

На правах рукописи

Дорохов Дмитрий Владимирович

**ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ
СУБАКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Калининград – 2018

Работа выполнена на кафедре географии океана Института природопользования, территориального развития и градостроительства Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

Научный руководитель: **Сивков Вадим Валерьевич**
кандидат геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты: **Позаченюк Екатерина Анатольевна**
доктор географических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, кафедра конструктивной географии и ландшафтоведения, заведующая кафедрой.

Усенков Святослав Михайлович
доктор геолого-минералогических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра осадочной геологии, профессор.

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского» (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)**

Защита состоится «27» августа 2018 года в 14:30 на заседании диссертационного совета Д 212.084.09 при ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» по адресу: 236022, г. Калининград, ул. Зоологическая, 2, ауд. 304, e-mail: ТIKuznetsova@kantiana.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (г. Калининград, ул. Университетская, д. 2). Электронные версии диссертации и автореферата размещены на официальном сайте ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» <https://www.kantiana.ru/postgraduate/dis-list/223393/>

Автореферат разослан _____ 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук

Т.Ю. Кузнецова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Увеличение темпов и масштабов использования природных ресурсов прибрежно-морской зоны привело к концентрации разных видов хозяйственной деятельности в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря. Рациональное использование морских минеральных и биологических ресурсов невозможно без выявления пространственных закономерностей происхождения, развития и распространения субаквальных природных комплексов, их трансформации в условиях всё возрастающего техногенного воздействия. В связи с этим необходимо комплексное изучение основных физико-географических и геоэкологических процессов, протекающих на морском дне и в прибрежной зоне. Ландшафтно-экологический подход позволяет оценивать состояние субаквальных и прибрежно-морских экосистем с учетом изменений их пространственной структуры. Актуальность темы исследования определяется отсутствием стандартных подходов и методов районирования субаквальных ландшафтов, их слабой изученностью в юго-восточной части Балтийского моря. Районирование субаквальных ландшафтов должно стать основой пространственного планирования, прогнозирования и комплексного управления хозяйственной деятельностью на морских акваториях, а в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на морские экосистемы позволит выявить зоны высокого биоразнообразия в целях сохранения уникальных субаквальных геокомплексов в составе специально охраняемых морских природных акваторий (МОПА).

Цель исследования – ландшафтно-экологическое районирование субаквальных комплексов российского сектора юго-восточной части Балтийского моря на основе абиотического подхода.

В ходе выполнения работы автором решались следующие **задачи**:

1. Адаптировать для российского сектора юго-восточной части Балтийского моря методы классификации и районирования субаквальных ландшафтов на основе ранее выполненных исследований.

2. Выявить наиболее распространенные, редкие и уникальные для Балтийского моря типы ландшафтов как ключевые для особо охраняемых акваторий участки с их последующей крупномасштабной типизацией.

3. Выполнить районирование донных ландшафтов юго-восточной части Балтийского моря с использованием общедоступных среднемасштабных карт и на основе полученных результатов разработать рекомендации для размещения МОПА и организации регионального геоэкологического мониторинга.

Научная новизна работы:

- в ходе комплексных экспедиционных исследований впервые обнаружены и описаны новые для Балтийского моря формы донного ландшафта – плугмарки, интерпретированные как реликтовые борозды айсбергового выпахивания;

- впервые в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря выполнено среднемасштабное ландшафтно-экологическое районирование на основе модифицированной автором стандартной европейской методики;

- впервые на трех ключевых участках выполнены детальные геолого-геофизические исследования с использованием современного геоакустического оборудования, по результатам которых построены детальные цифровые модели рельефа дна, крупномасштабные литологические и ландшафтные карты с выделением мезо- и микроформ рельефа по индексу батиметрической позиции (ИБП);

- впервые для российского сектора юго-восточной части Балтики на основе ландшафтного подхода разработаны рекомендации по созданию мор-

ских охраняемых природных акваторий и организации регионального комплексного экологического мониторинга.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Обнаруженные автором новые формы субаквального ландшафта в виде многочисленных протяженных депрессий, являются реликтовыми айсберговыми плугмарками, образованными в ходе отступления Скандинавского ледника на стадиях Балтийского ледникового озера и Иольдиевого моря (13,2 – 11,7 тыс. лет назад).

2. На основе адаптированной автором стандартной европейской методики выделен 21 тип донного ландшафта, ландшафтная карта должна стать геоинформационной основой для обеспечения рационального морского природопользования.

3. Наиболее разнообразные и наименьшие по площади типы ландшафта приурочены к трем участкам, наиболее перспективным для создания морских охраняемых природных акваторий (МОПА).

4. На основе ландшафтного районирования разработана схема комплексного экологического мониторинга российского сектора юго-восточной части Балтийского моря и примыкающих к нему Куршского и Вислинского заливов.

Практическая значимость. Составленные автором ландшафтно-экологические карты могут стать основой для рационального морского природопользования. Разработанная автором на основе ландшафтно-экологического районирования программа мониторинга субаквальных комплексов позволит получать репрезентативные данные о состоянии Балтийских морских экосистем и в то же время сократить расходы на его выполнение.

