. — М., 2016.
4. Лобков В.Т., Абакумов Н.И., Бобкова Ю.А., Золотухин А.И., Кружков Н.К., Наполов В.В., Плыгин С.А., Цой М.Ф. Плодородие без химии: основы биологизации земледелия центральной России на примере Орловской области. — Орел, 2016.
5. Лачуга Ю.Ф. Аграрная наука — основа сельскохозяйственного производства // Проблемы механизации агрехимического обеспечения сельского хозяйства. — 2017. — № 11. — С. 7–9.
6. Ковда В.А., Смагин А.В., Быстрицкая Т.Л. Роль сезонной динамики органического вещества в самоорганизации степных биогеоценозов // Доклады Академии наук СССР. — 1989. — Т. 308, № 2. — С. 461–463.
7. Михайлова Е.С., Горелкина А.К., Тимошук И.В., Неверов Е.Н. Снижение воздействия промышленных объектов на водные экосистемы // Экология промышленного производства. — 2024. — № 4 (128). — С. 18–26.
8. Крохин Г.Б., Розенталь О.М. Наследование состава и свойств воды речного потока // Экология промышленного производства. — 2025. — № 2 (130). — С. 12–17.
9. Сучков С.В., Абэ Х., Мёрфи Ш., Смит Д., Полякова В.С., Шерман Д., Глинушкин А.П., Барах П., Терентьев А.О., Тан М., Суворов А.Н. Здоровье, экологический комфорт и благополучие человека. Ч. 1. Инженерно-ди-

- зайнерские ресурсы биоиндустрии на пути к безопасной конкуренции с ресурсами природных биоценозов и систем здоровьесбережения // Успехи современной биологии. — 2024. — Т. 144, № 3. — С. 291–313.
10. Сучков С.В., Абэ Х., Мёрфи Ш., Смит Д., Полякова В.С., Шерман Д., Глинушкин А.П., Барах П., Терентьев А.О., Тан М., Суворов А.Н. Здоровье, экологический комфорт и благополучие человека. Ч. 2. Экологический комфорт — новый и стратегический фактор в охране здоровья современного человека // Успехи современной биологии. — 2024. — Т. 144, № 3. — С. 314–334.
11. Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 года № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».
12. Сулайманова Г.Б. Сотрудничество стран Центральной Азии по экологическим вопросам // Вестник Ошского государственного университета. — 2020. — № 1-2. — С. 81–87.
13. Голосоков Л.В. Триада безопасности: экономика, экология и энергетика // Вестник Академии Следственного комитета Российской Федерации. — 2022. — № 3 (33). — С. 41–49.
14. Егоров Ю.В., Колясникова Н.Н. Экология человека и социальная экология: термины и смыслы // Аналитика и контроль. — 2010. — Т. 14, № 4. — С. 260–266.
15. Курмашева Г.Р., Атаманова О.В., Тихомирова Е.И. Очистка воды от ионов калия с помощью модифицированного глицерином бентонита // Экология промышленного производства. — 2025. — № 1 (129). — С. 16–21.
16. Семенов А.М., Глинушкин А.П., Соколов М.С. Здоровая почвенная экосистема — основа здорового фитоценоза // Успехи современной науки. — 2017. — Т. 2, № 10. — С. 29–33.

к.т.н., руководитель группы экспертов проекта ПРООН/ГЭФ
«Интегрированное управление морскими и прибрежными ресурсами
Каспийского моря и прилегающих территорий»

ОСНОВНЫЕ ВЫЗОВЫ И ПРИОРИТЕТЫ БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Ключевые слова: деградация экосистем, фрагментированный подход, интегрированное управление, бассейновые планы по адаптации к изменению климата, решения, основанные на природных процессах.

Keywords: ecosystem degradation, fragmented approach, integrated management, basin plans for climate change adaptation, nature-based solutions.

Каспийское море является крупнейшим по площади внутренним водоемом в мире и составляет от 40 до 44% общего объема озерных вод мира. Береговая линия Каспийского моря разделяется Азербайджаном, Ираном, Казахстаном, Россией и Туркменистаном и имеет длину около 1200 км, ширину с запада на восток от 195 до 435 км, не имеющую связи с океаном, но имеющую все характеристики моря. Каспийское море длительное время являлось важным местом сохранения биоразнообразия и сезонной миграции, линьки и зимовки птиц. Примерно 10–12 млн птиц находят в регионе временную среду обитания во время своих миграций. В Каспии также еще сохранилось единственное морское млекопитающее северного происхождения — каспийский тюлень. Важнейшим биологическим ресурсом Каспия являются его рыбные запасы — около 123 видов и подвидов. Их состав определился исторической эволюцией моря: изолированное от других океанов мира, оно включает в себя виды, происходящие как с севера, так и с юга (Средиземноморье). Однако в последние десятилетия наблюдается резкое сокращение биоразнообразия и почти полное исчезновение осетрового стада. Для сохранения биологических ресурсов необходим новый экосистемный подход с усилением природоохранных целей с сохранением естественной среды обитания.

Особенностью Каспийского региона является интенсивная разработка месторождений углеводородов на континентальном шельфе. В результате этой деятельности и периодических затоплений нефтяных месторождений в водоем попадает значительное количество загрязняющих веществ. Это нефтяные углеводороды, тяжелые металлы, фенолы, синтетические ПАВ, хлорорганические пестициды, вызывающий также кумулятивный политоксикоз каспийского тюленя. Распространение инвазивных видов (гребневик или Мнемиопсис) в Каспийском море, также оказывает негативное воздействие на экосистему. Негативные последствия антропогенной деятельности и изменения климата усугубляются прогрессирующим обмелением Каспийского моря. Основными факторами, влияющими на уровень Каспийского моря, являются водные потоки рек, впадающих в Каспийское море, осадки, испарение и другие факторы, причем сокращение стока и испарение рассматриваются как основные причины понижения уровня воды. Учитывая, что испарение зависит от температуры, решающее значение для стран, затронутых этими изменениями, будут иметь стратегии адаптации к изменению климата. Согласно прогнозам, температура воздуха и воды, а, следовательно, и уровень сокращения стока рек и испарения, будут продолжать расти. Существенное снижение уровня воды уже создает серьезные проблемы для региона, в том числе угрозы для сельского хозяйства, рыбной отрасли, здоровья, занятости и водной инфраструктуры Каспия, а также продовольственной и энергетической безопасности всех прибрежных государств. В национальных отчетах также отмечается, что утрата биоразнообразия Каспийского моря во многом обусловлена: высоким уровнем браконьерства; неустойчивым рыболовством; загрязнением от нефтегазодобывающей отрасли, радиоактивными отходами и наземными источниками загрязнения; изменением климата, вызывающим сокращение стока рек и повышенное испарение.

Основные выводы анализа национальных политик в регионе

Одной из основных причин растущей угрозы биоразнообразию, экосистемам и природным ресурсам в Каспийском регионе

является принятый еще в советский период во всех прикаспийских государствах узко секторальный, ориентированный в основном на добычу природных ресурсов подход. Управление землепользованием и водопользованием, промышленностью, энергетикой и сельским хозяйством осуществляется фрагментировано и без учета уязвимости природной среды, что в итоге приводит к деградации экосистем и сокращению биоразнообразия. Фрагментированные и краткосрочные цели и системы управления блокируют также решения, необходимые для сохранения экосистем, выходящих за рамки одного сектора или страны, что приводит к потерям, которых можно избежать с помощью интегрированного планирования. Кроме того, установленные законодательством стран региона основные механизмы защиты природы, такие как государственные экологическая экспертиза, нормирование и государственный мониторинг и контроль также не эффективны, поскольку основаны на секторальных — точечных оценках текущей и планируемой деятельности, что не препятствует сокращению действующих и появлению новых неустойчивых моделей производства и потребления. В связи с этим Экологическим кодексом Казахстана с 2024 г. усилены требования и процедуры по проведению государственного контроля, мониторинга и ОВОС, а также требования к устаревшим технологиям. Введено также новое требование (статья 51) по проведению стратегической экологической оценки (СЭО) территориальных и отраслевых планов и программ развития. Однако на практике все эти инструменты еще не применяются и нуждаются в доработке.

Для экологической и социальной оценки существующих и новых планов развития, а также созданных в прошлом промышленной, сельскохозяйственной, энергетической, водной и экологической инфраструктуры группой экспертов ПРООН предложено провести в пилотном режиме полномасштабную стратегическую экологическую оценку (СЭО) Каспийского региона по критериям экологической, водной и климатической устойчивости и другим. Согласно международным руководствам по проведению СЭО должны быть также рассмотрены и предложены альтернативные варианты развития региона с учетом новых обязательств и тре-

бований по сохранению биоразнообразия, изменения климата и интересов уязвимых групп и гендерных аспектов.

Для интегрированной оценки и анализа текущего состояния и разработки альтернативных вариантов развития экспертами предложено создать цифровую карту зонирования региона — цифровую основу для эффективного пространственного-территориального планирования и управления в регионе. Карта будет содержать данные о состоянии земельных, водных и лесных ресурсов, сельском хозяйстве и биоразнообразии, показатели по промышленности, демографии, экономике и экологическому состоянию региона. Конечным продуктом этой работы будет цифровая карта с возможностями аналитики и визуализации. На основе карты будут также предложены решения по интеграции цифровой платформы в систему принятия решений для сокращения антропогенной нагрузки, устойчивого использования земельных, водных и биологических ресурсов, а также расширения ООПТ и создания экологических коридоров.

На основе цифровой карты и оценок программ развития и производственной инфраструктуры, проведенных через процедуры СЭО, экспертами предложено также разработать Бассейновый план по адаптации к изменению климата (БПА) как основу для интеграции секторальных и территориальных планов развития, а также областных планов по адаптации к изменению климата (согласно требованию Экологического кодекса РК). БПА включен в климатические обязательства Казахстана (ОНУВ) и является инновационным инструментом планирования хозяйственной деятельности — ответом на растущие проблемы сокращения биоразнообразия, деградации окружающей среды и изменения климата. БПА будет основан на принципах интегрированного, экосистемного управления, вовлечении всех сторон, поддержке межсекторальных решений, что отвечает также обязательствам страны по Парижскому соглашению, ЦУР, КБР ООН и другим международным соглашениям. Разработка бассейновых планов по адаптации предусмотрена также в новом Водном кодексе Казахстана, однако методология еще не разработана, практический опыт также отсутствует.

Бассейновый план поддержит также интеграцию в систему принятия решений результатов ландшафтного районирования, картографирования и цифровизации. В настоящее время система принятия решений в Казахстане по вопросам территориального и секторального планирования и нормирования, определения лимитов и разрешений на природопользование, оценки воздействия на окружающую среду, государственного мониторинга, экспертизы и государственного контроля практически не учитывает результаты ландшафтного районирования.

Данным проектом также предложена пилотная разработка системы классификации показателей и индикаторов состояния окружающей среды в будущих приоритетных секторах развития региона (пастбища, водные и рыбные ресурсы, биоразнообразие и ООПТ и другие) с признаком им нормативного статуса и интеграцией в действующие руководящие документы для масштабирования и применения на уровне всего региона и страны.

Бассейновый план по адаптации к изменению климата Каспийского региона будет также включать демонстрационные пилотные проекты, основанные на природных решениях (NbS), в том числе восстановление рек и озер, а также свойств почвы, успешно реализуемые во многих странах и регионах. Пилотные проекты необходимы и для обучения, демонстрации и тиражирования успешного опыта применения ландшафтного планирования и устойчивых практик в приоритетных секторах «зеленого» развития, применимых для этого региона. Пилотные проекты имеют важное значение и для передачи технологий местному населению, обучения специалистов и масштабного тиражирования в Каспийском и других регионах успешного опыта и устойчивых практик по сохранению и восстановлению биоразнообразия, природных ресурсов и решения социальных и экономических проблем. Пилотные проекты будут также направлены на наиболее важные для будущего этого региона приоритетные направления развития, включая восстановление плодородия и продуктивности пастбищных угодий за счет ротации пастбищ, восстановления водоснабжения (водопои, колодцы, водозаборы), регулирования севооборота и применения засухоустойчивых культур, что в итоге позволит снизить темпы деградации земель, увеличить

доходы местного населения и увеличить возможности адаптации к изменению климата и секвестрации углерода.

В регионе широко развито рыбное хозяйство и рыболовство. Однако в связи с нарушениями естественного режима рек, браконьерством и загрязнениями продуктивность рыбного промысла резко сократилась за последние десятилетия. Поэтому проектом будут предложены ряд пилотных проектов по восстановлению и улучшению условий для рыбоводства и рыболовства. На основе лучшего международного опыта будут изучены и предложены инновационные технологии и практики по развитию аквакультуры в прибрежной/морской зоне с возможностью адаптации к условиям Каспийского моря (короткие волны, соленость, кормовая база и т.д.). В результате пилотных проектов по аквакультуре и их масштабирования будет улучшена занятость и повышены доходы местного населения с ростом законного использования ресурсов, сокращением браконьерства, развитием экотуризма и другими возможностями.

Ряд пилотных проектов будет направлен на восстановление локальных водоемов, рек, болотных угодий и озер. Новые технологии и методы восстановления состояния почвы за счет контурных валоканав по методу Потапенко-Лукина, в которых накапливается и сохраняется дождевая вода и органические материалы позволяют восстановить гидрологию почв, увеличить урожайность и доходы населения, а также снизить угрозы паводков и риски стихийных бедствий. Изучение опыта Словакии («Новая водная парадигма»), Всемирной продовольственной программы (Великая зеленая стена) и других позволит адаптировать такой опыт для условий региона. Республика Казахстан предложила в своем отчете по ОНУВ (БТР-1, 2024) эту и другие технологии в качестве приоритетных для международного сотрудничества для митигации и адаптации к изменению климата. Проектом будет предусмотрена ознакомительная поездка, обучение и распространение опыта, учебных материалов, практических пособий и рекомендаций для включения в государственные и местные программы.

Учитывая сложность вопросов водоснабжения в регионе, будут также внедрены в виде пилотных проектов инновации

и локальные технологии для обеспечения водой (небольших) сообществ в условиях пустынь и полупустынь на основе природных процессов (например, накопление и использование дождевых и снеговых осадков, испарений и другие). Широкое применение таких технологий позволит снизить зависимость населения от изменения климата, сократить добывчу подземных вод и дорогостоящую транспортировку питьевой воды на большие расстояния. Проекты будут спланированы с особым вниманием к потребностям женщин и местных сообществ. По всем мероприятиям по восстановлению пастбищ, повышению продуктивности водных и земельных ресурсов, а также технологиям аквакультуры, экологическому туризму и другим приоритетным для будущего развития региона проектам экспертами предложено организовать онлайн обучение широких слоев населения, представителей МСБ и местных органов на базе действующих учебных заведений с особым вниманием к потребностям местных сообществ, женщин и детей.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ: ОСНОВНЫЕ ВЫЗОВЫ

Ключевые слова: Каспийский регион, Каспийское море, уровень моря, углеводородные ресурсы, экология, социально-экономическое развитие.

Keywords: Caspian region, Caspian Sea, sea level, hydrocarbon resources, ecology, socio-economic development.

Понятие «устойчивое развитие» было введено в оборот в 1987 году Всемирной комиссией ООН по окружающей среде и развитию в докладе «Наше общее будущее». Данная концепция подчёркивает необходимость гармоничного существования экономического роста, социальной справедливости и охраны окружающей среды. Она в полной мере применима к Каспийскому региону. Именно на Каспии четко проявляется взаимосвязь и взаимозависимость экономического развития и природной среды.

Факторы, которые оказывают влияние на устойчивое развитие Каспийского региона, можно разделить на несколько групп. К первой группе относятся геополитические факторы, связанные с внешнеполитическим курсом прикаспийских государств. Несмотря на подписание в 2018 году Конвенции о правовом статусе Каспийского моря, которая снизила остроту геополитических противоречий между странами, в каспийской «пятерке» в последние годы наблюдаются различные подходы к развитию региона. В значительной мере это связано с возросшей геополитической турбулентностью, а также с резким обострением отношений между Россией и Западом, которые переросли в открытое противостояние.

Вторую группу составляют факторы, которые связаны с деятельностью человека. В последнее десятилетие на устойчивое развитие Каспийского региона отрицательное влияние оказывает нефтегазовый фактор, связанный с разработкой углеводород-

ных ресурсов прикаспийскими государствами. Объемы добычи нефти и газа в прикаспийских государствах значительно возросли в последние десятилетия. Также сказывается деятельность транспорта, в том числе и в рамках международных транспортных коридоров. Негативное влияние оказывает работа прибрежной инфраструктуры, загрязнение морской среды от прибрежных территорий, рыболовство, особенно неконтролируемое.

Конвенция по правовому статусу Каспийского моря, принятая в 2018 году, определила подходы стран к прокладке магистральных трубопроводов по дну моря. Однако прикаспийские государства при политической поддержке западных стран продвигают идею реализацию проектов нефте- и газопроводов по дну моря на двусторонней основе, по-своему трактуя положения Конвенции. Подобный подход ведет к нарастанию geopolитической напряженности в регионе.

Устойчивое развитие региона тесно связано с разработкой углеводородных ресурсов. В последние десятилетия страны региона активно участвуют в их разработке и экспортне на внешние рынки. Однако добыча на шельфе Каспия и последующий экспорт сопряжены с усилением давления на экологию.

Третью группу составляют природные факторы, связанные с изменением климата и обмелением моря. С 2020 года уровень моря упал почти на 80 см. К середине 2025 года уровень Каспийского моря достиг самой низкой отметки за всю историю наблюдений — ниже минус 29 метров по балтийской системе высот. «Это особенно сильно затронуло мелководную северную часть моря, омывающую берега Казахстана и России» [6].

«В Российском географическом обществе считают, что с 1995 года уровень Каспийского моря понизился на два метра — эта тенденция, по словам специалистов, сохранится до 2040 года» [7]. «Британские учёные из Университета Лидса пришли к выводу, что даже при оптимистичном сценарии глобального потепления (+2 °C) уровень Каспийского моря к 2100 году упадёт на 5–10 метров, а при худшем раскладе — на 21 метр» [3]. В ближайшее десятилетие Каспий будет мелеть стремительнее, что приведет к экологическому бедствию в регионе [8].

В последние десятилетия колебания уровня Каспийского моря в значительной мере происходили под влиянием ухудшения водного баланса, который в свою очередь, менялся из-за климата. «С 2006 по 2020 год в акватории Каспийского моря выпадало наименьшее количество осадков. Из-за маловодных лет в бассейне реки Волги приток воды был наименьшим» [4].

Сток Волги регулируют построенные дамбы и водохранилища. Соответственно, через работу водохранилищ и ГЭС можно влиять на объем водных ресурсов, который поступает в Каспий. Волга дает примерно 85% водного потока, который поступает в Каспийское море. «В среднем с 1995 года и до настоящего времени уровень Каспийского моря упал почти на три метра. Таким образом, сейчас он фактически приблизился к минимуму 1977 года» [1].

За последние годы годовой сток Волги сократился до 210–232 км³, в то время как среднее значение составляет 250 км³. «Для восстановления Каспия нужен стабильный сток около 270 км³ в год, как это было в 1970–1990-х годах» [1].

Падение уровня Каспийского моря привлекает внимание всех прикаспийских государств. Изменение очертаний Каспия приводит к различным последствиям. С данными изменениями связаны работы прибрежной инфраструктуры, вылов рыбы, экономическое развитие прибрежных территорий. Обмеление затрагивает судоходство. За последнее десятилетие море отступило от берега на несколько километров. Это уже привело к значительным проблемам, связанным с доставкой грузов, разгрузкой и загрузкой судов.

Обмеление Каспия наиболее сильно ощущается на мелководье, в северной части моря. Здесь расположены основные источники питания рыб и перелетных птиц. Наиболее остро обмеление Каспия затрагивает Россию и Казахстан, берега которых выходят на мелководную часть моря в его северной части. Так, Казахстан обладает самой протяженной береговой линией на Каспии, что побуждает казахстанские власти уделять проблеме обмеления моря повышенное внимание. «Если ситуация не изменится, к концу XXI века Каспий может уйти на 9–18 метров ниже нынешней отметки», считали голландские и немецкие учё-

ные, рассматривая климатические сценарии [5]. Тем более, что «за последние 10 лет уровень воды в Каспийском море снизился на 114 сантиметров. Такие темпы обмеления могут принести значительные экономические потери». Как отмечала эколог Айжан Скакова, «Через 10–20 лет мы можем столкнуться с исчезновением прибрежных экосистем, резким сокращением рыбных ресурсов и ухудшением качества воды. В ряде регионов возможна трансформация солёности, потеря биоразнообразия и гуманитарные последствия для местного населения» [5].

Например, «казахстанский порт Актау — это единственные морские ворота, и стремительное снижение уровня воды может в перспективе оказать влияние на работу морского порта Актау и порта Курык. Кроме того, месторождение «Кашаган» в северном мелководном Каспии больше всего сегодня испытывает давление из-за снижения уровня моря. Возникают сложности с доставкой персонала и грузов на острова, и, конечно, вопросы экологической безопасности. В случае нештатных ситуаций в связи с низким уровнем моря возникнет проблема для передвижения судов» [8].

Обмеление Каспийского моря влечет за собой обострение экологических проблем. Предпринимаемые странами региона усилия на многосторонней и двусторонней основе пока не дают своего результата. Хотя созданы и действуют межгосударственные комиссии по сохранению и воспроизводству водных биоресурсов Каспийского моря. Их работа направлена на регулирование промысла и защиту экосистемы моря. При этом вне рассмотрения остаются вопросы влияния промышленного освоения Каспия и прилегающих территорий.

По оценкам председателя общественного совета при Росгидромете Вадима Петрова, «гидрологические исследования показывают, что основными причинами обмеления являются климатические изменения и антропогенное воздействие. В то время как глобальный уровень мирового океана повышается из-за таяния ледников и расширения теплой воды, Каспийское море, будучи замкнутым водоемом без стока в океан, реагирует на локальные климатические условия. Повышение температуры воздуха приводит к увеличению испарения, а снижение осадков уменьшает приток речных вод. Сокращение площади водной поверхности

ведет к деградации прибрежных экосистем, исчезновению болот и дельт, которые являются местами обитания множества видов птиц и рыб» [1]. Более того, с обмелением Каспия «меняется соленость воды, что оказывает негативное влияние на растения и животных, обитающих там. Это может привести к сокращению биологического многообразия, рыбного промысла, и, соответственно, к сокращению количества рабочих мест» [1].

По прогнозам Министерства водных ресурсов и ирригации Казахстана, «при глобальном потеплении на 1,4–2,60°C уровень моря может опуститься до минус 33,7 метра уже к 2050 году. В этом случае северная часть Каспия, расположенная в Казахстане, станет непригодной для судоходства и нефтедобычи, а прибрежные регионы могут столкнуться с новой проблемой — экомиграцией. В результате, до 5 миллионов человек, проживающих в прикаспийских регионах, могут оказаться под угрозой переселения к 2040 году» [2].

Следует отметить, что для борьбы с этими вызовами и минимизации их последствий требуется комплексный подход, включающий как сокращение антропогенного воздействия на экосистему Каспийского моря, так и активизацию международного сотрудничества для сохранения уникальной природы этого региона. Ключевое значение имеет не только реализация уже существующих договоренностей и программ, но и разработка новых стратегий, способных адаптироваться к быстро меняющимся экологическим условиям. «Падение уровня моря оказывает прямое воздействие на ключевые отрасли экономики региона, включая рыболовство, морской транспорт и портовую инфраструктуру. Эти отрасли находятся под угрозой, поскольку изменения в море влияют на состояние прибрежных зон, а также на доступность и разнообразие морских биоресурсов» [9].

Обмеление происходит под влиянием изменения климата. Усиливается испарение, а также происходит сокращение осадков. При этом бессточные водоемы, к которым относится Каспий, находятся в более сложном положении. Водный баланс определяется количеством выпадающих осадков, сбросом воды в водоем и испарением с его поверхности. Падение уровня моря на Каспии определяется сочетанием данных факторов. По словам директо-

ра Института экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета Заремы Солтанмурадовой, «за последнее десятилетие в Махачкале зафиксированы значительные изменения уровня моря. Обмеление способствовало заиливанию входа в местный порт, что привело к простою судов, потере промыслового времени и денег» [1]. «Водоем обмелел так сильно, что по всей его границе оголились большие территории площадью 22 тысячи квадратных километров. Специалисты бьют тревогу — при таких темпах северная часть Каспия может быть потеряна для судоходства и нефтедобычи» [1].

На повестке дня стоит вопрос о координации усилий между всеми прикаспийскими государствами. Пока ключевым документом, который был принят в пятистороннем формате, является Рамочная конвенция по защите морской среды Каспийского моря (Тегеранская Конвенция 2003). Документ не содержит упоминаний про нефть, трубопроводы и танкеры, которые оказывают негативное влияние на экосистему. Документ имеет рамочный характер — перед странами стояла задача по разработке мер, соглашений, которые обеспечат экологическую безопасность при деятельности нефтегазовых компаний в регионе.

Были разработаны четыре дополнительных Протокола к Конвенции. Протоколы касаются четырех приоритетных областей. Это Протокол по сохранению биологического разнообразия; Протокол по защите Каспийского моря от загрязнения из наземных источников и в результате осуществляющей на суше деятельности; Протокол о региональной готовности, реагировании и сотрудничестве в случае инцидентов, вызывающих загрязнение нефтью; Протокол по оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте.

Так, Протокол о региональной готовности, реагировании и сотрудничестве в случае инцидентов, вызывающих загрязнение нефтью («Актауский протокол») был принят и подписан на Третьей сессии Конференции Договаривающихся Сторон в Актау 12 августа 2011 года. Протокол по защите Каспийского моря от загрязнения из наземных источников и в результате осуществляемых на суше видов деятельности (в 2023 году Россия ратифицировала данный документ) («Московский протокол»)

был принят и подписан на четвертой сессии Конференции Сторон (КС-4) в Москве 12 декабря 2012 года [10]. Протокол о сохранении биологического разнообразия («Ашхабадский протокол») был принят на пятой сессии Конференции Сторон в Ашхабаде 30 мая 2014 года. Протокол по оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте был принят и подписан на внеочередной сессии Конференции Сторон в Москве 20 июля 2018 года.

Устойчивое развитие Каспийского региона возможно при условии решения или минимизации негативного воздействия вызовов, с которыми сталкиваются прикаспийские государства. Обмеление Каспийского моря является не просто региональной, а глобальной проблемой, требующей немедленных и эффективных действий на международном уровне. Рассматриваемое явление не только изменяет экологический ландшафт региона, но и в будущем наложит серьезные ограничения на экономическое развитие прибрежных государств.

В связи с продолжающимся падением уровня моря, востребованной становится разработка сценариев развития ситуации на Каспии и учет негативных изменений, которые последуют в случае сохранения данной тенденции. Последствия колебания Каспийского моря затронут экологию, а также окажут негативное влияние на прибрежную инфраструктуру и экономику в целом прикаспийских государств. Снижение уровня моря окажет влияние на международное сотрудничество, в частности, на транспортные коридоры, которые должны проходить через акваторию Каспийского моря.

Прикаспийские государства стремятся решать проблему обмеления Каспия как самостоятельно, так и взаимодействуя друг с другом. В частности, Россия и Азербайджан создали двустороннюю рабочую группу по вопросу обмеления Каспийского моря. В нее входят представители профильных министерств и ведомств, научно-исследовательских институтов двух государств [1]. «Минприроды России готовит программу по борьбе с обмелением Каспия. Специалисты разрабатывают меры, чтобы минимизировать последствия и адаптировать хозяйственную деятельность к изменениям. Казахстан, как одно из пяти прикаспийских

государств, также сталкивается с этими проблемами, и решение требует совместных усилий» [6].

В последние десятилетия экологическая ситуация в Каспийском регионе ухудшается. Это связано с усилением техногенной нагрузки в регионе и с деятельностью нефтегазового комплекса. Экологические проблемы ведут к ухудшению условий жизнедеятельности населения, пагубно отражаются на его здоровье. Происходит истощение природных ресурсов, возрастает загрязнение морской среды. В целом, происходит деградация водных экосистем. Отсутствие прогресса с решением проблемы обмеления Каспия может нанести значительный урон экологии Каспийского моря. Более того, при продолжении обмеления экологические проблемы могут стать необратимыми.

Большинство проблем с окружающей средой на Каспии связано с возросшей техногенной нагрузкой, которая возникла при расширении деятельности нефтегазовых компаний и реализации транспортных проектов. Пока в регионе нет многостороннего механизма, который был бы направлен на предотвращение дальнейшего обмеления Каспийского моря и минимизацию полученного ущерба.

Список литературы

1. Алиев Т. Чем грозит экологии и экономике обмеление Каспия. 22.10.2024. — <https://rg.ru/2024/10/22/reg-skfo/minus-tri-metra-za-30-let.html?ysclid=mdg50yrtlb573751066>
2. Бутырина Н. Обмеление Каспия — Казахстан может пострадать больше всех. — 2025. — 7 июня. — <https://casp-geo.ru/obmelenie-kaspiya-kazakhstan-mozhet-postradat-bolshe-vseh/?ysclid=md5y9zpcdw936902859>
3. Заманова Р. «Процесс запущен»: раскрыта причина обмеления Каспийского моря. — 2025. — 29 мая. — <https://www.gazeta.ru/social/news/2025/05/29/25905722.shtml>
4. Как будут бороться с обмелением Каспия, рассказали в Минэкологии РК. — 2023. — 11 января. — <https://standard.kz/ru/post/kak-budut-borotsya-s-obmeleniem-kaspiya-rasskazali-v-minekologii-rk>

5. Каспий уходит: региону грозит засоление, потеря улова и дефицит воды. — 2025. — 11 июня. — https://rus.baq.kz/kaspiy-uhodit-regionu-grozit-zasolenie-poterya-ulova-i-defitsit-vody_300015633/
6. *Кииков Ж.* Каспийское море обмелело до исторического минимума. — 2025. — 21 июля. — https://kz.kursiv.media/2025-07-21/zhki-kaspiyskoe-more-obmelelo-do-istoricheskogo-minimuma/?utm_campaign=endless_feed
7. *Коршунов А.* Каспий достиг рекордно низкого уровня за последние 400 лет. — 2025. — 14 февраля. — <https://iz.ru/1838800/andrei-korsunov/kaspii-dostig-rekordno-nizkogo-urovna-za-poslednie-400-let>
8. *Никифоряк К.* Каспий — новый Арал. К чему приведет обмеление? — 2023. — 19 июля. — <https://orda.kz/kaspij-novyj-aral-k-chemu-privedet-obmeleinie/?ysclid=md5z0wyaqe314870091>
9. Обмеление Каспийского моря: экономические последствия экологических проблем. — <https://www.caspiansea.ru/extras/shoaling.shtml>
10. Распоряжение Правительства РФ от 15 августа 2023 г. № 2197-р «Об утверждении Протокола по защите Каспийского моря от загрязнения из наземных источников и в результате осуществляющей на суше деятельности к Рамочной конвенции по защите морской среды Каспийского моря». — 2023. — 21 августа. — <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407433829/?ysclid=mdeti3y3bs434857905#review>

Исмаилов Н.М.

