

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Закирова Руслана Баядитовича
**«ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВХОДНОГО УЧАСТКА
КАЛИНИНГРАДСКОГО МОРСКОГО КАНАЛА: СТАНОВЛЕНИЕ И
СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ»**,

представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата географических наук по специальности 1.6.21. – Геоэкология
(географические науки)

Диссертация Руслана Баядитовича Закирова представляет собой самостоятельное, оригинальное и законченное исследование процесса формирования прибрежно-морской природно-технической системы на примере входного участка Калининградского морского канала.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью регулирования хозяйственной деятельности в прибрежно-морской зоне в целях устойчивого развития территорий и акваторий [Денисов, 2002; Айбулатов, 2004, 2005]. Научной основой такого регулирования является геоэкология, в частности – концепция природно-технической системы (ПТС) [Федоров и др., 1992; Шилин, 2006]. Развитие концепции ПТС применительно к входному участку Калининградского морского канала (КМК) весьма актуально в связи с его неминуемым преобразованием уже в ближайшем будущем в целях совершенствования транспортной инфраструктуры и оптимизации использования собственных ресурсов Калининградской области с учетом ее анклавности.

Объектом исследования является входной участок КМК, который рассматривается автором диссертации как ПТС.

Предметом исследования служат закономерности формирования системы взаимодействия гидро- и литодинамических факторов, структуры современного рельефа дна, а также степень антропогенных изменений донных отложений.

Степень разработанности вопросов становления и развития ПТС в России и в целом в Мире на сегодняшний день не может быть признана достаточной. Хотя концепция ПТС применительно к прибрежно-морской зоне активно внедряется в практику геоэкологических оценок при строительстве и эксплуатации современных портовых комплексов, берегозащитных объектов, морских газотрубопроводов, противонагонных дамб и др. (в том числе – в Балтийском море), но в научной и технической литературе отсутствует даже нормативно закрепленное определение ПТС. В связи с этим, успешное осуществление Р.Б. Закировым исследования, сфокусированного на ПТС как одном из важнейших объектов прибрежно-морской зоны, является своевременным.

Входной участок КМК ранее обсуждался в научной литературе в связи с водообменом, влиянием гидротехнических объектов на вдольбереговые течения, оценками водного, седиментационного и геохимического балансов – но никогда не рассматривался как ПТС, хотя подвергается постоянным техногенным преобразованиям, начиная с XVII века [Басс, Жиндарев, 2011; Довыденко, 2011].

Цель работы заключается в определении системообразующих компонентов и факторов развития природно-технической системы входного участка КМК и ее связи с гидро-литодинамической обстановкой. На основе общей оценки состояния ПТС автор предполагает определить варианты оптимизации ее функционирования.

Для достижения этой цели автор решает следующие **задачи**.

1. Охарактеризовать этапы развития и выделить пространственные границы ПТС входного участка КМК.
2. Определить морфологические, гидродинамические и литодинамические особенности ПТС входного участка КМК.
3. Оценить состояние и объем доступных песчаных отложений.
4. Разработать рекомендации по оптимизации деятельности ПТС.

В теоретико-методологическом плане в основу диссертации положен системный подход. Для определения связи и отношений между техническими и природными компонентами ПТС автором применялись картографические методы, методы гидрографических измерений, геоморфологического анализа, гидрологических измерений, литодинамических измерений, гранулометрического анализа, геохимического анализа, геоэкологического анализа. Использовались специализированные программные средства ESRI ArcGIS 10, PDS Teledyne, Microsoft Excel, Grapher 8. Используемые методы соответствуют современным требованиям к проведению геоэкологических исследований.

Автором также были систематизированы и обобщены опубликованные и фондовые картографические материалы за 1924-2021 гг.; батиметрические данные лаборатории прибрежных систем Атлантического отделения Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (АО ИОРАН), ФГУП «Росморпорт» и Navionics Sonar Chart за 2008 – 2019 гг.; материалы натурных измерений течений, эхолотных промеров глубин, материалы пробоотбора, сопутствующие данные об уровне моря во время ситуационных экспедиций 2019-2020 гг.

