

## ЭКОЛОГО-ЛИТОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПОЛОСЫ “СУША–МОРЕ”

За новейший исторический период, помимо глобальной тенденции размыва берегов, в ряде регионов наблюдается деградация и загрязнение компонентов экосистемы береговой зоны и акваторий морей. Особой остроты проблема загрязнения достигает во внутренних морях, ресурсы которых используются в промышленных, транспортных и рекреационных целях. Как правило, на их побережьях очень высока концентрация промышленных, сельскохозяйственных, бытовых объектов и курортных зон со специфической инфраструктурой и образованием разного рода отходов (7 млрд. т. – только в России, из которых лишь  $\leq 28\%$  утилизируется [1]). Подобная проблемная ситуация характерна для Балтийского, Черного, Азовского и Каспийского морей, где тесно соседствуют страны с различными уровнями социально-экономического развития и подходами к природоохранной деятельности [2–11].

Цель работы – обосновать методические подходы (общие принципы и алгоритм) экспертной оценки абиотической составляющей прибрежно-морской экосистемы, испытывающей доминирующие механическую и химическую формы природно-антропогенного воздействия, для оптимизации техногенного вмешательства.

### Основные существующие принципы и подходы к решению проблемы

Методология оценок современного состояния природных сред и экологических последствий хозяйствования предполагает комплексный, во многом физико-географический подход – как первооснову мониторинга, прогноза развития и “сценариев” использования территорий, в том числе в береговой зоне моря [2, 6, 10–13]. Критерии чрезвычайности на суше имеют официальный статус [14, 15]. В отношении морских гео(эко)систем вопросы технологии оценок остаются открытыми. Нередко, здесь слабо учитывается важнейший для экспертных оценок блок информации: данные об эволюции берегов, новейшие особенности гидро- и литодинамики, повторяемость экстремальных природных явлений (ураганов, нагонов воды и др.). Особую актуальность в последние десятилетия приобрели оценки состояния каркаса экосистемы береговой зоны – прибрежно-акваториальной морфолитосистемы (органо-литогенный субстрат рельефа участков сноса с берега – толща наносов активного слоя), в том числе и ее санитарно-химических свойств [6, 8, 9, 11, 16 и др.]. Наряду с паспортизацией выбросов и сбросов, необходимость такой оценки морфолитосистемы, взаимосвязанной нисходящими (суша–море) техногенными потоками (абразия, смыл с поверхности, фильтрация и разгрузка грунтовых вод в акваторию) рассеяния загрязняющих веществ (ЗВ), как одного из мутагенных факторов, бесспорна. Так, по России, доля проб грунта в селитебной зоне, включая берега, не отвечающих по санитарно-химическим показателям гигиеническим нормативам, возрастает: 1997, 2000 и 2001 гг. – 12.5%, 13.6 и 13.7% соответственно [1].

Среди фундаментальных основ оценок состояния морской среды к концу 1980-х годов оформилась антропогенная экология океана (АЭО) [2]. Она опирается на опыт многолетних комплексных экспедиционных исследований в Черном, Азовском, Каспийском, Балтийском, Беринговом морях, центральной и северо-западной зонах Тихого океана, в Северной Атлантике. АЭО “...изучает механизмы реагирования на антропогенное вмешательство на уровне клетки, организма, популяции, биоценоза, экосистемы..., исследует...особенности взаимоотношения между...организмами и средой обитания, которые могут привести к поражению биотической составляющей” [2, с. 15]. Критические условия поступления, перераспределения и накопления ЗВ рассмотрены в контактных зонах: “океан–атмосфера”, “океан–суша” и “вода–донные отложения”. Боль-

**Главные современные проблемы экологии шельфа и технология их решения (по [3, 5, 17])**

Проблемы экологии шельфа	Стратегия, тактика и методические приемы: технология решения проблем
1. Исследование твердой и растворенной фаз загрязняющих веществ	Экологическое районирование (зонирование), паспортизация, кадастрирование для комплексного управления береговой зоной
2. Уровень и масштабы механического воздействия человека на рельеф и осадки (морфолитосистему)	Разработка стратегии природопользования и ограничений для минимизации ущерба
3. Определение критического уровня антропогенного воздействия	Междисциплинарный (комплексный) подход к решению экологических проблем
4. Создание прогностических математических моделей процессов воздействия	Мониторинг береговой зоны моря
5. Разработка критериев для вычленения природных и антропогенных факторов в эволюции экосистем и для экологического нормирования антропогенного воздействия на береговую зону моря	Новейшие приемы контроля: аэрокосмические методы, лазеры, лидары, буксируемая аппаратура с датчиками состояния среды, обитаемые и автономные подводные и донные станции-анализаторы и др.

шое внимание уделено динамически и биологически активной полосе “суша–море” (вырабатывается 40% первичной органической продукции океана), занимающей 13% от площади океана и испытывающей значительные антропогенные нагрузки: близ нее сосредоточено 50% населения планеты и половина крупных (>1 млн. человек) городов мира. Ключевыми составляющими технологии оценок состояния и прогнозирования последствий техногенеза в этом антропогенно-экологическом подходе являются эмпирические данные отдельных наблюдений, мониторинга и математическое моделирование; АЭО использует опыт биологии, химии, биогеографии и физики океана.

Н.А. Айбулатовым выделены две формы антропогенного воздействия на абиотическую компоненту (морфолитосистема и водная среда) прибрежно-шельфовой зоны России: 1) *техногенная* – инженерно-технические сооружения, изъятие наносов, зарегулированность твердого стока рек, захоронение отходов; 2) *технолагенная* – в виде толчка, происходящего независимо от воли человека, но под влиянием природных сил [5]. Механизм последней приводится в действие техногенным вмешательством (триггером), а его последствия проявляются зачастую крупномасштабнее, чем только от воздействия техногенной составляющей (например, низовой размыв берегов от поперечных волногасителей). Пять главных проблем экологии шельфа решаются с применением соответствующих технологий (табл. 1). В концептуальных основах геоэкологии прибрежной зоны выделены главные направления – структура и режим природных и антропогенных потоков, взаимосвязь изменений биотической и абиотической составляющих [17].

Универсальной технологии оценок не существует ввиду различий воздействий и их последствий. В нефтегазовом комплексе наиболее часто применяются методы экспертных оценок, матричного анализа; имитационного, аналогового и математического моделирования; расчеты риска и ущерба; экологические индикаторы качества среды. Одной из первых успешных комплексных рекогносцировочных оценок экологической ситуации в связи с разработкой углеводородов можно считать обследование в 1993 г. района Штокмановской структуры на шельфе Баренцева моря: исследованы сообщества гидробионтов, популяции морских птиц, гидрология, гидрохимия; определены уровни загрязнения вод, грунта и биоты нефтепродуктами, тяжелыми металлами, хлорорганикой. Общая система требований к ОВОС выражена в принципах: *комплексность, интеграция, вариантность, региональность и предосторожность* [9, 18].