д.б.н., профессор, Бакинский государственный университет

ismaylovn@mail.ru

Наджафова С.И.

д.б.н., доцент, Бакинский государственный университет

Гулиева Л.

преподаватель, Бакинский государственный университет

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ХАРАКТЕР ЭКОСИСТЕМ ТЕРРИТОРИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ (НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА)

Ключевые слова: Азербайджан, прибрежная полоса Каспия, ландшафты, нефтедобыча, промышленные выбросы, нефтепроводы, грязевые вулканы, загрязнение, пути оптимизации ландшафтов.

Keywords: Azerbaijan, coastal strip of the Caspian Sea, landscapes, oil production, industrial emissions, oil pipelines, mud volcanoes, pollution, ways to optimize landscapes.

Введение

Социально-экономическая жизнь Азербайджанской Республики самым тесным образом связана с Каспийским морем. Вместе с тем устойчивое экономическое развитие и экологическое состояние региона сильно зависят от степени загрязненности его вод, что наносят колossalный ущерб его биопродуктивности, социально-экономической жизни и экологии региона. Социально-экономические и экологические проблемы прибрежной зоны Каспийского моря возникли в результате освоения природных ресурсов самого моря и прибрежных территорий. Прибрежная зона густо населена и интенсивно освоена. Около 60% населения и основной промышленный потенциал — свыше 70% — страны сосредоточен в прибрежной зоне. Побережье и дно богаты нефтью и газом. Вдоль побережья проходят железные и автомобильные

дороги республиканского и международного значения. В этом регионе развита сельскохозяйственная деятельность.

Экологическое прогнозирование позволяет предсказать с определенной точностью возможное поведения природных систем, которые определяются естественными природными процессами и воздействием на них деятельности социума. Учитывая различие в характере климата территории прибрежной зоны Каспийского моря, их чрезвычайно высокую природную чувствительность к антропогенным воздействиям, нынешние масштабы техногенного воздействия (наличие месторождения Сиазань и Апшеронских нефтяных месторождений, маршрута экспортного нефтепровода СМЭТ и др.) и перспективы увеличения добычи и транспортировки энергоносителей, необходима разработка научных основ экологического прогнозирования сопредельных экосистем. В первую очередь это необходимо для экологически правильной оценки устойчивости и самоочищающей способности ландшафтов — почв, фитоценозов, атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, выявления роли основных биологических компонентов экосистем в этих процессах, и в первую очередь почвенной микробиоты и фитоценозов. Проведение системного анализа экосистем и их природных компонентов, охватывающих исследуемую территорию площадью 12,850 тыс. кв. км, с населением порядка 3,3 млн чел. имеет также важное прикладное значение в связи с необходимостью разработки научно обоснованных технологий ремедиации компонентов ландшафтов. Поставленная задача имеет особую значимость для экологической концепции Азербайджана.

Цель исследования

Основная цель работы заключается в системном анализе актуального экологического состояния биогеоэкосистем вдоль территории прибрежной зоны Каспийского моря от Апшеронского региона до границы с Россией как основы, необходимой для научного прогнозирования их ассимиляционного потенциала, устойчивости к потенциальным техногенным воздействиям.

Объекты и методы исследований

Объект исследования — территории природных ландшафтов прибрежной зоны Каспийского моря на территории Азербайджана (в пределах региона Апшеронский п-ов — граница России).

Исследуемая территория включает в основном два экономических района: Абшерон-Хызынский и Губа-Хачмазский. Согласно данным на 2015 год, площадь территории исследуемого региона составляет 12,850 тыс. кв. км, с населением порядка 3,3 млн чел.

Нами использовался большой объем информации из научных изданий, Интернет и др. Использовались картографические материалы и данные, представленные в Агроэкологическом атласе (1993), Экологическом атласе (2009), Национальном атласе АР (2014), в работе Эюбова А.Д. (1975), данные о типах и классах почв Азербайджана (Морфогенетические профили..., 2004; Ба-баев М. и др., 2006), многочисленные литературные данные по интенсивности биологического круговорота, сорбирующей способности почв, типам водного режима и др. Собранный материал был всесторонне проанализирован с позиций биогенности и самоочищающей способности почв различных биоклиматических ландшафтных зон, с точки зрения опасности загрязнения компонентов ландшафтов органическими веществами, исходя из природных особенностей и физико-химических и биологических свойств почв и соответствующим образом сгруппирован по ландшафтному признаку.

Результаты и их обсуждение

На основании системного анализа выделено 6 основных источников потенциального техногенного воздействия на компоненты природных ландшафтов на исследуемой территории:

1. Нефтяные месторождения гг. Сиазань и Девечи (Экологический атлас АР, 2009);
2. Действующие промышленные предприятия Апшеронского п-ва, включая урбоэкосистему региона — города Баку и Сумгайит (Наджафова С.И., Исмаилов Н.М., 2018);

3. Промышленные предприятия, выбрасывающие в атмосферу загрязняющие вещества;

4. Магистральные железнодорожные и автомобильные линии;

5. Трасса Северного маршрута экспортного нефтепровода Баку — Новороссийск;

6. Воздействие природных процессов — грязевых вулканов.

Города Сиазань и Девечи расположены на побережье Каспийского моря. В них располагаются нефтедобывающие предприятия, имеются газобензиновый и асфальтовый заводы. Буровые вышки и нефтезагрязненные земли протянулись по береговой полосе Каспийского моря вдоль шоссейной дороги Баку — Сиазань. Нефтезагрязнение имеется также в микропонижениях рельефа, вокруг нефтяных амбаров и крупных чанов. Общая площадь нефтезагрязненных земель составляет 432,5 га. Из них загрязненные до глубины 10 см — 31,4 га, до 25 см — 99,0 га ниже 25 см — 302,1 га. В почвах на глубине 0–14 см степень загрязнения достигает 21,0%, в горизонте 14–26 см снижается до 2,1%. Степень загрязнения довольно высока, и основная часть почв загрязнена на глубину свыше 25 см, что делает затруднительным процесс их естественного самоочищения.

Исследуемая территория непосредственно граничит с территорией Апшеронского промышленного региона, экосистемы которого находятся в экологически неблагоприятном положении:

- загрязненные нефтью и нефтепродуктами, радионуклидами, тяжелыми металлами почвы;
- загрязненные промышленными и бытовыми сточными водами водоемы;
- грунтовые воды, загрязненные нефтяными углеводородами.
- атмосферный воздух, загрязняющийся промышленными выбросами.

В Апшеронском промышленном регионе площадь загрязненных земель составляет свыше 20 тыс. га. (Кахраманова Ш., 2012). Содержание общих углеводородов в почвенном покрове Апшеронского п-ва составляет почти 9,3 млн тонн. В 80-е годы прошлого века Апшеронский промышленный регион занимал третье место в бывшем СССР по модулю техногенного давления

нефти — более 100т/км² в год (Глазовский Н.Ф., 1983). Это обусловило формирование на данной территории техногенно-экологических систем, способствующих изменению геохимических, гидрологических, геофизических и других параметров природных ландшафтов.

Загрязнение почвенного покрова является причиной негативного воздействия на поверхностные и грунтовые воды. В регионе имеется более 200 водных объектов общей площадью более 2000 га, загрязненных нефтью и нефтепродуктами (Талыбов А., 2004). В водоемы региона поступало более 400 млн м³ загрязненных сточных вод, в составе которых было более 3 тыс. т нефтепродуктов и 25 т фенолов (Состояние природной среды..., 1993).

На территории Апшеронского п-ва в районах нефтедобычи степень загрязненности грунтовых вод на глубине 1,8–6,9 м превышает ПДК в 22–100 раз, что свидетельствует об инфильтрация загрязнений с поверхности до уровня грунтовых вод (Исмаилов Н.М., и др., 2015). Существует потенциальная опасность того, что в соответствии с гидорельефом территории, загрязненные грунтовые воды выклиниваются в прибрежные воды Каспия, способствуя, наряду со сточными поверхностными водами, загрязнению прибрежных вод.

В свою очередь атмосферный воздух в Апшеронском промышленном регионе характеризуется наивысшей среднегодовой концентрацией загрязняющих веществ — более 14 ИЗА, что является очень высоким показателем (Экоатлас АР, 2009).

На всех этапах переработки нефти в атмосферу выделяется широкий спектр техногенных газов, ухудшающих «качество» атмосферного воздуха на всей территории региона. Огромный выброс углеводородов в окружающую среду региона происходит со стационарных источников и автотранспорта. Только на долю Карадагского цементного завода приходится свыше 29 тыс. т выбрасываемых примесей. По данным Госкомэкологии за 1997 г. объем вредных примесей, выбрасываемых в атмосферу предприятиями на территории Апшеронского п-ва составлял уже 2 млн м³. Подавляющая часть загрязнений, выбрасываемых в атмосферу, приходится на г. Баку (66,1%) и Сумгайит (4,5%).

В 2000–2008 годы ежегодные выбросы в зависимости от использования мощностей производств составляли 1,2–2,6 млн тонн вредных веществ (Европейская экономическая комиссия ООН, 2011). Удельная нагрузка вредных выбросов в среднем на единицу площади составляла в г. Баку в 2002–2005 гг. 400 т/км², а по Азербайджану в среднем — 24 т/км², что в 10 раз превышало значение среднесоюзного уровня в бывшем СССР. В атмосферу Апшеронского региона промышленными предприятиями и автотранспортом ежегодно выбрасывалось свыше 2 млн куб м. газообразных веществ (Экоатлас АР, 2009).

Рассматривая основные источники потенциального техногенного воздействия на компоненты природных ландшафтов на прибрежной полосе Каспия, надо учитывать, что она непосредственно находится на границе с территорией Дагестана, где также имеют место серьезные экологические проблемы, связанные с техногенным воздействием на компоненты природных ландшафтов, в том числе загрязнения тяжелыми металлами, хлорированными пестицидами прибрежных зон Каспийского моря — воды, воздуха, донных отложений и др. (Андреева А.С., 2009; Андреева А.С., 2009а.). Так, в прибрежные воды Каспийского моря через загрязненные реки поступает свыше 400 тыс. т загрязняющих веществ, а качество этих вод в районе городов Махачкала и Каспийск не отвечает санитарным правилам и нормам охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения. Естественно, что все эти загрязняющие вещества попадают в составе водотоков и в прибрежные воды на исследуемой нами территории, оказывая аддитивное воздействие на качество окружающей среды с негативными экологическими последствиями. Наряду с этим, промышленные предприятия Махачкалы и Дербента выбрасывают в воздушный бассейн около 115–120 тыс. тонн вредных примесей ежегодно, в которых доля углеводородов составляет около 12,0% .

Таким образом, техногенные выбросы с юго-востока (Баку и Сумгайит) и со стороны северо-запада (города Махачкала и Дербент) способствуют формированию аномально техногенных ландшафтов в прибрежной зоне Каспия, что свидетельствует о том,

что ландшафты региона находятся в своеобразных техногенных «клещах».

Одним из источников антропогенного и техногенного воздействия на исследуемой территории являются автомобильные и железнодорожные магистрали, по которым осуществляются перевозки десятков тысяч тонн грузов как внутри страны, так и за рубеж. Азербайджан занимает лидирующие позиции как участник международного транспортного коридора «Север–Юг». В настоящее время МТК «Север–Юг» обслуживает российско-азербайджанские транспортно-экономические связи, что составляет более 90% от объемов международных перевозок грузов по коридору.

В то же время известны экологические проблемы автомобильного и железнодорожного транспорта (https://dzen.ru/media/sofi_transport). Транспортные системы являются сферой повышенных экологических рисков, они потребляют невосполнимые природные ресурсы. Достаточно отметить, что общее число автотранспортных средств в г. Баку в настоящее время составляет около 950 тыс., а ежегодно в страну дополнительно поставляется около 7–75 тыс. единиц автотранспорта. Работающий автотранспорт выбрасывает в атмосферу более 40 загрязняющих веществ (Гуртяк М.А., 2016).

Зоной потенциального загрязнения природных ландшафтов на данной территории является и трубопровод СМЭТ. Протяженность нефтепровода Баку–Новороссийск составляет 1130 км, из них 231 км проходит по территории Азербайджана. Мощность нефтепровода — 5 млн т/год сырой нефти. Системы магистральных трубопроводов, предназначенных для транспорта нефти за весь период эксплуатации в той или иной степени подвержены значительным нагрузкам, в результате чего могут иметь место аварии с выбросами нефти и нефтепродуктов, что приводит к загрязнению природных ландшафтов. Загрязнение обусловливает нарушение природного равновесия в ландшафтах, деградацию и снижение плодородия почв, гибель растительного покрова, снижение биоразнообразия (Скворцова И.Н. и др., 1989).

Для природных экологических систем на исследуемой территории наиболее опасны в случае аварийных ситуаций послед-

ствия загрязнения почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, прибрежных вод Каспийского моря. Повреждения на труднодоступных участках могут оставаться незамеченными в течение долгого времени, как это было в 90-е годы прошлого столетия для СМЭТ, и наносимый длительными утечками углеводородов экологический ущерб становится катастрофическим. Так, в 1998 г. и 1999 г. в результате прорыва трубопровода произошли утечки сырой нефти в районе станции Насосный (Апшеронский промышленный региона). Площадь около 1,1 га была загрязнена сырой нефтью, обнаружено было как поверхностное, так и глубинное загрязнение — до горизонта 2 м. Было подсчитано, что в среднем при 2 случаях прорыва нефтяного трубопровода в этом районе в окружающую среду вылилось свыше 200 тонн нефти (Исмаилов Н.М., Наджафова С.И., 2017).

В связи с тем, что маршрут трубопровода СМЭТ проходит в относительной близости к побережью Каспийского моря, а глубина залегания грунтовых вод в этой зоне в среднем не превышает 1–2–5 м (Экоатлас АР, 2009), загрязненные нефтью грунтовые воды могут выгружаться в прибрежные воды моря, негативно воздействуя на его биологические ресурсы.

Кроме того, в северной части трассы трубопровода СМЭТ имеется целая сеть речных систем юго-восточного края Большого Кавказа (Дивиччай, Шабранчай и др.), которые непосредственно впадают в Каспийское море, и в случае их загрязнения они также будут выносить поллютанты в прибрежные воды Каспия.

Из нефтепровода СМЭТ в случае разлива сырья нефть в Каспийское море может попадать в северной части маршрута в составе загрязненных вод речных систем — Вельвеличчай, Гусарчай, Гудиалчай и др., а также в составе загрязненных грунтовых вод. Согласно данным ОВОС СМЭТ (ОВОС СМЭТ, 1996), полная масса излившейся сырой нефти в случае утечек для 14 выбранных участков составляет порядка 2100–5000 т. При этом время прохождения разлившейся нефти до прибрежных вод Каспийского моря может составить в среднем всего 2,3–6,6 часов в зависимости от точек разлива — наиболее быстро в случае разлива сырой нефти в р. Кудиалчай, наиболее долго — в случае разлива в р. Дивиччай. Опасность загрязнения Самур-Дивчинского

канала также высока: расход воды в реке достаточно высок — в диапазоне от 0,7 м/с до 2 м/с, и любой аварийный разлив сырой нефти, попавший в канал, может быстро достигнуть Джейранбатанского водохранилища — одного из основных источников снабжения чистой питьевой водой столицы страны г. Баку.

Принимая во внимание уникальность и значимость Каспийского моря и его подверженность загрязнению как со стороны речных системам (р. Волга, р. Кура и др.), так и в результате промышленной добычи сырой нефти в Прикаспийских странах (Панин Г.Н., и др., 2005), сложившееся выраженное несоответствие между экологической емкостью Каспийского моря и интенсивностью его загрязнения (Казымов А.Г., 1994), возможный вынос сырой нефти с речными системами и грунтовыми водами с территории Азербайджана в результате аварийных ситуаций вдоль СМЭТ представляет потенциальные экологические риски для биосистемы Каспия (Исмаилов Н.М., Алиева С.Р., 2019). При этом надо принять во внимание, что Азербайджан занимает вторую место среди стран-загрязнителей бассейна Каспийского моря.

В районе Южно-Каспийской впадины и по ее берегам сконцентрирована почти половина всех грязевых вулканов мира. На территории Азербайджана располагается большая часть (свыше 42%) грязевых вулканов мира — 300 из известных в мире 800 вулканов, общая площадь, которую они занимают — 16 000 км². Большая часть грязевых вулканов расположена в Апшеронском промышленном регионе или в непосредственной близости от этого региона, в том числе в прибрежной части Каспийского моря — в районе г. Сиазань, а также вдоль трассы Самур-Апшеронского канала.

К числу опасных последствий грязевулканической деятельности относятся выбросы экологически опасных химических веществ. В наибольшей степени грязевулканические отложения содержат ртуть, мышьяк, бор, литий, марганец и никель, концентрация которых выше кларковых показателей. Превышение допустимых нагрузок атмосферных загрязнений, обладающих биогеохимической и педогеохимической активностью в окружающей среде крайне ослабляет экологово-геохимическую устойчи-

вость региональных ландшафтов и сопредельных сред обитания. Интенсивность и продолжительность воздействия в ландшафтно-геохимических условиях территорий распространения грязевых вулканов (аридность климата, низкое биоразнообразие, отсутствие собственных источников водных ресурсов и др.), накладывающихся на техногенные выбросы в окружающую среду способствует росту экологических рисков и соответствующих ответных реакций. Из-за загазованности и нарушения почвенного покрова грязевыми вулканами экологическая ситуация вблизи грязевых вулканов критически несовместима с живой природой и оценивается как «кризисная» (Исмаилов Н.М. и др., 2018).

Токсические газы, выделяемые грязевыми вулканами обладают педогеохимической и биогеохимической активностью в окружающей среде, при поступлении в окружающую среду вовлекаются в физико-химические и биологические процессы, с атмосферными потоками поступают в сопредельные среды, в том числе в прибрежные зоны Каспийского моря. Степень деградированности геобиосистем в данном регионе свыше 80%, в этих условиях трудно добиться высокого суммарного эколого-социально-экономического эффекта (Реймерс Н.Ф., 1990).

Результаты и их обсуждение

Протяженность береговой линии Азербайджанской части Каспийского моря составляет 825 км. Системный логистический анализ экологического состояния территории прибрежных зон Каспийского моря (Апшеронский промышленный регион — граница России) с учетом принципа активной подвижности биосистем, анализ природных опасностей и уязвимости среды показывает наличие ряда факторов геоэкологических рисков потенциального многофункционального техногенного и антропогенного воздействия на его природные ландшафты и «риск», объединяющий два понятия — «вероятность опасности» и «ущерб»:

- загрязненные нефтью и нефтепродуктами, радионуклидами, тяжелыми металлами почвы;
- водные объекты, загрязненные промышленными и бытовыми сточными водами;

- загрязненные нефтяными углеводородами грунтовые воды;
- атмосфера, загрязнённая выбросами нефтедобычи, нефтепереработки, нефтехимического синтеза и стационарными источниками, автотранспортом и др.

Характер производственной деятельности, влияющий на усиление негативных природных процессов, создает опасность резкого ухудшения качества природной среды. С учетом имеющихся научных данных можно прогнозировать негативные последствия на природные ландшафты береговой зоны Каспия — почвенный покров, флору и фауну, биоемкость, экологический потенциал, биоразнообразие и высокую степень вероятности проявления изменений в их биосистеме в результате негативных воздействий природного, антропогенного и техногенного характера, роста уязвимости природной среды. Так, почвы с высоким содержанием нефтепродуктовдерживают тяжелые металлы в большем объеме, чем чистые почвы (Сангаджиева Л.Х., и др., 2009). Малогумусные почвы на исследуемой территории, серо-бурые и другие слабо связывают тяжелые металлы, которые легко аккумулируются высшими растениями или в результате слабой покрываемости фитоценозами пропускают их через себя с фильтрующимися водами, таким образом, на этих почвах возрастаёт опасность загрязнения растений и подземных вод. Изменения, происходящие на данной территории, опосредованно оказывают негативное воздействие, в том числе и на прибрежные воды Каспия, в результате их загрязнения будут отражаться на изменении физико-химических свойств этих вод, оказывая негативное воздействие на его биоразнообразие, биоемкость, биоэкологические функции. При этом эти изменения в долговременном масштабе могут являться более острыми в результате аддитивного воздействия как abiогенных природных факторов, так и техногенных с устойчивыми проявлениями отрицательного изменения окружающей среды.

В этой связи с точки зрения экологических рисков (ГОСТ Р 51901-2002) зона расположения городов Сиазань — Девечи — прибрежная полоса Каспия характеризуется как экологически кризисная, а территория расположения г. Сумгайит как катастрофическая. На этих территориях частично или полностью на-

рушены закономерности функционирования составных частей биосфера (Экоатлас АР, 2009), в целом превышены пределы допустимого экологического риска, высока вероятность истощения природно-ресурсного ассимиляционного потенциала самоочищения.

По нашему мнению, Каспийское море и его прибрежные ландшафты представляют собой единую взаимосвязанную и взаимозависимую биогеоэкосистему. В этой связи необходимо в рамках «Концепции устойчивого развития экосистемы Каспийского моря». разрабатывать инновационные проекты восстановления их исходных физико-химических и биологических свойств.

Предложения

1. Принимая во внимание результаты, полученные в данной работе, а также представленные в других научных публикациях (Панин Г.Н., и др., 2005 и др.) предлагается рассмотреть вопрос о разработке совместного научно-технического проекта всех Прикаспийских стран: «Техногенные факторы воздействия на прибрежные зоны Каспийского моря по всему его периметру» с целью разработки комплексных мероприятий по минимизации антропогенных и техногенных факторов на прибрежные воды Каспийского моря и защите прибрежных территорий. Полученные данные позволят создать интегрированную информационно-аналитическую систему экобиомониторинга состояния окружающей среды Каспийского региона и управления качеством воды с использованием современных ГИС-систем и соответствующих технологий, в том числе биотехнологий на различных уровнях: стратегических, тактических и оперативных.

2. Глобальное потепление и процессы опустынивания являются одной из основных причин снижения водности и обмеления Каспийского моря. Географически изолированная от Мирового океана экосистема Каспийского моря рано или поздно в результате природных и техногенных воздействий стала чувствительной к факторам воздействия, оказалась неспособной самостоятельно поддерживать структурно-функциональную организацию, в ней происходят негативные процессы биогеотрансформации.

Снизился адаптационный потенциал экосистем Каспийского моря в результате воздействия интенсивных антропогенных и техногенных факторов. Элементы абиотической составляющей экосистемы Каспийского моря утратили устойчивость к фактограммам воздействия, они претерпели и продолжают претерпевать изменения, что оказывают существенные изменения в его биотической составляющей. Становятся остро актуальными меры по восстановлению их исходного состояния. Принимая во внимание реальные данные о снижении среднегодового речного стока в Каспийское море и климатические изменения (рост среднегодовой температуры и рост степени испаряемости в результате роста средней температуры воды) с учетом того, что уровень Каспийского моря ниже уровня Мирового океана, необходимо обосновать и рассмотреть вопросы, связанные с возможностью разработки и практической реализации совместных научно-технических проектов прикаспийских государств по перекачке вод Черного и Азовского морей (через территорию России или Грузии-Азербайджана) и Индийского океана (источники — прибрежные воды Ирана) путем прокладки 2 водопроводов вдоль трасс планировавшихся судоходных каналов «Евразия» и Западного варианта канала «Каспийское море — Персидский залив» с определенной пропускной способностью с целью поддержания размера Каспийского моря на оптимальном уровне. Строительство водопроводов с точки зрения времени и экономичности легче осуществить по сравнению с судоходными каналами или подземными туннелями. В рамках этих инновационных проектов также актуальна реализация проекта строительства канала «Евразия». Предотвращение попадания через эти системы чужеродных для биосистем Каспия организмов можно осуществить путем установки систем биофильтров как на входе, так и на выходе этих водопроводов. Прокладка двух указанных водопроводов одновременно позволит снизить эколого-социальные риски, связанные с подъемом уровня Мирового океана в результате таяния арктических льдов.

3. Речной сток является основным носителем аллохтонных веществ. Принимая во внимание, что в Каспийское море в составе речных систем (а их около 30) вливаются масштабные объемы загрязняющих веществ, актуальна проблема разработки проектов

очистки вод всех загрязненных рек с использованием современных биотехнологий (биобоны), а также строительство очистных сооружений во всех промышленных и жилых объектах, находящихся вдоль этих рек.

4. Принимая во внимание то, что определенную роль в загрязнении прибрежных вод Каспийского моря играют грунтовые воды (Исмаилов Н.М., Алиева С.Р., 2019), необходимо разработать проекты и внедрить технологии очистки грунтовых вод от загрязняющих веществ по всему периметру моря (Исмаилов Н.М. и др., 2020).

5. Негативные показатели экологического состояния прибрежной полосы Каспийского моря в рамках современных экологических взглядов делают необходимым и актуальным формирование вдоль всей прибрежной зоны зеленого экокаркаса, обладающего полифункциональными способностями — формирования микроклимата, очистки почв и атмосферного воздуха от поллютантов, газоустойчивых и устойчивых к климатическим изменениям.

Некоторые из вышеуказанных проектов могут быть инициированы на уровне ЮНЕСКО с приданием им международного статуса, разработаны и выполнены с участием ведущих специалистов Прикаспийских стран и осуществлены с участием Агентства стратегических инициатив и Университета мировых цивилизаций.

Список литературы

1. Агроклиматический атлас Азербайджанской Республики. — Баку, 1993. — 104 с.
2. Андреева А.С. Санитарно-гигиеническая характеристика приморской низменности на участке Махачкала-Каспийск // Проблемы изучения и состояния биосистем, методы биоэкологических исследований. Материалы Международной конференции. — Махачкала, 2009. — С. 103–109.
3. Андреева А.С. Загрязнение донных отложений приморской низменности на участке Махачкала — Каспийск // Проблемы изучения и состо-

- яния биосистем, методы биоэкологических исследований. Материалы Международной конференции. — Махачкала, 2009. — С. 110–114.
4. *Бабаев М., Джагарова Ч., Гасанов В.* Современная классификация почв Азербайджана. — Баку: Элм, 2006. — 359 с.
 5. *Глазовский Н.Ф.* Принципы районирования территории по условиям природной региональной миграции вещества // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. — М.: Мысль, 1983. — С. 19–27.
 6. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. Введ. 2003-09-01. — М.: Издательство стандартов, 2002. — 36 с.
 7. *Гуртjak M.A.* Анализ загрязнения атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 9-1. — С. 32–35.
 8. *Егоров Н.С.* Руководство к практическим занятиям по микробиологии. — М.: МГУ, 1995. — 224 с.
 9. *Исмаилов Н.М., Наджафова С.И., Гасымова А.С.* Апшеронский промышленный регион — факторы экологической напряженности // Аридные экосистемы. — 2015. — Т. 21, № 3. — С. 92–100.
 10. *Исмаилов Н.М., Мамедова А.О., Садыгова Н.А.* К вопросу формирования экологического каркаса с высоким ассимиляционным потенциалом в районе расположения грязевых вулканов в Апшеронском промышленном регионе // Международная конференция «Дегазация Земли: геология и экология». — М., 2018.
 11. *Исмаилов Н.М., Наджафова С.И.* Устойчивость ландшафтов вдоль основных экспортных трубопроводов к загрязнению сырой нефтью (в пределах территории Азербайджана). — М.: ИНФРА-М, 2017. — 156 с.
 12. *Исмаилов Н.М., Алиева С.Р.* Потенциальная роль грунтовых вод в загрязнении прибрежных вод Каспийского моря органическими поллютантами // Аридные экосистемы. — 2019. — Т. 25, № 3 (80).
 13. *Исмаилов Н.М., Наджафова С.И., Гасымова А.С.* Биоэколастиерные комплексы для решения экологических, производственных и социальных проблем (на примере территории Азербайджана). — М.: ИНФРА-М, 2020. — 260 с.
 14. *Касымов А.Г.* Экология Каспийского озера. — Баку, 1994. — 238 с.
 15. *Кахраманова Ш.Ш.* Техногенное загрязнение почв Апшерона. // Академический Вестник УралНИИпроект РААСН. — 2012. — № 1. — С. 25–30.
 16. *Мамедов Р.М., Алиев Ч.С., Фейзуллаев А.А.* О роли рек в загрязнении Каспия // Известия АН Азербайджана. — 2007. — № 2. — С. 45–49.

17. Морфогенетические профили почв Азербайджана. — Баку: Элм, 2004. — 202 с.
18. Наджафова С.И., Исмаилов Н.М. Экологическое состояние почвенного покрова города Баку и пути улучшения его качества: монография. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 173 с.
19. Национальный Атлас Азербайджана. — Баку, 2014. — 232 с.
20. ОВОС-Северный маршрут экспортного трубопровода. — Баку; Новороссийск, 1996. — 338 с.
21. Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В. Современное состояние Каспийского моря. — М.: Наука, 2005. — 355 с.
22. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990. — 637 с.
23. Сангаджиева Л.Х. и др. Экологические проблемы использования ресурсного потенциала в ландшафтах Северо-западного Прикаспия // Проблемы изучения и состояния биосистем, методы биоэкологических исследований. Материалы Международной конференции. — Махачкала, 2009. — С. 188–190.
24. Скворцова И.Н., Звягинцев Д.Г., Лукина Н.Н. Мутагенная и антимутагенная активность почв // Микроорганизмы и охрана почв. — М.: МГУ, 1989. — С. 193–204.
25. Состояние природной среды и природоохранная деятельность в Азербайджанской Республике. Государственный доклад. — Баку: Эргэн, 1993. — 192 с.
26. Талыбов А. Картографический анализ ландшафтно-экологического условия Апшеронского п-ва. — Баку: Чашыоглу, 2004. — 191 с.
27. Экологический атлас АР. — Баку, 2009. — 156 с.
28. Эюбов А.Д. Бонитировка климата Азербайджанской ССР. — Баку: Элм, 1975. — 148 с.
29. https://dzen.ru/media/sofi_transport/ekologija-jeleznodorojnojog

ЭКОНОМИКО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОМОЧИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ПО СОХРАНЕНИЮ ЭКОСИСТЕМ КАСПИЯ

Ключевые слова: экосистема Каспия, научно-методическое и информационно-аналитическое обеспечение, правовой статус Каспийского моря.