Основные защищаемые положения

1. Входной участок КМК с прилегающими акваториями – это исторически сложившаяся ПТС, в которой с начала XVI в. происходило попеременное изменение соотношения техногенного и природного влияния. Можно выделить 4 этапа развития данной ПТС.

2. Водообмен через ПТС может быть достоверно оценен по локальным колебаниям уровня моря (по принципу близкодействия). Для практического использования предложена линейная связь между кумулятивным водообменом и динамикой уровня (коэффициент корреляции - от 0,84 до 0,98).

3. Песчаный материал в затопленной нагонной дельте может быть использован для развития ПТС. Его возобновляемость обеспечивается естественной заносимостью (в большей степени - мелким, в меньшей - средним и крупным материалом).

В структурном отношении работа состоит из введения, 4-х глав, заключения с выводами и списка литературы. Структура представляется хорошо продуманной; связь между разделами диссертации логична. В диссертации нет специально выделенного обзора литературы, но в каждой главе дается достаточно подробная информация о публикациях по рассматриваемому вопросу. Список источников содержит 135 работ, из них 28 – на иностранных языках.

Глава 1 - Характеристика природно-технической системы входного участка Калининградского морского канала. В главе дается понятийная база исследования. Особое внимание уделяется концепции ПТС. Показывается, что теория развития ПТС в прибрежно- морской зоне широко используется применительно к создаваемым с нуля ПТС; однако в научно-технической литературе не встречаются примеры ее использования при изучении исторически сложившихся прибрежных ПТС, возникших до начала промышленной революции. В таких ПТС компоненты техногенной подсистемы представлены историческими сооружениями – что характерно для портовых комплексов, введенных в эксплуатацию до XVIII века. По мере развития этих комплексов компоненты природной подсистемы успевали подстроиться под растущее антропогенное воздействие – они коэволюционировали.

В этой же главе дается описание Калининградского/Вислинского залива, Калининградского морского канала, его входного участка, включающего так называемый «Балтийский пролив» и прямой проход из канала в Калининградский залив. Показывается, что пролив, будучи единственной протокой, соединяющей залив с Балтийским морем, выполняет ключевую роль в формировании водного, седиментационного, гидрохимического балансов акватории залива, а также функцию транспортно-логистического коридора для всей Калининградской области. Дается информация о водообмене через пролив и его особенностях, которые способствуют выносу загрязняющих веществ из залива в море и снижению антропогенной нагрузки на всю акваторию залива. Показывается, что из моря в залив ежегодно заносится 76,5 тыс. т взвеси, а из залива в море выносятся 348,4 тыс. т (60–70% – биогенная взвесь). Ранее автор в своих работах показал, что часть потока морских наносов оседает на входном участке КМК, а остальная откладывается на входе в залив, подпитывая песчаную отмель, сложенную преимущественно материалом морского происхождения.

Через пролив происходит миграция биоты.

Для описания и осмысливания истории хозяйственного освоения пролива автор использует картографические материалы 1924, 1938, 2021 гг. Их привязка, оцифровка и анализ выполнены в программных пакетах ГИС Esri ArcGIS 10.0.

Входной участок КМК автор относит к ПТС, так как он является совокупностью природных и техногенных объектов, находящихся в коэволюционной взаимосвязи начиная с XVII века. Естественной функцией данной ПТС является регулирование энерго- и массообмена между заливом и морем, а хозяйственной – обеспечение транспортной доступности современной емкости. В развитии ПТС по совокупности природных и техногенных признаков