Сложность процессов и разнообразие связей в морских экосистемах, значительно превышающих аналитические и технические возможности современных исследований, а также невозможность применения единых критериев качества среды для разных (санитарно-гигиенических, рыбохозяйственных, промышленных и др.) целей обеспечили

широкое использование на этапах оценок моделирования [19–21 и др.]. По тем же причинам большое внимание в последние годы уделяется экспресс-методам зонирования проблемности, в том числе и морских экосистем в условиях комплексного, полиметаллического и радиационного загрязнения. В Балтийском, Черном, Каспийском, Японском морях и в Российской Арктике индикация и зонирование проводятся по химическим, биологическим, токсикологическим показателям тест-объектов и радиоактивным параметрам [13, 22–24 и др.].

При геоэкологических оценках прибрежных и водосборных территорий с конца 1980-х гг. применяются тематическое и комплексное картографирование с ранжированием экологических ситуаций по качественным и количественным признакам проблемности с применением ГИС-технологий в интерактивном режиме пользования. Для практического осуществления рекомендаций экспертиз создаются ресурсо- и природосберегающие технологии (переработка отходов, очистка попутных нефтяных газов и др.) [6, 7, 13, 18, 25–28].

Известны попытки унификации оценок состояния береговой зоны. В одной из них предложено [29] не более пяти категорий: *оптимальная, удовлетворительная, неудовлетворительная, опасная и катастрофическая* ситуации. Им соответствуют определенные критерии неблагополучия экологической ситуации по состоянию тест-объектов (биоты). Первая из категорий соответствует фоновому (естественному) состоянию “аква(эко)системы” при минимальном и отдаленном влиянии антропогенеза [3]. На уровне пятой категории ситуация принимает характер необратимых негативных изменений. Абиогенная компонента (рельеф, осадки и вода), как вмещающая среда жизни биоты, состояние которой определяет “иммунитет” экосистемы [19], оставлена почти без внимания. Между тем, биота и среда ее обитания могут развиваться и в противоположных направлениях. Так, сбросы в море плохо очищенных городских стоков привлекают рыб и водоплавающих птиц. Случаи уринизации морских мелководий в зонах отдыха, неприятные для купальщиков, не наносят ощутимого вреда биоте и морфолитосистеме, но существенно понижают комфортность рекреаций. С другой стороны, катастрофический размыв берегов или заносимость судового хода могут мало отражаться на биопродуктивности взморья, а дамповые отвалы – создавать нерестовые банки для рыб и среду развития колоний бентоса. В этой связи трудно согласиться с упомянутой, столь лаконичной оценкой состояния многофакторной системы береговой зоны (равно как и только моделированием распределения выбросов по территории на основе весьма сомнительных данных томов ПДВ, в отличие от комплексной оценки состояния городской среды) [4, 19, 30, 31].

Спорные вопросы межгосударственных отношений по поводу природопользования в пограничных приморских регионах определяют актуальность комплексной географической экспертизы прибрежной зоны территориальных вод. Проекты вмешательства включают аспекты: 1) социально-экономический, 2) экспертная оценка базового (современного) состояния среды и прогноз изменений, 3) состояние и развитие берегов, 4) риск и ущерб, 5) юридические и правовые стороны оценок вмешательства. Стоит отметить, что позицию № 3 целесообразнее включить как дополняющую в пункт № 2. Предложено учитывать и кадастрирование проблемных трансграничных ситуаций для выделения набора экспертно-исследовательских разработок по разрешению возможных кризисов [10].

Определенный научно-практический интерес представляют две системы комплексных оценок состояния акваторий прибрежной зоны и шельфа, элементы технологии которых за последние 10–15 лет апробированы на Черном, Азовском, Каспийском и Охотском (проект “Сахалин–1”) морях [6, 7 и 9]. Первая из них иллюстрирует возможности географо-экологического (точнее – бассейнового) подхода [6]. Ключевой принцип – экологические кризисы в море происходят за счет процессов на водосборах, имеющих индивидуальные характеристики: природные, социально-политические и хозяйственные. Море – единая гидродинамическая система: потенциальная опасность загрязнения прибрежной зоны со стороны источников сбросов сточных вод неразрывно связана со всей

территорией водосборного бассейна. Для оценки изменчивости основных воздействий и причинно-следственных связей “внешнее воздействие – условия морской среды – состояние гидробионтов” использованы два интегральных показателя, вычисляемые как отношения: 1) количество жителей к среднегодовому слою поверхностного стока с территории водосбора, 2) сумма концентраций ЗВ в сточных водах предприятий всех городов, размещенных на водосборном пространстве, к ПДК в морской воде. Однако проблематично, что в условиях обширных водосборных пространств (Черного и Азовского морей, простирающихся до гг. Минска, Смоленска, Липецка, Воронежа и Элисты), зарегулированности стока большинства рек, наличия трансграничного переноса и атмосферных выпадений ЗВ [2], а также многообразия накопительных барьеров [16] концентрации веществ в стоках перечисленных городов реально отразятся на загрязнении принимающей акватории. Включение в анализируемый спектр нестойких соединений (нефтепродукты, фенолы, некоторые микроэлементы), подверженных эмульгированию, битуминизации, седиментации, фото- и биохимическому разложению, значительной сезонной изменчивости (частично природный генезис фенолов), метилированию, равно как сорбции и десорбции на границах “вода–воздух” и “вода–осадок”, также проблематично может сказываться на результатах подобных оценок. В отношении загрязнения береговой зоны моря, для большинства токсичных ЗВ исследованием установлено значительное превышение вклада атмосферной составляющей над поверхностным стоком [2]. Особенно велико воздействие атмо- и гидрохимических потоков ЗВ в прибрежных экосистемах, расположенных вблизи урбанизированных и промышленных зон [8].

Становится очевидным: в зависимости от конкретной природной и хозяйственной ситуации необходимо пространственно ограничить при оценках площади водосборов устьевыми участками водотоков.

В рамках рассматриваемой проблемы значительной перспективой обладает экосистемный подход [9]. В технологической цепочке задействованы “градации” пространственно-временных масштабов и “пороги” допустимых вредных воздействий и их последствий; учитывается природная изменчивость популяций и экосистем.