Keywords: the ecosystem of the Caspian Sea, scientific, methodological, information and analytical support, the legal status of the Caspian Sea.

Сегодня мы отмечаем важную веху — 20-летие со дня вступления в силу Тегеранской конвенции о правовом статусе Каспийского моря. Этот международный договор стал ключевым документом, который определил основы взаимодействия прибрежных государств — Азербайджана, Ирана, Казахстана, России и Туркменистана — в вопросах использования и охраны уникального природного объекта, каким является Каспийское море. В прошедшие два десятилетия Тегеранская конвенция служила фундаментом для укрепления доверия между странами региона, создания механизмов совместного управления ресурсами, а также для координации усилий по сохранению биоразнообразия и устойчивому развитию прикаспийских территорий. Благодаря этому соглашению удалось значительно снизить напряжённость и создать платформу для диалога и сотрудничества во многих сферах — от рыболовства и экологии до транспортных и энергетических проектов.

Однако время не стоит на месте. Экологические вызовы, связанные с изменением климата, загрязнением и интенсивным освоением ресурсов, требуют от нас новых подходов и более глубокого сотрудничества. Учитывая динамику развития региона и глобальные тенденции, настало время подвести итоги реали-

зации Тегеранской конвенции и определить дальнейшие шаги. Важно провести всесторонний анализ достигнутых результатов и выявить существующие пробелы в реализации положений конвенции. Пришло время принять решение о разработке обновлённой стратегии сотрудничества, которая будет включать конкретный план действий по охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов и развитию инфраструктуры. При этом создать постоянную экспертную группу и рабочие подкомиссии для мониторинга выполнения договорённостей и оперативного реагирования на возникающие вызовы. Одновременно усилить обмен научными данными и технологиями, направленными на устойчивое развитие прикаспийского региона. Также за эти 20 лет появились новые возможности расширения рамок сотрудничества, включая вопросы безопасности, борьбы с трансграничными экологическими угрозами и адаптации к климатическим изменениям. Таким образом, мы не только закрепим достижения последних 20 лет, но и заложим прочный фундамент для устойчивого, взаимовыгодного и мирного развития региона на долгие годы вперёд.

Пусть сотрудничество в духе Тегеранской конвенции станет примером для международного сообщества, демонстрируя, как совместные усилия могут привести к сохранению уникального природного наследия и повышению качества жизни народов прикаспийских стран.

Говоря о совместной стратегии, прежде всего, нужно сделать акцент на том, что Стратегия по Каспийскому морю должна быть комплексной, междисциплинарной и учитывать интересы всех прикаспийских государств. Ключевые положения, предлагаемые в стратегию, должны, прежде всего, включать вопросы укрепления и детализации правового статуса Каспийского моря с учетом современных реалий, с разработкой механизмов разрешения споров и конфликтных ситуаций. Также чрезвычайно важно решение проблем обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды, где прописываются совместные меры по предотвращению и ликвидации загрязнений (промышленных, нефтяных, бытовых), мониторингу состояния экосистемы, включая биоразнообразие, миграцию видов

и качество воды, разработку программ адаптации к климатическим изменениям и уменьшения их негативного воздействия, рациональное использование природных ресурсов, согласование квот и правил добычи рыбы и других биологических ресурсов, контроль за освоением минеральных и энергетических ресурсов, включая нефть и газ, а также совместные механизмы поощрения внедрения странами Каспийского региона экологически чистых технологий и энергоэффективных решений.

При разработке совместного документа вопросы развития транспортной и логистической инфраструктуры имеют особую значимость, т.к. координация развития портов, судоходства и транспортных коридоров, обеспечение безопасности морского движения и предотвращение аварий являются ключевыми факторами будущего развития, особенно для поддержки проектов, способствующих интеграции регионального рынка.

Научное сотрудничество и обмен данными, учитывающие современные технологии по созданию единых баз данных научных исследований и мониторинга, результаты совместных прошлых настоящих и будущих конференций позволят поддерживать инновационные разработки в области экологии, гидрологии и технологий добычи.

И, конечно, при планировании совместных действий по сохранению экосистемы Каспийского моря важно принимать во внимание планы государств прикаспийского региона по социально-экономическому развитию, развитию туризма с учетом инфраструктурных проектов, программы малых и средних предприятий в сфере морских услуг.

Совместная деятельность прикаспийских государств по разработке нового по форме международного сотрудничества документа позволит выработать и передовые подходы по обеспечению безопасности, противодействию угрозам, совместным мерам по борьбе с нелегальной деятельностью — контрабандой, браконьерством, терроризмом, обмену информацией о потенциальных угрозах и инцидентах, а в плане реализации стратегического документа прописать мероприятия по реагированию на чрезвычайные ситуации. Всесторонний подход к воплощению в жизнь разработанного документа позволит не только координировать

реализацию стратегии с помощью межгосударственного органа с представителями всех стран, но и вести систему мониторинга и отчетности по выполнению мероприятий с регулярным пересмотром, возможно, обновлением стратегии, с учетом новых вызовов.

Такой всесторонний подход позволит обеспечить устойчивое развитие Каспийского региона, сохранить его уникальную природу и повысить уровень благополучия народов прикаспийских государств.

Люшвин П.В.

к.геогр.н., независимый эксперт

Буянова М.О.

д.ю.н., профессор, НИУ ВШЭ

ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЕ МАССОВОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ключевые слова: углеводородные загрязнения, метан, активизация сейсмической деятельности, плотины, попуски, гипоксия, аэробные рыбы.

Keywords: hydrocarbon pollution, methane, activation of seismic activity, dams, launches, hypoxia, aerobic fish.

Введение

Из углеводородных (УВ) загрязнений в настоящей статье рассматриваются УВ, поступающие в Каспийское море с речным стоком, из мягкого осадочного чехла и литосферы. Часть этих явлений частично предсказуема и имеет антропогенную составляющую. Например, годограф речного стока и его особенности регулируются работой плотин и ГЭС. В паводок затапливаются прирусловые болота, при массовых попусках увеличиваются скорости течений, которые размывают обогащенные биогазом илы. Массовые сбросы вод с высоконапорных водохранилищ способны генерировать землетрясения изменением пригрузки водой водохранилищ блоков земной коры. При землетрясениях из илов и через разрывы в литосфере в воду поступают и УВ загрязнения. Добыча УВ также вызывает изменения напряжений в осадочном чехле при которых, как и при нерукотворных землетрясениях из илов и литосферы происходит дефлюидизация УВ. Сейсмическая активность и грязевой вулканизм активизируются в регионе в дни сизигии.

Плотины

Рыбопродуктивность водохранилищ ниже плановой в разы. Причина — суточное и недельное регулирование стока, что вы-

звано пиками загрузки энергосетей — работой ГЭС. За плотиной Волгоградской ГЭС уровень воды ежедневно изменяется $>0,5$ м, по понедельникам >1 м. Зимой подъем достигает 4 м (январь 1967). К Астрахани волна распластывается, амплитуда уменьшается в 3–5 раз. За 3–4 суток распластавшаяся волна достигает дельты, её высота снижается до 0,5 м, на её гребне скорость воды увеличивается на 10–40 см, что значимо для взмучивания богатых биогазом илов. С водами попусков взмученные богатые метаном илы, минуя биофильтр дельты, выплескиваются в море. Тюлени с лежбищ выносятся в море, лед торпедирует буровые вышки (рис. 1) [5].

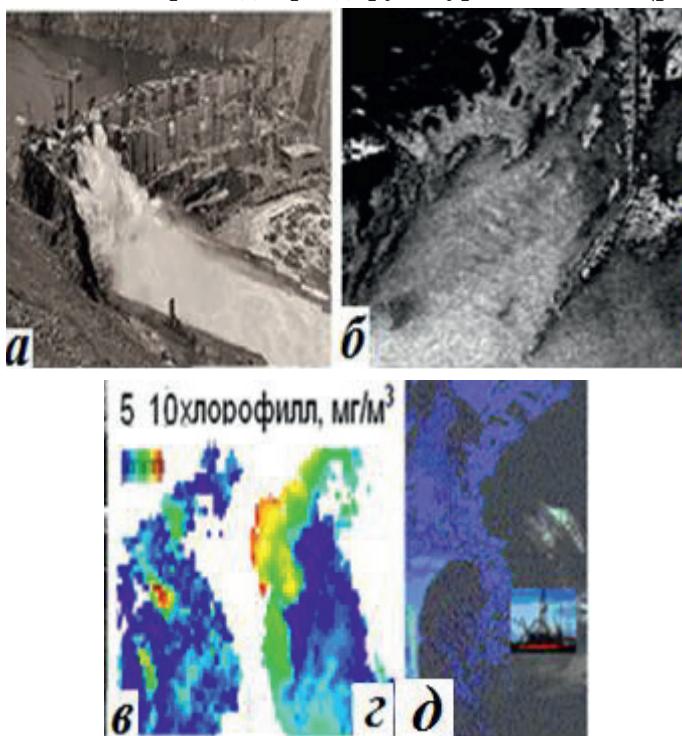


Рис. 1. Фото сброса воды с плотин (а); р/л снимок 14.07.2003 (б), содержание хлорофилла при прохождении стоковых волн 26.04.2000 (в) и разница между макс. и мин. содержанием хлорофилла при прохождении стоковой волны (в; г); снимок льда в Каспии 10.02.2005 (д)

Влекомые весенним паводком илы, обогащенные метаном, оседают при ослаблении руслового течения — на взморье основного волжского рукава Бахтемир. К осени эти загрязнения сносятся в углубления Волжской Бороздины (рис. 2).

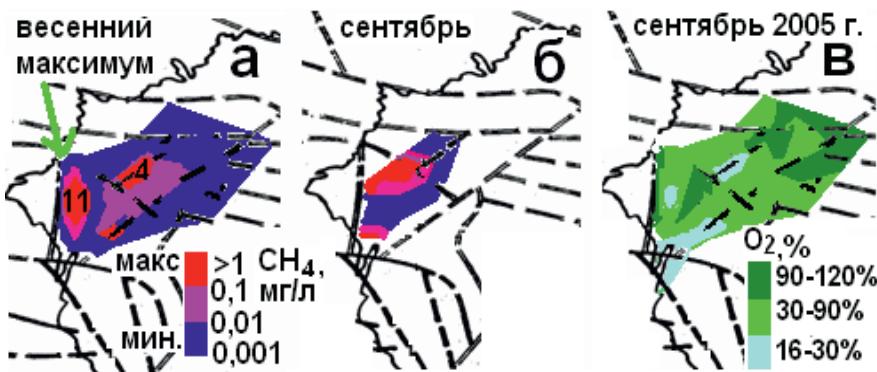


Рис. 2. Содержание CH_4 в морских донных осадках Северного Каспия на схеме разломов земной коры (а — сентябрь, б — весна), содержание O_2 у дна, сентябрь 2005

С неравномерностью попусков (в закрытом днепровском устье) связаны суточные изменения солености воды до 6%. На взморье волжских рукавов изменения достигают 3%. В результате на морскую биоту обрушивается распресненная вода с речной биотой, а через несколько часов — дней с солоноватой водой возвращается морская биота. Каждая из биот, включая мальков рыб и бентос, не может «переждать» возврата своей воды, так как переход солености воды через 5–8% приводит к изменению осмотического давления, несовместимого с ее жизнедеятельностью. В результате этого и концентрации метана на 2–3 порядка выше ПДК (0.01 мг/л) примыкающие к морю части акваторий имеют малое количество кормовых организмов [5, 6].

Массовые сбросы вод с высоконапорной плотины Сулакской ГЭС обусловливают землетрясения [8].

Добыча УВ у Каспийского моря

В бассейне р. Терек рост числа землетрясений в 30-х и 70–80-х XX в. происходил на фоне увеличения добычи нефти. Спад добычи в 40 и 90 XX в. — ослабление сейсмики. Возобновление добычи к 2004–2006 после спада 1998–2000 — вновь активизация сейсмической деятельности с 2006. За одно извержение эмиссия газов составляет от 20 до 500 млн м³. Действующих вулканов в Каспии сотни. До 95% состава газов — СН4. Добыча, даже при нулевом сбросе, ведет к УВ загрязнениям. Эмиссия СН4 через свищи и швы трубопроводов >1% от перекачиваемого газа [3, 4, 6].

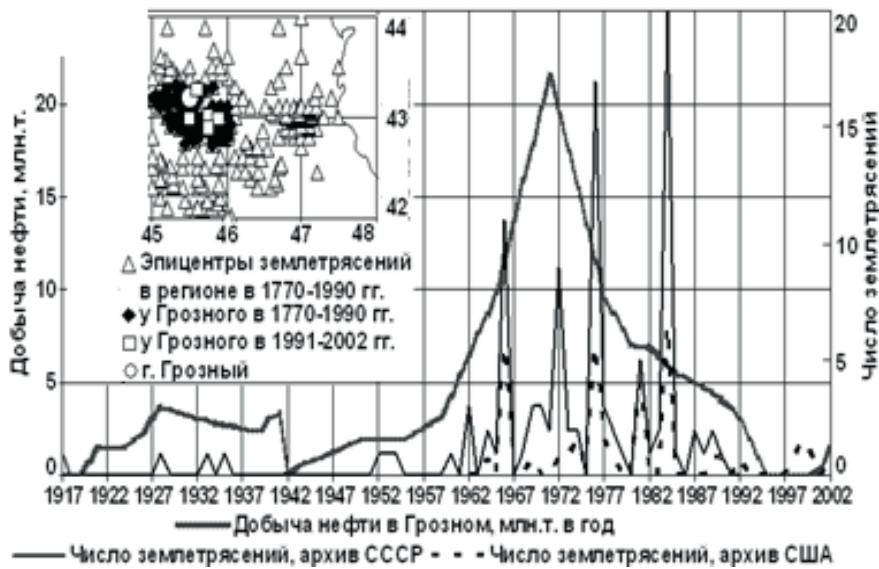


Рис. 2. Добыча нефти на грозненских промыслах и число землетрясений. На врезке эпицентры по каталогам СССР (1770–1990) и США (1991–2002)

В результате терских сейсмовзмучиваний илов растут площади зон в северной части Каспийского моря с пониженным содержанием кислорода у дна (в результате бактериального окисления

метана). Причем дефицит начинается именно от сейсмоактивного терского берега [5, 6].



Рис. 3. Терская сейсмика и площади моря с пониженным содержанием O₂ в августе (а); среднее (1961–1983) O₂% в Северном Каспии в июне–июле, % по данным КаспНИРХа (б)

Грязевые вулканы

В XX веке для иранских и советских ученых был загадочен генезис превышения на порядок величин концентрации предельных УВ в юго-западной части Каспия по сравнению с юго-востоком моря [4, 11]. Хотя было известно о наличии сотен грязевых вулканов на западе региона, однако большинство мористых вулканов считалось морскими геологами не действующими, по крайней мере, в последние 100 лет (рис. 4). Наш анализ радиолокационных данных и концентрации метана и угарного газа в атмосфере дал основание полагать, что значительная часть мористых вулканов на юго-западе моря — действующая. Их дефлюидизацией и объясняется повышенная величина концентрации УВ на юго-западе.

Приведенных материалов оказалось достаточно, чтобы представители научного сообщества океанологов и морских геологов признали выявленные слики в форме завитушек результатом активизации подводного грязевого вулканизма и отличились пла-гиятом [2].

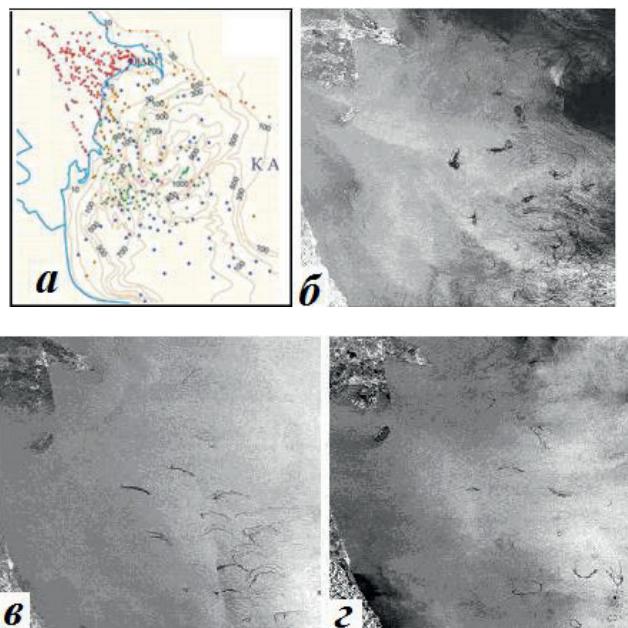


Рис. 4. а — расположение грязевых вулканов в Южно-Каспийском бассейне [1]; б — слики на р/л снимках Envisat в форме полос-завитушек слева — направо: 05.07.2003, 09.08.2003, 15.05.2004.
(а) [4,14]

Извержения грязевых вулканов Азербайджана в 1957–1960, согласно [9] приурочены к сизигиям (рис. 5). Извержения мористых вулканов 2003–2004 также порой на дни предваряли сизигии (рис. 4). За извержением 09.08.2003 полнолуние было 12.08, извержение 15.05.2004 предваряло новолуние 19.05.

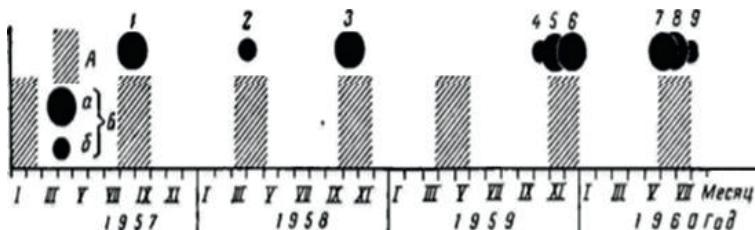


Рис. 5. Сопоставления прогноза 1955 вероятного времени извержений грязевых вулканов Азербайджана с фактическими данными 1957–1960 (а — интенсивные извержения, б — слабые)

Каспийский регион, особенно его юг и запад, сейсмоактивны. Из совместного анализа сейсмических и гидрологических данных на разрезах через Средний и Южный Каспий следует, что учащение землетрясений обусловливает придонную гипоксию (рис. 6).

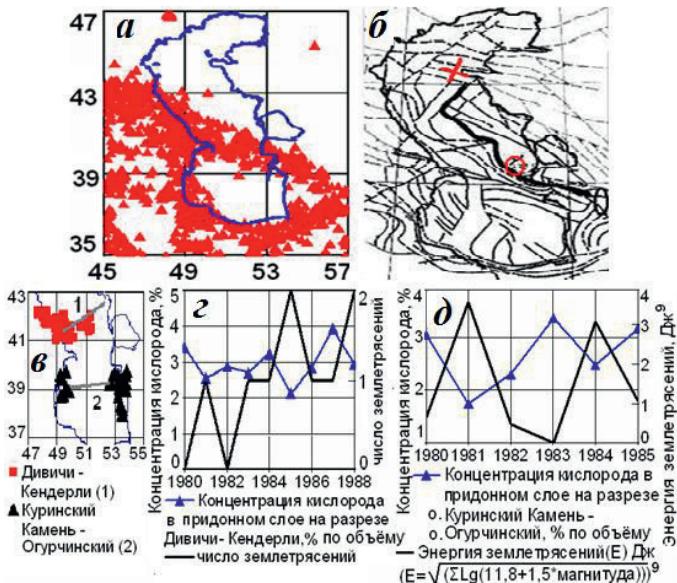


Рис. 6. Эпицентры землетрясений и разломы земной коры в регионе (а, б); эпицентры землетрясений у разрезов через Каспий (в). Сопоставление числа землетрясений с содержанием О₂% у дна в Среднем и Южном Каспии (г, д)

До 60-х гг. ХХ в. число землетрясений у Казбека возрастило в сизигиях и уменьшалось в квадратуру. Аналогично и для Туркмении. В Закавказье сейсмическая деятельность в сизигиях выше, чем в квадратурах в 3,5 раза [9]. По нашим оценкам в конце ХХ и начале XXI вв. была аналогичная тенденция [7].

Воздействие сейсмострессов на аэробную биоту

Воздействие сейсмострессов на аэробную биоту следует из сопоставления воспроизводства самой массовой каспийской рыбы — анчоусовидной кильки (рис. 7). В сейсмоактивные годы её урожайность вдвое ниже, чем в сейсмоспокойные. Величина коэффициента корреляции между численностью сеголеток и числом землетрясений в советский период достигала -0,8 (июньские и последующие землетрясения относили к последующему году). Теснота связи, возможно, была бы еще выше, если бы не нарушения репродуктивных функций, которые заметили, но не связали с сейсмострессами. К тому же общей информации о том, что съемки проводились с июня по июль, недостаточно, так как часть сейсмострессов могла быть ошибочно отнесена к последующему, а не к текущему году. После сейсмоактивных лет более жизнестойкими оказываются самки. В сейсмоактивные годы упитанность кильки падает с обычных в сейсмоспокойные периоды (1995) 0,7% до 0,6%. Через год после активизации зимне-весенних сейсмострессов (2000–2001) упитанность килек с 0,6% возрастает до 0,8%, размеры и вес выходят за отмеченные у Смита $L \rightarrow 15,9$ см. Причина — отсутствие энергозатрат на половые продукты. Использовать в этих рядах более поздние данные затруднительно, поскольку с распадом СССР сократились зоны ответственности российских гидробиологов и сейсмологов.

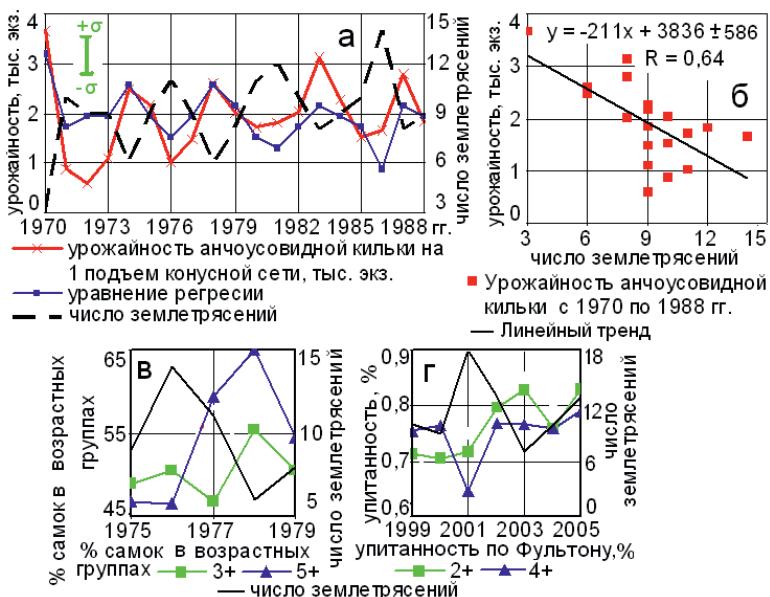


Рис. 7. Соотношение между урожайностью кильки и числом землетрясений (а, б), % самок, упитанность рыб, число землетрясений (в, г)

В куринском регионе в начале 90-х гг. XX века в популяциях сазана, воблы и кутума наблюдались особи младших возрастов, преобладали самцы (рис. 8). К 1998 г. отсутствовала молодь сазана, воблы и кутума. В разы преобладала численность самок кутума и рыбца над самцами, упитанность самок была значительно выше средней. Масса воблы увеличилась, половое соотношение составило 1,5:1 в пользу самок, что не отмечалось в предыдущие годы. Такая упитанность рыб возможна при богатой кормовой базе и отсутствии конкурентов в питании. Отсутствие пополнения постепенно привело к падению уловов сазана, воблы, кутума и кефали в 2÷10 раз по сравнению с началом 90-х гг. К 2001 в популяциях воблы, кутума, кефали и бычков появилась молодь, 90% особей кутума всех возрастов, включая молодь, составляли самцы. Объяснить такое развитие рыбных популяций традиционными

биотическими и абиотическими факторами не удается. Остается только стрессовый сейсмический фактор, вызвавший проблемы с репродукцией и, как следствие, рост упитанности, смещение в половом составе после сейсмоактивного 1995.

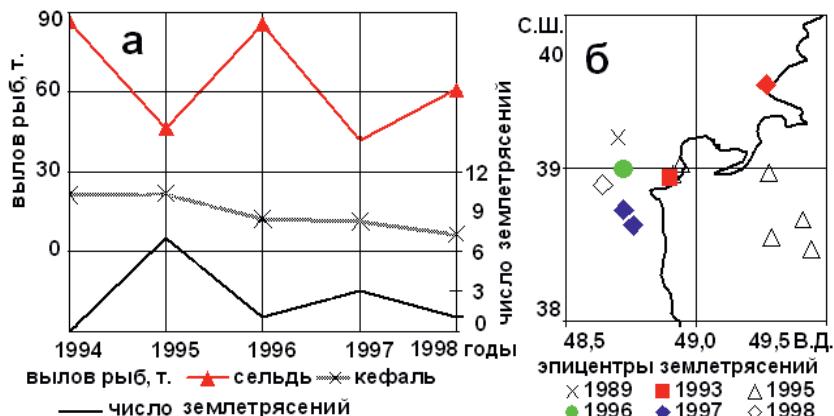


Рис. 8. Сопоставление уловов рыб в Куринском регионе с числом землетрясений (а). Очаги землетрясений с 1989 по 1998 (б)

С 1991 по 1998 г. произошел рост уловов полупроходных рыб в Кизлярском заливе Дагестана в 2 раза. Однако в 1999 уловы рыб (леща, сазана, щуки и воблы) непредсказуемо упали почти в полтора раза (рис. 9). Основная причина — резкое похолодание, «наблюдавшееся в конце ноября — начале декабря 1998. В последующие годы на фоне спада урожайности средний возраст рыб увеличился на 0,5–1,5 года по сравнению с до сейсмоактивными 1994–1998. Причиной рассеивания рыб с января по апрель и с июня по сентябрь 1999 является активизация сейсмической деятельности. Подход рыб к берегу наблюдался только в конце сейсмопокойного мая. Дальнейшее все происходило по «куринскому» сценарию — спад воспроизводства, а затем и уловов аэробных щуки и окуня, рост уловов менее зависимого от аэрации карася.

Аналогична реакция аэробных килек и сельдей в XXI веке на учащение землетрясений в регионе, особенно во время нереста [6, 7].

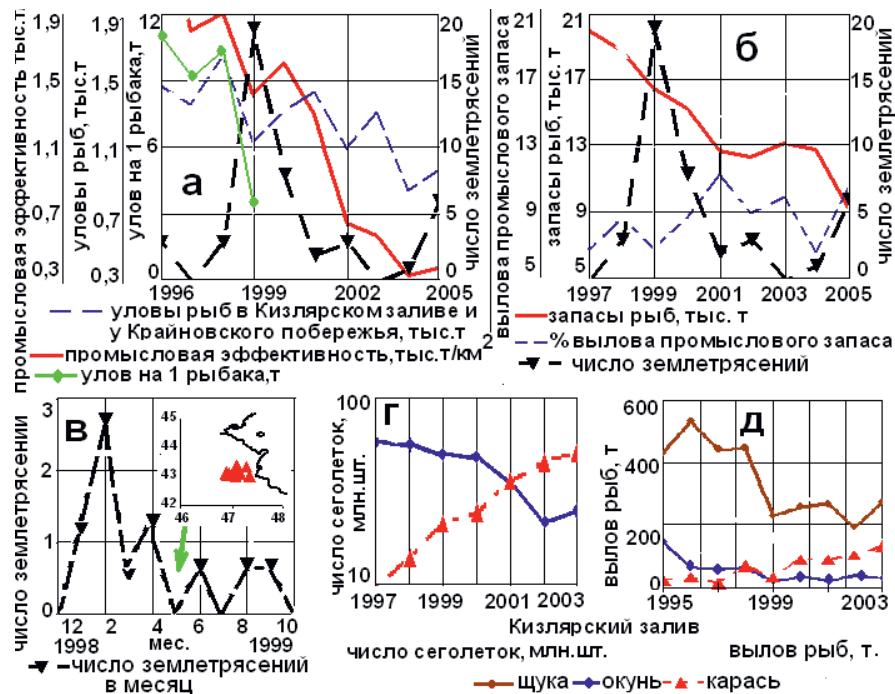


Рис. 9. Сопоставление уловов рыбы в Кизлярском заливе (в том числе на рыбака) и уловов рыбы в Терско-каспийском районе с сейсмической активностью в нижнем течении рек Терека и Сулака (а, б); временной ход землетрясений в терском регионе в 1999 (в); урожайность и выловы рыб (в, г). На врезке эпицентры землетрясений

Выводы

С древности известно, что болотный газ губителен для аэробных рыб. Есть ПДК на CH_4 , но гидробиологам, океанологам и геофизикам не только «запрещено» измерять его концентрацию, но даже и анализировать попутные данные морских геологов о нем. Иначе их парадигмы по рыболовству, льду и климату рухнут. Пример — великое Лиссабонское землетрясение (1 ноября 1755),

которое «разрушило три четверти Лиссабона, мудрецы страны не находили средства более верного, чтобы предотвратить окончательную гибель, как дать народу прекрасное аутодафе. Университет в Коимбре постановил, что зрелище сожжения нескольких человек на малом огне с большою церемонией есть несомненное средство остановить содрогание земли» [12. с. 16] и убило рыбу в море — сейсмогенная гипоксия [10].

Аналогично с потеплением климата. Периодически активизируется сейсмогенная дегазация метана на хребте Гаккеля в Арктике. Бактериальное окисление метана превращает монолитный лед в пористый (о генезисе пористого льда и скорости преобразования монолитного льда в пористый нет сведений в нормативных документах). При торошении на поверхности льда оказываются серые продукты метанотрофии (мертвые бактерии) и взмученный пузырьками газов детрит. Альбедо поверхности льда уменьшается, способствуя его таянию и образованию разводий. Скорейшее таяние льда в разводьях и преобразование их в обширные полыньи обусловлено серыми продуктами метанотрофии и сейсмогенным мелким детритом, что гравитационно медленно осаждаясь из холодного фотического слоя, утончая его, способствует дополнительному инсолиационному прогреву на $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$, освобождению акваторий от льда на месяцы раньше нормы. Зафиксировано это повсеместно от Охотского моря до Арктики и Южного океана. В Арктике активизация сейсмогенной метанотрофии привела к сокращению в разы площади многолетних и паковых льдов [13].

