



Развитие ландшафтного подхода к изучению подводных геосистем в Тихоокеанском институте географии

Василий Валерьевич ЖАРИКОВ

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
zhar@tigdvo.ru

Аннотация. Статья представляет собой обзор исследований ТИГ ДВО РАН в области подводных ландшафтов. Рассмотрены методы исследований, направленные на познание пространственной структуры, развития и динамики донных природных комплексов. Показано, что дистанционные методы в комбинации с полевыми наблюдениями, геоинформационными технологиями и моделированием составляют основу этого динамично развивающегося направления исследований. Анализ общих черт композиции морских мелководий привел к типизации подводных ситуаций и разработке типологической номенклатуры. Приведены примеры анализа структуры подводных ландшафтов и их динамики; установлены механизмы изменчивости и устойчивости подводных ландшафтов при антропогенном воздействии; обоснована целесообразность эколого-ландшафтного мониторинга морских мелководий. Результаты исследований отразили существование территориально-акваториальных природных систем или береговых геоструктур, целостность которых обусловлена потоками вещества и энергии в прибрежно-морской зоне. Конфликтные ситуации связаны с приоритетами освоения ресурсов, уязвимостью ландшафтов, а также трансграничным положением береговых геоструктур. Оптимизация природопользования возможна на основе морского пространственного планирования. Перспективы исследований связаны со стационарными исследованиями и моделированием динамики гидродинамических и биогеохимических параметров геосистем. Сопряжение картографических данных с результатами измерений и моделирования позволяет выйти на новый уровень понимания закономерностей функционирования природных систем прибрежно-морской зоны. В области практических приложений стоит задача предоставления базовой эколого-географической информации для целей морского пространственного планирования. Решение этих задач предусматривает приток новых научных кадров, подготовленных по современным учебным программам, разработанным с учетом современных и перспективных проблем прибрежно-морской зоны.

Ключевые слова: морской ландшафт, геосистема, морское ландшафтоведение, прибрежно-морская зона, картографирование.

Для цитирования: Жариков В.В. Развитие ландшафтного подхода к изучению подводных геосистем в Тихоокеанском институте географии // Тихоокеанская география. 2022. № 1. С. 5–17. https://doi.org/10.35735/26870509_2022_9_1.

Development of a landscape approach to the study of underwater geosystems at the Pacific Geographical Institute FEB RAS

VASILY V. ZHARIKOV

Pacific Geographical Institute of the FEB RAS, Vladivostok, Russia, zhar@tigdvo.ru

Abstract. The article presents a review of PGI FEB RAS research in the field of underwater landscapes. Research methods aimed at understanding the spatial structure, development and dynamics of bottom natural complexes are considered. Remote sensing methods in combination with field observations, geoinformation technologies and modeling form the basis for this dynamically developing area of research. An analysis of the common features of the composition of marine shallow waters led to the typification of underwater cases and to the development of a typological nomenclature. The examples of analysis of the structure of underwater landscapes and their dynamics are given. The mechanisms of variability and stability of underwater landscapes under anthropogenic impact have been established. The expediency of ecological and landscape monitoring of marine shallow waters is substantiated. The research results reflected the existence of territorial-aquatorial natural systems or coastal geo-structures, the integrity of which is determined by the flows of matter and energy in the coastal-marine zone. Conflict situations stem from resources exploitation priorities, landscape vulnerability, as well as the transboundary position of coastal geo-structures. Optimization of natural resources management is possible through marine spatial planning. Prospects for further research are associated with the stationary studies and modeling of the dynamics of hydrodynamic and biogeochemical parameters of geosystems. The conjugation of cartographic data with the results of measurements and modeling make possible to reach a new level of understanding of the patterns of functioning of natural systems in the coastal-marine zone. As to the field of practical applications, the task is to provide basic ecological-geographical information for the purposes of marine spatial planning. To solve these problems, an influx of new scientific personnel trained according to modern curricula, including the analysis of modern and future problems of the coastal-marine zone, is required.

Keywords: underwater landscape, geosystem, marine landscape science, coastal-marine zone, mapping.

For citation: Zharikov V.V. Development of a landscape approach to the study of underwater geosystems at the Pacific Geographical Institute FEB RAS. *Pacific Geography*. 2022; (1): 5–17. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2022_9_1

Введение

Историческим и методологическим аспектам развития идеи целостности ландшафтной сферы, приведшим в середине XX в. к распространению понятия «ландшафт» на морские акватории, как и этапам эволюции представлений о подводных ландшафтах и геосистемах, посвящены достаточно многочисленные обзорные публикации [1–3 и др.]. При всем разнообразии рассматриваемых позиций авторы сходятся во мнении о том, что формирование подводного ландшафтоведения как нового научного направления является вполне естественным этапом развития физической географии.