### Эколого-литодинамический подход

В контактной полосе “суша–море” биогеохимические процессы, химическое загрязнение и самоочищение контролируются, в основном, гидродинамическим переносом, абразией, седиментацией, захоронением и взмучиванием вещества; формируется характер санитарно-химического состояния морфолитосистемы, обладающей потенциальной способностью вторичного загрязнения сопредельных сред. Здесь динамично проявляются структурные и функциональные изменения биоценозов, которые “... отражают ... циркуляцию вещества и энергии в морской экосистеме” [2, с. 487]. Перераспределение вещества механической и химической формами воздействия, хотя и происходит на разных (“грубом” и “тонком”) уровнях, имеет общий доминирующий механизм миграции – накопления: гидро- и литодинамика [2, 4, 8, 11, 16, 32]. Другими словами, в широком смысле, перечисленные процессы можно назвать литодинамикой, а предлагаемый подход к экспертной оценке экологического состояния береговой зоны – эколого-литодинамическим [4, 8, 13, 33].

Суть подхода представлена в виде алгоритма решения ключевых задач (табл. 2). При этом, санитарно-химический аспект подхода подразумевает комплексную оценку состояния с элементами бассейнового подхода: береговая зона и часть акватории открытого моря, поверхностные водотоки в них впадающие и территории непосредственно к ним прилегающие с расположенными на них источниками ЗВ. Качество среды обитания определяется нормированием ЗВ на уровне их ПДК с использованием биотестирования и других интегральных показателей [8, 13, 14].

Концептуальная модель технологии зонирования проблемных территорий в рамках эколого-литодинамического подхода вкратце выражается последовательной реализацией следующих принципов: *целесообразность* (используемость территории) – *доми-*

**Методические основы технологии экспертной оценки состояния полосы суша–море, испытывающей механическую и химическую формы природно-антропогенного воздействия (по [3, 4, 8, 13, 32, 33])**

Ключевые задачи	Совокупность действий по реализации принципов
<p>1. Выявление природного фона (участков побережья, не подверженных непосредственному негативному воздействию антропогенного фактора) и тенденций естественного развития побережья за исторический период, оценка исходного состояния прибрежно-морской среды</p>	<p>Систематизация (паспортизация, инвентаризация и кадастрирование) соответствующей информации: источники загрязнения; природные условия, доминирующие факторы воздействия и перераспределения веществ; выбор оптимального спектра приоритетных загрязнителей; экстремальные природные явления и техногенные аварийные ситуации; анализ их взаимодействия.</p> <p>Натурные и экспериментальные исследования и моделирование динамики береговой зоны с разной степенью детальности; аэродинамические расчеты разноса и осаждения выбросов промышленных объектов на акваторию; ветро- и волно-энергетические расчеты динамики прибрежных потоков энергии и вещества.</p> <p>Оценка уровня концентрации поллютантов.</p> <p>Разработка принципов функционального зонирования, блокового кодирования полученных материалов и накопление электронного банка данных для оперативного использования информации.</p>
<p>2. Проецирование техногенного фактора и оценка его влияния на естественный ход развития береговой зоны – выделение (геоэкологическое зонирование) экологически проблемных территорий и их ранжирование по уровню проявления данного признака; исследование взаимодействия природной и техногенной составляющих развития экосистемы; оценка последствий этого взаимодействия в отношении качества среды обитания для биотической составляющей экосистемы и здоровья человека</p>	<p>Выделение новейших, в свете этого влияния, тенденций эволюции рельефа побережья, особенностей циркуляции вод, наносов и загрязняющих веществ в прибрежных литодинамических системах; стратодинамическое ранжирование толщи активного слоя наносов; исследование динамики взвесей на акватории; оценка загрязнения устьевых створов впадающих поверхностных водотоков и донных наносов, взвешенной и растворенной доли загрязнения.</p> <p>Обследование береговой зоны в целях обнаружения геоморфологических и геоэкохимических критериев морфолитодинамики; выделение геоморфологически и геоэкохимически проблемных территорий/акваторий.</p> <p>Функциональное (эколого-геоморфологическое, экогеохимическое, санитарно-химическое, административно-хозяйственное и проч.) зонирование.</p> <p>Оценка воздействия техногенного фактора, включая прибрежные урбанизированные территории (города, коммунальные и промышленные объекты, гидротехнические, портовые и др. сооружения), на состояние и динамику берегов, а также уровень разного рода загрязнения компонентов природной среды (атмосферный воздух, почвы, урбогрунт и подземные воды прилегающих территорий; вода и донные отложения впадающих водотоков; морские воды, наносы, взвеси, биота) с применением соответствующих ситуации методов нормирования и ранжирования экологической проблемности.</p> <p>Образно-графическое оформление и интерактивный режим информационных блоков.</p> <p>Лабораторное и аналитическое моделирование, паспортизация, кадастрирование.</p>

## Окончание

Ключевые задачи	Совокупность действий по реализации принципов
3. Мониторинг динамики и загрязняющих веществ на основе комплексной оценки состояния акватории, берегов, прилегающей суши и устьевых участков впадающих водотоков	<p>Расчеты разновременного (среднегодовалого, сезонного, ситуационного) распределения прибрежных потоков вещества и энергии.</p> <p>Разработка и обоснование системы мониторинга: оптимизация густоты сети, периодичности, структуры и состава контролируемых параметров и характеристик.</p> <p>Кодирование в интерактивном режиме, анализ информации и материалов, отражающих современную экологическую ситуацию.</p> <p>Схематические эколого-геохимические и морфолитодинамические модели миграции, рассеяния и концентрации вещества; перераспределения энергии в полосе “суша–море”</p>
4. Проработка сценариев хозяйствования в полосе “суша–море”; выбор оптимального варианта техногенного вмешательства рационального природопользования; сохранение исходного уровня или улучшение качества среды обитания; оптимизация технологии ее управления	<p>Оценка риска, ущерба и прогноз (с привлечением данных мониторинга) экологических последствий в случае реализации мероприятий, предусмотренных тем или иным сценарием.</p> <p>Исследование взаимодействия природной и техногенной составляющих развития экосистем береговой зоны моря, включая проявление возможных экстремальных ситуаций с той и с другой стороны.</p>

**нанта воздействия** (факторы, приоритетные процессы перераспределения вещества, включая ЗВ, а также рискоформирующие накопительные барьеры) – **оптимизация** (приоритетные трассеры перераспределения вещества, индикаторы состояния среды, технические средства, характер сети обследования и т.п.) – **нормирование** (кларк, фон, ПДК, ПДС, классификация отходов; расчеты абразивного риска, коэффициента аккумуляции наносов, определение мощности их активного слоя и т.д.) – **ранжирование** (разграничение аномальных и фоновых условий состояния среды, экологическое зонирование, прогноз развития ситуаций) – **принятие решений** (целесообразность техногенного вмешательства, использования ресурсов; природоохрана и др.). Ключевой принцип – **системность исследования** (комплексная оценка и фиксирование процессов перераспределения и накопления вещества на разного рода барьерах под воздействием различных типов энергии переноса).