Для минимизации и предвычисления УВ загрязнения целесообразно следующее:

- 1) болотный газ с низовьев Волги поступает с море с взмученной водой энергетических попусков с Волгоградской ГЭС — для минимизации надо разнести по времени энергетические попуски со шлюзовыми, причем экологические попуски максимально осуществлять через шлюзы;
- 2) сгладить сброс вод с водохранилища у Сулакской ГЭС, что генерирует землетрясения;
- 3) при добыче УВ в бассейне Терека происходят изменения напряжений в осадочном чехле, что обусловливают земле-

- трясения — загрязнения УВ. Добыча и транспортировка УВ также сопровождаются потерями — следует ввести налог на обустройство рыборазводных заводов;
- 4) гравитация способствует активизации сейсмической деятельности. В сизигию активизация вулканизма и землетрясения учащаются в разы по сравнению с иными сутками лунного месяца.

Список литературы

1. Алиев А.А. Грязевые вулканы Каспия: характерные особенности проявлений и извержений. — http://seismology.az/journal/adminka/filemanager/files/custom_files/articles/2008/2007/2010/2010-04.pdf
2. Иванов А.Ю., Голубов Б.Н., Затяголова В.В. О нефтегазоносности и разгрузке подземных флюидов в южной части Каспийского моря по данным космической радиолокации // Исследование Земли из космоса. — 2007. — № 2. — С. 62–81.
3. Катунин Д.Н., Седов С.И., Казанкова Э.Р., Люшвин П.В., Лардыгина Е.Г. Ожидаемые последствия добычи углеводородов в северном Каспии для гидробионтов. Материалы IV международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений». 11–13 октября 2011 г. Астрахань. — Астрахань: КаспНИРХ, 2011. — С. 113–121.
4. Люшвин П.В., Егоров С.Н., Сапожников В.В. «Каспийский казан» // ARCREVIEW, ДАТА+. — 2006. — № 1 (36). — С. 20.
5. Люшвин П.В. Регламентация работы ГЭС с целью исключения суточных попусков. Рыбохозяйственные проблемы строительства и эксплуатации плотин и пути их решения. — М.: WWF Россия, 2010. — С. 93–100. — <http://www.myshared.ru/slides/540235/>
6. Люшвин П.В. Заклепки на науках о Земле. Результат возведения парадигм в статус аксиом в геофизике и гидробиологии. — М., 2016. — 147 с. — https://nadisa.org/wp-content/files/lyushvin_book.pdf
7. Люшвин П.В. Природные и антропогенные стрессы для каспийской биоты // Конференция «Каспийский тюлень: индикатор состояния каспийской экосистемы», Махачкала, 12–14 ноября 2024. — <http://www.dncran.ru/News/details?id=2912>

8. *Марчук А.Н., Дурчева В.Н., Савич А.И., Малышев Л.И., Радкевич Д.Б.* Способ прогноза землетрясений. Патент РФ 2068185.
9. *Нестеренко П.Г., Ставас М.В.* Гравитация и сейсмичность. –http://neotec.ginras.ru/comrus/_nesterenko-p-g-i-dr-1963-gravitaciya-i-seysmichnost.pdf
10. *Ромэ Э.* Землетрясения. — М., 1934. — 209 с.
11. *Сапожников В.В., Катунин Д.Н.* Комплексные исследования экосистемы Южного Каспия (сезонные съемки на научно-исследовательском судне «Гилян» сентябрь 1997 г., февраль 1996 г.) // Океанология. — 1997. — Т. 37, № 1. — С. 152–154.
12. *Тронин А.А.* Каталог термальных и атмосферных явлений при землетрясениях. — СПб., 2011. — 261 с.
13. *Lyushvin P.V., Buyanova M.O.* Development of Ice Cover in Water Areas during Methane // International Journal of Geosciences. — 2021. — Vol. 12, N 9. — P. 927-940. — <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=112301>
14. <http://muis-env.esrin.esa.it/geteolisa/manual.html>

PhD, руководитель Лаборатории региональных климатических изменений,
Институт географии и водной безопасности, Алматы

КАСПИЙСКИЕ ТЮЛЕНИ НА ЛЬДУ: МОНИТОРИНГ И СОХРАНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Ключевые слова: Каспийское море, изменение климата, ледовый режим, популяция Каспийского тюленя, уровень моря, толщина льда.

Keywords: Caspian Sea, climate change, ice regime, Caspian seal population, sea level, ice thickness.

Введение

Прикаспийский регион представляет собой уникальную природную систему, в которой климатические, гидрологические и экологические факторы взаимодействуют в сложной взаимосвязи. Одним из основных климатических показателей, влияющих на ледовый режим Каспийского моря, является температура воздуха в холодный сезон, а именно сумма отрицательных температур. Ледовая обстановка на море играет значимую роль в его природном балансе, функционировании экосистемы и хозяйственной деятельности человека.

В настоящее время экосистемы в Северо-Восточной части акватории Каспийского моря претерпевают ряд негативных изменений. Причины, их вызывающие, имеют как естественный характер, так и антропогенный.

Продолжающее падение уровня Каспийского моря влияет на многие острова и вызывает их присоединение к материку, например острова Дурнева, мелкие острова в восточной части Тюленьего архипелага. Также высыхают и превращаются в пустыню внутренние плёсы крупных островов, таких как Морской, Подгорный, Новый западный. Появляется много новых намывных кос и шалыг, что является и положительным фактором для тюленей.

Изменение климата, приводящее к сокращению акватории, изменению режима ледовой обстановки на акватории Северного Каспия, приводит к сокращению мест размножения и линьки каспийского тюленя и отрицательно сказывается на выживаемости потомства. Продолжающаяся регрессия Каспийского моря в настоящее время привела к тому, что места весенне-осенних залежек тюленей в Комсомольском заливе утрачены и звери переместились к северо-востоку на вновь образовывающие Ремонтные шалыги и мелкие Новые острова Дурнева, расположенные севернее и южнее Северо-Каспийского морского канала. Необходимо отметить, что в рассматриваемом районе тюлени образуют лежбища и на искусственных островах вдоль канала [1–3].

Целями исследования послужили оценки перспектив изменения толщины ледового покрова Северного Каспия до конца XXI века на основе климатического сценария BCC-CSM2-MR [4–7], входящего в состав проекта CMIP6, с акцентом на декадные тренды и возможные климатические риски, а также представление рекомендаций по сохранению популяции каспийского тюленя.

Исходная информация и метод исследования

Для оценки возможных изменений толщины льда использовались данные климатической модели BCC-CSM2-MR, а также фактические наблюденные значения температуры воздуха за период 1961–2023 гг. и толщины льда на станциях Северного и Среднего Каспия за аналогичный период. По эмпирической зависимости между суммами отрицательных температур и толщиной льда было получено распределение толщины на перспективу.

Результаты исследования

Современные климатические изменения, проявляющиеся в ускоренном таянии льда и сокращении периода устойчивого ледового покрова, требуют пристального внимания. Особенно это актуально в связи с тем, что каспийский тюлень — эндемичный вид — размножается и отдыхает на ледяных полях. Поэтому

прогнозирование изменений термического и ледового режимов имеет особое значение для будущего региона. Формирование и развитие ледяного покрова напрямую связаны с температурными условиями осени и зимы. В условиях глобального потепления происходят значительные сдвиги в сезонности, продолжительности и интенсивности морозных периодов, что требует научного анализа и точного прогноза [8–9].

Северная часть Каспийского моря мелководная и ежегодно покрывается льдом. В центральной части лед формируется лишь в условиях суровых зим, а в южной части замерзание не наблюдается вовсе. Ледовый период в Северном Каспии продолжается, как правило, с ноября по март. Образование устойчивого припая происходит севернее линии островов Чечень — Кулалы. В холодные и экстремально холодные зимы припай может распространяться до изобаты 20 метров. Начальные ледовые явления, как правило, фиксируются в мелководных восточных районах. В тёплые зимы ледостав может быть неустойчивым или вовсе отсутствовать. Разрушение ледяного покрова и очищение акватории от льда начинается в марте. Средняя продолжительность периода со льдом в этом регионе составляет около 150 суток. Средняя многолетняя толщина льда в Северном Каспии колеблется от 25–30 до 60 см, однако в условиях суровых зим может достигать более метра. При наслаждении льда его общая толщина возрастает до 2–3 м [10–14].

Оценка изменения термического режима Северной акватории Каспийского моря проводилась на основе данных станций и постов Казахстана и России за продолжительный период наблюдений. Выполнен статистический анализ средней месячной, сезонной и годовой температуры воздуха и ее распределения над акваторией моря за два тридцатилетних периода: 1961–1990 гг., 1991–2020 гг.

Оценка изменения температуры воздуха проводилась несколькими методами:

- путем сравнения средних многолетних значений за два последовательных периода 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.;
- проверка статистической значимости разницы в значениях средних температур за два периода (1991–2020 гг.).

относительно 1961–1990 гг.) проводилась с использованием t-критерия Стьюдента, при уровне значимости $\alpha=0,05$. Существенность вклада трендовой составляющей в общую дисперсию временного ряда температуры воздуха оценивалась с помощью коэффициента детерминации (D). Если коэффициент детерминации более 5%, тренд принят как значимый.

В табл. 1 представлены коэффициенты линейного тренда, характеризующие среднюю скорость изменения температуры воздуха по месяцам за период 1991–2020 гг., и ее статистическая значимость рассчитана по f-критерию Фишера. Статистически значимые значения линейного тренда выделены жирным шрифтом.

Таблица 1

Коэффициент линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) температуры воздуха по станциям на акватории Каспийского моря за период 1991–2020 гг.

Станция	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Северная акватория												
Северо-восточная часть												
Атырау	-0,11	0,74	1,48	0,19	1,42	0,98	1,08	1,06	0,8	0,15	0,52	0,68
Пешной	-0,32	0,52	1,37	0,07	1,02	0,41	0,44	0,28	0,05	-0,59	0,02	0,39
Кулалы остров	-0,37	0,39	1,01	0	1,07	0,9	0,62	0,43	0,6	0,1	0,34	0,28
Северо-западная часть												
Астрахань	-0,11	0,66	1,01	0,2	1,17	1,02	0,87	0,91	0,73	0,17	0,48	0,86
Лагань	-0,01	0,71	0,98	0,04	0,9	0,87	0,66	0,64	0,49	0,03	0,45	0,97
Тюлений	0,17	0,7	0,67	0,1	0,9	0,83	0,58	0,36	0,65	-0,01	0,25	0,87

В зимний период тренды температуры воздуха положительны, где статистически значимые значения отмечаются в западной части средней акватории моря и составляют $0,55\text{--}0,80^{\circ}\text{C}/10$ лет. Наибольшая скорость роста температуры воздуха отмечается в весенне-летний период и составляет $0,36\text{--}1,04^{\circ}\text{C}/10$ лет, так же является статистически значимой. Интенсивное повышение температуры за весенний и летний период в 1991–2020 гг. отмечается в северной части Каспийского моря (МС Атырау $1,03^{\circ}\text{C}/10$ лет). Для теплого периода года, а именно с мая по сентябрь, характерно усиление тенденции к повышению температуры воздуха в последнее тридцатилетие. Осенью наблюдается как отрицательный, так и положительный тренд.

Временной ход толщины льда представлен на рис. 1.

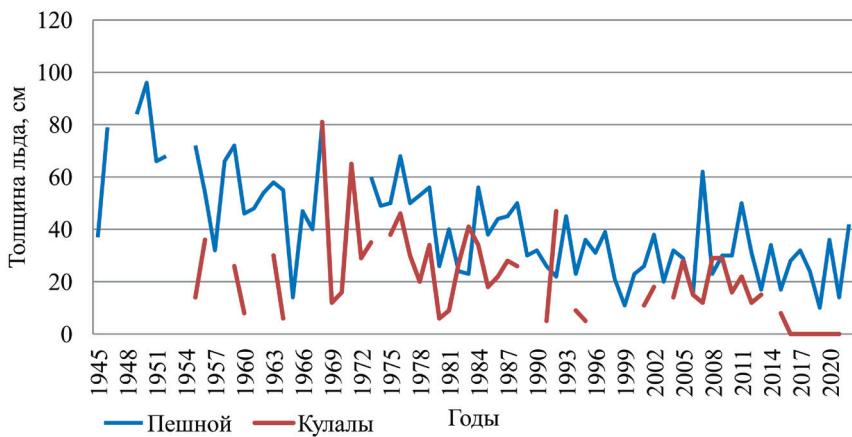


Рис. 1. Толщина льда на станциях Пешной и о. Куалалы

Максимальная толщина льда на посту Пешной составляла 107 см в 1953 г., а на о. Куалалы 73 см в 1953 г. Минимальная толщина льда наблюдалась посту Пешной составила 10 см в 2019 г., на станции о. Куалалы наблюдалась минимальная толщина льда 1 см в 1990, 1996, 1998, 2003 гг.

Можно заметить, что, начиная с 1990-х годов, толщина льда на рассматриваемых станциях становится заметно меньше, чем

было ранее. Это связано с изменением климата в сторону потепления. Средняя температура воздуха претерпевает изменения в последние десятилетия. Сумма отрицательных температур воздуха как основного фактора формирования ледового покрова [15–16] становится меньше.

Согласно климатическому сценарию, в будущем будет наблюдаться дальнейший рост температуры воздуха, а соответственно сумма отрицательных температур будет меньше, что имеет непосредственное воздействие на формирование ледового покрова. Тем самым толщины льда в будущем будет значительно меньше в сравнении с современным периодом [15].

Моделирование показало устойчивую тенденцию к снижению средней максимальной толщины ледяного покрова в зимний период. В 2020-х годах средняя толщина составляла порядка 62 см, в 2030-х — 53–56 см, в 2050-х — около 45 см, а в 2060-х достигает минимума в 37 см. К 2090-м годам наблюдается стабилизация около отметки 43 см.

Диаграмма на рис. 2 демонстрирует декадное снижение толщины льда, что свидетельствует о прогрессирующем потеплении и сокращении продолжительности ледового периода.

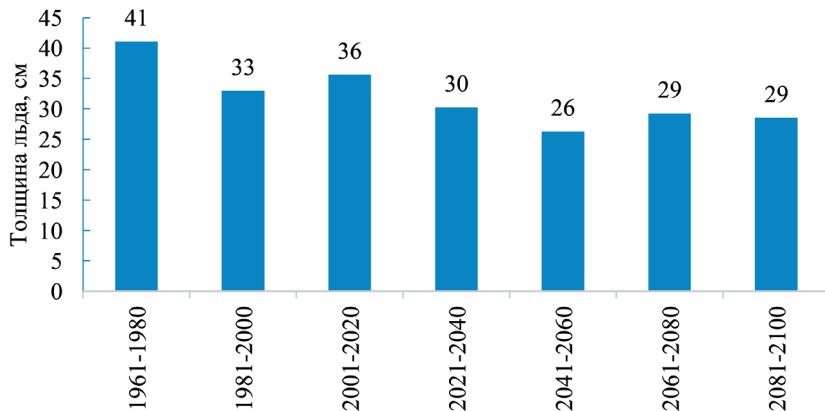


Рис. 2. Распределение средней максимальной толщины льда на посту Пешной

Распределение и плотность популяции тюленей на льду в разные годы неоднородны и зависят от сформированного ледового покрова, покрывающего морские воды, с глубинами не менее 2 м., типа льда и доступа к воде (трещины или заводи на льду). Тюленей можно также встретить и на дрейфующих льдинах, образующихся на окраине сплошных ледяных полей. Под действием ветра льдины с тюленями и щенками могут дрейфовать в любом направлении. В зимний период 2005 г. количество щенков составило приблизительно 21 тыс. особей, а общая численность популяции — больше 100 тыс. особей, (за прошедшее столетие численность сократилась на 90%) [17–19]. Так, например, зимний период 2011–2012 гг. был суровый, замерзла даже акватория Среднего Каспия, на станциях Форт-Шевченко и Актау был установлен устойчивый ледовый покров (рис. 3–4). Для тюлений это более благоприятные условия. Каспийский тюлень принадлежит к пагофильной (льдолюбивой) группе; его размножение, выкармливание детенышей, спаривание и линька происходит на льдах Северного Каспия в январе–марте.

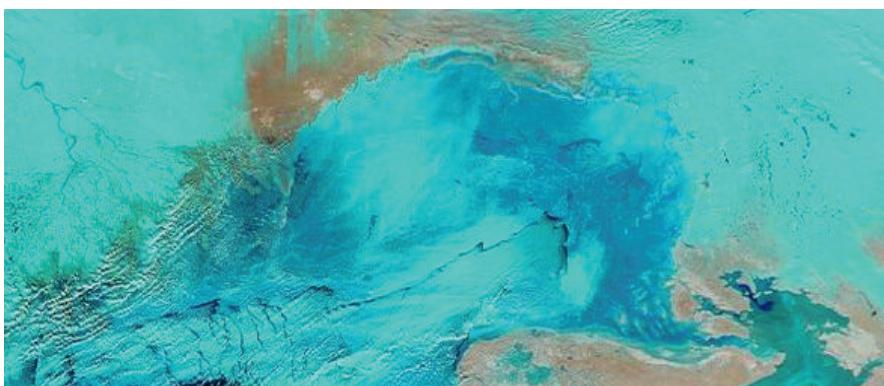


Рис. 3. Космический снимок ледовой обстановки на море проекта «MODIS Rapid Response Project at NAGA/GSFC» 24 января 2012 года



Рис. 4. Динамика изменения площади льда на Каспийском море (тыс. кв. км) (по данным ФГБУ НИЦ «Планета») в зимний период 2011–2012 гг.

В период между 2005–2006 и 2007–2008 гг. наблюдался дальнейший спад численности щенков (60%) и популяции взрослых особей (30%) на поверхности льда [17–19]. Рождаемость каспийского тюленя в 2009–2010 гг. оценивалась в 15 и 7 тыс. щенков.

Анализ данных за 2012, 2020, 2021 и 2022 годы показал увеличение численности воспроизводства щенков в 2022 г. на 25,7% в сравнении с данными 2012 и на 7,5% в сравнении с данными 2021 года. Расчетная общая численность тюленей на ледовом поле в 2021 г., с учетом нижней границы приплода, составила 302,016 тыс. особей, зимой 2022 г. — 311,381 тыс. особей тюленя.

Безусловно, численность тюленей зависит от множества факторов, климат — это один из этих факторов. Как показал результат моделирования изменения средней температуры воздуха, а с ней и толщины льда до конца столетия, ситуация для устраивания лежбищ и рождения детенышней не совсем благоприятная. Стоит уже сейчас предпринимать меры по сохранению численности животных. Биологической основой решения этой актуальной задачи является ежегодный системный мониторинг численности и сезонного размещения его группировок, создания мест покоя. Создание особо охраняемой природной территории позволит

существенно ограничить и частично исключить негативные изменения, вызванные антропогенной деятельностью человека. Учитывая то обстоятельство, что территория, которую можно рекомендовать для организации особо охраняемой природной территории, в которой будет обеспечиваться сохранение мест обитания тюленя, расположена в пределах Государственной заповедной зоны в северной части Каспийского моря, создаваемая ООПТ должна иметь более высокий статус (государственная заповедная зона юридического статуса не имеет) [17–19].

Заключение

Уменьшение толщины льда влечёт за собой экологические, инфраструктурные и социально-экономические последствия. Полученные оценки подчеркивают необходимость учета климатических сценариев в долгосрочном планировании и управлении прибрежной зоной.

Согласно сценарию BCC-CSM2-MR (CMIP6) в зимний период на всей акваторией моря фиксируются положительные тренды температуры воздуха, скорость возрастания составляет 0,55–0,80 °C/10 лет.

Толщины льда к середине XXI века будут меньше по сравнению с современным периодом, снижение составит до 30 %.

Рекомендуется предпринимать меры по сохранению численности тюленей в виде обеспечения сохранности мест обитания от антропогенного воздействия, ежегодный мониторинг и исследования. Необходим комплексный подход. Прежде всего это борьба с загрязнением окружающей среды, особенно отходами промышленности, разливами нефти, а также регулирование судоходства и рыбного промысла. Нередко животные могут погибнуть в рыболовецких сетях, от нефтяных разливов. Рекомендуется создание и расширение охраняемых территорий. Установка и эффективное управление морскими и прибрежными природоохранными зонами, которые служат убежищами для тюленей, особенно в уязвимые периоды их жизненного цикла важны в условиях таяния льда.

Список литературы

1. Бухарин П.И., Болдырев Б.Ю., Новиков В.И. Комплексная система гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания, портов и транспортных комплексов на Каспийском море. — Астрахань, 2014. — 319 с.
2. Баймukanov M. История промысла и исследований каспийского тюленя // Экологический курьер. — 2017. — № 1 (595).
3. Лобанов В.А., Наурузбаева Ж.К. Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия. Монография — СПб.: РГГМУ, 2021. — 140 с. — http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_f9fc95690a374fa38903ed7cdd3be28b.pdf
4. Climate Change 2021. The Physical Science Basis. — 2021. — 40 p. Eyring V. et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // Geoscientific Model Development. — 2016. — Vol. 9, N 5.
5. Zhang Y. et al. Description and evaluation of BCC-CSM2-MR. — 2019.
6. Наурузбаева Ж.К., Монкаева Г.Е., Жунисова М.А., Рахматулла Н.Е., Еркинова Г.А. Ожидаемые изменения температуры воздуха и осадков по климатической модели BCC-CSM1-2 для бассейна реки Сырдария // География и водные ресурсы. — 2025. — № 1. — С. 109–124. <https://doi.org/10.55764/2957-9856/2025-1-109-124.11>
7. Kholoptsev, A.V., Naurozbayeva, Z.K. The Northern Caspian Levels and Its Ice Regime Changing During Current Climate Warming // Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. — 2022. — P. 133-146. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-99504-1>
8. Баймukanов М.Т., Жданко Л.А., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж., Жаркенов Д.К. Рекомендация по созданию особо охраняемой природной территории для сохранения каспийского тюленя (*Pusa caspica*). — Алматы, 2017. — 15 с.
9. Агаев А.А., Мусаев Э.А. Ледовые условия Каспийского моря. — М.: Наука, 2005. — 234 с.
10. Гидрометеорологические условия Каспийского моря. Вып. 3. — СПб.: ГГИ, 2010. — 178 с.

11. *Казаков Ю.А., Петренко И.В.* Морской лед Каспия: структура, динамика и влияние на экосистему // Вестник РАН. — 2012. — № 4. — С. 48–57.
12. Ледовый атлас Каспийского моря. — М.: Гидрометеоиздат, 1999. — 160 с.
13. *Власов Д.Д., Котова Н.П.* Изменения ледового режима Каспийского моря // Метеорология и гидрология. — 2018.
14. *Лобанов В.А., Наурозбаева Ж.К.* О возможных изменениях толщины морского льда в Каспийском море в текущем столетии. // Гидрометеорология и экология. Ученые записки РГГМУ. — 2021. — № 62. — С. 75–95. DOI:10.33933/2074-2762-2021-62-75-95
15. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз / Под ред. Нестерова Е.С. — М.: Триада ЛТД, 2016. — 378 с.
16. *Баймukanov M.T., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж., Жданко Л.А., Баймуканова А.М.* Рекомендации по мерам снижения антропогенного воздействия на популяцию каспийского тюленя (*Pusa caspica*). — Алматы, 2017. — 17 с.
17. *Баймukanов М.Т., Баймukanова А.М., Баймukanов Т.Т., Исбеков К.Б., Дауненев Е.С., Рыскулов С.Е.* Результаты учета численности каспийских тюленей (*Pusa caspica*) на островных залежках в казахстанской зоне Каспийского моря в 2015–2018 гг. // Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов. — М., 2020. — Т. 2. — С. 48–59.
18. *Баймukanов М.Т.* О влиянии изменения климата и регрессии Каспийского моря на распределение и численность каспийского тюленя (*Pusa caspica*) // Материалы Международной научной конференции «Изменение климата в регионе Каспийского моря». — 2022. — С. 172–174.

Пастухов Б.В.

с.н.с. Института глобального климата и экологии

ofmpbv@mail.ru

Парамонов С.Г.

в.н.с. Института глобального климата и экологии

Бурцева Л.В.

главный специалист Института глобального климата и экологии

Александрова М.С.

н.с. Института глобального климата и экологии

**СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
В НИЖНЕЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
НАБЛЮДЕНИЙ НА СТАНЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ФОНОВОГО
МОНИТОРИНГА АСТРАХАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА¹**

Ключевые слова: фоновый мониторинг, загрязняющие вещества, концентрация.

Keywords: background monitoring, pollutants, environment, concentration.

Введение

В последние годы резко ухудшаются условия для воспроизведения рыбных ресурсов и качество водной среды в устьевой области р. Волга и поверхностных водах северной части Каспийского моря. Современные проблемы состояния загрязнения устьевой части р. Волга достаточно полно рассматриваются во многих работах [1, 2, 3].

¹ Авторы выражают благодарность сотрудникам Астраханского государственного биосферного заповедника и лично Литвинову К.В. за помощь в организации и проведении дополнительных отборов проб и исследований.

Работа выполнена в рамках темы 4.5 НИОКТР регистрационный номер 125031703848-8 «Развитие и модернизация методов и технологий комплексного фонового мониторинга и комплексной оценки состояния и загрязнения окружающей среды РФ и ее динамики (по интегрированным результатам сетей мониторинга Росгидромета)».

Основными источниками информации о состоянии загрязнения водных объектов р. Волга являются режимные наблюдения, осуществляемые оперативно-производственными подразделениями Росгидромета. В нижней части устьевой зоны р. Волга они в основном расположены на ее основном русле выше и ниже г. Астрахань и в небольшом количестве в ее нижележащих рукавах. Измерений загрязнения атмосферных осадков и атмосферного воздуха в дельте Росгидромет не проводит, и доступная информация об этом отсутствует.

Большинство из публикуемых материалов основываются на результатах измерений концентраций различных загрязняющих веществ в отфильтрованных пробах поверхностных вод (ПВ), что принято на сети наблюдений Росгидромета. Вместе с тем, исследованиями показано, что доля сорбированной на взвесях составляющей может доходить до 50 и более процентов от общей концентрации загрязняющих веществ в воде и зависит от сезона и других факторов [4, 5].

Основными источниками загрязнения дельтовой части р. Волга и акватории Каспийского моря могут служить атмосферный перенос загрязненных воздушных масс, атмосферные осадки и сбросы загрязнений в поверхностные воды.

С целью изучения состояния загрязнения различных объектов природной среды в дельте реки Волга и прослеживания возможных тенденций ее изменения, в 1987 году на территории Дамчикского кордона Астраханского государственного природного биосферного заповедника (Астраханский БЗ) была организована станция комплексного фонового мониторинга (КФМ) «Дамчик». В программу ее работ входили регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, атмосферных осадков, почвы, растительности и поверхностных вод. Во всех средах измерялись концентрации приоритетных тяжелых металлов (свинец, кадмий, медь, ртуть), стойких хлорорганических пестицидов: ДДТ и ГХЦГ (ХОП) и некоторых полиароматических углеводородов: 3,4-бензпирен и 1,12-бензперилен (ПАУ). В атмосферном воздухе также измерялись концентрации взвешенных частиц, сульфатов, сероводорода, диоксидов серы и азота. Программа работ станции КФМ представлена в табл. 1, методики измерений —

в работах [6, 7], а результаты наблюдений публикуются в ежегодниках «Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ» [11].

Таблица 1

Программа работ станции комплексного фонового мониторинга «Дамчик» Астраханского БЗ

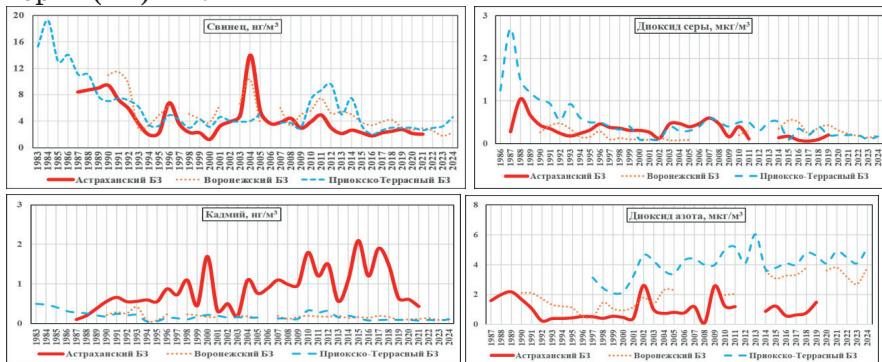
Природная среда	Определяемые параметры	Режим наблюдений
Атмосферный воздух на высоте 2 м от поверхности Земли	Тяжелые металлы (Pb, Cd,), диоксиды серы и азота, сероводород, сульфаты, взвешенные частицы, ХОП, ПАУ	10-30 среднесуточных проб в месяц
Атмосферные осадки	Pb, Cd, Cu, Hg, ХОП, ПАУ	Среднемесячные пробы
Поверхностные воды	Pb, Cd, Cu, Hg, ХОП, ПАУ	Ежегодно в основные фазы гидрологического режима
Почва и растительность	Pb, Cd, Cu, ХОП, ПАУ	1 раз в 2 года
Гидрологические наблюдения	Уровни и температура воды на протоках Бысткая и Обжорова	Основные фазы гидрологического режима.

Астраханский БЗ в дельте р. Волга имеет 3 участка. Западный — Дамчикский, восточный — Обжоровский и средний — Трехизбинский. Схема размещения участков Астраханского БЗ в дельте р. Волга показана на рис. 1. Основные наблюдения проводятся на Дамчикском участке, а поверхностные воды дополнительно еще и на Обжоровском. Результаты наблюдений по отдельным природным средам рассмотрены ниже.



Рис. 1. Расположение Астраханского БЗ в дельте Волги и пункты отбора проб воды (1–10)

На рис. 2 показаны графики изменения среднегодовых значений концентраций некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на станции КФМ «Дамчик» Астраханского БЗ за весь период наблюдений в сравнении с результатами, наблюденными на других станциях, расположенных на европейской территории (ЕТ) РФ.