Материалы и методы. Подводное ландшафтное картографирование исследованной акватории проводилось на основе модифицированной стан-

дартной методики, принятой в ЕС, с использованием дистанционных геоакустических и контактных геологических, математических, картографических, сравнительно-географических методов. Автором использованы общедоступные среднемасштабные тематические карты района исследования, архивные геолого-геофизические данные различных организаций. Уникальные данные были полученные в ходе экспедиций АО ИО РАН с участием автора.

Достоверность выводов обеспечена комплексным использованием стандартных методов геолого-геофизических и ландшафтных исследований, согласованностью полученных результатов с ранее опубликованными работами других авторов.

Личный вклад. Автор непосредственно участвовал в большинстве морских экспедиций, выполнил большую часть геофизических работ и камеральной обработки полученных данных батиметрического, литологического и ландшафтно-экологического картирования.

Апробация. Результаты работы были представлены на многих международных конференциях: IGSP464 (Польша, 2003), «USA-Baltic International Symposium» (Литва, 2004), 32-й, 33-й, 35-й сессиях Международного геологического конгресса (Италия, 2004; Норвегия, 2008; ЮАР, 2016), 9-й, 10-й, 11-й, 12-й, 13-й Международных морских геологических конференциях The Baltic Sea Geology (Латвия, 2006; Россия, 2010; Финляндия, 2012; Германия, 2014; Польша, 2016), Quaternary of Western Lithuania: from the Pleistocene glaciations to evolution of the Baltic Sea (Литва, 2007), 17-й, 18-й, 20-й, 21-й, 22-й Международной научной конференции (Школе) по морской геологии (Москва, 2007, 2009, 2013, 2015, 2017), 4-й международной конференции «Актуальные проблемы экологической геологии» (Санкт-Петербург, 2008), GeoHab (Новая Зеландия, 2010; Финляндия, 2011), 9-й международной конференции Baltic Sea Science Congress

(Литва, 2013), IV Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование: MARESEDU-2015» (Москва, 2015), Международном конгрессе EGU (Австрия, 2016), EMECS 11 (Санкт-Петербург, 2016).

Работа поддерживалась грантами РФФИ №№10-05-90736-моб_ст, 11-05-90766-моб_ст, 12-05-09342-моб_з, 12-05-90823-мол_рф_нр, 12-05-31199-мол_а, 13-05-90723-мол_рф_нр, 14-35-50136-мол_нр.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 14 научных работ, общим объемом 11,78 п.л. (из них личный вклад – 5,12 п.л.), в том числе в пяти изданиях, входящих в базу данных Scopus и Web of Science, двух изданиях из перечня ВАК и трех разделах коллективных монографий.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Работа содержит 174 страницы машинописного текста, 54 рисунка и 13 таблиц. Список литературы включает 154 наименования, в том числе 73 отечественных и 81 – на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю кг-мн В.В. Сивкову за поддержку и помощь в выполнении исследования, а так же коллегам из АО ИО РАН Е.В. Дороховой за гранулометрический анализ проб осадков и его интерпретацию, помощь в подготовке иллюстраций, А.В. Креку за помощь в экспедиционных и камеральных работах, Е.В. Букановой за участие в обработке проб; дг-мн Е.В. Краснову за ценные замечания и рекомендации, значительно улучшившие работу; ООО «Морское венчурное бюро» и «Лукойл-Калининградморнефть», ФГУНПП «СЕВМОРГЕО», ВСЕГЕИ, ГкуКо «Балтберегозащита» и Музею Мирового океана за предоставленные материалы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Теоретические основы исследования субаквальных ландшафтов

Морское ландшафтоведение является относительно молодым научным направлением, которое начало развиваться в СССР в послевоенные годы. Основы отечественного подводного ландшафтоведения заложены Л. С. Бергом (1945), Б. Б. Плыновым (1956), Д. Г. Пановым (1950). Первый опыт составления карт морских ландшафтов (Гурьянова, 1959; Линдберг, 1959) был направлен на изучение долговременных процессов динамики морских донных сообществ. Одну из первых наиболее полных классификаций водных ландшафтов, по аналогии с ландшафтами суши, предложил Ф. Н. Мильков (1966, 1970).

Современные исследования донных ландшафтов России сосредоточены в дальневосточных морях (Арзамасцев, Преображенский, 1990; Мануйлов, 1990; Преображенский и др., 2000; Илюшин, 2014 и др.), Белом море (Мокиевский, Токарев и др., 2012; Мокиевский, Спиридонов и др., 2012), Карском море (Петров, 2009), Черном море (Современные ландшафты..., 2009; Панкеева и др., 2014), Азовском море (Современные ландшафты..., 2009) и Финском заливе Балтийского моря (Орлова и др., 2008; Орлова и др., 2014).

В российском секторе юго-восточной части Балтийского моря основные исследования были направлены на изучение палеогеографии, седиментационных процессов и геохимической эволюции в позднечетвертичное время (напр. Блажчишин, 1998; Емельянов и др., 2002). Субаквальным ландшафтам Гданьского бассейна посвящена работа А. И. Блажчишина (1992); ландшафты Куршского, Вислинского заливов и прибрежного мелководья моря исследовались Б.М. Балаяном (1992). В атласе «Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat» опубликована

мелкомасштабная карта ландшафтов российского сектора юго-восточной части Балтийского моря (Ezhova et al., 2012), составленная на основе абиотического подхода.