Настоящий подход, в отличие, например, от АЭО [2], ориентирован в основном на оценку состояния среды обитания. Он не затрагивает вопросы изучения и сохранения генофонда и в этом близок к геоэкологическому подходу Н.А. Айбулатова [5, 17]. Элементы бассейнового подхода отличаются от концепции Д.Я. Фашука [6] и ограничены оценками состояния устьевых участков водотоков и состава подземного стока. В санитарно-химическом отношении предложенный подход, так же как и упомянутые выше, рассматривает полосу “суша–море” как единую морфолитосистему, требующую соответствующих оценок.

### Экологическая проблемность побережий Юго-Восточной Балтики и Северо-Западного Прикаспия

Система принципов оценок сложилась в ходе многолетних геоморфологических, гидро- и литодинамических, геолого- и горно-морских, ландшафтно- и эколого-геохимических исследований ряда в разной степени освоенных регионов Европейской России, в основном, – аккумулятивных побережий Юго-Восточной Балтики и Северо-Западного Прикаспия в дельте р. Волги [3, 4, 8, 13, 32 и др.].

Проблемность на Балтике обусловлена совокупным природно-антропогенным воздействием. Природная его компонента в течение последнего тысячелетия контролирует конфигурацию и динамику берегов. Она связана с эвстатическим подъемом (1.5–2.0 мм/год) уровня моря, усиленного на юго-востоке тектоническим опусканием (1–2 мм/год) территории, что обеспечивает суммарное повышение уровня воды на 2.5–4.0 мм/год [12].

Заметное проявление техногенного фактора началось с переустройства портов в период XVII–XX вв. [4]. Вследствие расширения портового строительства и увеличения объемов дночерпания с начала XX в. нарушена естественная эволюция литодинамических систем, динамика вод и наносов в которых обрели качественно и количественно новые черты [32]. К этому этапу эволюции берегов можно отнести нижнюю временную границу активизации негативного проявления техногенного вмешательства. Кроме абразивного риска, реальную опасность ухудшения экологической ситуации в береговой зоне создают участвовавшие случаи различного рода интоксикации прибрежных вод: аварийные ситуации при транспортировке углеводородов, эксплуатация на берегу и сбросы городских очистных сооружений, другие антропогенные факторы.

В целом, рост в регионе механических и химических параметров воздействия в XX в. связан со следующими событиями и явлениями [4, 5, 8, 30]:

- кардинальное переустройство портовых и берегозащитных гидротехнических сооружений;

- последствия военных действий: затопление кораблей, возведение и уничтожение береговых фортификаций; захоронение на дне отравляющих химических веществ (ОХВ); минирование, обстрел и подрыв “реликтовых” (со времен войны неразорвавшихся или складированных) артиллерийских снарядов в береговой полосе и гибель людей, с чем автору пришлось вплотную столкнуться в конце 1980-х гг. при проведении прибрежно-морских работ севернее порта Лиенай в пос. Шкедес;

- возросшие объемы дноуглубительных работ и возникновение многочисленных подводных полигонов утилизации загрязненных грунтов, сбросы подобного же качества ( $\geq 80\%$  неочищенных) промышленно-бытовых и коммунальных сточных вод;

- добыча нефтепродуктов и сыпучих строительных материалов;

- миграция в сторону акватории ЗВ с речным стоком в результате абразии берегов и эрозии прибрежных литохимических аномалий на суше;

- прямое осаждение вредных примесей промышленно-хозяйственных выбросов из атмосферы на дневную поверхность и акваторию, разливы нефтепродуктов, загрязнение льдов и т.п. факторы.

Совокупное природно-антропогенное воздействие в последние десятилетия усиливается благодаря активизации штормов, росту количества отходов, возрастающей угрозе разрушения коррозии оболочек затопленных контейнеров с ОХВ. Перераспределение и накопление наносов и ЗВ, поступающих в моря, происходит на разного рода накопительных барьерах и под воздействием, в основном, морфо- и гидrolитодинамических, а также геохимических и биологических факторов [4, 8, 16, 30].

Последствия аналогичного воздействия указанных факторов определяют проблемность экологической ситуации и в Северо-Западном Прикаспии, в границах Астраханской области, где традиционно высока водоемкость внутреннего регионального продукта [13, 34]. Природный блок проблемности в аридной зоне связан со специфическими физико-географическими процессами: вековые и сгонно-нагонные колебания уровня Каспия, активная эрозионная деятельность блуждающих русел дельтовых водотоков, повышенные минерализация поверхностных и грунтовых вод, выпотной режим почв, засоленность и карбонатность современных и древних эолово-морских наносов. Особенность антропогенной ситуации обусловлена концентрированностью промышленно-хозяйственных объектов, включая Астраханский газоперерабатывающий комбинат, и крупных населенных пунктов в пределах Волго-Ахтубинской поймы. В степях правого и левого бережья редко разбросаны мелкие поселки и временное жилье скотоводов. На юге региона, главным образом на водных объектах дельты, к которым привязано и основное количество промышленных предприятий, на площади  $\sim 20$  тыс. км<sup>2</sup> сосредоточены

12 городов и поселков городского типа (ПГТ), 208 сел и деревень. Это – целлюлозно-картонный (закрыт в середине 1990-х годов) и домостроительные комбинаты; многочисленные животноводческие фермы, теплицы, машинно-тракторные станции и автопарки, асфальто-бетонные, кирпичные, хлебопекарные и судоремонтные заводы; международные морские торговые порты в Астрахани и в ПГТ Оля; кожевенные и меховые фабрики; объекты нефте- и газодобычи, переработки и транспорта углеводородов; предприятия теплоэнергетики и химической промышленности; передвижные установки по сжиганию разного рода топлива. В сельской местности, ввиду специфики природных условий, получили развитие поливное земледелие, обеспечиваемое оросительными системами, а также животноводство и рыбное хозяйство. Питьевое и техническое водоснабжения области обеспечиваются поверхностными водами, по причине солоноватости и высокой минерализации подземных вод. Главным банком воды в дельте считается р. Бахтемир, имеющая густую сеть рукавов, питающих и систему Западных Подступных ильменей. Ряд оросительно-обводнительных трактов достигают пределов Калмыкии.

В целом, особенности промышленно-хозяйственной структуры и размещения населенных пунктов создают повышенный уровень химической формы антропогенного воздействия на территорию понизовья, несмотря на снижение химических нагрузок в 3.6 раза за период 1990–2000 гг. [34]. По санитарно-химическому состоянию поверхностных водных объектов и органо-литогенного субстрата рельефа большую часть освоенного пространства региона можно отнести к экологически и геоморфологически проблемным территориям [13, 33]. Проблемность ситуации усугубляется изношенностью систем водопользования, низким качеством очистки сточных вод, слабо организованной системой обращения с отходами. Захламленность урбанизированных территорий и их окрестностей свалками бытового мусора и металлолома от непригодной к работе сельскохозяйственной техники отмечалась нами повсеместно в ходе эколого-геохимического обследования населенных пунктов области. Данное обстоятельство в перспективе, при возможных затоплениях в результате колебаний уровня моря, может иметь негативные экологические последствия.