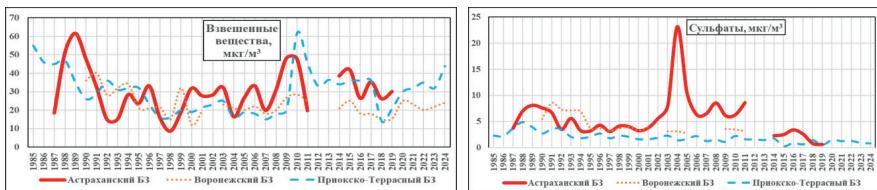


Рис. 2. Изменение концентраций изучаемых химических веществ в атмосферном воздухе Астраханского БЗ в сравнении с другими станциями на ЕТ РФ в 2001–2022 гг.

На графиках даны среднегодовые значения медианы как наиболее устойчивой статистической характеристики рядов. Из рис. 2 видно, что среднегодовые концентрации большинства рассматриваемых химических веществ на всех станциях КФМ низкие и соизмеримы, за исключением кадмия и взвешенных частиц, концентрации которых в воздухе на территории Астраханского БЗ выше.

В табл. 2 представлены цифровые значения средних и диапазоны изменения разовых концентраций этих веществ в воздухе на станции «Дамчик» за период с 2014 по 2021 годы. Они показывают, что наиболее высокие концентрации с превышением ПДК с.с. в воздухе отмечались только для взвешенных частиц.

Таблица 2

Статистики средних за период 2014–2021 гг. концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на станции «Дамчик» Астраханского БЗ.

Вещество, единица измерения	ПДК с.с	Ср. арифм.	Диапазон разовых концентраций	Ср. геом.	Ст. откл.
Pb, нг/м ³	300	4,24	0,005 — 7,5	2,42	7,5
Cd, нг/м ³	300	1,66	0,0005 — 20	1,10	1,7
SO ₂ , мкг/м ³	50	0,16	0,005 — 1,3	0,12	0,13
NO ₂ , мкг/м ³	40	1,12	0,03 — 9,1	0,84	0,82
SO ₄ , мкг/м ³	—	3,21	0,005 — 39	2,0	3,57
Взвеш. частицы, мкг/м ³	150	42,3	1,3 — 422	24,6	39,2

По остальным веществам как средние, так и разовые концентрации были существенно ниже. Отдельные случаи превышения значений ПДК с.с. в воздухе по взвешенным частицам были связаны со случаями степных пожаров и пыльных бурь.

Атмосферные осадки

На рис. 3 представлена динамика изменения среднегодовых средневзвешенных концентраций свинца, кадмия (на графике — в логарифмическом масштабе), меди и ртути в атмосферных осадках (АО) на станции Дамчик Астраханского БЗ в сравнении с результатами на станциях КФМ ЕТ РФ — в Приокско-Террасном и Воронежском БЗ.

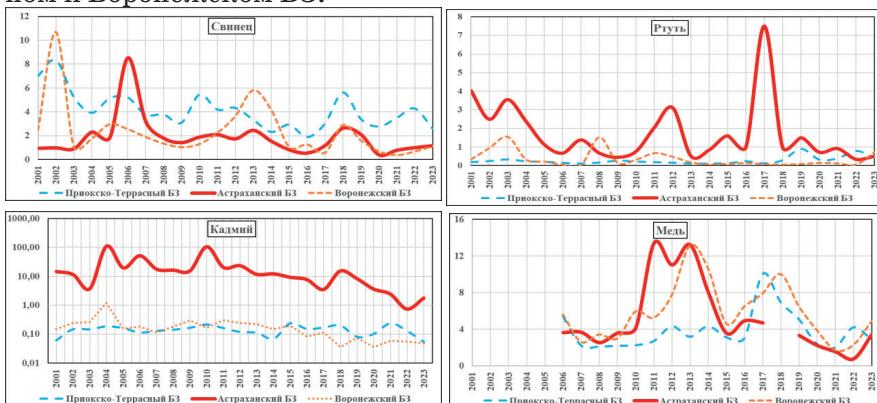


Рис. 3. Изменение среднегодовых средневзвешенных концентраций тяжелых металлов в атмосферных осадках на станциях КФМ ЕТ РФ (мкг/дм³)

Из рис. 3 видно, что уровень среднегодовых концентраций свинца и меди на всей ЕТ РФ близкий. Однако концентрации кадмия и ртути в АО на территории Астраханского БЗ существенно выше.

Среднегодовые концентрации кадмия в АО на территории Астраханского БЗ были на 2–3 порядка выше, чем на других станциях КФМ и достигали 110 мкг/дм³. При этом среднемесячные концентрации доходили до 640 мкг/дм³ (июль 2004 г.).

Диапазон изменения среднегодовых концентраций ртути в АО. изменялся от 0,4 до 7,6 мкг/дм³ и, как правило, в летний период года был выше, чем зимой.

Измерения концентраций ХОП и ПАУ показали, что их концентрации в атмосферных осадках всегда были низкие и в большей части проб — ниже предела обнаружения метода анализа (0,2 нг/дм³).

Для атмосферных осадков значения ПДК не установлены. Среднее годовое количество атмосферных осадков за период 2001–2021 гг. на станции КФМ «Дамчик» изменялось от 83 до 331 мм при среднем значении около 250 мм. Если сравнивать концентрации металлов в осадках с нормативами ПДК для поверхностных вод, то практически все среднегодовые концентрации ртути, кадмия и меди будут существенно выше значений ПДК р.х. Учитывая, что в атмосферном воздухе концентрации этих металлов низкие, возникает вопрос об их происхождении в атмосферных осадках.

В качестве эксперимента, с 2015 по 2023 гг., в осенний период на станции «Дамчик» проводились отборы проб утренних рос, сконденсировавшихся на поверхности осадкосборников. Измерения показали, что в большинстве случаев концентрации ртути в этих росах существенно превышали значения ПДК р.х. Причины данного явления установлены не были. В поверхностных водах протоки Быстрая, протекающей в 10 м от станции, в это же время концентрации ртути были низкими.

Поверхностные воды

В соответствии с принятой на сети станций КФМ методикой, определение всех химических веществ в ПВ осуществляется из нефильтрованных проб поверхностного (5–10 см) слоя воды. Таким образом, получаемые значения концентрации объединяют как водорастворимые, так и сорбированные на взвесях фракции химических веществ.

На станции КФМ «Дамчик» наблюдения за загрязнением ПВ начались в 1987 году и выполнялись по 6 раз в год одновременно на 2 протоках — Быстрая, протекающей рядом со станцией и яв-

ляющейся одним из рукавов Старой Волги, и в верховьях протоки Коклюй, впадающей в Быструю справа, в 2 км ниже по течению.

Измерения металлов, а особенно ртути и кадмия в ПВ в первые годы наблюдений на Дамчикском участке показали значительную изменчивость величины их концентрации с частыми случаями превышений ПДК. Для выяснения причин такой вариабильности и набора статистических данных в период с 2005 по 2008 гг. на протоке Быстрая был организован учащенный отбор проб поверхностных вод (каждые 10 дней). Полученные результаты (табл. 3) показали, что в течение всего периода наблюдений в ПВ отмечалось постоянное превышение значений ПДК р.х по концентрации ртути, в том числе до 16 случаев в год с 10 кратным превышением и максимальным превышением в 27 000 раз. По кадмию в протоке Быстрая в пределах ПДК в разные годы было от 0 до 11 случаев и с 10-кратным превышением до 8 случаев. По свинцу были лишь единичные случаи превышения ПДК. Периоды экстремально высоких значений концентраций свинца и кадмия в воде, как правило, не совпадали, что свидетельствует о различных источниках их поступления.

Таблица 3

**Сравнение результатов ежедекадных (2005–2007 гг.)
и ежемесячных (2008 г.) измерений ртути, кадмия и свинца
в протоке Быстрая с результатами измерений в протоке Коклюй
в основные гидрологические фазы (6 раз в год).**

Год	Протока	Общее число из- мерений	Концентрация, мкг/дм ³		Число случаев	
			Средняя	Диапазон	В преде- лах ПДК	Более 10 ПДК
Ртуть (ПДК р.х. = 0,01 мкг/дм³)						
2005	Быстрая	32	17,6	0,07-275	0	16
	Коклюй	4	4,4	0,16-10,0	0	3
2006	Быстрая	25	0,67	0,07-4,1	0	4
	Коклюй	6	1,05	0,1-3,8	0	2
2007	Быстрая	18	3,4	0,09-28	0	9
	Коклюй	6	3,3	0,22-7,7	0	4

Год	Протока	Общее число измерений	Концентрация, мкг/дм ³		Число случаев	
			Средняя	Диапазон	В пределах ПДК	Более 10 ПДК
2008	Быстрая	8	0,53	0,16-1,1	0	1
	Коклюй	6	0,85	0,13-2,3	0	1
Кадмий (ПДК р.х. = 1,0 мкг/дм³)						
2005	Быстрая	31	13	0,11-80	11	8
	Коклюй	5	2,24	0,19-5,9	3	1
2006	Быстрая	25	6,0	0,48-17,7	3	4
	Коклюй	6	11,7	0,55-56	1	1
2007	Быстрая	18	18,4	0,7-138	4	6
	Коклюй	6	19,2	1,4-94	0	1
2008	Быстрая	8	6,1	1,3-16,7	0	1
	Коклюй	6	10,0	0,3-40	1	1
Свинец (ПДК р.х. = 6 мкг/дм³)						
2005	Быстрая	31	7,23	0,5-46	28	0
	Коклюй	5	2,32	0,7-6,0	5	0
2006	Быстрая	25	5,63	0,6-21	13	0
	Коклюй	6	4,73	0,3-16	4	0
2007	Быстрая	18	2,36	0,5-19	17	0
	Коклюй	6	5,76	0,5-27	5	1
2008	Быстрая	8	2,53	0,5-8,9	7	0
	Коклюй	6	2,27	0,5-5,0	6	0

В 2015 году дополнительно к отборам проб на Дамчикском участке, были начаты параллельные отборы проб ПВ и на восточном, Обжоровском участке Астраханского БЗ (рис. 1). Отборы выполнялись в 2 точках — в верхней части протоки Обжорова, являющейся рукавом реки Бузан, и в нижней части протоки на стационарном полигоне заповедника — култук Прямой Лотосный. На рис. 4 показана динамика среднегодовых концентраций металлов во всех 4 пунктах наблюдения в период 2000–2020 гг. Анализ представленных результатов подробно

рассмотрен в работе [8], где показано, что содержание ртути и кадмия в поверхностных водах не стабильно и сильно варьирует без видимых причин. Наиболее высокие концентрации отмечаются в западной части дельты. В целом, отмечается тенденция снижения уровней концентрации.

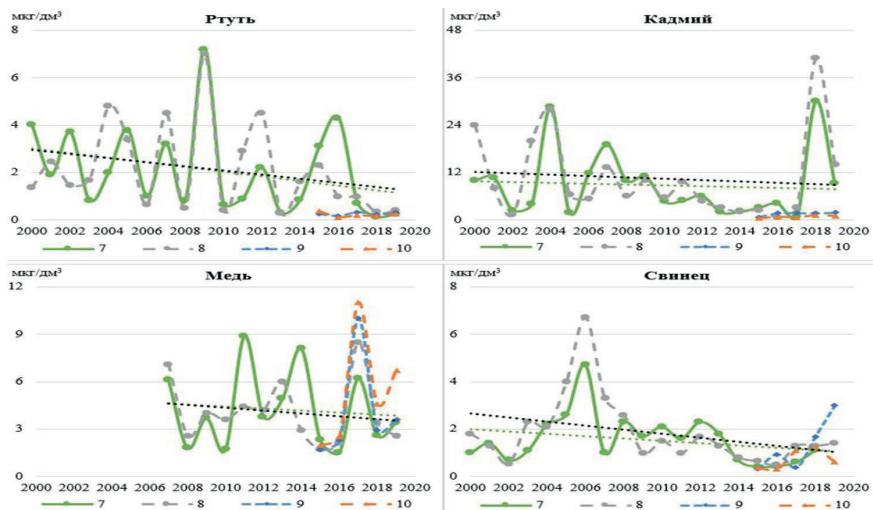


Рис. 4. Межгодовая изменчивость концентраций Hg, Cd, Cu и Pb в водотоках рукава Старая Волга (п. 7 и 8) и рукава Бузан (п. 9 и 10) и тренды изменчивости концентраций

В табл. 4 показаны результаты параллельных измерений на всех 4 водотоках в период 2015–2022 годов.

Таблица 4
Средние за 2015–2022 годы и диапазон разовых значений
концентрации изучаемых химических веществ
в поверхностных водах на территории Астраханского БЗ

Химическое вещество	ПДК		Дамчикский участок		Обжоровский участок	
	о.х.	р.х.	пр. Быстрыя	пр. Коклой	пр. Обжорова	Лотосный
Pb, мкг/дм ³	10,0	6,0	1,1 (0,01-16)	1,2 (0,05-23)	1,0 (0,04-12)	0,7 (0,04-5,6)
Cd, мкг/дм ³	10,0	5,0	11,5 (0,03-65)	8,5 (0,05-52)	9,7 (0,05-413)	0,7 (0,06-2,9)
Hg, мкг/дм ³	0,5	0,01	2,1 (0,01-32)	2,8 (0,02-71)	0,7 (0,06-11)	0,3 (0,04-2,1)
Cu, мкг/дм ³	1000	1,0	3,3 (0,5-18)	3,2 (0,8-25)	4,4 (0,16-33)	4,7 (0,26-33)
α -ГХЦГ+ γ ГХЦГ, нг/дм ³ , (*)	20000	10	54 (1,0-85)	57 (2,0-91)	9,6 (2,0-7,0)	9,9 (4,0-20)
ДДТ, нг/дм ³ (*)	100000	10	94 (0,2-433)	156 (0,2-2050)	164 (0,2-2580)	67 (0,2-890)
Σ ДДТ, нг/дм ³ (*)	–	–	102 (0,2-446)	169 (0,2-2050)	175 (0,2-2580)	175 (0,2-890)

* Данные за 2015–2019 гг.

Как видно из таблицы, за период параллельных наблюдений на 2 участках Астраханского БЗ только для свинца в единичных пробах в 2019 году отмечалось незначительное превышение ПДК р.х.

Для кадмия, меди и ртути большинстве случаев отмечалось многократное превышение нормативов ПДК р.х. как в средних значениях концентрации, так и в единичных пробах. Для кадмия и меди в единичных пробах превышение достигало соответственно почти 100 и 30 раз. Для ртути, даже средние по отдельным протокам концентрации существенно превышали ПДК о.х. и до 280 раз ПДК о.х. В отдельных же измерениях превышения ПДК р.х. доходило до 7000 раз.

По содержанию ХОП в поверхностных водах значения ПДК о.х. за рассматриваемый период не превышались, а ПДК р.х. превышались в единичных пробах и в большей части на Обжоровском участке в период половодья.

В 2017 году одновременно со стандартными наблюдениями сотрудниками заповедника отбирались пробы в 6 пунктах на участке канала Бахтемир и Старая Волга от с. Солянка (выше г. Астрахань) вниз по течению до р. Пoldневая (рис. 1 тт.1–6). Результаты показали заметное повышение концентраций металлов (особенно ртути) в период весеннего паводка в районе пос. Хмелевка (до 3,5 нг/дм³, в отличие от 0,05 нг/дм³ по ртути выше по течению) с последующим снижением вниз по течению [8]. Возможной причиной может быть смыв загрязнений с затопляемых в период паводка территорий.

Также возможными причинами аномально высоких концентраций ртути и кадмия в поверхностных водах р. Волга, по мнению ряда авторов, может быть их выделение из глубинных разломов земной коры [9, 10].

Выводы

1. Регулярные многолетние наблюдения на станции КФМ «Дамчик» показали наличие экстремально высоких концентраций ртути и кадмия в атмосферных осадках и поверхностных водах, многократно превышающих ПДК на территории Астраханского БЗ при среднем уровне их концентрациях в атмосферном воздухе.
2. Сравнение пространственного распределения концентраций металлов в поверхностных водах показало, что концентрации свинца и меди во всех водотоках имели близкие значения. Концентрации кадмия и ртути были выше на Дамчикском участке Астраханского БЗ.
3. Для свинца, кадмия, ртути и ХОП наименьшие значения концентрации отмечались в пункте 10 (рис. 1) — култук Прямой Лотосный, расположенном в зоне раскатов дельты, что может быть связано с самоочищением воды в мел-

- ководной зоне дельты за счет сорбции химических веществ донными отложениями и водной растительностью.
4. Периоды экстремально высоких концентраций ртути и кадмия в ПВ часто не совпадают, что свидетельствует о различной природе их происхождения.
 5. Сравнение уровней загрязнения поверхностных вод в дельте Волги с результатами измерений на территории Волжско-Камского БЗ (при слиянии р. Волга и р. Кама) и других станций КФМ на ЕТ РФ показывает, что нигде такое высокое содержание металлов и ХОП в воде не обнаруживалось и случаев превышения значений ПДК нигде не отмечалось.
 6. Высокие концентрации ртути в осенний период в утренних росах ставят задачу изучения этого явления.

Список литературы

1. Проблемы загрязнения устьевой области Волги. — Астрахань, 2021. — 325 С.
2. Ежегодник «Качество поверхностных вод Российской Федерации». — 2018.
3. Качественное состояние поверхностных вод низовья Волги. ru-ecology.info. Post/1040706000010014/.
4. Островская Е.В., Бреховских В.Ф., Волкова З.В. Тяжелые металлы в водах Нижней Волги и дельты реки // Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. — Астрахань, 2017. — С. 23–32.
5. Савенко А.В., Бреховских В.Ф., Покровский В.С. Миграция растворенных веществ в дельтовых водотоках // Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. — Астрахань, 2017. — С. 117–131.
6. Организация и проведение режимных наблюдений за фоновым состоянием загрязнения окружающей среды и трансграничным переносом загрязняющих веществ, РД 52.44.916-2021 / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, — М., 2021. — 36 с.
7. Руководство по контролю загрязнения атмосферы//РД52.04 186-89. — М., 1991. — Ч. 3. — С. 521–588.
8. Бурцева Л.В., Александрова М.А., Пастухов Б.В. Ртуть, кадмий, свинец и медь в поверхностных водах на территории Астраханского государ-

- ственного природного биосферного заповедника // Экологические системы и приборы. — 2023. — № 12. — С. 18-29.
9. Леонов А.О. Загрязнение ртутью р. Волга на территории Астраханской области // Экология производства. — 2007. — № 5.
 10. Панов Б.С. Глубинные разломы и минерагения линеамента Карпинского с позиций синергетического анализа. — Киев, 1994. Препринт ИГМР НАН Украина.
 11. Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2022 г. / под ред. Г.М. Черногаевой. — Ижевск: ООО «Принт», 2023.

Рахманин Ю.А.

д.м.н., профессор, академик РАН, РАЕН, МАН, эксперт ВОЗ,
заслуженный деятель науки РФ, ФНЦ гигиены Роспотребнадзора;
НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды ЦСП ФМБА России

КАСПИЙСКОЕ МОРЕ КАК ИСТОЧНИК ХОЗЯЙСТВЕННО- ПИТЬЕВОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИМОРСКИХ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Ключевые слова: Каспийское море, водообеспечение, аридные территории, опреснение воды, подготовка питьевой воды.

Keywords: Caspian Sea, water supply, arid territories, water desalination, drinking water treatment.

Каспийское море и его экосистема уникальны в том отношении, что формируются лишь речным стоком, региональными климатическими условиями и в определенной мере хозяйственной деятельностью человека. По существу, это — озеро с солоноватой водой (до уровня не более 14–15 г/л общей минерализации), что существенно определяет его флору, фауну и рыбные ресурсы. И даже возможное в отдаленной перспективе строительство наиболее экономичных водоканальных транспортных систем между Каспийским и Черным морями (начатого еще при царствовании Петра I) и между Каспийским морем и Персидским заливом Индийского океана при надлежащем гидрологическом контроле навряд ли сможет существенно повлиять на общий уровень минерализации каспийской морской воды, но, несомненно, будет представлять серьезную озабоченность для деятельности санитарных и экологических государственных и общественных научных и контролирующих организаций. Вместе с тем по-прежнему остро будут стоять вопросы обеспечения приморских аридных территорий пресной доброкачественной водой. Практически это касается значительных прибрежных зон России, Казахстана и Туркмении

При этом проблема усугубляется не только недостатком пресноводных подземных ресурсов, не говоря уже о речных, кото-

рые просто в ряде мест отсутствуют, но и постоянно растущими знаниями, а, следовательно, и требованиями, о необходимом качестве пресной питьевой воды, неспособной оказывать негативное влияние на здоровье населения. Последнее определяет важность учета самых современных достижений в этой области и применение соответствующих методов исследования качества питьевой воды. Примером такого углубленного подхода могут служить наши исследования, проведенные в 16 населенных местах Калмыкии, прилегающих к Каспийскому морю. Как видно из табл. 1, согласно проводившимся местными санаторными органами и водоканалами ограниченными исследованиями в соответствии с принятым в 1972 г. ГОСТ'ом на питьевую воду отклонения качества воды в централизованных системах водоснабжения отмечались в основном по органолептическим (привкус, цветность) показателям, повышенным уровням общей минерализации и жесткости, содержания в воде хлоридов, сульфатов и железа. Это связывалось с медицинской точки зрения с ограничением водопользования, водообусловленной заболеваемостью мочекаменной болезнью, а также с отдельными нарушениями функции желудочно-кишечного тракта.

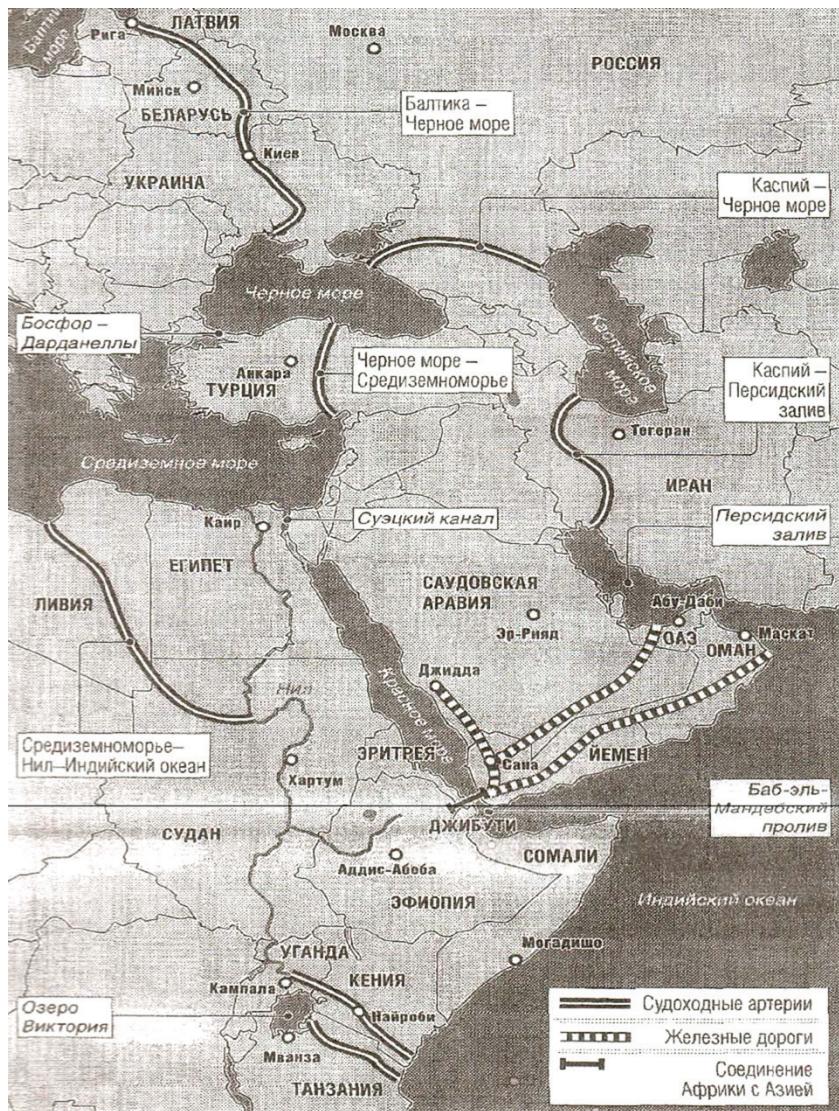


Рис. 1. Схема возможного маршрута

Вместе с тем, проведенный специалистами НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина углубленный анализ (табл. 1), позволил вы-

явить превышение установленных ПДК более 2-х раз по таким важным показателям как содержание фтора, бария, бора, хлороформа, дихлорбромметана, хлордибромметана, а также по комплексным показателям хлоридов и сульфатов (в 5,8 раза), металлов (в 2,5 раза), тригалометанов (в 6,1 раза), веществ 1 и 2 классов опасности (в 16,8 раза), что создавало дополнительные и значительно более высокие риски для здоровья в отклонении функций сердечно-сосудистой и кроветворной системах, репродуктивной функции у мужчин и женщин, в возможностях развития онкологической и генетической патологии, а также кариеса зубов.

Таблица 1

Сравнительная оценка потенциального риска потребления питьевых вод в Калмыкии для здоровья населения

Питьевые воды 16 населенных мест		
Дополнительные показатели и частота отклонений химсостава от современных гигиенических требований		
Показатель	% несоответствия	Макс. превышение нормативов
Привкус	30	2,5
Цветность	40	4
Минерализация	46	2,5
Жесткость	30	2,2
Хлориды	46	2
Сульфаты	46	2
Железо	15	1,8
Предполагаемые риски для здоровья		
Отклонение функций желудочно-кишечного тракта и мочевыделительной системы. Мочекаменная болезнь		
Токсичность для гидробионтов (дафницинфузории) СМА в teste Эймса		
KП (Cl+SO ₄)	60	5,8
KП металлов	75	2,9
KП тригалометанов	19	6,1
KП в-в 1-2 класса опасности	100	16,8
Корроз. Ак-ть по индексам П ₁ /П ₂	25/50	7/4
СМА - суммарная мутагенная активность КП - комплексные показатели		
Дополнительные предполагаемые риски для здоровья		
Кариес зубов, онкологическая и генетическая патология, отклонение функций сердечно-сосудистой и кроветворной системы, репродуктивной функции у мужчин и женщин.		

Огромную научно-практическую роль для повышения качества централизованного хозяйственно-питьевого водообеспечения населения сыграло промышленное освоение Каспийских приморских территорий в г. Шевченко (ныне Актау) и в п. Бекдаш (Р. Казахстан), г. Красноводске (Р. Туркменистан). Первоначальное временное водообеспечение производственного развития в этих местах за счет транспорта авто- и железнодорожных цистерн, водоносных танкеров и даже водотранспортных вертолетов сменилось здесь на водообеспечение населения за счет термических методов опреснения каспийской морской воды на многокорпусных эвапорационных и многоступенчатых (типа flesh-мгновенное вскипание в условиях создаваемого вакуума) опреснительных установках (рис. 2).

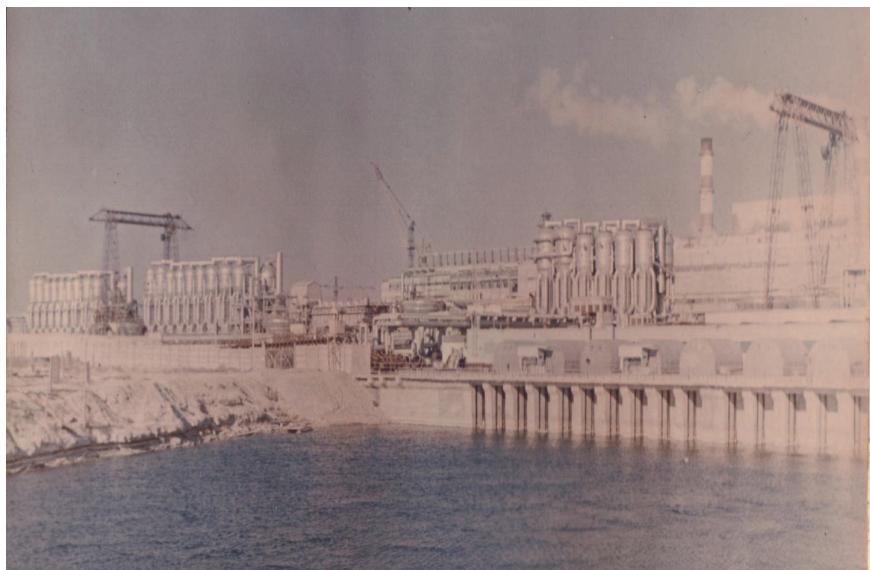


Рис. 2. Завод опреснения воды в г. Шевченко

В соответствии с разработанными нами гигиеническими требованиями [1] и результатами различных медико-биологических экспериментальных и натурных исследований [2, 3], показавших неприемлемость длительного использования полностью демине-

рализованной (дистиллированной) воды в питьевых целях и необходимость коррекции содержания в ней ряда солевых компонентов, органолептических свойств и содержания органических и химических компонентов, специалистами ВОДГЕО Госстроя СССР была разработана и прошла нашу всестороннюю оценку на этих объектах технология получения опресненной воды питьевого качества (рис. 3), в соответствии с которой производственный дистиллят смешивался в определенном соотношении с местными подземными солоноватыми водами и подвергался кондиционированию качества на сорбционных (угольных) фильтрах, дезинфекции (хлором с преаммонификацией), стабилизации уровня коррозионной активности за счет ее подщелачивания, с одной стороны, и улучшению показателей физиологической адекватности солевого состава организму человека за счет обогащения воды природно-карбонатными солями жесткости: Ca и Mg, — с другой.