автор выделяет четыре этапа коэволюции. На первом этапе (1510-1767 гг.) путем укрепления берегов пролива был стабилизирован промывной режим течений, с морской стороны пролива активизировалось образование песчаных банок. На втором этапе (1768-1887 гг.) в результате строительства молов удалось отвести вдольбереговой поток наносов на большую глубину, но при этом было нарушено литодинамическое равновесие – активизировалась абразия берега южнее молов и аккумуляция севернее, а между молами образовалась эрозионная котловина. На третьем этапе (1768-1887 гг.) в эксплуатацию были введены канал КМК и портовая инфраструктура; пролив был углублен до 9 м, что существенно повлияло на темпы его заносимости; стали регулярно проводиться дноуглубительные работы; на примыкающем участке акватории залива активизировался рост песчаной отмели; в результате гидротехнических работ на берегах и возведения новых причальных сооружений ПТС приобрела современный вид. На четвертом этапе (1938 г. – наши дни) – активно развивается КМК и его инфраструктура. После 1970 г. входные молы неоднократно ремонтировались, глубина канала в 2005 г. была доведена до 10,5 м, гавани на северном побережье КМК вновь реконструированы. По данным автора, берег на морском абразионном участке (в корне южного мола) за последние 100 лет отступил примерно на 100 м, а площадь размытой суши составляет не менее 150 тыс. м². Песчаная отмель сегодня практически полностью преграждает проход из канала в акваторию залива: проходные глубины составляют 1,5–2 м. Автор показывает, что эрозионная депрессия увеличивает свои размеры, ее глубина достигла 31 м. В структуре ПТС автор выделяет три уровня организации

Структура ПТС характеризуется наличием трех уровней организации: природные и техногенные подсистемы разделены на компоненты, в составе которых выделены элементарные единицы. Зоны взаимодействия природной и техногенной подсистем определяют пространство и границы ПТС. В сторону открытого моря в качестве границы принята ширина вдольберегового потока наносов (до 1,5 км), а участок нарушенного берегового равновесия по обе стороны от входных молов отнесен к вдольбереговому влиянию: на юг от молов - 5 км, и на север от молов - до 10 км. В акватории пролива (1 км²), акватории Калининградского залива (12 км²) и акватории внутреннего участка Калининградского морского канала (1 км²) единственное значимое влияние оказывает заносимость, поэтому границы ПТС установлены по ареалу морских песчаных наносов в заливе (песчаная отмель) и по зонам активного дноуглубления в канале. Таким образом, площадь зоны влияния в акватории залива составляет 14 км².

Глава 2 - Геоморфологический анализ донного рельефа акватории ПТС. Автором создана цифровая модель донного рельефа, в основу которой положены батиметрические данные из различных источников. Батиметрические данные предварительно приведены к Балтийской системе высот; обработка выполнялась в программных пакетах ГИС Esri ArcGIS 10.0. Геоморфологический анализ выполнялся с использованием стандартных картографических методов:

профилирование и расчет объема. Морфодинамика донного рельефа изучалась с использованием программных инструментов ГИС Esri ArcGIS 10.0 и PDS Teledyne 4.4.3.0: профилирование и вычитание поверхностей. Границы дноуглубления оцифрованы с промерных планшетов «ФГУП Росморпорт» (формат PDF).

Пробоотбор донных осадков выполнен с малого плавсредства в шести точках ковшом Ван Вина. Лабораторный анализ осадков проводился на базе ЛПС АО ИОРАН, гранулометрический состав определялся в соответствии с классификацией Вентворта [Wentworth, 1922].

В результате разработки геоморфологической модели седиментационной обстановки удалось показать, что в Калининградском заливе, относящемся к эстуарному типу водоемов, приток морских вод в залив и их отток обеспечиваются колебаниями уровня моря различного генезиса. Вместе с морскими водами в залив заносится морской песок, который и образует песчаную отмель, которую можно охарактеризовать как нагонную дельту.

Эрозионная депрессия образовалась после строительства выдвинутых в море оградительных молов, ее очертания описываются изобатой 12 м, она имеет вытянутую форму, пересекает фарватер КМК и примыкает к оголовку южного мола. За 2008-2016 гг. объем депрессии плавно увеличивался, в среднем за рассматриваемый период суммарный прирост объема составил 2500 м³/год.

В проливе с регулярностью один раз в год проводятся дноуглубительные дреджинговые работы. Заносимость входного участка КМК в 2008 – 2016 гг. составила 27 000 м³/год. Поле рифелей в проливе входного участка КМК свидетельствует об активном движении донных наносов.