В Тихоокеанском институте географии подводные ландшафты прибрежно-морской зоны стали изучаться с начала 1980-х гг. Тогда на основе группы исследователей во главе с молодым доктором наук Б.В. Преображенским, перешедшей из Института биологии моря, была создана лаборатория морских ландшафтов. Ее лидеру удалось убедить дирек-

тора института Г.И. Худякова в целесообразности формирования нового направления исследований и соответствующего структурного подразделения. Тогда же были определены цели, намечены методологические подходы и сформулированы первоочередные задачи лаборатории, связанные с типизацией и классификацией подводных геосистем, выявлением особенностей их структуры, функционирования и географического распределению ландшафтов [2].

Целью статьи являются краткий обзор становления направления исследований и результатов выполненных работ.

Материалы, методы и исполнители исследований

В природных системах суши и моря по-разному происходят процессы обмена веществом и энергией, взаимодействие живой и косной компонент. Эти различия, обусловленные, в первую очередь, спецификой водной среды, настолько глубоки, что буквальный перенос положений классического ландшафтоведения в практику подводных исследований не казался бесспорным по логической структуре [3]. Тем не менее развиваемый в ТИГ ДВО РАН подход к изучению морских геосистем связан с наземным ландшафтоведением несомненной общностью теоретической основы, позволяющей вести исследования с использованием методологического каркаса традиционной географической дисциплины.

Представление о пространственной структуре подводных геосистем обобщается при картографировании, при этом применяется специальное оборудование и снаряжение. Использование легководолазной техники стало одним из основных методов проведения исследований [4]. С момента формирования лаборатории организацией водолазных спусков и их техническим обеспечением занимались А.М. Мурахвери и Н.А. Иванов. Александр Мурахвери еще в 1975 г. в составе группы аквалангистов достиг дна оз. Байкал на рекордной для тех времен глубине 93 м. Несколько лет спустя во время работ в Тиморском море (банка Фантом) уже в паре с Николаем Ивановым подготовил и в удобный для этого момент провел погружение на 100 м, достигнув основания рифа. Надо сказать, что удобный момент наступил без ведома начальника экспедиции Б.В. Преображенского. Он хотя и наказал нарушителей, временно отстранив от водолажных работ, но ландшафтные описания и фотографии, сделанные во время несанкционированного погружения, включил в отчет об экспедиции, а впоследствии использовал в монографиях о современных рифах [5].

Физико-математическое образование Н. Иванова и давняя, со времен клуба аквалангистов Харьковского университета, увлеченность подводной фотографией позволили ему разработать методику изучения влияния света на формирование у кораллов и собрать уникальные материалы для диссертации на эту тему. Он сконструировал и изготовил множество боксов для фотоаппаратов, видеокамер и измерительных приборов, используемых при подводных исследованиях [6]. На протяжении многих лет в обязанности Н.А. Иванова входило и поддержание в рабочем состоянии всего технического парка лаборатории.

С середины 1980-х гг. водолажную службу возглавил А.Г. Голосеев, получивший квалификацию водолаза I класса и взявший на себя работу по организации спусков и обеспечению безопасности подводных работ в институте. Полевые работы проводились с борта приобретенного и переоборудованного для подводных исследований тунцеловного бота «Каллисто». Выдающиеся мореходные качества бота в постоянной готовности поддерживали бывалые моряки Михаил Гапенко и Владимир Аксук, пришедшие из Управления научно-исследовательского флота Дальневосточного отделения РАН.

Сложнейшим комплексом методических проблем, связанных с алгоритмами описаний ландшафтов, их типологией и организацией работ коллектива водолазов, направленных на выполнение единой задачи, занимался И.С. Арзамасцев [7, 8]. В содружестве с А.М. Мурахвери они разрабатывали систему визуальных диагностических признаков, оперативно устанавливаемых под водой подготовленным исследователем, и предложили использовать

классификацию гидробионтов по типу питания и местообитания. Для отражения взаимодействия биоты с донными осадками использовались биоконструкционные признаки грунтов, служащие индикатором их ландшафтных и экологических свойств. Группу вистигивитных признаков, связанных со следами жизнедеятельности организмов на дне, изучал С.В. Багиров.