За рубежом морское ландшафтно-экологическое районирование стало активно развиваться в 1990-е годы, что было связано с возросшей потребностью научно-обоснованного подхода к оптимизации морского природопользования. На государственном уровне были разработаны стандартные ландшафтные классификации и методы, которые продолжают корректироваться и модифицироваться.

В региональных и локальных ландшафтных исследованиях наиболее приемлем индивидуально-типологический подход, при котором ландшафт рассматривается как конкретный участок, имеющий границы и характеризуемый определенной совокупностью некоторых общих типических свойств. В иерархической структуре геосистем (по Исаченко, 1991) «ландшафт» – наименьшая таксономическая единица региональной размерности и наиболее крупная в системе локальной размерности. На региональном уровне ландшафты подразделяются на типы, которые характеризуются схожими свойствами. Наиболее удачные определения, в которые заложена суть учения о ландшафте в виде принципов территориальности, системности и иерархичности, приведены в ГОСТ 17.8.1.01-86. При крупномасштабном картировании на локальном геосистемном уровне ландшафты включают *урочища* и *фацции*.

Глава 2. Материалы и методы исследования

Среднемасштабные карты (1:700000) субаквальных ландшафтов составлены для российского сектора юго-восточной Балтики, включая Куршский и Калининградский (Вислинский) заливы. Крупномасштабное картирование (1:50000) выполнено на трех выделенных ключевых участках Р1-Р3 (Рис. 1).

Методы составления среднемасштабных карт разработаны на основе европейской классификации EUNIS (Davies, Moss, 1999) и подходов, примененных в международном проекте BALANCE (Al-Hamdani, Reker, 2007). Методика предполагает использование «первичных» параметров, которые оказывают наибольшее влияние на распределение видов донных сообществ: вертикальная зональность, типы субстрата, придонная соленость. А так же «вторичных», которые имеют региональное геоэкологическое значение: придонная температура и ледовый покров. Параметры морской среды для построения среднемасштабной региональной ландшафтной карты взяты из литературных источников. Карта типов донных ландшафтов составлена в программе ArcGIS. В результате наложения абиотических компонентов сформирован производный слой типов ландшафта, где каждому полигону соответствует уникальное сочетание компонентов ландшафта (Рис. 2, Табл. 1). Построенная в программе ArcGis карта изменчивости донных ландшафтов предоставляет геоэкологическую информацию о возможном расположении «горячих точек» с высоким разнообразием биотопов.

На локальном уровне крупномасштабное картирование было выполнено по материалам экспедиционных исследований. На трех ключевых участках (P1-P3, Рис. 1) проведена геоакустическая съемка с использованием однолучевого эхолота Simrad EA400SP (38 и 200 кГц) с опцией бокового обзора, буксируемого интерферометрического гидролокатора бокового обзора (ГЛБО) Benthos C3D, многолучевого эхолота RESON-AS Seabat 8111 и профилографа EdgeTech 3300. Для литологической интерпретации данных ГЛБО на 104 судовых станциях был выполнен отбор проб поверхностных донных отложений на гранулометрический анализ. Помимо собственных, так же были привлечены архивные данные различных организаций. В результате были построены крупномасштабные (1:50000) батиметрические и

литологические карты ключевых участков для составления интегральных ландшафтных карт.

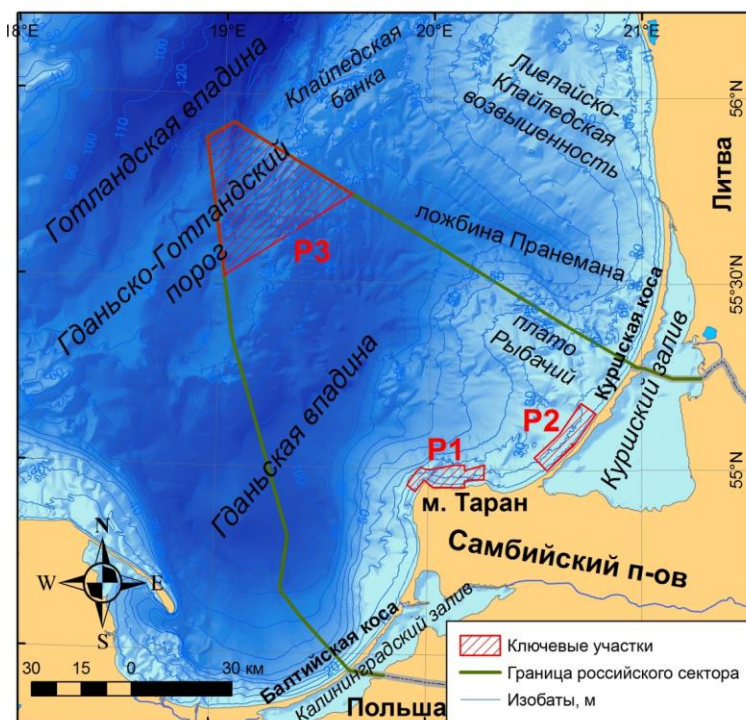


Рисунок 1 - Схема расположения регионального и ключевых участков исследования субаквальных ландшафтов