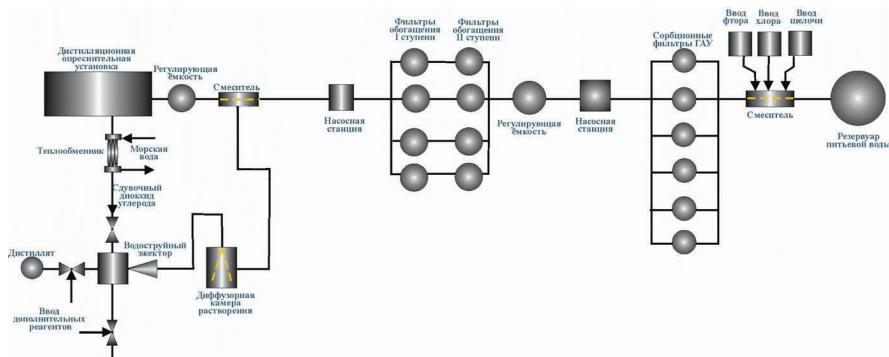


Рис. 3. Технологическая схема получения питьевой воды на основе дистиллята, полученного опреснением морской воды

Пионерскими достижениями ВНИИ ВОДГЕО при этом стали устройства по увеличению водорастворимости кальция путем получения его мелкодисперсного оксида и активации последнего с применением плазмообразующего оборудования (плазмотрона) при температуре свыше 10 000 °C; создание станций захвата и компремирования сдувочного с водным паром диоксида углеро-

да, образующегося в технологическом процессе на дистилляционных опреснительных установках ДОУ (рис. 4, 5, 6); технология очистки воды от соединений бора и бромидов, а также очистки подземных вод от этих элементов в присутствии компонентов железа и марганца (рис. 7); апробация двухступенчатой технологии опреснения морской каспийской воды методом обратного осмоса (рис. 8).



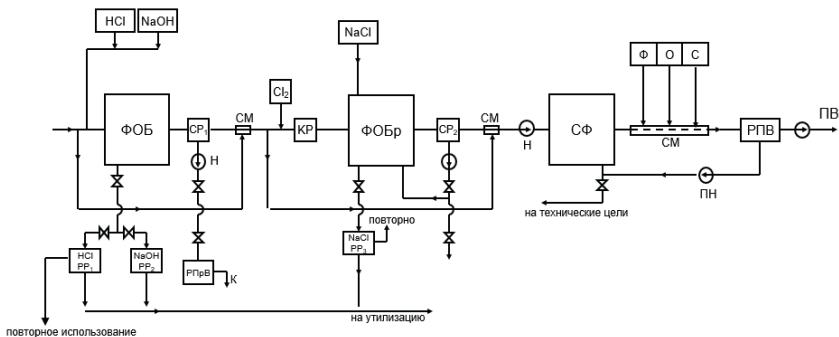
Рис. 4. Фильтры очистки газообразной CO_2



Рис. 5. Конденсатор CO_2



Рис. 6. Узел подготовки газообразной CO_2



ФОБ – фильтр очистки от бора; ФОБр – фильтр очистки от бромидов; СР – сборный резервуар; КР – контактный резервуар; СМ – трубчатый смеситель; СФ – сорбционный фильтр; РПВ – резервуар питьевой воды; ПВ – питьевая вода; РР – бак регенерационного раствора; РПрВ – резервуар промывной воды; Н – насос; ПН – промывной насос; К – сброс в канализацию; Ф – фторирование; О – обеззараживание; С – стабилизация.

Рис. 7. Принципиальная технологическая схема очистки вод для питьевых целей от соединений бора и бромидов



Рис. 8. Подготовка питьевой воды на заводе обратноосмотического орошения каспийской морской воды

Ориентация на повышенные гигиенические требования к качеству искусственно приготовленной орнаженной питьевой воды и использование новых дополнительных способов водообработки

обусловили, исходя из экономических соображений, внедрение и апробацию в г. Шевченко двухтрубной системы водообеспечения населения: кухонную питьевую воду, пригодную для приготовления пищи, и хозяйствственно-бытовую воду (с некоторыми отклонениями от питьевого качества) для подачи в санузлы, для душей и ванн. В г. Красноводске прошла апробацию и трехтрубная система водообеспечения: кухонная вода питьевого качества, вода для душей и ванн хозяйствственно-бытового качества и исходная каспийская морская вода для подачи в санузлы, что в определенной мере усложняло процессы очистки сточных вод, но, учитывая невысокий уровень минерализации каспийской морской воды, позволяло проводить достаточную степень очистки бытовых стоков для последующего сброса их в акваторию моря.

Итоги этих наших многолетних исследований в виде комплексной научно-исследовательской и практической реализованной работы на указанных объектах, представленные по теме «Разработка санитарно-гигиенических основ, научное обоснование и практическое внедрение оригинальных сооружений, оборудования и технологических схем получения искусственной питьевой воды из морской на базе промышленных дистилляционных опреснительных установок для водоснабжения населенных мест и производств в аридных районах страны» (Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Филиппова А.В., Тычинин В.Н., Брюзгина Н.И., Маслов В.Ф., Усанов И.Н., Сорожкин А.И., Егоров А.П., Ивлева Г.А., Колядкина Г.С., Гусева Л.А., Юрченко Д.С., Баранов Ю.С., Малков В.Л., Казеев В.Г., Тарабрин В.Ю., Мусихин В.Н., Вахнин И.Г.), выдвинутая Министерством здравоохранения СССР при поддержке Госстроя СССР, Мангышлакского энергокомбината (г. Шевченко), ВНИИ «ВОДГЕО» в 1988 году была удостоена высшей правительственный награды — Премии Совета Министров СССР (Постановление СМ СССР от 9 апреля 1988 года).

Важными обстоятельствами оказались также, с одной стороны, необходимость избирательного отбора подземных минерализованных солоноватых вод, наиболее пригодных по показателям коррозионной активности и солевого макро- и микроэлементного состава (например, из 56 скважин подземных вод Куюлузского

водоносного горизонта для системы смешения их с дистиллятом в г. Шевченко было отобрано лишь 48), с другой, — возможность замены сброса дорогих пресноводных сточных вод г. Шевченко обратно в море и загрязнения тем самым прибрежной городской акватории на закачку их после определенной водообработки в подземные песчаные водоносные горизонты, где зона влияния природных процессов их биологической доочистки не выходила за пределы 200-метровой зоны [4, 5], что позволяло рассматривать их в перспективе как возможные инфильтрационные пресноводные водоисточники.

Таким образом, результаты проведенных фундаментальных и прикладных научных исследований открывают широкие перспективы обводнения прикаспийских аридных территорий и существенного улучшения в них экологической ситуации и санитарно-эпидемиологического благополучия проживающего населения за счет опресненной каспийской морской воды.

Список литературы

1. *Sidorenko G.J., Rakhmanin Yu.A. Guidelines on Health Aspects of Water Desalination / WHO. — Geneva, 1980. — 60 p.*
2. *Рахманин Ю.А. Гигиенические основы дистилляционного опреснения воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Докторская диссертация. — М., 1980. — 556 с.*
3. *Михайлова Р.И. Гигиенические основы кондиционирования качества и химического состава питьевых вод. Автореферат докторской диссертации. — М., 1999. — 61 с.*
4. *Донерьян Л.Г. Гигиеническая оценка глубокой доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод в песчаных коллекторах для повторного использования в водоснабжении маловодных районов. Автореферат канд. дисс. — М., 1990. — 24 с.*
5. *Тычинин В.Н. Гигиеническая оценка комплексного использования очищенных сточных вод в условиях аридной зоны. Автореферат канд. дисс. — М., 1990. — 17 с.*

Рубан Л.С.

д.соц.н., профессор, Университет мировых цивилизаций;

Институт экономических стратегий

Lruban@yandex.ru

Пан Чанвэй

д.ю.н., профессор, директор Центра Китайского нефтяного университета

Захарченко Н.С.

аспирант, Университет мировых цивилизаций

nikita.zakharchenko1998@gmail.com

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ: МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

Ключевые слова: защита окружающей среды, экологическая безопасность Каспийского моря, Прикаспийский регион, защита экологических прав человека, нормативно-правовое регулирование решения проблем экологии.

Keywords: environmental protection, ecological safety of the Caspian Sea, the Caspian region, protection of environmental human rights, normative legal regulation of solving environmental problems.

Наличие достаточных водных ресурсов является первой жизненной потребностью для существования человеческого общества и осуществления его жизнедеятельности, а также для устойчивого развития общества. Проблемы обеспечения экологической безопасности рассматриваются современными исследователями с двух позиций — с позиций системы политico-правовых инструментов в сфере охраны и защиты окружающей среды и в сфере защиты экологических прав человека и народов. Авторы рассматривают несколько уровней развития правового обеспечения экологических прав человека — международный, региональный, субрегиональный, национальный (государственный, уровень местной власти, корпоративный). Важную роль в развитии института экологических прав выполняют проводимые научные исследования.

Отметим, что на уровне научных исследований сформулированы различные подходы к классификации экологических прав по

материально-правовым и процессуально-правовым основаниям. Варианты классификации экологических прав отражены в исследованиях зарубежных исследователей — Б. Льюис (B. Lewis), Р. Десган (R. Desgagne), Я. Янкув (J. Jankuv), Х. Хамма (H. Hamma), Х. Контагора (H. Kontagora), Джона Х. Нокса (John H. Knox), Рустама Мамедова и ряда отечественных учёных — М.М. Бринчук, Т.Ю. Сорокиной, В.А. Сучковой, А.А. Солнцева, А.М. Третьяковой, Л.С. Рубан и других.

В качестве теоретической основы, мы рассматриваем подход, предложенный российским исследователем А.М. Солнцевым, который делает акцент на группе материальных экологических прав («право на благоприятную окружающую среду») и трёх группах процессуального права («право на доступ к экологической информации, право участвовать в принятии решений по экологическим вопросам и право на доступ к правовой защите в вопросах охраны окружающей среды») [1, с. 24–68].

В системе международного права прав человека материальные элементы экологических прав закреплены на уровне «мягкого права», источниками которого являются следующие документы:

- Декларация Конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды;
- Стокгольмская Декларация (1972 г.);
- Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию (1992 г.);
- Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН 64/292 Право человека на воду и санитарию (2010 г.);
- Резолюция 72/277 Генеральной Ассамблеи ООН «На пути к глобальному пакту в интересах окружающей среды» (2018 г.);
- Резолюция 48/13 СПЧ ООН Право человека на безопасную, чистую, здоровую и устойчивую окружающую среду (2021 г.);
- Резолюция A/RES/76/300 Генеральной Ассамблеи ООН Право человека на чистую, здоровую и устойчивую окружающую среду (2022 г.) и др. [2].

Однако, несмотря на большой объём сформулированных политических идей, юридическое оформление материальных элементов экологических прав человека на уровне ООН не находит консенсуса. Это объясняется отсутствием согласованной всеми государствами юридической терминологии и, что более важно, опасениями развивающихся стран в отношении того, что экологические права человека и народов войдут в противоречие с «принципом уважения суверенитета каждого государства над своими природными ресурсами»¹ и станут инструментом политических манипуляций более развитых государств. Что касается процедурных элементов, они юридически закреплены на уровне Орхусской конвенции (1998 г.). На региональном уровне нормы экологических прав сформулированы и в достаточной мере юридически закреплены в ряде региональных соглашений. Например, в статье 24 Африканской хартии прав человека и народов (1981 г.), в статье 11 Сан-Сальвадорского протокола к Американской конвенции о правах человека (1969 г.), в статье 38 Арабской хартии прав человека (2004 г.), в пункте 28 Декларации АСЕАН о правах человека (2012 г.), в статье 1 Соглашения Эскасу (2018 г.).

Относительно рассматриваемого нами Прикаспийского региона основными региональными международными договорами регулирующими защиту морской среды в акватории Каспийского моря являются Тегеранская конвенция (2003 г.) и Протоколы к ней (2011, 2012, 2014, 2018 гг.), а также Конвенция о правовом статусе Каспийского моря (2018 г.). В Конвенциях 2003 и 2018 гг. нет прямых норм по защите экологических прав человека. Однако данные Конвенции выполняют важную роль в формировании нормативных правовых основ обеспечения таких материальных элементов экологических прав человека, как право на чистую воду, чистый воздух и чистую почву и процедурного права на доступ к экологической информации о загрязнении морской среды Каспийского моря.

Мы провели подробный анализ членства всех Прикаспийских государств в других региональных международных организациях и считаем, что точки соприкосновения и гармонизации право-

¹ Статья 2 Международного пакта об экономических, социальных и культурных правах, 1966 г.

вой системы Прикаспийского региона, в том числе по вопросам экологических прав и экологической безопасности, можно находить и в правовом обеспечении данных организаций (см. табл. 1).

Таблица 1

Членство прикаспийских государств в региональных международных объединениях

Региональные объединения государств	Россия	Казахстан	Иран	Азербайджан	Туркменистан
БРИКС	+	круг друзей БРИКС	+		
ШОС	+	+	+	партнёр по диалогу	
ЕАЭС	+	+	Свободная торговля		
СНГ	+	+		+	Ассоциированный член-наблюдатель
Организация Исламского Сотрудничества	Наблюдатель	+	+	+	+
Движение не-присоединения	Наблюдатель	Наблюдатель	+	+	+
ОПЕК/ОПЕК+	+	+	+	+	

Практическое значение в защите экологических прав человека сегодня приобретает экологическое страхование. Согласимся с экспертным мнением, что «экологическое страхование может стать наиболее универсальным и перспективным инструментом

обеспечения экологической безопасности и гарантированного возмещения вреда окружающей среде» [4].

Авторами был проведен анализ законодательной базы Прикаспийских государств на предмет экологического страхования. Он показал, что экологическое страхование имеет различные уровни правового развития в прикаспийских государствах. Так, в Республике Азербайджан в 2002 г. был принят «Закон об обязательном экологическом страховании». В Республике Казахстан Закон «Об обязательном экологическом страховании» был принят в 2005 г. В Туркменистане Закон «Об обязательном экологическом страховании» приняли в 2013 г.

В Российской Федерации допускается добровольное и обязательное государственное экологическое страхование, это закреплено в пункте 2 статьи 18 Закона «Об охране окружающей среды». Обязательному страхованию подлежат определенные категории предприятий, которые отнесены к опасным производственным объектам, список закреплен в № 116-ФЗ от 21 июля 1997 года «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Уточним, что экологическое страхование в Исламской Республике Иран является предметом нашего дальнейшего исследования.

Гарантии экологических прав человека и деятельность ТНК в Прикаспийском регионе мы рассматриваем на примере Группы компаний «ЛУКОЙЛ». Мы провели анализ основных документов Группы компаний «ЛУКОЙЛ», регламентирующих экологическую политику:

- «Политика Группы «ЛУКОЙЛ» в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды в XXI веке»;
- «Политика Группы «ЛУКОЙЛ» в области устойчивого развития»;
- «Программа экологической безопасности Группы «ЛУКОЙЛ»;
- «Политика Группы «Лукойл» в области прав человека»;
- «Положение о Системе управления промышленной безопасностью и охраной труда...» (1999 г.);

- «Положение о порядке расследования, учёта и возмещения убытков, обусловленных инцидентами, производственными неполадками, авариями, чрезвычайными ситуациями...» (2000 г.);
- Положение об организации контроля и управления производственными рисками...» (2001 г.) и др.

Кроме российской группы ЛУКОЙЛ на Каспии работает большинство крупнейших международных транснациональных компаний, таких как: ExxonMobil, BP, ConocoPhillips, Chevron, Shell, Norsk Hydro, Total, ENI и др. Надо отметить, что деятельность российской компании Лукойл соответствует высшим международным стандартам в области экологической безопасности, поэтому накопленный опыт данной компании можно успешно проецировать на другие регионы.

Таким образом, проведённое нами исследование показало, что гарантии экологических прав человека являются важным аспектом обеспечения экологической безопасности. Надо отметить, что развитие института экологических прав человека идёт на уровне научных доктрина и теорий, на уровне международного и регионального права, национального права и корпоративных регламентов.

Мы также считаем, что недооценена роль СНГ как региональной организации, обеспечивающей комплексное решение проблем экологической безопасности в Прикаспийском регионе, в том числе проблем гарантii и защиты экологических прав человека. Важное место в решении вопросов гарантii экологических прав человека выполняет экологическое страхование. Проблемы страхования экологических рисков, тесно связаны с проблемами технологического суверенитета государства и как следствие защита экологических прав человека в регионе зависят от технологического суверенитета прикаспийских государств.

Список литературы

1. Солнцев А.М. Современное международное право о защите окружающей среды и экологических правах человека : монография. — М., 2013. — С. 24–68.

2. What is the Right to a Healthy Environment? Information Note / UNDP, OHCHR, UNEP. — 2023. — January 5. — <https://www.undp.org/publications/what-right-healthy-environment>
3. Гончарук Д. Парламентарии СНГ приняли модельные законы в сфере экологии // Интернет-портал «Российской газеты». — 2023. — 16 апреля. — <https://rg.ru/2023/04/16/akcent-na-zelenoe.html>
4. Лоторев А.Н. О развитии нормативно-правового обеспечения экологического страхования в Российской Федерации // Интернет-портал Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации — 12.05.2009. — <http://council.gov.ru/events/news/20769/>

ВОДОРОДНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КАСПИЙСКОГО МАКРОРЕГИОНА

Ключевые слова: Каспийское море, водородная дегазация, разрушение озонового слоя, приземный озон, глобальные катастрофы, климатические изменения, природные пожары, уровень моря, гибель биоты.

Keywords: The Caspian Sea, hydrogen degassing, ozone layer destruction, ground-level ozone, global disasters, climate change, wildfires, sea level, biota death.

Для объяснения причин основных экологических проблем Каспийского макрорегиона применена авторская дегазационная модель природных катастроф, основанная на авторской же «Водородной» концепции разрушения озонового слоя Земли [7], которая базируется на водородном цикле разложения озона, хорошо известном химикам. Цикл насчитывает более 40 реакций, катализатором выступает ион гидроксила, который образуется в стратосфере при взаимодействии водородсодержащих газов — водорода, метана, паров воды с атомарным кислородом, активированным квантом УФ-А излучения [4]. Неиссякаемым источником потоков глубинного водорода является жидкое ядро Земли [3]. Прерывается цикл образованием воды, которая в температурных условиях стратосферы замерзает, формируя специфические перламутровые облака, получившие название полярных стратосферных (ПСО), т.к. впервые они наблюдались в высоких широтах. Однако слово «полярные» в этом название устарело, перламутровые облака наблюдались неоднократно и в средних, и в низких широтах. В результате тех же реакций образуются и мезосферные «серебристые» облака. Заметим, что без участия водородного цикла объяснить присутствие водяных облаков в «сухой» стратосфере и тем более мезосфере невозможно.

Глубинная дегазация — базовый геологический процесс, определяющий эволюцию планеты. Водород выделяется при

кристаллизации твердого ядра из жидкого и накапливается в верхней его части на границе с мантией на глубине около 2900 км. Отсюда он просачивается к поверхности Земли по постоянно существующим и действующим каналам дегазации, главными из которых являются рифтовые структуры на вершинах срединно-океанских хребтов (рис. 1).

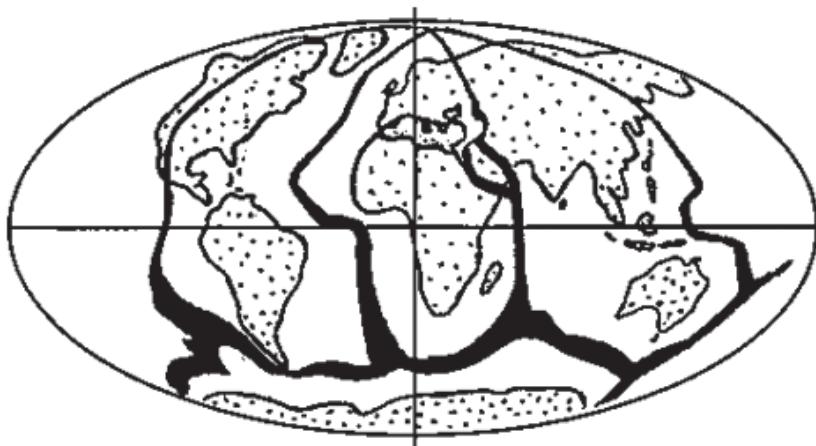


Рис. 1. Основные меридиональные стволы мировой рифтовой системы — главные каналы дегазации планеты

При гравитационном воздействии на земное ядро Солнца и планет выделение водорода усиливается, что и определяет космическую ритмику земных катастроф. Особенно сильное гравитационное воздействие Земля испытывает со стороны своего спутника — Луны [11]. Усиление глубинной дегазации может быть модулировано и пульсациями жидкого ядра Земли под воздействием флуктуаций геомагнитного поля, вызываемых всплесками солнечной активности.

Обобщенная авторская модель разрушения озонового слоя выбросами глубинного водорода представлена на рис. 2 на примере процессов, происходящих в рифтовой зоне Восточно-Тихоокеанского поднятия, в центре природного феномена Эль-Ниньо. Здесь важно заметить, что при нормальном состоянии озонового

слоя стратосфера над ним превышает температуру под ним примерно на 50°C. При разрушении озонового слоя — стратосфера выхолаживается, но приземный (приводный) воздух нагревается. В данной работе мы по необходимости кратко и неполно обсудим несколько наиболее важных с нашей точки зрения опасных природных процессов, инициированных усилением дегазации земного ядра, которые с нарастающей активностью проявляют себя в пределах Каспийского региона.

Проблема изменения уровня Каспийского моря. Оправдывая свое название, водород, окисляясь в верхних горизонтах мантии и земной коры, рождает воду. Наиболее ярко влияние масштабной разгрузки ювенильных вод (ЮВ) проявляется в формировании гидрохимических инверсий, то есть уменьшении минерализации воды вниз по вертикали разреза. Географическое размещение гидрохимических инверсий в подземных водах и поверхностных водоемах четко контролируется зонами разрывных тектонических нарушений глубокого заложения в пределах палео- и современных рифтогенных структур [9].

Наличие гидрогеохимических инверсий, природа которых связана с существованием очагов разгрузки ювенильной воды, зафиксировано в пределах Южно-Каспийской впадины, которая, как и весь Каспий, имеет рифтовую природу (рис. 1).

По мнению [10], именно периодическое усиление выделения ювенильной воды, играет определяющую роль в колебаниях уровня Каспийского моря. Со своей стороны отметим, что понижение уровня моря началось синхронно с усилением планетарной глубинной дегазации, которое выразилось в повсеместном разрушении озонового слоя.

Наши исследования вулканов Курило-Камчатской островной дуги, в том числе геологического строения Паужетской парогидротермальной системы [5] привели к выводу о том, что значительная часть воды парогидротермальных месторождений образуется при окислении глубинных газов (водорода и метана) в периферических очагах кальдерных вулканов. Выделяющаяся при окислении газов энергия нагревает воду.

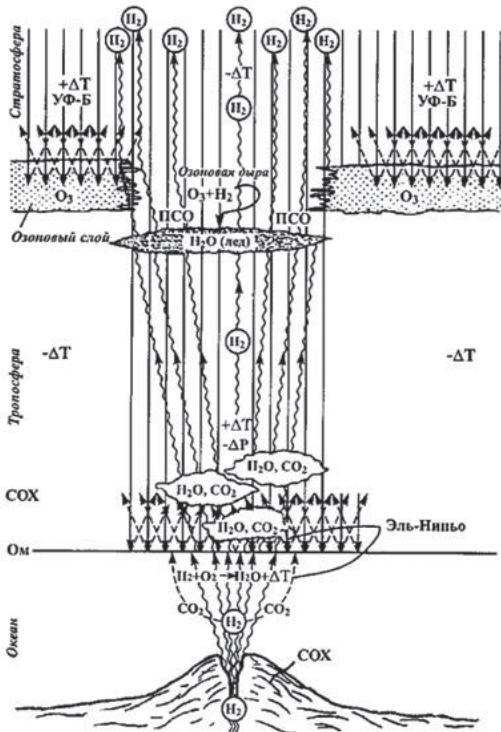


Рис. 2. Модель воздействия глубинных потоков водорода на океан и атмосферу (объяснения в тексте)

О глубинных неиссякаемых источниках воды, питающей реки ЕТР, говорит тот факт, что их источники лежат на возвышенностях, где по определению, не могут скапливаться метеорные воды.

Заморы морской фауны. Выбросы восстановленных газов в водную среду при усилении глубинной дегазации оказывают губительное воздействие на аэробные сообщества животных и растений. Такова причина периодической массовой гибели биоты у латиноамериканских берегов Тихого океана (феномен Эль-Ниньо). Аналогичные биокатастрофы происходят в заливе Уолфиш-Бей у западных берегов Африки, в Аравийском заливе, в Каспийском

море, на оз.Байкал... В этом же кроется причина выбрасывания стад морских млекопитающих на берег — насыщенная ядовитыми газами вода становится более враждебной средой, чем воздух. Особенно удивительны случаи массовой гибели летящих птиц во всех уголках планеты, сообщения о которых непрерывно приходили в 2011 г. [12]. Дегазационный сценарий подтверждается наблюдениями синхронной гибели рыбы в р. Арканзас и гибели летящих дроздов в воздухе, а в оз. Онтарио — рыбы и водоплавающих птиц.

Особенно ярко проявился этот феномен в 2020 году, когда наблюдалось сильнейшее разрушение озонового слоя по всей планете и синхронная с этим процессом массовая гибель аэробных организмов. Мы специально подчеркиваем, что широкий спектр опасных явлений, наблюдавшихся в Каспийском регионе, широко проявлен на всей планете, что указывает на единую базовую причину природных катастроф, а именно — водородную дегазацию.

Таяние морских льдов. На Каспийском море деградация ледяного покрова оказывает дополнительное специфическое негативное влияние на популяцию каспийских тюленей, так как лишает их «родильных домов» — привычного, относительно безопасного места рождения бельков. По нашему мнению, и в этой беде виновато усиление глубинной дегазации. Причем вид газа не имеет значения. Согласно принципу Ле Шателье система, находящаяся в равновесном состоянии, противодействует фактору, пытающемуся вывести ее из равновесия. В данном случае в зоне контакта морского льда и подледной воды скапливается газ. Количество воды относительно количества льда уменьшается, для сохранения равновесного состояния часть льда переходит в воду, т.е. лед тает. Открываются пространства воды, температура которой на десятки градусов выше температуры воздуха, что и является реальной причиной температурных аномалий в Арктике, максимальных для нашей планеты.

Причиной аномально высокой температуры воздуха в Арктике, которая часто наблюдается в последние годы и выдается за доказательство антропогенного глобального потепления, является сам процесс водородно-метановой дегазации в Северном Ледовитом океане. Подтверждает вышеизложенный дегазационный

сценарий арктического потепления феномен заприпайных стационарных полыней [2] — незамерзающих участков воды в полярных морях, линейные размеры которых достигают первых сотен километров. Здесь постоянно происходит непрерывный взлом и вынос льда. Расположены они в активно дегазирующих узлах тектонических структур.

Гибель морских судов. Идея о том, что водное или воздушное судно при попадании в мощный газовый выброс может потерпеть аварию, в печати высказана давно при обсуждении чрезвычайно высокой аварийности атлантической акватории в районе Бермудских островов. Физика процесса понятна, при мощном газовом выбросе резко меняются реологические свойства воды или воздуха. Морское судно, попав в зону залпового выброса газов, может резко провалиться под воду. Для Каспийской акватории это реально и актуально.

Природные пожары. Часто происходят в дельте Волги, в том числе в пределах Астраханского заповедника, а также на сопряженных территориях Калмыкии, Дагестана, Казахстана. Они также связаны с процессом водородной дегазации [6]. Очевидно, что главные газы планеты, выделяющиеся из земного ядра на поверхность планеты — водород и метан, газы горючие. В определенных соотношениях с кислородом воздуха они способны к самовозгоранию и взрывам. Полный дегазационный алгоритм природных пожаров многофакторный: выбросы водорода — разрушение озонового слоя — приход избыточного ультрафиолета — запуск озонообразующих и озоноразрушающих реакций — повышение температуры и сброс давления в зоне аномалии; смещение южных «горячих» антициклонов в средние широты — аномальная жара — образование в приземном воздухе повышенных концентраций водорода + метана + озона (самовоспламеняющаяся трудногасимая смесь) — пожары.

Данные статистического анализа природных пожаров указывают на присутствие 25–60-суточных внутрисезонных вариаций, налагающихся на годовой ход числа пожаров и содержания аэрозоля в Индонезии и Центральной Америке [1]. Анализ спектров мощности концентрации подпочвенного водорода в низкочастотном интервале временного ряда, полученного нами на Хибинском

щелочном массиве в 2007 г., выявил близкие периоды всплесков концентрации водорода — 60.9 и 34.7 суток. [9], что прямо подтверждает дегазационный сценарий природных пожаров.

Прогностические возможности дегазационной концепции. Процесс глубинной дегазации неравномерен во времени и пространстве. Это отображено на карте центров озоновых аномалий, появившихся над Россией и сопредельными территориями в 1991–2000 гг. (рис. 3).

По существу, это прогнозная карта, указывающая территории, наиболее подверженные комплексу стихийных бедствий, перечисленных в нашем обзоре. Видно, что центры аномалий ОСО контролируются линейными тектоническими структурами — центрами дегазации. В местах стущений центров из земных глубин наиболее часто проходят восстановленные газы, и сюда же приходит избыточная солнечная энергия. На карте (рис. 3) мы видим, что центры озоновых аномалий в указанный период не обошли вниманием и Каспийский регион.

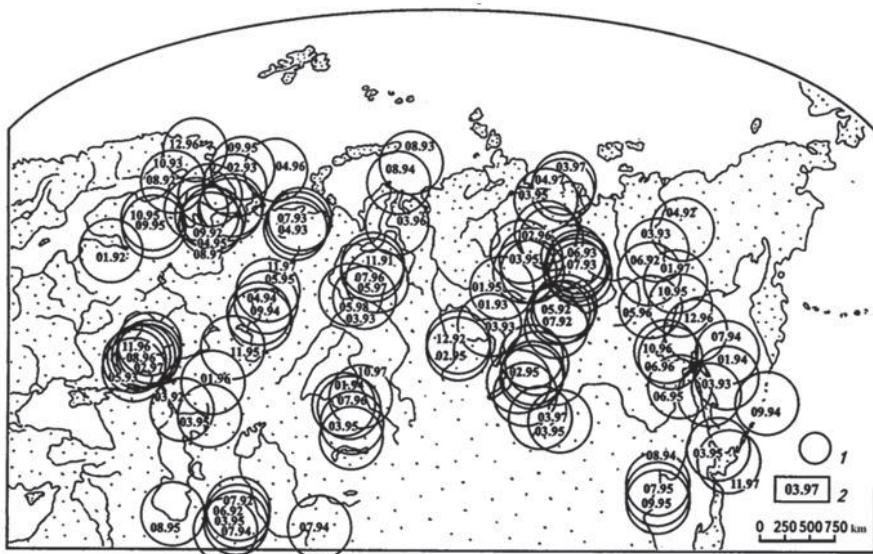


Рис. 3. Карта центров озоновых аномалий 1978–2000 гг.
(Сывороткин, 2000: по данным ЦАО)

Зависимость интенсивности дегазации от гравитационного воздействия на земное ядро планет и солнечной активности позволяет задумываться о временном прогнозе. Его детальная разработка может быть организована на базе анализа временных рядов водорода в различных геологических структурах планеты.