### Результаты и их обсуждение

В технологии оценок абразионного риска и санитарно-химического состояния водных объектов и прилегающих территорий суши, испытывающих совокупное природно-антропогенное воздействие, использованы как результаты натуральных и экспериментальных исследований, так расчетные и имитационные модели [3, 4, 8, 13, 32].

**Балтийское море.** В Юго-Восточной Балтике исследования 1978–91 и 2000–02 гг. проведены в русле решения трех важных проблем: 1) разработки элементов технологии эколого-геоморфологического сопровождения и оценки возможностей подводной добычи россыпей; 2) оценки уровня геоморфологической проблемности размещения на катастрофически размываемом берегу потенциально токсичного коммунального объекта – городских очистных сооружений (ГОС) г. Лиепая; 3) оценки санитарно-химического состояния эстуария Калининградского залива для разработки системы производственного экологического мониторинга на прибрежных объектах компании “Лукойл–Калининградморфнефтегаз”.

В результате литомониторинга (1973–86 гг.) на подводных (глубина 3–14 м) редкометалльных россыпях, лишенных современного питания извне и приуроченных к морским берегам Лиепайской, Куршской и Вислинской песчаных пересыпей, разработан, на стадиях НИР и ОКР, ресурсо- и природосберегающий дражный способ добычи с применением плавучего горно-обогатительного комбината (ГОК). Способ основан на выявленных автором [32] особенностях морфологии, динамики берегов и структуры залежей: 1) ячеистая циркуляция прибрежных вод и наносов на месторождении, возникающая при трансформации волн над полого волнистым, литологически обусловленным и динамически устойчивым рельефом дна мористее (глубина >3 м) зоны подводных валов, 2) рельеф дна продуктивной зоны – чередование вдоль берега и поперечных к нему полого

выпуклых (фестонов) и вогнутых (ложбин) мезоформ с расстоянием между осями от сотен метров до 7.5 км, уклонами (I) дна от  $I = 0.004-0.014$  до  $I = 0.01-0.02$  соответственно и с относительными превышениями в 1–1.5 м, 3) восходящие ветви циркуляционных ячеек тяготеют к фестонам, нисходящие – к ложбинам, 4) мощность продуктивного пласта – в среднем 0.5–0.8 м на фестомах и от 0.3–0.5 до 1 м в ложбинах, в наносах поверхностного слоя осадков, мощностью 0.2–0.3 м, соответствующего глубине проникновения в грунт фильтрационной волны, содержится >80% концентрата; пески подвергаются перманентной сепарации и природному обогащению, 5) переуглубление ложбин при штормах (в том числе и карьерами при добыче) увеличивает интенсивность циркулирующих нисходящих ветвей ячеек и приводит к размыву прилегающих участков берега – пляжа и авантюны, снижая комфортность рекреационной зоны.

В данных условиях применяются следующие приемы стратегии и тактики добычи.

**Стратегия:** 1) плавучий ГОК (включающий установку первичного обогащения горной массы, накопитель концентрата и пульповод для сброса “хвостов” в море) перемещается навстречу вдольбереговой составляющей потока волновой энергии – с юга на север в весенне-летний и в обратном направлении в осенне-зимний периоды, 2) “хвосты” сбрасываются в верхнюю зону подводного склона, вниз по потоку энергии, 3) невозможность регенерации россыпи при разработке всей мощности продуктивного пласта, а также повышенный абразионный риск смежных берегов и увеличение количества взвесей при больших объемах сбросов “хвостов” определяют целесообразность выемки песков лишь на слой 0.2–0.3 м, наиболее обогащенный тяжелыми минералами.

**Тактика:** 1) в первую очередь разрабатываются залежи ложбин; плавучий ГОК продвигается снизу вверх, а сброс “хвостов” – вниз по склону, навстречу нисходящей ветви циркуляционной ячейки; увеличение интенсивности ее циркуляции сопровождается возрастанием заносимости карьеров от выемки за счет сноса легкоминеральных наносов со смежных фестонов; в результате – донные залежи здесь дополнительно обогащаются тяжелыми минералами, 2) после разработки ложбин – добыча на фестомах с продвижением ГОКа сверху вниз по склону, навстречу восходящей ветви литодинамической ячейки; сброс “хвостов” – в смежные ложбины и в верхнюю часть береговой зоны.

Соблюдение схемы добычи обеспечивает проявление следующих позитивных процессов: 1) минимизация как длительного дефицита в бюджете наносов береговой зоны, так и разубоживания продуктивных площадей при выемке и сбросе “хвостов”, 2) частичная регенерация россыпей и увеличение срока эксплуатации месторождений, 3) восстановление рельефа дна и уменьшение риска абразии берегов.

Оценка абразионного риска открытого восточного (ранее аккумулятивного) берега моря проведена по результатам многолетних морфолитодинамических исследований, включая мониторинг и анализ историко-географических документов из краеведческого музея и опросы местных жителей г. Лиепай [4]. Остро кризисная ситуация в районе порта на участке берега к концу 1980-х годов выражалась в реальной санитарно-химической угрозе акватории: разрушение иловых карт и хлораторной станции ГОС. Причиной тому – выдвигание молов на 1.5–2.1 км в море до глубин 8 м, приведшее к хроническому многолетнему превышению порога динамической устойчивости прибрежной морфолитосистемы на участке однонаправленного транзита наносов в условиях их дефицита. После возникновения в 1905 г. этого техногенного непропуска, менее чем за полвека, была размывта до каменистой поверхности палеобенча полоса песков до глубин моря 5–7 м, шириной до 700 м, средней мощностью 4–5 м (судя по строению фонового участка побережья). Темпы размыва достигали 1.4 млн. м<sup>3</sup>/год. Морфолитодинамическим зонированием выявлены маломощные (до 0.3 м) конусы выноса с пляжа песчано-гравийного материала. В настоящее время они локализируются по тальвегам поперечных подводных ложбин, провоцирующих возникновение разрывных течений, а также по западинам каменистого бенча в виде пятен ритмитов мощностью более 2 м. На участке наиболее интенсивного каскадного низового размыва (5 км: порт – пос. Шкедес), где размещены ГОС, скорость отступления бровки уступа берега (средней высотой 3 м) за период 1905–1990 гг. в среднем составила 0.8–2.5 м/год или 12–38 тыс. м<sup>3</sup>/год.