При крупномасштабном ландшафтно-экологическом исследовании одним из фундаментальных компонентов является микрорельеф – предиктор среды обитания, биоразнообразия и геоэкологического состояния донных ландшафтов. По трем ключевым участкам с использованием цифровых моделей рельефа были составлены карты субаквальных ландшафтов на основе выделения мезо- и микроформ рельефа по результатам расчета *индекса батиметрической позиции (BPI)* в программе ArcGis (Lundblad et al., 2006). Выделены 4 формы мезорельефа (*BPI Zones*), определяющие *типы урочищ*: *Возвышенности (Crests)*, *Понижения (Depressions)*, *Горизонтальные поверхности (Flats)*, *Склоны (Slopes)*. На основе комбинации индексов BPI и других характеристик рельефа, метод позволил выделить 13 *форм микрорельефа (Structures)*, определяющих *фацции*.

Глава 3. Субаквальные ландшафты российского сектора юго-восточной части Балтийского моря и их геоэкологическое значение

Согласно полученным результатам исследования, донные ландшафты юго-восточной части Балтийского моря намного сложнее и разнообразнее, чем это было известно ранее. На региональном уровне сочетание выбранных параметров позволило выделить 21 тип ландшафта (Рис. 2, Табл. 1).

Самый распространенный монодоминантный тип ландшафта №21 приурочен к илам Гданьской впадины (Рис. 2), где температура, соленость и концентрация растворенного кислорода у дна в большей мере зависят от интенсивности затоков североморских вод. Содержание токсичных тяжелых металлов и нефтепродуктов относительно высоко (Емельянов и др., 2012). Однако основная причина малого видового разнообразия и численности макробентоса, представленного редкими видами двустворчатых моллюсков, полихет, олигохет и ракообразных – низкое содержание растворенного кислорода (иногда гипоксия), связанное с резким увеличением поступления биогенных веществ в 1980-е годы (Блажчишин, 1992). Местами толща илистых отложений насыщена пузырьками углеводородных газов (преимущественно метана), которые проявляются в виде акустических аномалий и покмарков на эхолотных записях и имеют важное геоэкологическое значение, поскольку метан отнесен к парниковым газам.

Второй по распространенности тип ландшафта (№8, Рис. 2) характеризуется песками прибрежного мелководья различного гранулометрического состава. Несмотря на близость к источникам техногенного загрязнения (портам, устьям рек и др.) содержание токсичных веществ имеет минимальные значения и подчиняется «правилу фракций» (Емельянов и др., 2012). В этом районе находится относительно крупный и изменчивый ландшафт №1 (Рис. 2), который был детально изучен на ключевом участке P1 (рис. 1).