Затопленная нагонная дельта расположена на входе в залив и частично перекрывает прямой судоходный проход из залива в море. В ее теле изобатой 2,5 м выделены аккумулятивная и эрозионная области. Расчетный объем аккумулятивной области нагонной дельты (объем выше изобаты 2.5 м) составляет 6 500 000 м³. За период с 2012 по 2019 гг. она увеличилась не менее чем на 400 000 м³, что эквивалентно примерно 55 000 м³/год.

Анализ гранулометрического состава донных осадков показал их неоднородность. Большая доля состава представлена очень мелким, мелким и средним песками. В глубине акватории залива увеличивается содержание илистого материала, а в ограниченной дамбой №1 акватории КМК донные осадки состоят из мелкого и очень мелкого песка с незначительным содержанием среднего. Преобладание средних и мелких песков в отложениях нагонной дельты свидетельствует о том, что она подпитывается преимущественно этими фракциями.

Глава 3 - Изучение гидро-литодинамических условий движения взвешенных наносов через входной участок КМК.

В ходе проведения исследований течения измерялись инклинометрическими датчиками скорости, разработанными для измерения придонных течений в диапазоне скоростей 0,03–0,56 м/с, в 4 этапа: зимняя

постановка, весенняя постановка, калибровочная постановка и летняя постановка. Данные осреднялись с шагом 10 мин для расчета расходов и результирующего (кумулятивного) водообмена. Данные по уровню моря были получены с автоматического мареографа в Калининградском морском канале.

Условные пороги скорости, при которых возникает последовательность фаз «взмучивание–перенос–седиментация», были получены из диаграммы Хюльстрема [Hjulström, 1935, 1939] для каждой фракции взвеси.

Автором проведен отбор взвешенных наносов наносонакопителями для горизонтальных и вертикальных потоков взвеси.

Как показали наблюдения, в районе нагонной дельты течения подчиняются режимным особенностям водообмена залива с морем и поэтому были ориентированы двунаправленно - на приток и отток (диапазон $\pm 5-30^\circ$) и изменялись синхронно с коэффициентом корреляции от 0,92 до 0,98. За пределами нагонной дельты течения были ориентированы в соответствии с ветром и подчинялись внутренней циркуляции вод в акватории залива.

Водообмен через акваторию ПТС (пропускная способность ПТС) в сезонном масштабе монотонно уменьшался от зимнего «штормового сезона» к «летнему затишью», при этом отток всегда превышал заток из-за стока рек. Измерения подтвердили гипотезу о том, что водообмен между заливом и морем регулируется колебаниями уровня моря. Из-за инерционности процессов средняя задержка между падением уровня моря и началом оттока составляет 3 - 5 часов, а между моментом подъема уровня моря и началом притока 3-9 часов; таким образом, система легче стремиться к естественному состоянию оттока, чем реагировать на установление притока.

Между изменчивостью кумулятивного водообмена и динамикой уровня моря зафиксирована надежная линейная зависимость: коэффициенты корреляций составили от 0,84 до 0,98; коэффициенты детерминации для линейной и квадратичной аппроксимации между ними – от 0,78 до 0,8.

Взвесь максимально накапливалась на горизонте 40 см. Ее количество уменьшалось в пределах 25% до горизонта 200 см, что говорит о слабой вертикальной стратификации потока взвешенных наносов в пределах двухметрового водного слоя. В этом слое в районе нагонной дельты горизонтальным (вертикальным) водным потоком переносилось 55-61% (40%) илистого материала, 34-39% (44%) очень мелкого песка, 4-8% (16%) мелкого песка. Содержание илистой фракции в морских отложениях незначительно. Очевидно, что она выносилась исключительно из залива в море. Очень мелкие и мелкие пески широко распространены как в море, так и в заливе; их накопление в наносоуловителях могло обеспечиваться как притоком, так и оттоком.