В результате упомянутых оценок и зонирования была предложена и осуществлена комбинированная схема берегозащиты у ГОС: долговременная – волноотбойная стенка из автопокрышек с фильтрационными каналами, периодические сезонные подпитки пляжа грубообломочным материалом; подводные волноломы в поперечных ложбинах дна; временно-аварийная – берегозащитные “лягушки” (из связанных в форме пирамид автопокрышек) на песчаном пляже. Лишь частичное осуществление этих мероприятий в 1990–91 гг. обеспечило (по отзывам бывших работников Лиепайского Управления ЖКХ) сдерживание абразионного риска до конца 1990-х годов, даже при отсутствии регламентных ремонтов сооружений.

Оценка санитарно-химического состояния эстуария Калининградского залива проведена с использованием ветроэнергетических среднесезонных и ситуационных (на период отбора проб) расчетов распределения составляющих прибрежного потока волновой энергии, натурных исследований загрязнения воды и донных отложений на акватории и в устьях рек, а также фондовых материалов о мониторинге ЗВ [8]. Здесь выделены динамически застойные зоны, где большую часть года происходит “разгрузка” вод от ЗВ в донные отложения. Зоны экологического риска, понижающие качество абิโอоточеской составляющей гео(эко)системы залива – бухты Приморская, Ушаковская, у пос. Ветрово; северо-восточный сектор центральной части эстуария, участки Калининградского морского канала (КМК): устье р. Преголи и пос. Ижевское – порт Светлый.

Гидрохимические аномалии выделены в следующих местах:

*пос. Береговое (устье реки) – пос. Ушаково.* Аномалия проявилась лопастевидными ореолами повышенных, по сравнению со смежными зонами акватории, концентраций  $\text{NH}_4^+$  (3–5 ПДК), нефтепродуктов – НП – (2.2 ПДК), анионоактивных ПАВ (7.5–14 ПДК), Hg (1–1.3 ПДК), аналогичного повышенного уровня содержания взвесей (150–231 мг/л), БПК<sub>5</sub> (6–8 мг/л), бенз(а)пирена (1–2 нг/л), Cu (2.5–3 мкг/л), Zn (30–32), Cd (0.2–0.3), Ni (0.4–0.5 мкг/л) и шлейфом пониженного количества (9–10 мг/л, фон – 10.5–12.4 мг/л) растворенного O<sub>2</sub>;

*горло эстуария со стороны г. Балтийска и бухты Приморской* – концентрации НП (4.9 ПДК), Hg (1.3–1.7 ПДК), взвеси (100–150 мг/л), фенола (0.43 мкг/л), бенз(а)пирена или БП (1–2 нг/л), Pb и Ni (0.7), Cd (0.2–0.33 мкг/л) и БПК<sub>5</sub> (5.5 мг/л);

*кут эстуария* – НП и Cu – 4 ПДК и 2.5 мкг/л соответственно, а БПК<sub>5</sub> = 6–8 мг/л;

*КМК, участок между портами Взморье – Светлый* – область накопления НП (до 2 ПДК), Hg (1–1.7 ПДК), АПАВ (3.5–14 ПДК), взвесей (12–100 мг/л), значений БПК<sub>5</sub> (6–8.9 мг/л), O<sub>2</sub> (8.2–10.0 мг/л), Zn (25–36), Cu (2.5–3), Ni (0.3–0.66) и Cd (0.1–0.42 мкг/л).

Литохимические аномалии в донных наносах эстуария и на прилегающих к акватории КМК участках суши отражают последствия интегрального и локального среднесезонного природно-антропогенного воздействия, определяющего санитарно-химическое состояние прибрежно-акваториальной морфолитосистемы.

*Устья малых рек* (Граевки, Прохладной, у пос. Береговое) – концентрации в донных осадках As = 2–8 и Hg = 0.01–0.14 мг/кг;

*центральный сектор эстуария* – концентрации в донных осадках до 24 и 0.12 мг/кг As и Hg соответственно; высокие уровни суммарного загрязнения микроэлементами (Zc) [8] – до Zc = 55 (Zn<sub>30</sub>Cr<sub>8</sub> VNi<sub>5</sub>Sn<sub>4</sub>CoMnPbW<sub>3</sub>Ag<sub>2</sub>);

*КМК, бухта у пос. Ижевское* (причалы крупнотоннажных, в том числе нефтеналивных судов, дебаркадер механических мастерских комплексного нефтеналивного терминала, участок сброса на рельеф ливневки от АЗС) – концентрации НП в органо-литогенном субстрате рельефа берега и донных наносах бухты – до 500 и 1500 мг/кг соответственно; БП – до 23 ПДК (ПДК = 20 нг/г) и 52 нг/г, Pb – до 300 (ПДК = 32) и 40 мг/кг, V – до 79 (фон = 18) и 100 (фон = 20), Hg – до 0.18 (фон = 0.02) и 0.17 (фон = 0.023), As – до 31.1 (фон = 2.3) и 17.4 (фон = 3 мг/кг), высокие уровни загрязнения грунта на берегу и донных осадков Zc до 54 (PbZn<sub>20</sub>Ag<sub>10</sub> VBi<sub>3</sub>SnCrMn<sub>2</sub>) и 78 (Zn<sub>30</sub>Cr<sub>15</sub>NiSn<sub>8</sub>WPbV<sub>5</sub>Mn<sub>4</sub>AgCo<sub>3</sub>) соответственно.

Разница в 1.4 раза высоких значений Zc в пользу донных отложений по отношению к участкам сноса на берегу, а также особенности структуры ранжированных рядов тяжелых металлов (по отношению к фону) и 2.3–3-кратные превышения содержания НП и ПАУ-канцерогенов (БП) в донных наносах КМК, по сравнению с их концентрацией в органо-литогенном субстрате суши – свидетельства интенсивной локальной техногенной нагрузки на водный объект, включая эрозию прибрежных литохимических аномалий и вынос ЗВ на акваторию. Наиболее подвижными из металлов в этом отношении является ассоциация ZnCrVNi. Незначительное преобладание уровня накопления Hg на берегу и в донных наносах устьев малых рек над таковыми в осадках КМК и застойной зоны эстуария, при 6–9-кратных превышениях концентрации токсиканта над фоном, указывает на немалую роль в загрязнении водоема плоскостного смыва и речного стока с прилегающей суши. В целом, судя по выделенному спектру ЗВ, можно говорить о площадном интегральном характере загрязнения территории/акватории отходами при обращении с нефтяными углеводородами и их производными.