Список литературы

1. Кондратьев К.Я., Григорьев Ал.А. Лесные пожары как компонент природной эcodинамики / Оптика атмосферы и океана. — 2004. — Т. 17, № 4. — С. 279–292.
2. Купецкий В.Н. Тепло арктических полыней // Природа. — 1967. — № 7. — С. 82–84.
3. Маракушев А.А., Маракушев С.А. Происхождение и флюидная эволюция Земли // Пространство и Время. — 2010. — № 1. — С. 98–118.
4. Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — 287 с.
5. Рычагов С.Н., Жатнуев Н.С., Коробов А.Д., Сывороткин В.Л. и др. Структура гидротермальной системы. — М.: Наука, 1993. — 298 с.
6. Сывороткин В.Л. О природе природных пожаров // Альманах Пространство и Время. — 2016. — Т. 11, № 1. — С. 22–44.
7. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. — М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. — 250 с.
8. Сывороткин В.Л., Нивин В.А., Тимашев С.Ф. Мониторинг выделения водорода в Хибинских горах // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы всероссийской конференции, 22–25 апреля 2008 г. — М.: ГЕОС, 2008. — С. 477–479.
9. Хаустов В.В., Костенко В.Д. К проблеме прогнозирования уровня Каспийского моря // Известия Юго-Западного государственного ун-та. — 2011. — № 1 (34). — С. 142–149.
10. Хаустов В.В. Мартынова М.А., Диденков Ю.Н. К проблеме состава и происхождения ювенильных вод // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАН. «Геология, поиски и разведка рудных месторождений». — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. — Вып. 2 (37). — С. 99–109.
11. Хитаров Н.И., Войтов Г.И. Твердые приливы и дегазация Земли // Природа. — 1982. — № 3. — С. 6–12.
12. Syvorotkin, V.L. Deep Degassing As a Reason for Abnormally High Bioproductivity of Paleobasins and Mass Destruction of Hydrobionts // Paleontological Journal. — 2013. — Vol. 47, N 10. — P. 1205–1213.

Фролов А.В.

д.т.н., (гидрология), гл.н.с. Института водных проблем РАН
anatolyfrolov@yandex.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ КАСПИЯ: ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ УЩЕРБОВ¹

Ключевые слова: уровень Каспийского моря, колебания уровня, водный баланс, экологический и экономический ущербы, динамико-стохастическая модель колебаний УКМ, Кара-Богаз-Гол, прогноз, адаптация, трансграничное сотрудничество.

Keywords: Caspian Sea level, level fluctuations, water balance, environmental and economic damage, dynamic-stochastic model of CSL, Kara-Bogaz-Gol, forecast, adaptation, transboundary cooperation.

Введение

Уровень Каспийского моря подвержен значительным колебаниям, которые в последние десятилетия приобрели особенно острый характер. После периода относительной стабильности в 1990-2000-х годах в настоящее время наблюдается устойчивое снижение уровня.

В условиях изменения климата, возрастания техногенной нагрузки на водный баланс моря и интенсификации освоения прибрежно-шельфовой зоны моря, многолетние значительные изменения уровня Каспия оказываются причиной социально-экономических и экологических, региональных и международных проблем.

Цель данной статьи — показать, как на основе прогноза уровня Каспия применяется теоретико-вероятностный метод прогнозной оценки количественных характеристик экологических и экономических ущербов от значительных изменений уровня Каспийского моря. Эти оценки — средние величины ущербов,

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке темы № FMWZ-2025-0001 Государственного задания ИВП РАН.

диапазон вероятных границ ущербов и другие статистические характеристики необходимо учитывать при разработке региональной и межгосударственной политики развития хозяйственной активности в бассейне Каспия.

Современная динамика уровня Каспия

Колебания УКМ формируются изменениями водного баланса, морфометрией водоема и гидравлическими характеристиками оттока из моря [3, 1, 26, 35, 33].

Каспийское море обладает уникальными особенностями, существенно влияющими на формирование современного уровенного режима.

Во-первых, наличием оттока морской воды в залив Кара-Богаз-Гол. Отток из моря практически отсутствовал в течение 1980–1991 гг. из-за возведения дамбы в проливе, соединяющем море и залив. После разрушения дамбы по решению Президента Республики Туркменистана С. Ниязова и возобновления оттока в 1992 г., произошел размыт пролива, увеличивший пропускную способность примерно в два раза [11]. В современных условиях из-за одностороннего оттока из моря в залив Кара-Богаз-Гол Каспий представляет собой проточный водоем. Зависимость оттока морской воды из Каспия от уровня моря демпфирует колебания уровня, поскольку отток увеличивается при повышении уровня, и уменьшается при снижении уровня [8]. Эта зависимость образует отрицательную обратную связь в механизме колебаний уровня моря [21, 22, 23, 24].

Во-вторых, из всех крупных естественных водоемов мира в Каспийском море доля площади мелководий по отношению ко всей акватории максимальная, превышая 25% (при уровне -28 м БС). Северный Каспий, с площадью 90 тыс. кв. км, из общей площади 376 тыс.кв. км, имеет среднюю глубину всего 4.4 м (рис. 1) [1].

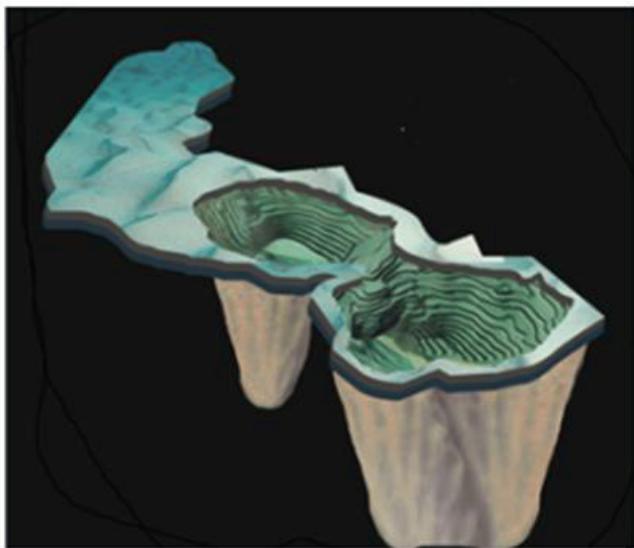


Рис. 1. Схематическое объемное изображение чаши Каспия по [34];
любезно предоставлено автору профессором Н. Lahijani

Мелководный Северный Каспий сильно прогревается до дна, что приводит в среднем к увеличенному испарению с его акватории по сравнению с испарением с южнее расположенного Среднего Каспия. Согласно [17], среднемноголетние слои испарения с акваторий Северного, Среднего и Южного Каспия равны 102,81 и 103 см, соответственно. Испарение с акватории Сев. Каспия зависит от уровня моря, увеличиваясь в среднем при понижении уровня моря и уменьшаясь — при повышении уровня. Зависимость испарения $e(h)$ от глубины мелководий формирует положительную обратную связь в механизме формирования уровенного режима моря, что приводит, в частности, к увеличению размаха колебаний УКМ. Сев. Каспий представляет собой наиболее энергоактивную зону Каспия. Примеры зависимостей оттока и испарения с мелководных частей акватории от уровня Каспия приведены на рис. 2 а [23, 25, 26].

Действие положительной обратной связи, образованной зависимостью испарения от глубины моря при некоторых условиях,

налагаемых на водный баланс Каспия и морфометрию моря, может привести к бимодальной плотности распределения вероятности уровня Каспийского моря (ПРВ УКМ) [28, 29]. Вид такой плотности указывает на возможность существования неустойчивого равновесного уровня моря, из окрестности которого уровень «стремится» к одному из устойчивых уровней. Рис. 2б иллюстрирует рельеф вероятностного потенциала бимодальной ПРВ УКМ.

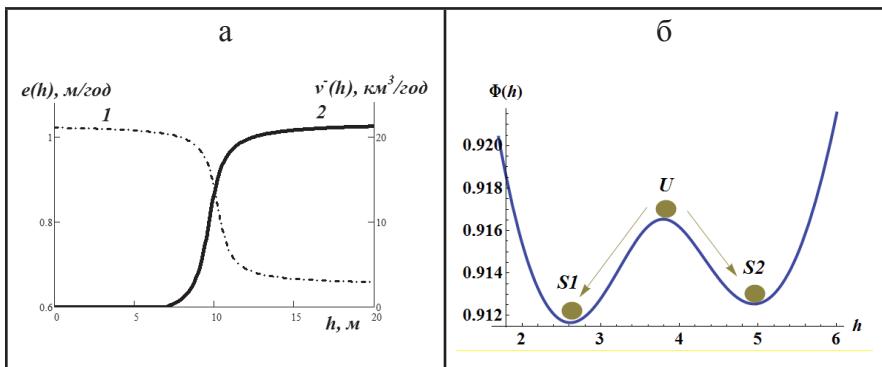


Рис. 2. Зависимости испарения $e(h)$ с акватории Сев. Каспия (1а) и оттока из моря $v^-(h)$ от УКМ (рис. 1 а) и рельеф стохастического потенциала бимодальной плотности распределения вероятности УКМ (рис. 1 б)¹

За период регулярных инструментальных наблюдений (1880–2024 гг.) уровень Каспия колебался в разных режимах. С 1880 по 1979 г. имел место нисходящий тренд — УКМ понизился примерно на 4 м, за 1978–1995 гг. УКМ повысился на 2,4 м, с 1996 г. начался и до настоящего времени (2025 г.) практически непрерывно продолжается снижение УКМ на 2,1 м (рис. 3) [2, 4, 5, 13, 30, 34].

¹ Шарик U иллюстрирует неустойчивое состояние УКМ, стрелками показано направления движения УКМ в окрестности отметок устойчивых равновесных уровней моря $S1$ и $S2$.

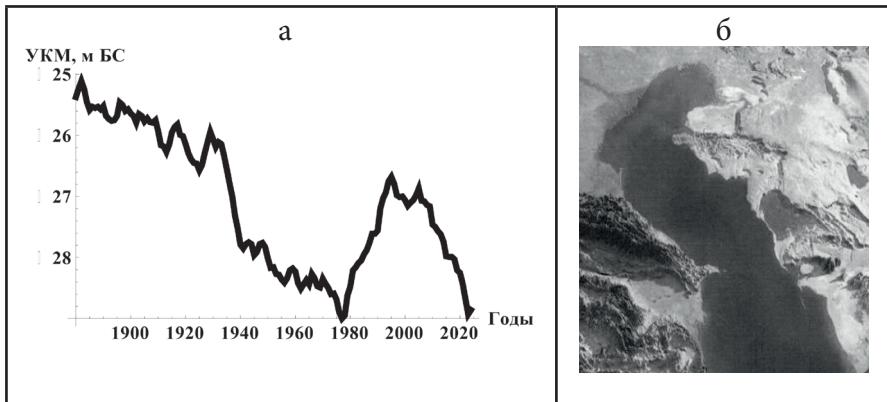


Рис. 3. Колебания УКМ в 1880–2024 гг. по данным Гидрометеослужбы России и спутниковое фото Каспия (из свободного доступа в Интернете)

Причины современного снижения УКМ — повышенный отток морской воды в залив Кара-Богаз-Гол с 1992 г. и повышенное испарение с акватории моря, а также хозяйственная деятельность в бассейне моря.

Сценарии («прогнозы») будущего хода уровня Каспия (почти все) вызывают тревогу: по оценкам некоторых моделей, уровень может опуститься ещё на 9-10 метров к концу XXI века. Это — если произойдет — приведёт к масштабной трансформации береговой зоны и внутренней морской динамики.

Экологические и экономические последствия существенных изменений УКМ

Снижение уровня Каспия уже оказывает заметное воздействие на природную среду, особенно в прибрежной зоне. Наиболее уязвимыми оказываются мелководья, лиманы, дельты и заболоченные участки — те экосистемы, которые поддерживают высокое биологическое разнообразие [30, 35].

В первую очередь страдает дельта Волги — крупнейшая речная дельта Европы. С понижением уровня морские воды отступают, обмеление усиливается, водно-болотные угодья деградируют. Это приводит к сокращению нерестовых площадей, изменению

ареалов водоплавающих птиц, исчезновению некоторых видов растений и рыб.

Особую тревогу вызывает ситуация с осетровыми, которые и без того находятся на грани исчезновения. Их размножение тесно связано с прибрежной гидрологией и качеством среды в зоне перехода река–море.

Кроме того, снижение уровня способствует увеличению солёности в некоторых северных и восточных участках моря, особенно в условиях ограниченного водообмена. Это создаёт угрозу для видового состава фауны, особенно чувствительных к солёности организмов.

Вместе с тем происходят и менее очевидные изменения — например, смещение границ наземных экосистем, усиление ветровой эрозии обнажённого дна, усиление опустынивания. Все эти процессы требуют внимания не только экологов, но и специалистов по адаптивному управлению ресурсами.

Значительные изменения УКМ приводят к экономическим ущербам вследствие нарушения нормальных условий функционирования хозяйственных объектов; экологические негативные вызываются неблагоприятными изменениями параметров среды обитания животного и растительного мира, всего биоразнообразия в целом [27, 23, 31]. Сказанное иллюстрируется табл. 1, представляющей некоторые виды воздействия УКМ на экономические и экологические параметры.

Таблица 1

Экономические и экологические последствия значительных изменений уровня Каспийского моря

От снижения	От повышения
Уменьшение глубины вплоть до полного осушения биопродуктивных мелководий (Сев. Каспия и др.)	Увеличение абразии берегов, разрушение мест обитания и гнездования птиц
Изменение температурного режима вод, ведущего к заморам и распространению нежелательных форм флоры и фауны	Затопление и подтопление транспортных коммуникаций, хозяйственных объектов в прибрежно-шельфовой зоне моря,

От снижения	От повышения
	размещенных на территориях, доступных к освоению при низком уровне моря, но в пределах зоны риска затопления наступающим морем
Угроза развитию орошения в бассейне Каспия из-за уменьшения речного притока в море	Отселение населения из прибрежной зоны затопления, что, кроме экономических потерь, может вызвать социальное напряжение
Необходимость углубления морских каналов и портов, перенос портовых сооружений	Усиление нагонных явлений. Опасное волновое воздействие на газопроводы (Азербайджан, альяны) и водозаборы (АЭС в г. Шевченко, Казахстан)

Кроме перечисленных ущербов, существуют и социальные последствия изменений УКМ, причем затрагивающие население побережья Каспия всех прикаспийских стран. Этот вопрос заслуживает отдельного внимания.

Происходящее в настоящее время снижение уровня Каспийского моря несёт серьёзные экономические риски для прибрежных стран. В первую очередь страдает инфраструктура нефтегазовой отрасли. Многие морские месторождения, особенно на мелководье Северного Каспия, становятся трудно или вовсе недоступными для эксплуатации. Платформы оказываются на суше, затрудняется транспортировка нефти и газа, повышаются эксплуатационные расходы.

Второй уязвимый сектор — рыболовство, особенно в районах, где мелководья обеспечивали нерест и кормовую базу. Снижение продуктивности и сокращение ареалов промысловых видов приводит к потере рабочих мест и доходов в прибрежных сообществах.

Также под угрозой находится водный транспорт — важный элемент логистики для России, Азербайджана, Ирана, Казахстана и Туркменистана. Обмеление портов и судоходных каналов требует масштабных дноуглубительных работ или полной реконструкции транспортной сети.

Существенные потери несёт и туристическая отрасль. Исчезновение пляжей, ухудшение качества воды, превращение ранее прибрежных территорий в труднодоступные или заболоченные участки снижает туристическую привлекательность региона.

Помимо прямых потерь есть и косвенные последствия — необходимость пересмотра градостроительных планов, изменения в землепользовании, рост социальных напряжений из-за потери привычных видов деятельности и изменения образа жизни в прибрежных зонах.

Оценка возможных будущих ущербов от изменений УКМ

Значимость таких оценок диктуется необходимостью их использования при разработке стратегии хозяйственного освоения прибрежно-шельфовой зоны Каспия.

Методика оценки будущих ущербов от изменений УКМ состоит из следующих двух компонентов :

- Моделирование многолетних колебаний УКМ как выходного процесса гидрологической системы, обладающей отрицательными и положительной обратными связями и разработка прогноза УКМ.

В общем случае, колебания уровня воды в Каспийском море моделируются нелинейным негауссовым стохастическим дифференциальным (или разностным) уравнением [23, 25 , 26]

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{V(t)-Q(h)}{F(h)} - e(t, h),$$

где $h(t)$ — уровень Каспия, — суммарное поступление воды в водоем (речной и подземный приток за вычетом безвозвратных изъятий плюс осадки на поверхность моря; для краткости, будем называть $V(t)$ просто «притоком»), $F(h)$ — площадь зеркала моря, $e(t, h)$ — слой испарения с морской акватории, $Q(h)$ — отток морской воды в залив Кара-Богаз-Гол, функционально зависящий от уровня h , t — время (годы). Слой испарения $e(t, h)$, в общем случае, представляет собой сумму детерминированной функции от уровня $e(h)$ и случайной компоненты $e(t)$. Приток

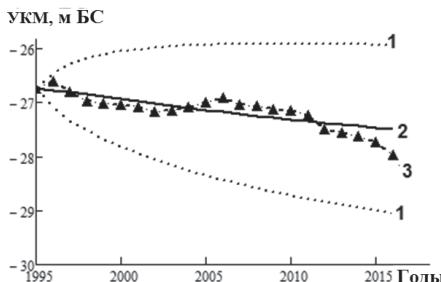
$V(t)$ и случайная компонента испарения обычно моделируются негауссовыми процессами авторегрессии первого порядка.

- Построение зависимости величины ущерба (экономического — в денежном эквиваленте, экологического ущерба — в некотором числовом показателе, например, в численности гнездящихся на побережье птиц) от положения уровня моря. Подобного рода зависимости имеют функциональный характер, и строятся, в первую очередь, на информации о наблюдениях уже произошедших событий.

Оценка характеристик будущих ущербов существенно зависит от прогноза УКМ. В научных публикациях можно найти разнообразные предложения по прогнозу уровня Каспия [3; 6, 7, 12; 32]. В настоящее время календарный прогноз колебаний уровня пока невозможен. Климатические прогнозы, основанные на сценариях последствий техногенного парникового эффекта, представляют собой «проекции» будущих колебаний уровня Каспия, по сути дела, как отдельных компонент прогноза [20]. Получение климатических прогнозов уровня Каспия есть прямое следствие решения прогноза климата — задачи, пока далекой от решения.

В этих условиях, применение теоретико-вероятностного прогноза уровня Каспия, основанного на использовании физически аргументированной, максимально учитывающей особенности гидрологического режима Каспия, динамико-стохастической модели, оказалось наиболее практически приемлемым. Именно такая — динамико-стохастическая модель многолетних колебаний уровня Каспия была разработана автором, опиравшимся на фундаментальные исследования [9, 10, 15, 16, 26, 27].

Вопрос о возможности прогноза УКМ на основании динамико-стохастической модели давно снят с повестки дня — прогноз фонового УКМ не только возможен, но и обязателен. Этот прогноз используется при научном обеспечение всех крупных проектов создания хозяйственных объектов на Каспии. Пример полностью оправдавшегося прогноза УКМ на основе динамико-стохастической модели, разработанной автором и примененной в исследованиях в рамках научного обоснования Федеральной целевой программы Каспий (1993-1994 гг.), приведен на рис. 4.



Обозначения: 1 — границы 99% доверительного интервала, 2 — математическое ожидание уровня Каспия, 3 — наблюденные отметки уровня. По материалам научного обоснования Федеральной целевой программы «Каспий» [6]

Рис 4. Теоретико-вероятностный прогноз уровня Каспия для условно среднего водного баланса

Крупные проекты, в которых использовались прогнозы фонового УКМ, выполненные автором этой статьи на основе разработанной им динамико-стохастической (ДС) модели многолетних колебаний уровня Каспия, представлены в табл. 2.

*Таблица 2
Проекты, для решения которых использовался прогноз фонового УКМ на основе ДС-модели*

№ п/п	Название проектов	Год
1	Выбор безопасных отметок для размещения АЭС на побережье Каспия.	1991
2	Оценка вероятности дальнейшего повышения УКМ для обоснования решения о целесообразности финансирования ФЦП «Каспий».	1994
3	Оценка фонового УКМ для обеспечения проектов модернизации порта Лагань	1993
4	Оценка на перспективу расходов на поддержание функциональной глубины порта Махачкала (проект реконструкции)	1995

№ п/п	Название проектов	Год
5	Прогнозная оценка УКМ для проектов освоения нефтегазовых месторождений им. Ю. Корчагина и им. В. Грайфера (ЛУКОЙЛ)	2004, 2005
6	Моделирование многолетних колебаний УКМ и разработка «проектов УКМ» в рамках научного обоснования проекта British Petroleum	2011–2012
7	Моделирование многолетних колебаний УКМ и оценка прогноза УКМ в рамках Научного обоснования мероприятий Проекта по освоению месторождения «Кашаган» (Казахстан, 2024 г. приглашенный эксперт по тематике прогноза УКМ)	2024

Пример оценки ущерба как функции стандарта колебаний УКМ для нефтегазовой промышленности Азербайджана представлен на рис. 5а. Зависимость среднего $\langle L(h) \rangle$ ущерба от стандарта многолетних колебаний УКМ, полученная на основе динамико-стохастической модели многолетних колебаний УКМ, приведена на рис. 5б.

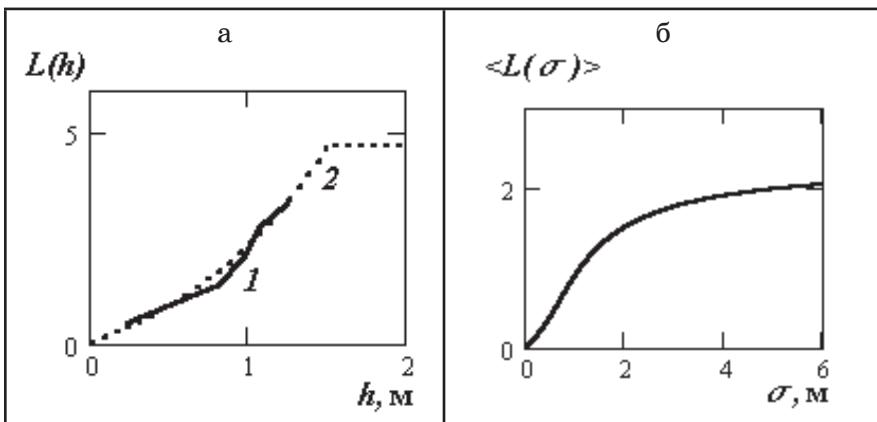


Рис. 5. Ущерб (у.е.) в нефтегазовой промышленности Азербайджана от повышения уровня Каспийского моря; а — ущерб $L(h)$ как функция (линия) УКМ по данным (точки), представленным в [19]; б — зависимость среднего $\langle L(h) \rangle$ ущерба от стандарта многолетних колебаний УКМ [23]

На основе предложенного метода можно получить также другие характеристики ущербов, например, зависимость среднего ущерба от длительности выброса УКМ и т.п.

Заключение

Происходящее снижение уровня Каспийского моря — это не только природное явление, но и фактор, способный радикально изменить экологическое и экономическое лицо всего региона. Его последствия многоплановы — от утраты биологического разнообразия до масштабных инфраструктурных и социальных проблем.

Прогнозируемое рядом исследователей дальнейшее падение уровня Каспия требует системного подхода, включающего научное моделирование, мониторинг, адаптационное планирование и международное сотрудничество. Важно понимать: речь идёт не о локальной проблеме, а о трансграничной экологической и социально-экономической трансформации, масштабы которой мы только начинаем осознавать.

Происходившие ранее и современные значительные изменения уровня Каспия приводили и, несомненно, и в дальнейшем будут приводить к экономическим и экологическим ущербам в силу недостаточной адаптации человеческой деятельности к природным процессам в бассейне и акватории Каспия, особенно — в прибрежно-шельфовой зоне моря и его бассейне.

Может показаться, что существенная причина экономических и экологических ущербов — отсутствие надежной методики календарного прогнозирования УКМ, однако, такое мнение справедливо только отчасти. Даже если допустить наличие высокоточного прогноза, то избегнуть ущербов не удастся полностью, например, от засоления прибрежных земель при повышении УКМ, либо от необходимости проведения портовых дноуглубительных работ при понижении уровня. Идея управления уровнем Каспия, хотя бы и в ограниченном варианте, отнюдь не нова. Впервые возможность использования регулируемого человеком оттока в залив Кара-Богаз-Гол была высказана еще в XIX веке [18, см. также 14]. Разумеется, задача управления уровнем

Каспия может быть решена только совместными усилиями и при согласованном взаимодействии всех прикаспийских стран — Азербайджана, Ирана, Казахстана, России и Туркменистана

Список литературы

1. *Байдин С.С., Косарев А.Н. (ред.) Каспийское море: гидрология и гидрохимия.* — М.: Наука, 1986. — 261 с.
2. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз / под ред. Е.С. Нестерова. — М.: Триада ЛТД, 2016. — 378 с.
3. Георгиевский В.Ю. Расчеты и прогнозы изменения уровня Каспийского моря под влиянием естественных климатических факторов и хозяйственной деятельности // Труды ГГИ. — 1978. — Вып. 255. — С. 94–112.
4. Гинзбург А.И., Костяной А.Г. Тенденции изменений гидрометеорологических параметров Каспийского моря в современный период (1990–2017 гг.) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2018. — Т. 15, № 7. — С. 195–207.
5. Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Серых И.В., Лебедев С.А. Климатические изменения гидрометеорологических параметров Каспийского моря (1980–2020 гг.). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2021. — Т. 18, № 5. — С. 277–291.
6. Голицын Г.С., Раткович Д.Я., Фортус М.И., Фролов А.В. О современном подъеме уровня Каспийского моря // Водные ресурсы. — 1998. — Т. 25, № 2. — С. 133–139.
7. Гусейнова С.А., Абдусамадов А.С. Прогноз динамики уровня Каспийского моря и ее последствия для прибрежных территорий // Юг России: экология, развитие. — 2015. — Т. 10, № 4. — С. 119–126.
8. Крицкий С.Н., Коренистов Д.В., Раткович Д.Я. Каспийское море. — М.: Наука, 1975. — 158 с.
9. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Некоторые положения статистической теории колебаний уровней водоемов // Труды Первого совещания по регулированию стока. М.–Л.: Изд.-во АН СССР, 1946. — С. 76–93.
10. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Колебания уровня замкнутых водоемов // Труды Гидропроекта. Энергия. Сб. 12. — 1964. — С. 29–61.

11. *Лавров Д.А.* Гидрологический режим залива Кара-Богаз-Гол в условиях свободного доступа морской воды // Экологические проблемы Каспия. Сб. докладов международного семинара. — Москва; Киров, 1999. — С. 17–21.
12. *Малинин В.Н.* Долгосрочное прогнозирование уровня Каспийского моря // Известия РАН, Серия географическая. — 2009. — № 6. — С. 7–16.
13. *Малинин В.Н.* Грозит ли Каспию судьба Арала? // Гидрометеорология и экология. — 2022. — № 69. — С. 746–760.
14. *Маркиш М.С.* Об оптимальном регулировании уровня Каспийского моря // Водные ресурсы. — 1982. — № 3. — С. 30–35.
15. *Музылев С.В.* Теоретико-вероятностный анализ колебаний уровней бессточных водоемов // Водные ресурсы. — 1980. — № 5. — С. 21–40.
16. *Музылев С.В., Привальский В.Е., Раткович Д.Я.* Стохастические модели в инженерной гидрологии. — М.: Наука, 1982. — 184 с.
17. *Панин Г.Н.* Испарение и теплообмен Каспийского моря. — М.: Наука, 1987. — 86 с.
18. *Паустовский К.Г.* Кара-Бугаз. — М.: ОГИЗ «Молодая гвардия», 1932. — 208 с.
19. Последствия изменения климата в регионе Каспийского моря: Региональный обзорный документ / ЮНЕП. — Женева, 1997. — 125 с.
20. *Фролов А.В.* Инженерные аспекты проблемы уровенного режима Каспийского моря // Водные ресурсы. — 1994. — № 4. С. 425–430.
21. *Фролов А.В.* Залив Кара-Богаз-Гол как регулятор колебаний уровня Каспийского моря // Вестник Каспия. — 1995. — № 3. — С. 45–56.
22. *Фролов А.В.* Влияние возобновления оттока в Кара-Богаз-Гол на многолетние колебания уровня Каспийского моря // Метеорология и гидрология. — 1998. — № 7. — С. 87–97.
23. *Фролов А.В.* Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: теория и приложения. — М.: Геос, 2003. — 170 с.
24. *Фролов А.В.* Моделирование влияния оттока в залив Кара-Богаз-Гол на плотность распределения вероятности уровня Каспийского моря // Математическое моделирование и численные методы. — 2016. — № 3 (11). — С. 79–92.
25. *Фролов А.В.* Сценарные прогнозы колебаний уровня Каспия с учетом климатических и техногенных воздействий на водный баланс моря // Океанологические исследования. — 2019. — № 5. — С. 130–148.