Влиянием океанографических и гидродинамических факторов на формирование подводных ландшафтов первым в лаборатории занялся В.В. Орбов, обеспечивавший гидродинамические измерения в конкретных ландшафтных обстановках и разработавший оригинальные методы фиксации придонных течений [9]. С.М. Шевейко специализировался на выяснении роли известковых водорослей в образовании коралловых рифов и геоботанических методах описания и выделения ландшафтов. Влиянием факторов среды на формирование раковин брюхоногих моллюсков занимался В.М. Савруев [10]. А.М. Лебедев изучал ландшафтные особенности распределения двустворчатых моллюсков и иглокожих и разрабатывал методику эколого-ландшафтного мониторинга их поселений.

Во второй половине 1980-х гг. в лаборатории появились выпускники географического факультета МГУ В.Г. Папунов и Л.В. Дубейковский. Первый из них, получив образование классического ландшафтоведа и обучаясь в заочной аспирантуре под руководством Н.А. Солнцева, исследовал подводные донные комплексы дальневосточных морей и анализировал перспективы их рационального хозяйственного использования [11]. Второй, закончивший МГУ по специальности океанология, рассматривая многокомпонентность и пространственно-временную неоднородность гидродинамического влияния на распределение донных ландшафтов прибрежного морского мелководья, разрабатывал способы оценки динамики вод для решения проблем рационального использования ресурсов и охраны природы прибрежной зоны [12].

На протяжении многих лет в экспедиционных и камеральных работах лаборатории принимал деятельное участие М.Б. Хрубилов. Совместно с Н.А. Ивановым он участвовал в изготовлении боксов для фото- и видеокамер, проводил их подводные испытания и занимался обслуживанием этой техники при проведении полевых картографических работ.

В середине 1990-х гг. в коллективе появились аспиранты В.В. Сергеев и Я.Ю. Блиновская, занявшиеся под руководством Б.В. Преображенского реализацией ландшафтного подхода к изучению прибрежно-морского природопользования. За короткий период В.В. Сергеевым были освоены компьютерные методики картографических работ и основы создания ГИС-проектов. Целеустремленность Я.Ю. Блиновской, ее организаторские способности и огромная трудоспособность обеспечили успешную защиту кандидатской диссертации по теме «Ландшафтная характеристика и оптимизация природопользования в прибрежно-морской зоне залива Посьета» сразу после окончания аспирантуры. Решением широкого спектра научно-методических вопросов, связанных с проблемами комплексного управления береговыми зонами и морского пространственного планирования, в лаборатории начиная с 2012 г. занимается П.С. Сорокин [13, 14]. С 2007 г. в лаборатории работает Е.Д. Иванова. Она изучает влияние природных и антропогенных факторов на морфологию и экологию бентосных фораминифер в отложениях окраинных морей Дальнего Востока, что обеспечивает как современные, так и палеоландшафтные оценки состояния природной среды [15].

С течением времени техническое обеспечение работ лаборатории совершенствовалось. Спутниковые навигационные системы практически полностью решили проблему позиционирования пространственных данных, детально обсуждавшуюся в ранних публикациях [16]. В настоящее время при картографировании подводных ландшафтов применяются GPS-навигаторы, картплоттеры с функцией постоянной записи показаний эхолота. Данные промеров используются для создания цифровых моделей рельефа исследованных участков дна. Крайне сложный и трудоемкий процесс фото- и видеодокументирования подводных работ радикально упростили цифровые камеры, устанавливаемые на планшете или прикрепленные к маске водолаза. Водолазные ландшафтные профили теперь при

необходимости дополняются точечными погружениями компактной кабельной видеокамеры.

Многие задачи сейчас решаются с помощью телеуправляемых аппаратов (ТПА) [17]. Контролируемый с поверхности группой операторов (пилот, навигатор, специалист по видеосъемке) ТПА не только позволяет получать информацию о состоянии подводных объектов в режиме реального времени, но и обеспечивает возможность видеозаписи для последующего детального анализа. Основными факторами, ограничивающими применение таких аппаратов, являются их дороговизна и высокий уровень необходимой логистической поддержки. В последнее десятилетие в подводных исследованиях стали применяться подводные дроны. Их главными преимуществами являются относительно невысокая стоимость, мобильность и простота использования.