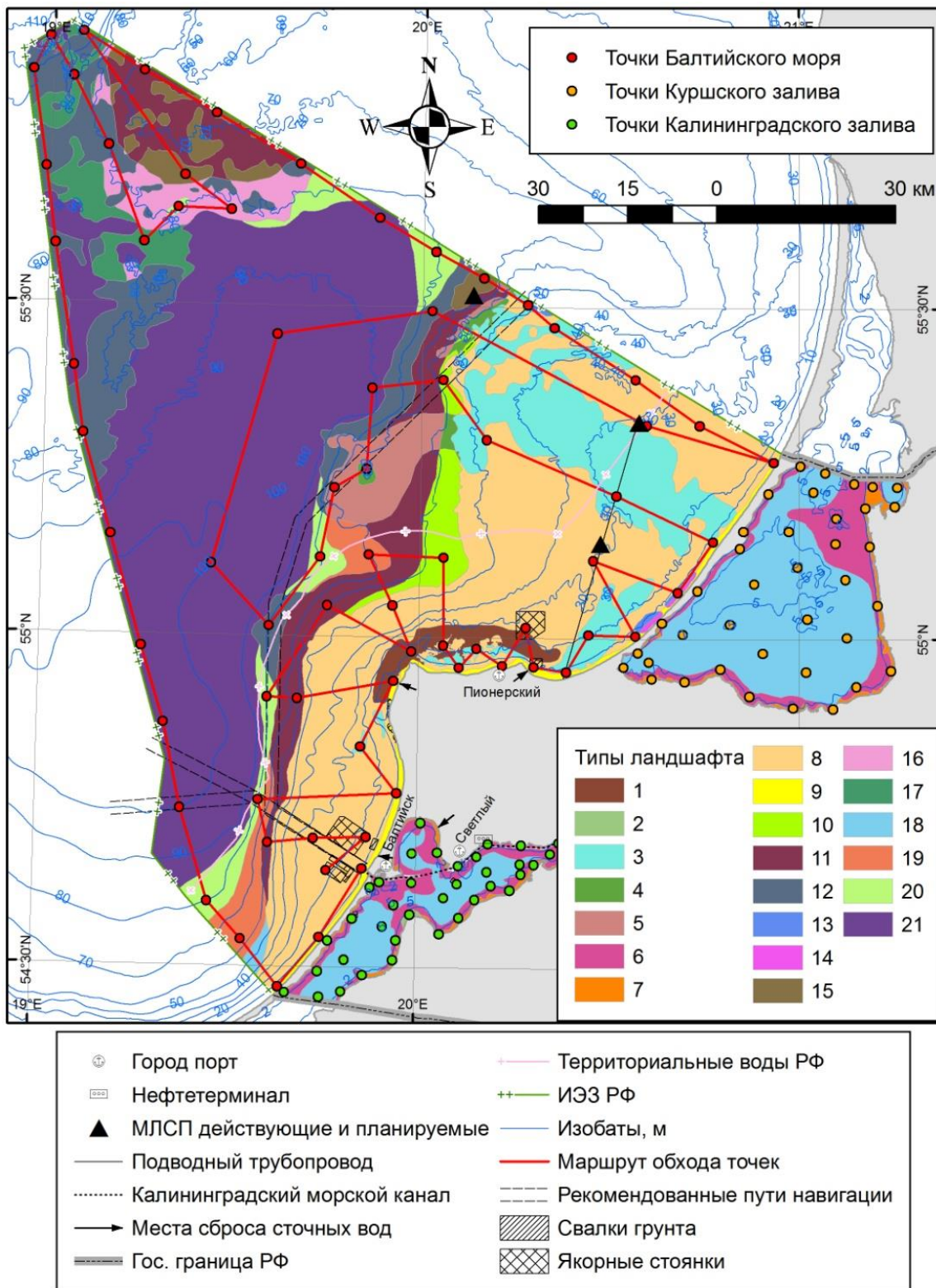


Рисунок 2 – Типы ландшафтов (см. Табл. 1) и схема комплексного экологического мониторинга в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря, Куршского и Калининградского заливов

Таблица 1 – Типы донных ландшафтов российского сектора юго-восточной части Балтийского моря (сокращенная)

| № п/п | Тип ландшафта |
|-------|---|
| 1 | Коренные породы (в т. ч. перекрытые валунами), циркалитораль, придонные воды олигогалинные II, с выраженной сезонной изменчивостью температуры |
| ... | |
| 7 | Пески различной крупности (с проявлениями гравия), инфралитораль, придонные воды олигогалинные I, с выраженной сезонной изменчивостью температуры, влияние сезонного ледового покрова |
| 8 | Пески различной крупности (с проявлениями гравия), циркалитораль, придонные воды олигогалинные II, с выраженной сезонной изменчивостью температуры |
| ... | |
| 13 | Плотные глины (в т. ч. перекрытые тонким слоем песка или гравия), циркалитораль, придонные воды олигогалинные II, с выраженной сезонной изменчивостью температуры |
| 14 | Плотные глины (в т. ч. перекрытые тонким слоем песка или гравия), инфралитораль, придонные воды олигогалинные II, с выраженной сезонной изменчивостью температуры |
| ... | |
| 18 | Илы (в т. ч. сапропелевидные), циркалитораль, придонные воды олигогалинные I, с выраженной сезонной изменчивостью температуры |
| ... | |
| 21 | Илы (в т. ч. сапропелевидные), циркалитораль, придонные воды мезогалинные II, относительно холодного глубинного слоя |

Здесь было выделено 11 типов урочищ, состоящих из 28 фаций. Одно из крупнейших по площади урочищ относится к ступенчатым подводным склонам дна, сложенного плотными дочетвертичными отложениями на глубинах 11-25 м. Благодаря твердому субстрату на этом участке сохранились многочисленные древние береговые уступы различных стадий Балтийского моря. Подобные ландшафты уникальны и фрагментарно обнаруживаются только в южной и юго-восточной части моря, а их хорошая сохранность типична только для района м. Таран.

По результатам подробного геоакустического обследования дна впервые составлена подробная электронная карта субаквальных уступов. На клю-

чевом участке P1 выявлено гораздо больше клифов (33 фрагмента), чем было известно ранее, выполнено их геоморфологическое описание и оценено влияние на литодинамические процессы.

Реликтовые уступы должны приобрести статус МОПА как памятник природы, поскольку являются важнейшим источником для реконструкции и прогноза колебаний уровня моря в ходе глобального изменения климата. Субаквальные клифы – уникальные элементы донного ландшафта, с которыми связано увеличение численности и биологического разнообразия донных сообществ. Твердый субстрат выходов коренных пород с валунно-галечными отложениями на поверхности благоприятен для развития прикрепленных редких растений макрофитов и беспозвоночных (мидии, балянусы). По степени ограничения хозяйственной деятельности данный район соответствует категории заказника, где разрешена любая деятельность не связанная с разрушительным антропогенным воздействием на дно и донные сообщества.

Наиболее распространенный тип ландшафта в Куршском и Калининградском заливах (№18, Рис. 2) циркулиторальный (глубины более 1 м). Богатые питательной средой донные осадки способствуют развитию бентосных сообществ, представленных в основном моллюсками, олигохетами и хирономидами, которые являются кормовой базой для промысловых видов рыб.