26. Фролов А.В. Особенности механизма многолетних колебаний уровня Каспийского моря // Ученые записки РГГМУ. — 2019. — № 55. — С. 120–128.
27. Хубларян М.Г. Колебание уровня Каспийского моря и его эколого–экономические последствия // Экологические проблемы Каспия. Сб. докладов международного семинара. М.–Киров, 1–3 декабря 1999 г. — 2000. — С. 5–15.
28. Хубларян М.Г., Найденов В.И. О тепловом механизме колебаний уровня водоемов // Докл. АН СССР. — 1991. — Т. 319, № 6. — С. 1438–1444.
29. Хубларян М.Г., Найденов В.И. Нелинейная теория колебаний уровня природных водоемов // Воды суши: Проблемы и решения. — М.: ИВП РАН, 1994. — С. 193–216.
30. Chen J.L., Pekker T., Wilson C.R., Tapley B.D., Kostianoy A.G., Cretaux J.-F., Safarov E.S. Long-term Caspian Sea level change // Geophysical Research Letters. — 2017. — Vol. 44. — P. 6993–7001.
31. Court R., Lattuada M., Shumeyko N. et al. Rapid decline of Caspian Sea level threatens ecosystem integrity, biodiversity protection, and human infrastructure // Communications Earth & Environment. — 2025. — Vol. 6, N 1.
32. Hoseini S.M., Soltanpour M., Zolfaghari M.R. Projected changes in Caspian Sea level under CMIP6 climate change scenarios // Climate Dynamics. — 2025. — Vol. 63, N 1. — P. 1–18.
33. Kosarev A.N., Kostianoy A.G., Zonn I.S. Kara-Bogaz-Gol Bay: Physical and Chemical Evolution // Aquatic Geochemistry. — 2009. — Vol. 15, N 1–2. — P. 223–236.
34. Lahijani H., Leroy S.A.G., Arpe K., Cretaux J.-F. Caspian Sea level changes during instrumental period, its impact and forecast: a review // Earth-Science Reviews. — 2023. — Vol. 241, N 104428.
35. Zonn I.S., Kostianoy A.G., Kosarev A.N., Glantz M. The Caspian Sea Encyclopedia. — Berlin; Heidelberg; New York, 2010. — 527 p.

Хамыдов Р.Х.

преподаватель, Туркменский сельскохозяйственный институт

hamidowlukman055@gmail.com

Хомматгельдыев Л.Р.

студент, Туркменский сельскохозяйственный институт

ТУРКМЕНСКИЙ БЕРЕГ КАСПИЙСКОГО МОРЯ И ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Ключевые слова: Каспийское море, экология, природные ресурсы, углеводородное сырье, акватория, антропогенные воздействия.

Keywords: Caspian Sea, ecology, natural resources, hydrocarbon raw materials, water area, anthropogenic impacts.

Каспийское море находится на западе Туркменистана. Поэтому город Туркменбашы с географической и экономической точки зрения считают морскими воротами Средней Азии.

Водные просторы Каспия в пределах Туркменистана протянулись на 600 километров. Географическое изучение Закаспийской области начинается именно с нашего берега. С этим берегом связаны экономические, торговые, культурные взаимоотношения Туркменистана с соседними государствами. Туркменский берег Каспийского моря — один из прекрасных природных уголков Туркменистана. По акватории Каспийского моря Туркменистан граничит с Азербайджаном, Казахстаном, Ираном и Россией. Каспийское море имеет большое экономическое значение для всех этих государств. Прикаспийские государства уделяют большое внимание использованию природных ресурсов Каспийского моря для повышения своего экономического развития. Рыболовство, морские грузовые и пассажирские перевозки, добыча углеводородного сырья из прибрежных месторождений имеют большое значение для социально-экономического развития. Дно Каспийского моря невероятно богато углеводородным сырьем.

По происхождению Каспийское море — удивительное море. Оно — единственное в мире море, которое не связано с открытым

океаном и самое большое закрытое море на Земле. Каспийское море является морскими воротами между Европой и Азией.

Туркменский берег Каспия граничит с самой крупной в мире пустыней — Каракумами, которую недаром назвали «страной вечного солнца». На один квадратный сантиметр песков здесь попадает 160 тысяч калорий тепла в год [3, 4].

Берег моря с туркменской стороны протянулся на многие километры и имеет прекрасные песчаные пляжи шириной 10–15 метров. Со стороны суши берег граничит с небольшими песчаными возвышенностями. Глубина моря постепенно увеличивается и в 30–100 метрах от берега доходит до 1,5–2 метров. Температура воды моря в третьей декаде апреля и октября бывает выше 18° С. Минерализация морской воды составляет 13 г/л.

В морском воздухе велико содержание кислорода и озона. Озон обеспечивает чистоту воздуха, уничтожает микробов. Для химического состава Каспийского моря характерно высокое содержание йода. В солях морской воды очень много полезных для организма человека веществ. Песчаные пляжи Каспия уникальны для оздоровления. Это связано, первую очередь, с жарким воздухом и горячим песком. На национальной туристической зоне «Аваза» созданы благоприятные условия для отдыха граждан Туркменистана и зарубежных стран (рис. 1).



Рис. 1. Национальная туристическая зона «Аваза»

Одной из важных особенностей Каспийского моря является колебание его уровня. Экологическая ситуация в регионе Каспийского моря глубоко беспокоит не только народы прибрежных стран, но и международные организации.

В 1995 году правительствами прикаспийских государств совместно с международными организациями (ПРООН, ЮНЕП, Всемирный банк) было принято решение о разработке и реализации программы по улучшению экологического состояния Каспийского моря. Основной целью программы является достижение устойчивого развития и улучшение экологии Каспийского моря. К задачам программы относятся:

- адаптация к изменяющимся условиям уровня моря;
- ликвидация и предотвращение загрязнений;
- восстановление экосистемы Каспийского моря.

Ежегодно руководство программы проводит заседания для оценки результатов ее реализации [3].

Туркменистан включил в число приоритетов экологического развития «Меры по борьбе с опустыниванием», «Здоровье и устойчивое развитие населения». «Меры по борьбе с опустыниванием» разработаны Национальным институтом пустынь, растительного и животного мира Министерства охраны природы Туркменистана. В этом институте накоплен опыт мирового уровня. На основе этой работы разработаны меры по борьбе с ситуациями, возникающими в результате природных и антропогенных процессов.

Туркменистан уделяет большое внимание экологическому состоянию Каспийского моря. В целях улучшения экологической ситуации в регионе Каспийского моря. Президентом Туркменистана принят ряд государственных документов.

Список литературы

1. Бердимухамедов Г. Аваза — жемчужина туризма. — А.: Туркменская государственная издательская служба, 2013. — 176 с.
2. Генджиев Р., Дурдыев С., Асадова Х., Джумаев Н., Сопыев О., Аширмурадова П. Экология и охрана окружающей среды. — Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2012. — 352 с.

3. *Куртовезов Г.Д.* Многоцелевое использование водных ресурсов. Учебник. — Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2012. — 264 с.
4. *Дурдыков А.* Гидрология. А.: Учебник. — Ашхабад: Служба научных публикаций, 2011. — 352 с.

Эльдаров Э.М.

д.геогр.н., профессор, руководитель проблемной лаборатории
«Геоинформационные системы Прикаспия»,
Дагестанский государственный университет
geodag@mail.ru

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИ-ДРУЖЕСТВЕННОМ РАЗВИТИИ ГОСУДАРСТВ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Ключевые слова: Каспийское море, Каспийский регион, Кавказ, контракт века, обще-каспийская интеграция, дагестанская зона Прикаспия, нефтегазовые ресурсы, кластеры недропользования.

Keywords: Caspian Sea, Caspian region, Caucasus, contract of the century, pan-Caspian integration, Dagestan Precaspian zone, oil and gas resources, subsurface use clusters.

Введение

Основные проблемы окружающей среды Каспийского региона определяются не резкими колебаниями уровня морских вод, не высоким уровнем их загрязнения и не стремительным сокращением рыбных ресурсов (по существующим прогнозам, коммерческие запасы осетровых в Каспийском бассейне исчезнут уже к середине текущего столетия). Главные беды заключаются в сознании людей, ответственных за судьбу самого крупного озера на планете.

С распадом СССР на первый план вышли самостоятельные экономические интересы совладельцев моря, что сделало чрезвычайно актуальной тему эксплуатации каспийских месторождений нефти и газа [1–4]. В обозримом будущем, как отмечают эксперты, активная разработка углеводородов Каспийского региона предотвратит ожидаемое увеличение удельного веса арабских стран и Ирана в производстве нефти. Это, в частности, приведет к снижению уровня энергетической зависимости большинства государств мира от узкой группы стран, находящихся не в самом стабильном регионе планеты [5–8].

Геоэкономическое положение Прикаспия обуславливает высокую доходность его коммуникационных систем и транспортных узлов (морские и авиационные порты, железные дороги и автотрассы, трубопроводы и ЛЭП), что, в свою очередь, сказывается на характере международно-правового режима взаимодействия прикаспийских государств [9–11]. Однако не меньшее общественное значение имеют вопросы согласования экологической политики, поскольку совершенно очевидно, что нескоординированные действия государств в этой сфере могут привести к губительным последствиям для всей экосистемы Каспийского бассейна [12–14].

Целью статьи является обсуждение гуманитарных принципов обоснования и реализации интегрированной политики прикаспийских государств в области экологии и использования природных ресурсов Каспийского моря.

Основные препятствия на пути к интеграции прикаспийских государств

Перестроечные социально-экономические процессы в самом южном секторе постсоветского пространства протекали в условиях стремительного наступления на берега вод Каспийского моря: за период с конца 1970-х до середины 1990-х гг. его уровень вырос на 2,5 м. Стало ясно, что односторонние эколого-экономические действия, на которые перешли новые независимые государства Прикаспия, связаны с огромными рисками [12; 15]. Поэтому, с 1990-х гг. начинают регулярно проводиться международные научные форумы, нацеленные на объединение усилий для решения проблем природопользования и охраны окружающей среды Каспийского региона [1; 16; 17].

Но наука со своими прогнозами и пожеланиями — это далеко не политика, у которой в лихие 1990-е обозначились весьма далекие от гуманистических подходов принципы и методы решения возникающих проблем. Так, в 1990-е гг. проявил себя довольно острый конфликт России с новыми прикаспийскими государствами из-за начала сотрудничества последних с нефтяными компаниями ведущих стран Запада с целью совместных разработок не-

фтегазовых месторождений. Позиция МИД РФ в этом конфликте определялась задачами сохранения того политico-правового статуса Каспийского моря, который в свое время был скреплен договорами Российской империи, а затем Советского Союза с Ираном. Такой статус предполагает рассмотрение Каспийского моря как замкнутого водоема, чьи ресурсы являются собственностью только прибрежных и никаких других государств. По мнению представителей МИД РФ, он исключает возможность даже долевого участия в разработке ресурсов Каспия зарубежных компаний без согласия хотя бы одного из «владельцев» этого моря [2]. Укреплению такой позиции во многом способствовала родившаяся в 1990-е концепция «жизненных интересов России», нацеленная на сохранение доминирующей геостратегической и экономической роли этого государства в Каспийском регионе и всяческое препятствование проникновению туда западного капитала [5; 18; 19].

С другой стороны, ввод в эксплуатацию морских нефтегазовых месторождений при технологической и финансовой поддержке западных компаний в пределах азербайджанского, казахстанского и туркменистанского участков каспийского шельфа на этапе перехода к суверенному развитию новых прикаспийских государств был главной возможностью для выхода их экономик из глубокого кризиса. Отмеченные страны были не в состоянии собственными силами осваивать морские месторождения нефти. А потому и избрали курс на сотрудничество с высокоразвитыми державами Запада. Помимо прочего, такой альянс для прикаспийских государств сулил возможности увеличения иностранных инвестиций в различные отрасли их экономик [5; 20].

В первой половине 1990-х гг. правительством Азербайджана совместно с представителями крупнейших западных компаний был заключен так называемый «контракт века». По этому документу тридцатилетняя эксплуатация азербайджанских месторождений «Азери», «Чираг» и «Шах-Дениз» обеспечила добывчу более 0,5 млрд т нефти, из которых половина — собственность Азербайджана [13; 20]. Хотя в этом контракте были учтены и интересы российской стороны, в процессе его подготовки российский МИД провел ряд жестких дипломатических демаршей, пытаясь открытыми угрозами принудить Баку, Ашхабад и

Алма-Ату отказаться от нефтяного сотрудничества со странами Запада [4; 9]. В частности, посольствам Азербайджана, Туркменистана и Казахстана в России были посланы соответствующие ноты, в которых говорилось, что проводимая этими странами политика является незаконной и не будет признаваться Российской Федерацией. Последняя оставляет за собой право принимать меры, которые будут необходимы, и в то время, которое она сочтет подходящим для восстановления нарушенного правопорядка. При этом вся ответственность, включая возможный материальный ущерб, ляжет на тех, кто предпринимает односторонние действия, проявляя тем самым пренебрежение к правовой природе Каспийского моря, к своим обязательствам по международным договорам [21, с. 16].

В преддверии реализации «проекта века» ответственные за проведение внешнеполитического курса России стали всецело следовать духу данной декларации, подчеркивающей главенство одного субъекта геополитики над другим. Как замечает голландский конфликтолог У. Мастенбрук, особенно ярко такая позиция прослеживается в отношении метрополии к своим колониям, стремящимся к независимости [22]. Имеются в виду из века в век повторяющиеся декларации типа: «Мы в них не нуждаемся, они нуждаются в нас!», «Эти негодяи (бандиты) должны знать свое место!», «Если они не желают нас слушать, они вынуждены будут смириться с соответствующими обстоятельствами» [22, с. 94; 23].

Политика «принуждения» Азербайджана к отказу от «проекта века» выражалась в оказании Россией основательной военной помощи Армении в Карабахском конфликте. Также была достигнута практически полная транспортно-экономическая изоляция Азербайджана от РФ путем перекрытия южной границы Дагестана под предлогом Чеченской войны [5]. В результате обострилась общая geopolитическая ситуация на Кавказе, проявил себя резкий экономический и военно-политический поворот Азербайджана в сторону Турции и Западного мира. Соответственно, еще более осложнился вопрос согласования интересов реальных претендентов на право собственника новых нефтяных месторождений в северной и центральной частях Каспийского моря [10; 24].

Как отмечает ведущий азербайджанский каспиевед Чингиз Исмаилов, Россия после раз渲ала СССР не смогла сохранить роль лидера в технической модернизации экономик постсоветских республик Прикаспия. Именно это и привело, с одной стороны, к поиску странами региона экономически более сильных партнеров, а с другой — к стремлению развитых держав извлечь из этого собственные выгоды [13, с. 142–143].

Вопросы формирования кластеров ресурсопользования в странах Прикаспия

За период с середины 1990-х по 2022 г. объемы выработки сырой нефти новыми прикаспийскими государствами утроились. Как видно из табл. 1, годовые объемы добычи нефти Азербайджаном достигали максимума в 2010 г. (51,3 млн т), Казахстаном — в 2018 г. (90,4 млн т) и Туркменистаном — в 2018 г. (12,5 млн т).

Таблица 1
**Добыча нефти новыми государствами Прикаспия
в 1996–2022 гг., млн тонн**

Страны	1996	2000	2010	2018	2020	2021	2022
Азербайджан	9,1	14,1	51,3	39,2	35,0	35,3	33,3
Казахстан	23,0	35,3	79,7	90,4	85,7	85,9	84,1
Туркменистан	4,4	7,3	11,1	12,5	10,4	11,6	11,6

Источник: [25, с.156]

Сама по себе эта положительная динамика в показателях добычи углеводородов в Каспийском регионе может рассматриваться как объективная предпосылка интеграции прикаспийских государств в направлении комплексного использования топливно-энергетических ресурсов Каспия и приморских территорий [4; 9; 26–30]. Речь идет об условиях формирования в Прикаспии эффективных кластеров недропользования межрегионального, регионального и локального масштабов (рис. 1).



Рис. 1. Основные центры формирования кластеров недропользования в Прикаспии [4]

Однако возникновение такого рода пространственных экономических систем реально лишь в условиях политического и, соответственно, экономического равноправия всех субъектов региона. При отсутствии же таких условий нам видится проблематичным достижение, во-первых, национальной безопасности государств и их отдельных территорий; во-вторых, свободы в трансграничных перемещениях грузов, людей, финансовых средств и информационных ресурсов; в-третьих, необходимого уровня экономической, криминальной, информационной и иных видов безопасности стран; в-четвертых, регулярного проведения совместных мероприятий в области культуры, образования и науки; наконец, в-пятых, соблюдения международных норм рационального природопользования и охраны окружающей среды [18]. Без утверждения принципа равноправия во взаимоотношениях субъектов политической системы Прикаспия нам не представляются реалистичными ни научное осмысление, ни конструктивное упреждение тех рисков, которые объективно способны осложнить (затруднить) процессы общекаспийской интеграции. Угрозы могут исходить из противоречий в межнациональных и межконфессиональных отношениях; все более усиливающегося «языкового барьера»; наличия этносов, разделенных государственными границами; различных подходов к определению приоритетов национальной безопасности; усиления террористических угроз; целенаправленного влияния «нерегиональных сил» на политику субъектов Прикаспия [18].

Главные пути укрепления содружества прикаспийских государств

С 1990-х гг. ведутся разработки Каспийской конвенции, а в 2018 г. состоялся пятый по счету Каспийский саммит, на котором стороны подписали документ, соблюдающий интересы всех прикаспийских государств. Конвенция предусматривает координацию усилий ученых и практиков региона по выработке общей программы спасения моря. Особое внимание в этом документе уделяется формированию механизма регулярных консультаций на самом высоком уровне государственной власти [31].

На шестом, последнем Каспийском саммите — 2022 президенты России, Азербайджана, Ирана, Казахстана и Туркменистана обсудили наиболее актуальные вопросы сотрудничества глав государств «каспийской пятерки». Лидеры этих стран условились наращивать возможности для оперативного реагирования на вызовы природного и техногенного характера, которые способны крайне негативно сказаться на жизни населения Прикаспия (стремительная регрессия Каспийского моря, сокращение промысловых запасов рыбы, загрязнение городскими стоками морских вод и др.), всемерно укреплять культурные, образовательные, спортивные, туристические и молодёжные обмены между государствами «пятерки» [32].

Таким образом, согласованная руководством стран Каспийского региона эколого-экономическая политика, регламенты которой довольно активно прорабатывались и утверждались в течение последних 30 лет, будет возможна лишь в обстановке полного взаимного доверия между всеми входящими в этот регион народами. Как справедливо заметил Дмитрий Медведев в своей программной речи на совещании по вопросам прикаспийского сотрудничества в 2009 г., именно этим приоритетом будет руководствоваться Россия в процессе переговоров о правилах и принципах взаимодействия на Каспии [33]. Говоря о перспективах интеграции прикаспийских государств, им были отмечены следующие главные задачи:

- сохранение Каспийского моря для будущих поколений и недопущение его экологической деградации;
- проведение мероприятий по комплексному освоению богатств Каспия при гарантированном сохранении его экологии и уникального разнообразия природных ресурсов;
- укрепление многосторонних договоренностей на базе Тегеранской рамочной конвенции о защите природной среды Каспийского моря, которая была подписана в 2003 г. и вступила в силу 12 августа 2006 года [34].

Некоторые выводы и предложения

Изучение более чем 30-летнего опыта разработки Каспийской конвенции и проведения межправительственных саммитов, а также объективно складывающихся тенденций общественно-политического развития прикаспийских государств позволило сформулировать несколько важных, на наш взгляд, выводов.

Практика ведения многосторонних переговоров по Каспийскому морю на уровне только политиков (главным образом, по линии МИД) является неудовлетворительной и малоэффективной. К переговорному процессу в составе национальных делегаций должны обязательно привлекаться группы научных экспертов, представителей природоохраных общественных движений, а также большого и малого бизнеса. Такой формат переговоров обеспечит более быстрое достижение договоренностей. На заключительном этапе к переговорам в качестве гарантов выполнения условий соглашения желательно привлекать международные организации, например, соответствующие структуры ООН.

Принципиально важно, чтобы при заключении общекаспийского соглашения в одном документе подписывались решения как по разделу моря на зоны функциональной юрисдикции, так и по созданию коллективных органов экспертизы и управления ресурсами. Нельзя допускать, чтобы эти два решения принимались по отдельности, например, сначала раздел моря, а затем создание коллективных органов управления. Если следовать такому раздельному пути, то не избежать серьезных конфликтов, способных пагубно повлиять на экосистему Каспийского моря.

Нужно учитывать конфликтный характер вопроса о месте расположения штаб-квартиры общекаспийской организации, управляющей интеграционными процессами в регионе. Здесь, с одной стороны, надо признать, что ориентир на столичные центры прикаспийских государств (Москва, Баку, Астана и Ашхабад) вносит определенный дисбаланс в общие интересы с точки зрения явного преимущества географического положения Баку как приморского города. С другой стороны, недальновидными следует считать и нынешние усилия российской власти по отстаиванию позиций г. Астрахани как научно-организационного

и координирующего центра Каспийского региона. Этот город, во-первых, не расположен на морском берегу и, во-вторых, на нынешнем историческом этапе стремительного падения уровня Каспия он испытывает серьезные затруднения в обеспечении существенных связей с этим морем [35].

Центром базирования коллективного органа управления ресурсами и экологией Каспийского региона должен служить достаточно нейтральный в geopolитическом и этнокультурном плане приморский центр. Таковым нам видится самый южный и древний город России — Дербент. Этот общекультурный центр Прикаспия, историческое наследие которого имеет мировое значение, представляется диаспорами практически всех народностей данного региона. Следует добавить, что в Дербенте размещаются культовые сооружения основных религиозных конфессий (мусульманской, христианской, иудейской). Все эти качества Дербента служат благоприятной средой для ведения здесь переговоров по утверждению консенсуса интересов прикаспийских государств. Соответственно, главные астраханские учреждения по изучению, мониторингу и управлению морехозяйственной деятельностью в регионе должны быть постепенно перебазированы в Дербент. Хорошим примером в этом плане может служить недавняя передислокация Каспийской флотилии ВМФ России из гаваней нижней Волги в главные морские порты Дагестана. И надо подчеркнуть, что данная масштабная и значимая акция по превращению самого южного города России в проектно-управленческую столицу Каспийского региона станет такой же закономерной и справедливой, как недавнее возвращение Дербенту статуса самого древнего города нашей страны с более чем 5-тысячелетней историей [36].

Заключение

Подытоживая сказанное, отметим, что в условиях современной международной жизни решения по интеграционным процессам в Прикаспии, принимаемые органами государственной и муниципальной власти, а также предпринимательскими структурами, должны опираться, во-первых, на адекватную на-

учно-информационную базу в отношении акватории Каспия и приморских территорий и, во-вторых, на объективные прогнозы развития этих процессов.

Откровенно силовые и принудительные способы ведения политического диалога между самостоятельными государствами не способствуют укреплению их доверия друг к другу. Такой тренд в развитии международных отношений заключает в себе определенные риски как для экосистемы Каспийского моря, так и для ее социокультурного окружения.

Для укрепления взаимного доверия и преодоления сложившихся преград на пути эколого-экономического сотрудничества всех прикаспийских государств требуется договор о полной демилитаризации Каспийского моря. Принимая во внимание нынешние планы военно-морского строительства во всех странах этого региона, отсрочка в принятии такого соглашения чревата будущими серьезными конфликтами, что отдалит решение нынешних чрезвычайно актуальных экологических проблем.

При выработке общей для стран Каспийского региона стратегии мирного и взаимовыгодного сосуществования основной упор должен делаться на равноправный диалог, исключающий geopolитические амбиции. Главное же внимание руководства и всех жителей рассматриваемого региона должно концентрироваться на реально бедственном состоянии экосистем Каспийского моря и его берегов.

Список литературы

1. Эльдаров Э.М. Каспий давно стонет, а мы рассуждаем... (Итоги Первой Международной конференции по проблемам Каспийского моря в г. Баку, июнь 1991 г.) // Советский Дагестан. — 1991. — № 5. — С. 11–15.
2. Петров С.П. Проблемы Каспия в современном мире // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Международные отношения. — 2003. — № 1. — С. 48–54.
3. Бутаев А.М. Каспий: зачем он Западу? — М.: Изд-во МГУЛ, 2004. — 617 с.

4. Эльдаров Э.М., Исмаилов Ч.Н.-О. Дагестан в нефтегазохимическом комплексе Каспийского региона // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2009. — № 4 (21). — С. 142–148.
5. Колесов В.В., Мироненко Н.С. Геополитика и политическая география. — М.: Аспект Пресс, 2001. 479 с.
6. Камилов М.-К.Б., Эльдаров Э.М. Вопросы комплексного социально-экономического развития Российской зоны Прикаспия // Общественно-географические проблемы освоения пространства и ресурсов мирового океана. — М.: Аспект Пресс, 2008. — С. 185–192.
7. Рожков И.С. Конвенция о правовом статусе Каспийского моря: первые итоги // Проблемы постсоветского пространства. — 2021. — № 8 (4). — С. 492–500.
8. Гусейнов В.А. Каспийская нефть. Экономика и geopolitika. — М.: ОЛМА-пресс, 2002. — 379 с.
9. Эльдаров Э.М. Геоадаптационные процессы в социально-экологических системах Дагестана: дисс... докт. геогр. наук / МГУ. — М., 1998. — 311 с.
10. Маркелов К.А. Актуальные проблемы политico-экономической безопасности стран Каспийского региона в начале XXI века. — М.: Ин-т междунар. социально-гуманитарных связей, 2011. — 167 с.
11. Алексперова Н.И. Современные интеграционные процессы между государством и транснациональными корпорациями // Экономика и предпринимательство. — 2014. — № 12-4 (53-4). — С. 136–138.
12. Степкина А. Каспийский регион в процессах глобализации // Россия и мусульманский мир. — 2014. — № 2. — С. 53–61.
13. Исмаилов Ч.Н.О. Прикаспийский регион: проблемы и формы сотрудничества // Мир перемен. — 2011. — № 2. — С. 140–155.
14. Эльдаров Э.М., Бутаев А.М., Гасанов Ш.Ш., Монахов С.К. Социально-экономические и экологические последствия повышения уровня Каспийского моря // Современные экологические проблемы Дагестана. Коллективная монография. Махачкала: ДГПУ, 1994. — С. 128–164.
15. Кузьмина Е.М. Отношение к интеграционным процессам на евразийском пространстве в Казахстане // Евразийские интеграционные проекты в восприятии постсоветских стран и Китая. — М., 2013. — С. 42–58.
16. Каспийский регион: экономика, экология, минеральные ресурсы. Сб. рефератов междунар. конф. «Каспий-95». — М.: Недра, 1995. — 147 с.
17. Проблемы экологической безопасности Каспийского региона: Мат. Всерос. науч.-практич. конф. — Москва; Махачкала, 1997. — 198 с.

18. *Маркелов К.А., Брумштейн Ю.М., Головин В.Г.* Процессы интеграции прикаспийских государств и их приморских территорий: системный анализ источников и структуры информации // Вестник Евразийской науки. — 2018. — № 5 (10). — С. 1–32.
19. *Левицкий Л.* Каспий: удастся ли России сохранить влияние на «русском море» // Российская Федерация сегодня. — 2001. — № 12. — С. 57–59.
20. *Абакаров А.Т.* Геополитические интересы Российской Федерации в Каспийском регионе как фактор политического процесса на Юге России: дисс... канд. полит. наук / Ставр. гос. ун-т. — Ставрополь, 2008. — 154 с.
21. *Аласов И.Ф.* История становления новых прикаспийских стран // Вестник Дагестанского государственного университета. Сер. 2. Гуманитарные науки. — 2019. — № 34 (3). — С. 13–20.
22. *Мастенбрук У.* Управление конфликтными ситуациями и развитие организаций: Пер. с англ. — М.: Инфра-М, 1996. — 256 с.
23. *Гусейнов А.Г., Эльдаров Э.М.* Некоторые гуманитарные подходы к изучению межнациональных конфликтов // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2014. — № 6 (44). — С. 133–140.
24. *Исмаилов Ч.Н.-О.* Прикаспий: арена соперничества или сотрудничества? // Региональные аспекты социальной политики. — 2010. — № 12. — С. 116–131.
25. *Дадабаева З.А.* Сотрудничество прикаспийских стран в экологической сфере: проблемы и перспективы // Вестник Института экономики Российской академии наук. — 2023. — № 5. — С. 152–165.
26. *Мудаев Ш.С.* Географические особенности трансформации расселения и хозяйства Дагестана в 1990-е гг.: автореф. дисс. ... докт. геогр. наук / Институт географии РАН. — М., 2004. — 46 с.
27. *Eldarov E., Gadzhiev M., Muduev Sh.* Environmental management's clusters in Dagestan // Geography, culture and society for our future Earth. — 2015. — Р. 761.
28. Эльдаров Э., Исмаилов Ч. Некоторые теоретические вопросы обеспечения устойчивого развития горного региона (на примере Дагестана) // Труды Азербайджанского национального комитета «Человек и биосфера» (МАВ, ЮНЕСКО). — Баку, 2019. — Т. 14. — С. 145–160.
29. Эльвартынов И.Н. О необходимости объединения усилий ученых Калмыкии и Дагестана в решении проблем Каспия // Проблемы и перспективы морехозяйственного комплексообразования в Дагестане. — Махачкала: ДНЦ РАН, 2001. — С. 13–14.

30. Роль нефтегазодобывающих компаний в обеспечении устойчивого социально-экономического развития сельских территорий Дагестанского побережья Каспия / НИР.
31. Зонн И.С., Костяной А.Г., Семёнов А.В., Жильцов С.С. Каспий: международно-правовые документы. — М.: Международные отношения, 2018. — 568 с.
32. Герейханова А., Кокуркин В. В Ашхабаде состоялся шестой Каспийский саммит // Российская газета. 29.06.2022. — <https://rg.ru/2022/06/29/bereg-druzej.html>
33. Медведев Д.А. Сохранить Каспийское море — наша основная задача // НИА — Природа, по информации пресс-службы Президента России. 18.08.2009. — <http://www.priroda.ru/news/detail.php?ID=9484>
34. Русанов Н.В., Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г. Волго-Каспийский морской судоходный канал — современное состояние, проблемы и пути их решения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 4-5. — С. 863–871.
35. Путин постановил: Дербенту 5 тысяч лет // Вестник Кавказа. 30.06.2023. — <https://vestikavkaza.ru/news/putin-postanovil-derbentu-5-tysac-let.html>

Научное издание

**ЭКОСИСТЕМА КАСПИЯ:
КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

*Материалы
международной научно-практической конференции
27 июня 2025 г.*

Компьютерная верстка — *E. Капнулина*

Подписано в печать 02.09.2025. Формат 60×90/16.

Гарнитура SchoolBookC. Усл. печ. л. 13,0.

Тираж 500 экз. (1-й завод 50 экз.)

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Университет мировых цивилизаций имени В.В. Жириновского»

119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 1/2, корп. 1

Тел.: +7 (499) 261-11-26

www.imc-i.ru; www.imc-ph.ru

Отпечатано ООО «ТОМИК»
115477, г. Москва, ул. Кантемировская, д. 60, помещ. 2, этаж 3