Движение взвешенных наносов через акваторию ПТС характеризуется суммой и разностью длительностей потенциального взвесепереноса, реализовавшихся при притоке и оттоке. Суммарно за все три периода измерений (73 суток) условия переноса илистого материала и очень мелкого песка дольше сохранялись во время актов оттока, а перенос мелкого, среднего и крупного песков – во время актов притока. Из этого автор делает вывод, что нагонная дельта

в большей степени подпитывается мелким песком, а в меньшей – средним и крупным песком.

Нагонная дельта испытывает небольшой прирост. Автор утверждает, что сегодняшняя скорость прироста слишком мала, чтобы обеспечить тот объем дельты, который существует в настоящее время. Рост дельты явно был неравномерен во времени. В настоящее время регулярное дноуглубление сдерживает развитие дельты, так как основной поток морских песчаных наносов перехватывается еще на подступах к дельте как к зоне конечного депонирования.

Глава 4. Разработка рекомендаций по хозяйственному освоению песчаных запасов

При написании данной главы использованы материалы пробоотбора. Геохимический анализ проводился центром лабораторного анализа и технических измерений по Калининградской области (ЦЛАТИ). Определялось содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов. Для контрольной точки (в центре дельты) определялось содержание опасных веществ. Распределение загрязняющих веществ в отложениях нагонной дельты оценивалось по отношению к предполагаемому источнику загрязнения – отложениям акватории залива и акватории КМК.

Дополнительно, гранулометрический состав отложений нагонной дельты определялся по десятичной гранулометрической шкале ситовым методом.

В ходе анализа данных установлено, что происходит уменьшение концентраций цинка, мышьяка, меди, ртути, хрома и нефтепродуктов по направлению из залива в море. Содержание кадмия, никеля и свинца в осадках нагонной дельты соответствует естественному фону. Общее содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов во всех пробах находится в допустимых пределах. Содержание опасных веществ в контрольной точке находится в пределах значений целевого уровня.

Автор отмечает, что на региональном уровне в строительной индустрии и берегозащите природный песок – это самый востребованный материал. При этом, для решения вопросов берегозащиты необходим определенный по крупности и составу песок, который невозможно найти в чистом виде на суше. Учитывая важность роли морского песка как строительного ресурса, автор доработал современную схему утилизации материала после дноуглубления и дополнительно предложил схему использования отложений нагонной дельты в хозяйственных целях.

С целью компенсации негативных литодинамических процессов на абразионном участке берега автором предлагается направить для намыва пляжа на морской стороне косы объемы песка, которые перехватываются в результате дноуглубления в канале и КМК. Материал затопленной нагонной дельты предлагается добывать гидромеханизированным способом и временно складировать на еще не освоенных площадях северного берега КМК, либо использовать в целях берегозащиты.

Предлагаемые направления деятельности по управлению ПТС фактически направлены на подготовку будущего – пятого по счету – этапа ее развития.

Выводы работы обоснованы достаточно убедительно, логично вытекают из ее основного содержания, соответствуют поставленным автором задачам и отражают положения, вынесенные на защиту.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- выделены этапы развития рассматриваемой ПТС; определены зоны взаимодействия компонентов техногенной и природной подсистем ПТС;
- впервые создана цифровая модель донного рельефа акватории ПТС, выявлено неравновесное состояние элементов донного рельефа;
- величина водообмена через пролив установлена с учетом колебаний уровня моря в районе ПТС, коэффициент корреляции между интегральным водообменом и уровнем моря 0,84–0,98;
- показано, что движение взвешенных наносов через входной участок КМК осуществляется как при затоках, так и при оттоках, поэтому разница между условиями оттоков и затоков позволяет выразить общий характер седиментообмена: илистая и очень мелкая песчаная взвесь преимущественно выносятся из залива в море, а для мелкого, среднего и крупного песков взвесеперенос при затоках сохраняется дольше на 2,3%, 0,5% и 0,4% соответственно;
- определены объемы песчаного материала и качество отложений в затопленной нагонной дельте, предложены варианты их использования в хозяйственных целях;
- предложена и количественно описана схема использования изъятых в ходе дноуглубительных работ песчаного материала на нужды берегозащиты.