Менее 50% от общей площади района исследования занимают полидоминантные ландшафты с мелкопятнистой текстурой, содержащие более десяти содоминирующих типов. Такие ландшафты приурочены к периферии глубоководной зоны в верхней части юго-восточного склона Гданьской впадины на глубинах 55-85 м и Гданьско-Готландского порога на глубинах 65-85 м, где детально исследован ключевой участок P3 (Рис. 1). В результате крупномасштабного картирования выделено 7 типов урочищ,

состоящих из 17 фаций. Благодаря многолучевым эхолотным (Рис. 3) и сонарным съемкам впервые выявлено, что холмистый рельеф обусловлен многочисленными протяженными хаотичными бороздами шириной 1-300 м и глубиной 1-10 м, а не локальными возвышенностями, как это представлялось ранее. По морфологическим признакам они идентифицированы как реликтовые плугмарки, сформировавшиеся в результате выпаживания многочисленными айсбергами и крупными торосами на стадии Балтийского ледникового озера около 13,2 – 11,7 тыс. лет назад. Наиболее важными характеристиками, указывающими на айсберговый генезис борозд, является наличие фронтальных и боковых берм (рис. 3). По литературным данным составлена схема границ распространения ледника в разные периоды и выдвинуто предположение о направлении движения айсбергов.

Наименьшие по площади ландшафты (№ 13 и 14, Рис. 2) располагаются на подводном береговом склоне корневой части Куршской косы на глубинах 5-15 м, которые разделены между собой границей инфра- и циркулиторами. Ландшафт характеризуется максимальной изменчивостью, что является одним из критериев выбора на нем ключевого участка P2 (Рис. 1) для крупномасштабных исследований, на котором было выделено 10 типов урочищ, состоящих из 26 фаций. Наибольшая расчлененность рельефа наблюдается в мелководной части до глубин 15-20 м, где на поверхности дна прослеживаются узкие вытянутые субперпендикулярно к береговой линии локальные возвышенности, покрытые мелкозернистыми песками.

На глубинах менее 15 м в верхней части положительных форм и на их склонах обнажаются уникальные образования в виде плотных слоистых глинистых отложений, по гранулометрическому составу относящиеся к песчаным алевритам. Характерной особенностью является наличие в их составе более 10% органического вещества. Эти плотные глины («лагунные илы») являются трансформированными илами палеолагуны Литори-

нового моря (Zhamoida at al., 2009; Sergeev at al., 2016). Тип ландшафта уникален как по своему генезису, так и с экологической точки зрения. По сравнению с соседними относительно безжизненными песчаными участками дна, фации древних лагунных илов являются оазисом, где высокое содержание органики в составе субстрата приводит к резкому увеличению видов бентосных организмов.

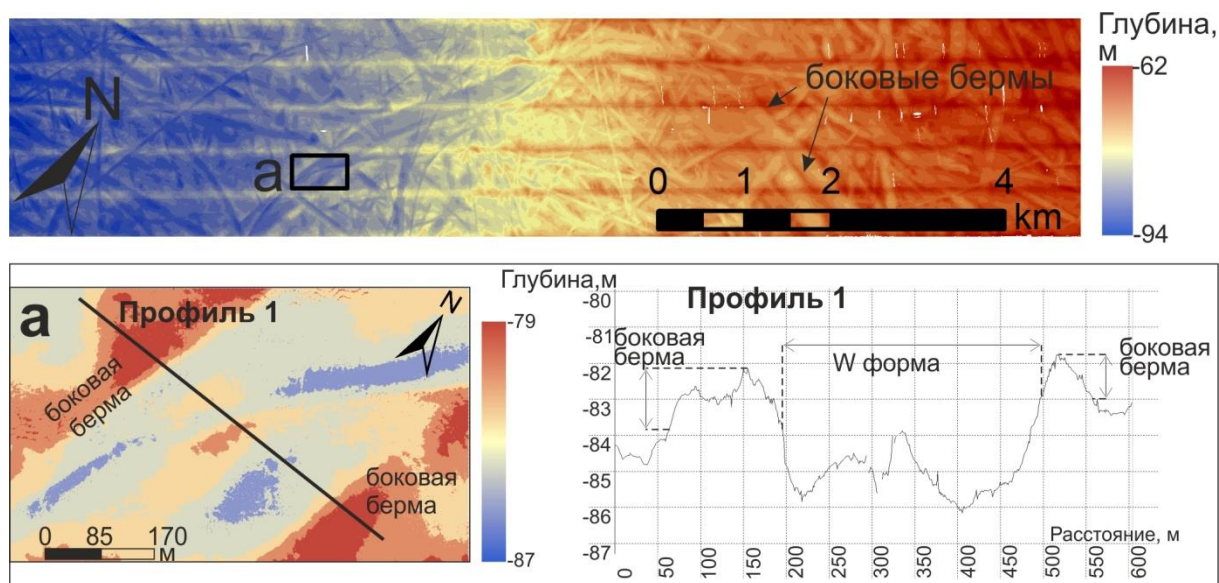


Рисунок 3 – Пример многолучевой батиметрической съемки на Гданьско-Готландском пороге. **а** Пример W-образного поперечного батиметрического профиля борозды, ограниченной боковыми бермами

Основным критерием для создания МОПА на данном участке является охрана морской экосистемы, обеспечивающая их долговременное существование и сохранение генетического разнообразия. Реликтовые лагунные илы являются одновременно памятником природы, объектом научных исследований и подводного туризма, так как характеризуются живописным ландшафтом. Поскольку акватория примыкает к побережью национального парка Куршская коса, она должна быть включена в его состав.