**Каспийское море.** На побережье Северо-Западного Прикаспия оценка экологического состояния системы дельтовых водных объектов (ильменей, ериков, водных трактов, рр. Бахтемир, Камызык и др.) проводилась в рамках государственной программы по региональной оценке уровня химического загрязнения территории Астраханской области и разработки системы основ государственного экологического мониторинга [13]. В технологии оценок использованы методы биотестирования (БТ) поверхностных и питьевых водопроводных вод (по хемотоксической реакции культуры инфузорий тетрахимена пириформис) с попытками корреляции их качества с уровнем содержания ЗВ (тяжелых металлов, углеводородов) и данными типового анализа воды. Согласно градациям разработанной нами (с учетом требований [14]) сводной эмпирической шкалы рангов качества вод, *критический уровень* – когда около половины ЗВ имеют концентрации 1–5 ПДК, это условия, близкие к чрезвычайной экологической ситуации. Уровень, *близкий к катастрофическому* – составляющие ингредиенты ранжированного ряда Zc повсеместно находятся в концентрациях >ПДК и ~30% из них – 2–4 ПДК, а несколько – до 4–10 ПДК, т.е. это ситуация – *аналог чрезвычайной*, близкой к экологическому бедствию. Качество воды в этих условиях, по данным БТ – 50–70 и <50% соответственно.

В 1995 г. исследованием установлено: качество питьевой водопроводной воды весной в поселках Красные Баррикады, Икряном, Маячном и Мумре, а осенью в Сергиевке и Маячном (где оно было близко к токсичному уровню – ~50% по данным БТ), а также в Бахтемире, Федоровке и Житном было ниже, чем в реках, питающих водозаборы. Вниз по магистрали водопровода Александровского рыбозавода наблюдалось ухудшение качества питьевой воды от пос. Федоровка к пос. Житный. В последнем, в питьевой воде весной обнаружены повышенные концентрации Fe, Pb, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и синтетических ПАВ. В октябре 1994 г. в питьевой водопроводной воде пос. Михайловка, Зензели, Караванный, Промысловка, Лиман, Яндык концентрации Hg, Pb и фенолов составляли 1–4 ПДК, что является показателем изношенности водопроводных труб, водных трактов и низкого качества очистки потребляемых поверхностных вод.

В общем случае, гидро- и литохимические аномалии на водотоках тяготеют к нижним створам крупных поселков, паромных переправ и местам сброса воды от оросительных систем. По мере удаления на первые километры вниз по реке от этих “болевых точек” происходило разбавление концентраций ЗВ в воде и исчезновение ярко выраженных аномалий в донных наносах. В результате оценок состояния дельтовых водотоков выделены экологически проблемные участки русел, на которых контролирующим органам региона предложено организовать “адресную” систему экологического мониторинга.

В качестве экспертной оценки был продемонстрирован и вспомогательный способ зонирования территории нижней дельты р. Волги по признаку рационального размещения антропогенных объектов при максимально возможных подъемах уровня Каспия. Он основан на анализе распределения в поверхностном слое морфолитосистемы (0–10 см) природных индикаторов (Sr, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) субкавальных условий развития рельефа – литохи-

мический метод зонирования. Установлено отсутствие затоплений и заливаний рельефа при трансгрессиях и нагонных явлениях в исторический период выше абсолютных отметок –22 м, которые и определили безрисковую зону бытового и промышленно-хозяйственного использования территории (на примере пос. Лиман, Мумра–Товарный–Зюзино, Зензели). Потенциальная экологическая опасность в данном случае связана с возможными абразией, эрозией и дефляцией загрязненного органо-литогенного субстрата рельефа в населенных пунктах, на полигонах складирования, хранения и утилизации отходов, в пределах несанкционированных свалок ТБО, скотомогильников; с угрозой разрушения коммуникаций, зданий, сооружений и жилья.

Элементы бассейнового подхода к оценкам состояния, как и в Калининградском заливе, были апробированы в системе водотоков р. Бахтемир [8, 13, 26, 30]. Установлено, что загрязнение–самоочищение и опасность выноса ЗВ в принимающую акваторию тесно связаны как с удаленностью от устьев рек источников ЗВ и наличием водохранилищ (седиментационные ловушки ЗВ), так и с гидрологией, морфолитодинамикой, биогенным фактором в водотоках, а также гидрометеорологической ситуацией и режимом динамики акваторий. Самоочищению разветвленной сети дельтовых водотоков р. Волги, от устьев которых крупные источники ЗВ (ПГТ Мумра, Оранжевые, Оля, Икрыное и др.) удалены на десятки километров, благоприятствуют, помимо литодинамических барьеров, разбавление концентраций, наличие тростниковых плавней и нагонные явления. Напротив, в Калининградском заливе, влияние источников ЗВ (гг. Мамоново, Ладушкин, пос. Береговое и др.) вблизи (несколько километров) от устьев малых рек (у пос. Береговое, Мамоновки, Прохладной) может проявляться при сопутствующих ветрах шлейфами выноса ЗВ в акваторию, длина последних может достигать 10 км. Данные обстоятельства требуют пространственного ограничения бассейновой модели оценок загрязнения морской гео(эко)системы устьевыми участками рек.

В заключение отметим, что при формировании системы оценок состояния морских экосистем перспективным представляется комплексный экосистемный подход в сочетании с элементами бассейновой концепции. Последовательность оценок в наиболее общем виде представляется следующей: оценка фоновых условий и природной пространственно-временной изменчивости параметров среды – проецирование на эти характеристики последствий воздействия техногенного фактора – экологическое нормирование и зонирование проблемных ситуаций – прогноз – разработка мониторинга – рекомендации по минимизации ущерба и применению прогрессивных ресурсо- и природосберегающих технологий. В основу критериев комплексной экологической экспертизы полосы “суша–море” в каждом конкретном случае, как доминанта, закладываются приоритетные составляющие оценок современного состояния гео(эко)- и социосистемы: человек, биота, водная и воздушная среда, морфолитосистема, комфортность, эстетическая ценность ландшафта и прочие экологические признаки.

Предложенная эколого-литодинамическая модель технологии оценок механической и химической форм природно-техногенного воздействия в прибрежной зоне моря наиболее близка к геоэкологической концепции Н.А. Айбулатова [5, 17]. Алгоритм оценок и концептуальная модель зонирования проблемных территорий в рамках эколого-литодинамического подхода во многом конкретизируют и дополняют упомянутый аспект геоэкологического исследования природных и антропогенных воздействий на экосистему полосы “суша–море”. На практике это выразилось разработкой и внедрением приемов оптимизации горно-морских работ, берегозащиты в районе потенциально токсически опасного техногенного объекта, а также в создании основ экологического мониторинга в эстуарии Калининградского залива и в дельте р. Волги.

В перспективах развития предложенного подхода просматривается необходимость сбалансировать оценки биотической и абиотической составляющих водной среды и уделить большее внимание оценке загрязнения подземного стока в рамках балансовой модели распределения ЗВ.