Практическое значение работы заключается в разработке алгоритма использования восполняемого материала (песка) затопленной нагонной дельты для целей берегоукрепления или восстановления пляжей. На основе количественной и качественной оценки объемов песчаного материала автором предложены (1) рекомендация для пополнения минерально-сырьевой базы региона путем разработки отложений затопленной нагонной дельты (оцениваемый объем - 6 500 000 м³, за исследуемый семилетний период он увеличился на 400 000 м³), и (2) рекомендация по использованию объемов дноуглубления в акватории входного участка КМК (объем которого неминуемо возрастет при дальнейшем развитии природно-технической системы) для компенсации абразионных процессов на морском побережье Балтийской косы.

Работа написана хорошим внятным языком и отлично иллюстрирована.

Содержание диссертации адекватно отражено в автореферате.

Диссертация прошла хорошую апробацию. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 2 - в изданиях, рекомендованных ВАК по данной специальности, 1 статья в журнале, индексируемом в БД Scopus.

В качестве замечаний необходимо указать следующее.

1. Автор лишь вскользь упоминает, что в состав ПТС непременно входят биологические сообщества. Между тем, биоценозы являются наиболее важным компонентом ПТС. Именно они обеспечивают устойчивое функционирование ПТС, поддерживают и контролируют потоки и круговороты веществ. В текст диссертации целесообразно было бы включить краткое описание местных планктонных и бентосных сообществ.

2. Выводы диссертации излишне дробны и количественно превышают более чем в два раза как число поставленных задач, так и число положений, выносимых на защиту.

3. Как следует из подраздела 1.6.2 диссертации, автор отождествляет термины «дампинг» и «дреджинг», что недопустимо. Согласно разъяснениям Центральной Европейской Дреджинговой ассоциации (ЦЕДА), дреджинг подразумевает обращение со всеми типами грунтов, а дампинг – только с радиоактивно зараженными.

4. Постоянно используя понятие «коэволюция», автор нигде не упоминает имени академика Никиты Моисеева, впервые начавшего употреблять его на русском языке в экологическом аспекте.

5. Гидромеханический способ дреджинга, рекомендуемый автором для проведения работ с песком, является экологически опасным, так как ведет к резкому увеличению содержания в водной толще механической взвеси.

6. Оппоненту не удалось найти сведений о сооружении гидротехнических сооружений - моллов - в районе исследований в XIII веке (во времена крестоносцев), о чем рассказывается в главе II диссертации и автореферата.

6. По всему тексту автореферата автор при написании десятичных дробей использует точки вместо принятых по российским стандартам запятых.

7. Текст диссертации не лишен мелких орфографических ошибок и неточностей (например, везде по тексту в названии городка Варнемюнде пропущена буква «р» и др.).

Сделанные замечания не снижают общего благоприятного впечатления от работы.

Кандидатская диссертация Руслана Баядитовича Закирова отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям по специальности 1.6.21 Геоэкология, а автор в случае успешной защиты заслуживает присвоения искомой степени.

Работа соответствует паспорту специальности 1.6.21 Геоэкология (Пункту 1.11. Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических

систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем. Пункту 1.13. Динамика, механизм, факторы и закономерности развития опасных природных и техноприродных процессов, прогноз их развития, оценка опасности и риска, управление риском, превентивные мероприятия по снижению последствий катастрофических процессов, инженерная защита территорий, зданий и сооружений).

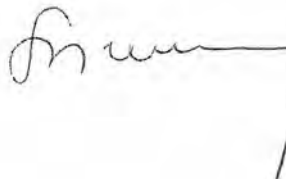
Официальный оппонент – Шилин Михаил Борисович,
кандидат биологических наук (специальность – гидробиология),
доктор географических наук (специальность – геоэкология),
профессор.

Место работы:

Российский государственный гидрометеорологический университет
192007 Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79

Электронный адрес: shilin@rshu.ru

Мобильный телефон: +7 921 902 45 65

 М.Б. Шилин

1 ноября 2022 г.