Наименьшие по площади и наиболее разнообразные ландшафты заливов выявлены в мелководной прибрежной части (№7, Рис. 2), характеризую-

щиеся инфралиторальной зоной со значительной изменчивостью распределения донных отложений, сформированных под воздействием эрозионно-аккумулятивных процессов. Поверхностные осадки представлены песками различной крупности (преимущественно мелкозернистыми), которые характеризуются высокой степенью подвижности в периоды штормовой активности. Пологий подводный склон занимают урочища подводного зарастания, где произрастают мягкие водные травы, которые с одной стороны являются естественными волногасителями, а с другой – выступают как убежища планктонных организмов, нерестилища и нагула мальков промысловых видов рыб. Узкая полоса мелководной прибрежной части лагун с ее зарослями водной растительности имеет важное геоэкологическое значение. Основным критерием для создания на этих участках МОПА по (Мокиевский, 2000) является обеспечение устойчивого и комплексного использования ресурсов прибрежной зоны. По степени ограничения хозяйственной деятельности данный район попадает в категорию заказника, где любая деятельность может быть разрешена только после комплексной экологической и экономической оценки ее последствий. Участок инфралиторали Куршского залива, примыкающий к побережью Куршской косы также должен быть включен в состав национального парка.

В условиях увеличения антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию актуальной задачей является геоэкологический мониторинг с оценкой экологического состояния субаквальных комплексов и изменений биологических и абиотических компонентов. Необходимость экологического мониторинга важна так же до строительства и эксплуатации морских объектов для регистрации фоновых показателей.

В российском секторе юго-восточной части Балтийского моря региональный мониторинг на государственном уровне не проводится. Опыт проведения мониторинга нефтедобывающей платформы D-6 показал эф-

фективность выбранных параметров и возможность комплексной оценки изменений основных экологических характеристик. Тем не менее, разработанная в рамках производственного мониторинга программа не может применяться для выполнения регионального экологического мониторинга всего российского сектора.

Ландшафтный подход позволил разработать схему экологического мониторинга на основе комплексной оценки состояния природной среды. Предложенная на основе ландшафтного районирования схема регионального комплексного экологического мониторинга направлена на минимизацию затрат путем оптимизации количества станций при сохранении репрезентативности экологических параметров. На основе выбранных критериев были определены 72 точки мониторинга в Балтийском море, 37 точек в Калининградском заливе, 38 точек в Куршском заливе и разработан оптимальный маршрут судна (Рис. 2). Региональный мониторинг должен выполняться продолжительное время и для учета сезонной изменчивости экологических параметров измерения должны выполняться 4 раза в год в различные сезоны. На основе производственного экологического мониторинга месторождения D-6 разработан перечень работ на судовых станциях регионального геоэкологического мониторинга. Их интегральный анализ позволит выполнить комплексную оценку состояния экосистемы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основе модифицированной европейской методики в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря на региональном уровне геосистем выделен 21 тип донного ландшафта. Самый распространенный по площади монодоминантный тип: циркулитораль, илы (в т. ч. сапропелевидные), придонные воды мезогалинные II, относительно холодного глубинного слоя. Он расположен в Гданьской впадине и занимает 30% от площади всего района исследования. Склоны впади-

ны на глубинах 55-85 м занимают полидоминантные ландшафты с мелкопятнистой текстурой, содержащие более десяти содоминирующих типов, определяемых в первую очередь изменчивостью субстрата и стратификацией водной толщи. Наиболее распространенный монодоминантный тип ландшафта в Куршском и Калининградском заливах занимает 70% от площади лагун: циркулитораль, илы (в т. ч. сапропелевидные), придонные воды олигогалинные I, с выраженной сезонной изменчивостью температуры. Илы глубоководных районов моря и примыкающих заливов характеризуются повышенной концентрацией токсичных веществ и углеводородных газов, мониторинг изменчивости которых имеет важное геоэкологическое значение.

2. На дне Гданьско-Готландского порога впервые выявлены хаотичные протяженные депрессии шириной 1-300 м и глубиной 1-10 м. По морфологическим признакам они идентифицированы как реликтовые плугмарки, сформировавшиеся в результате выпахивания многочисленными айсбергами и крупными торосами на стадии Балтийского ледникового озера около 13,2 – 11,7 тыс. лет назад.
3. Наиболее перспективны для создания морских охраняемых природных акваторий районы с редкими для Балтийского моря формами донного ландшафта, представленными древними абразионными уступами в районе м. Таран, уникальными выходами реликтовых лагунных илов на подводном береговом склоне корневой части Куршской косы и инфралиторальная зона в Куршском и Калининградском заливах, где отмечается увеличение численности и биологического разнообразия донных растений и организмов. Полидоминантный ландшафт ключевого участка в районе м. Таран находится в циркулиторальной зоне с олигогалинным II классом солености придонных вод, которые относятся к верхнему изменчивому по температуре слою и представлен двумя доминиру-