1. *Русаков Н.В., Рахманин Ю.А.* Отходы, окружающая среда, человек. М.: Медицина, 2004. 231 с.
2. *Израэль Ю.А., Цыбань А.В.* Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 528 с.
3. *Богданов Н.А.* Проблемы методологии комплексной экологической экспертизы в полосе “суша–море” (на примере побережья Прибалтики) // Тез. докл. Межд. рабоч. совещ. “Экологические основы оптимизации урбанизированной и рекреационной среды”. Тольятти: Интер-Волга, 1992. Ч. 1. Гл. 3. С. 176–178.
4. *Богданов Н.А.* Морфолитодинамический аспект экологии побережья Балтийского моря // Геоморфология. 1993. № 3. С. 56–63.
5. Геозология шельфа и берегов морей России // Н.А. Айбулатов. М.: Ноосфера, 2001. 428 с.
6. *Фацук Д.Я.* Оценка антропогенной нагрузки на водосборах Черного и Азовского морей (географо-экологический подход) // Водн. ресурсы. 1998. Т. 25. № 6. С. 694–711.
7. *Чичерина О.В., Леонов А.В., Фацук Д.Я.* Географо-экологический портрет Каспийского моря и современные тенденции изменения его экосистемы // Водн. ресурсы. 2004. Т. 31. № 3. С. 299–317.
8. *Богданов Н. А., Воронцов А.А., Морозова Л.Н.* Тенденции химического загрязнения и динамика Калининградского залива // Водн. ресурсы. 2004. Т. 31. № 5. С. 576–590.
9. *Патин С.А.* Оценка техногенного воздействия на морские экосистемы и биоресурсы при освоении нефтегазовых месторождений на шельфе // Водн. ресурсы. 2004. Т. 31. № 4. С. 451–460.
10. *Кикнадзе А.Г., Ломинадзе Г.Д., Никифоров В.И., Канделлаки В.В.* Цели и задачи комплексной географической экспертизы для решения проблем природопользования в береговой зоне // Прибрежная зона моря: морфолитодинамика и геозология. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 163–166.
11. *Айбулатов Н.А.* Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии. М.: Наука, 2005. 364 с.
12. *Орленок В.В., Кружалин В.И., Жиндарев Л.А.* Геоморфология и экология юго-восточного побережья Балтийского моря, проблемы его защиты, консервации и менеджмента // Прибрежная зона моря: морфолитодинамика и геозология. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 7–17.
13. *Богданов Н.А.* Экологическое зонирование: научно-методические приемы (Астраханская область). М.: Едиториал УРСС, 2005. 176 с.
14. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: Мин. Охраны окруж. среды и природных ресурсов РФ, 1992. 20 с.
15. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: методические указания 2.1.7.730–99. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора МЗ РФ, 1999. 38 с.
16. *Емельянов Е.М.* Барьерные зоны в океане: осадко- и рудообразование, геозология. Калининград: Янтарный сказ, 1998. 416 с.
17. *Айбулатов Н.А.* Концептуальные основы геозологии прибрежной зоны морей и океанов // Прибрежная зона моря: морфолитодинамика и геозология. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 196–199.
18. Экологические исследования зоны промышленного освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения на шельфе Баренцева моря // М-лы экспедицион. исслед. НИС “Дальние Зеленцы”, июль 1993 г. Апатиты: КНЦ РАН, 1994. 70 с. (препринт).
19. Моделирование морских систем / Т.А. Айзатулин и др. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 280 с.
20. *Шварцман А.Я., Иванова Г.М.* Расчет переноса взвешенных загрязняющих веществ транзитными течениями // Режим, теория, методы расчета и измерения наносов (Тр. Гос. Гидролог. ин-та). 1979. Вып. 267. С. 120–127.
21. *Якушев Е.В.* Математическое моделирование морских биогеохимических процессов. Дис. ... докт. физ.-мат. наук. М.: ИОРАН, 2002. 249 с.
22. *Айбулатов Н.А.* Экологическое эхо холодной войны в морях Российской Арктики. М.: ГЕОС, 2000. 307 с.
23. *Безвербная И.П., Дмитриева Г.Ю., Тазакки К., Ватанабе Х.* Опыт оценки качества прибрежных морских вод Приморья на основе микробной индикации // Водн. ресурсы. 2003. Т. 30. № 2. С. 222–231.
24. *Моисеенко Т.И.* Экотоксикологический подход к оценке качества вод // Водн. ресурсы. 2005. Т. 32. № 2. С. 184–195.
25. *Кочуров Б.И., Жеребцова Н.А.* Картографирование экологических ситуаций (состояние, методология и перспективы) // География и природные ресурсы. 1995. № 3. С. 18–25.
26. ГИС Астраханского заповедника. Геохимия ландшафтов дельты Волги/Н.С. Касимов. М.: Изд-во МГУ, 1999. Вып. 3. 228 с.
27. *Жуков В.Т., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н.* Компьютерное геозологическое картографирование. М.: Научный мир, 1999. 128 с.
28. Экологически перспективные системы и технологии // Сб. научн. тр. Новосибирск: Изд-во НПТУ, 1998. Вып. 2. 174 с.

29. Цупкиова Н.А. Проблемы оценки геоэкологической ситуации прибрежной зоны моря при антропогенных нагрузках // Прибрежная зона моря: морфолитодинамика и геоэкология. Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 233–235.
30. Экологические проблемы Калининградской области и Юго-Восточной Балтики. Калининград: Изд-во КГУ, 1999. 104 с.
31. Богданов Н.А., Сотсков Ю.П., Свечина Н.Н. Оценка химического загрязнения территории города Иваново // Метроном. Российско-Германский журнал здоровой экономики. 1994. № 3–4. С. 50–53.
32. Богданов Н.А. Формирование и динамика морских россыпей у кумулятивных берегов Юго-Восточной Балтики: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1987. 24 с.
33. Богданов Н.А. Теоретические основы и научно-практическое значение зонирования геоморфологически проблемных территорий // Геоморфология. 2005. № 4. С. 39–47.
34. Гольчикова Н.Н., Кудинов В.В. Особенности современной геоэкологической ситуации на территории Астраханской области // Пробл. Регион. экологии. 2005. № 1. С. 7–12.

НПП “Эколого-Аналитический Центр”

Поступила в редакцию  
23.05.2006

## ECOLOGIC-LITHODYNAMIC APPROACH IN THE ASSESSMENT OF THE SEA-LAND BOUNDARY STATE

N.A. BOGDANOV

### S u m m a r y

The analysis of the latter-day investigations in the field of shelf ecology was fulfilled. It helped systematizing the methodological foundations of the ecologic-geomorphologic approach to the expert assessment of the recent sea-land strip state for the conditions of the predominance of the mechanical and chemical forms of the natural-technogenic forms of influence. The system of principles of the conceptual model of the distinguishing (zoning) the problem areas technology is explicated within the framework of the approach. The technology suggested is based on the assessment experience of the ecologic-geomorphologic, ecologic-geochemical and sanitary-chemical state of the abiotic (in general) component of the geo(ecosystems) of the south-eastern Baltic and deltaic watercourses of Volga. The technological developments may serve as one of the optimization basements of the strategy and tactic of littoral zone economy.