ющими урочищами. Первое характеризуется горизонтальной поверхностью дна, преимущественно покрытого песками различной размерности, а второе – ступенчатыми склонами, осложненными древними береговыми уступами, покрытыми песками, валунами, галькой и гравием. Наименьший по площади и изменчивый тип ландшафта приурочен к ключевому участку с выходами реликтовых лагунных илов на подводном береговом склоне корневой части Куршской косы. Он расположен в инфралиторальной и циркулиторальной зонах со следующим сочетанием компонентов: плотные глины (в т. ч. перекрытые тонким слоем песка или гравия), придонные воды олигогалинные II, с выраженной сезонной изменчивостью температуры. Доминирующее урочище характеризуется горизонтальной (слабонаклонной) поверхностью дна, покрытого песками различного гранулометрического состава с примесью гальки и гравия.

4. Предложенная на основе ландшафтного районирования схема комплексного экологического мониторинга российского сектора Балтийского моря и примыкающих к нему Куршского и Вислинского заливов позволяет минимизировать затраты на его выполнение путем оптимизации количества станций при сохранении репрезентативности геоэкологического состояния морской среды. Региональный экологический мониторинг должен выполняться по разработанной схеме, где точки судовых наблюдений охватывают все типы субаквального ландшафта и источники антропогенного воздействия.

Авторская карта субаквальных ландшафтов российского сектора юго-восточной части Балтийского моря в дальнейшем может применяться в качестве основы для рационального природопользования, поскольку дает комплексную информацию об уникальности, изменчивости и площади их распространения. Она позволяет наметить ориентиры для будущего про-

странственного планирования рассматриваемых акваторий с учетом трансграничных условий. Дальнейшие усилия должны быть направлены на морские исследования в целях их уточнения и улучшения зоны покрытия. Улучшение региональной ландшафтной карты должно быть связано с добавлением и ежегодным обновлением такого важного параметра, как придонная концентрация кислорода.

Для создания наиболее информативных карт морских местообитаний и обширных экологических оценок крайне важна биологическая информация. Основная проблема при картировании заключается в большой изменчивости состава донных сообществ по сравнению с абиотическими характеристиками. Разовые определения видового состава бентоса, полученные на разрозненных в пространстве и времени судовых станциях, представляют его мгновенную характеристику, которая не может приниматься в качестве обобщенной биологической информации. Поэтому состояние донных биоценозов должно оцениваться регулярно, посезонно и на судовых станциях, предложенных в данной работе с учетом пространственного распределения типов донного ландшафта. Наличие регулярных биологических данных позволит на основе ландшафтно-экологической карты разработать методику и выполнить оценку их экологической чувствительности к различным видам антропогенного воздействия.

Публикации по теме диссертации

Статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science

1. Blazauskas N., **Dorokhov D.** Assessment of the sensitivity of sandy coasts of the south-eastern part of the Baltic to oil spills // *Baltica*. – 2014. – № 27. – P. 55 - 64.

2. Kocheshkova O., Ezhova E., **Dorokhov D.**, Dorokhova, E. Benthic communities and benthic habitats in the near-shore zone of the South Eastern Baltic Sea: case study of pilot area at the root of Curonian Spit // *Baltica*. – 2014. – № 27. – P. 45–54.
3. **Dorokhov D.**, Dorokhova E., Sivkov V. Marine landscape mapping of the south-eastern part of the Baltic Sea (Russian sector) // *Baltica*. – 2017. – № 30. – P. 15–22.
4. Sergeev A.Y., Zhamoida V.A., Ryabchuk D.V., Buynevich I.V., Sivkov V.V., **Dorokhov D.V.**, Bitinas A., Pupienis D. Genesis, distribution and dynamics of lagoon marl extrusions along the Curonian Spit, southeast Baltic Coast // *Boreas*. – 2017. – V. 46. – № 1. – P. 69–82.
5. **Dorokhov D.V.**, Dorokhova E.V., Sivkov V.V. Iceberg and ice-keel ploughmarks on the Gdansk-Gotland Sill (south-eastern Baltic Sea) // *Geo-Marine Letters*. – 2018. – V. 38. – № 1. – P. 83–94.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

6. Сивков В.В., Пичужкина О.Е., **Дорохов Д.В.**, Булычева Е.В., Алексеева В.В. Экологический мониторинг морской нефтедобычи на месторождении «Кравцовское» (D-6) // *Горный журнал*. – 2010. – № 3. – С. 70–73.
7. **Дорохов Д. В.**, Дорохова Е. В. Литодинамические и геоморфологические особенности террасированного подводного склона Самбийского п-ова (юго-восточная часть Балтийского моря) // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта*. – 2014. – № 1. – С. 30–41.

Дорохов Дмитрий Владимирович

**ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ
СУБАКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Подписано в печать 21 мая 2018 г.

Формат 60×90¹/₁₆ Усл. печ. л. 1,5

Тираж 100 экз. Заказ

Издательство Балтийского федерального университета им. И.Канта
236022, г. Калининград, ул. Гайдара, 6