Методы дистанционного зондирования, обеспечивающие оперативность и широкий охват районов, перестали быть лишь дополнением к традиционным методам изучения подводных ландшафтов. Сейчас данные дистанционного зондирования (ДДЗ) в комбинации с полевыми наблюдениями и геоинформационными технологиями составляют основу динамично развивающегося направления географических исследований прибрежно-морской зоны. Методы картографирования подводных ландшафтов с использованием ДДЗ сокращают объемы трудоемких и дорогостоящих подводных работ при изучении структуры и динамики донных природных комплексов. Дистанционные данные обеспечивают охват значительных площадей акваторий и периодичность регистрации изменений. Возможности ГИС-технологий, связывающих различную пространственную информацию, позволяют провести сопряженный анализ полевых и дистанционных данных, что повышает эффективность картографирования подводных ландшафтов в сравнении с традиционными методами. Реализация этого потенциала потребовала решения серии методических задач, связанных с критериями подбора снимков, разработкой способов визуального дешифрирования и алгоритмов компьютерной обработки данных.

Пространственная структура подводных геосистем является результатом взаимодействия сложного комплекса факторов. Учет их влияния, как и их интегрального воздействия, остается сложной методической задачей, поскольку об эффекте взаимодействия и характере пространственно-временной изменчивости таких параметров, как температура, соленость, скорость течения, содержание растворенного кислорода, обычно известно намного меньше, чем необходимо для понимания закономерностей дифференциации функционирования донных ландшафтов. Именно эти соображения послужили мотивацией применения в этой области математического моделирования и теории вероятностей. Такой подход уже реализован при определении районов размещения плантаций марикультуры и оценке потенциальной продуктивности культивируемых гидробионтов на основе результатов гидродинамического и биогеохимического моделирования.

Результаты и их обсуждение

В лаборатории была разработана система диагностических признаков, охватывающая свойства рельефа, донных осадков, фито- и зообентоса. Она нашла широкое применение в исследованиях пространственной структуры морских геосистем. Признаки как визуальные, так и получаемые при прямых измерениях или моделировании параметров, характеризующих морфолитогенную основу, гидродинамику и биоту, охватывают все единицы пространственной дифференциации геосистем. Анализ общих черт композиции морских мелководий привел к типизации подводных ситуаций и разработке типологической номенклатуры ландшафтов. Сформулированные принципы выделения донных фаций применялись при проведении подводных ландшафтных исследований в Японском, Охотском, Черном и Каспийском морях, а также на коралловых рифах Вьетнама, Сейшельских островов и Австралии. Как показал опыт картографирования, фации, первона-

чально выделенные на ключевых участках, имеют широкое распространение. Так, фации полигона в бухте Витязь (зал. Посьета в Японском море), на котором в начале 1980-х гг. начинали отрабатываться методики картирования ландшафтов с применением водолазной техники [17], впоследствии распознавались практически на всем российском побережье дальневосточных морей, но описывались в различных вариантах. Рифовые фации, первично выделенные на банке Фантом (Тиморское море), как оказалось, имеют физиономические и функциональные аналоги в других районах Тихого и Индийского океанов [18].

Анализ взаимодействия водных масс, рельефа и донных осадков позволил выделить ряды парагенетических ассоциаций подводных фаций. Каждая из этих ассоциаций, объединяющих элементарные геосистемы, характеризуется обобщенными последовательностями, выражающими закономерности расположения фаций по направлению от береговой линии в глубину. Подводные ландшафтные группировки в зонах, обусловленных в первую очередь гидродинамическими характеристиками, хорошо различаются. Для анализа причин этого были разработаны методики расчета величины волнового потока энергии, поступающего в прибрежную зону, и оценки волнодинамической нагрузки на донные геосистемы. Такой подход позволил получить дробную волноэнергетическую классификацию прибрежных акваторий и количественно охарактеризовать влияние гидродинамики на пространственную структуру и функционирование геосистем береговой зоны зал. Петра Великого и входящих в его состав бухт. Характеристики волновой динамики у дна в значительной степени определяются градиентами затухания волнения, следствием чего является преобладающее расположение фаций на подводном склоне в виде сменяющих друг друга полос, ориентированных параллельно береговой линии. На непосредственно прилегающих к береговой линии мелководных участках в результате волновой трансформации пространственная структура донных геосистем приобретает мозаичный характер.

В ходе картографирования подводных ландшафтов с использованием ДДЗ отработаны критерии отбора спутниковых снимков и апробированы методы их обработки, принципы и алгоритмы дешифрования. Исследования показали, что для детального ландшафтного картографирования морских мелководий методами визуального и автоматического дешифрования необходимы мультиспектральные снимки сверхвысокого пространственного разрешения. Использование таких снимков в комбинации с полевыми методами подводного картографирования в бухте Средней (Дальневосточный морской заповедник) позволило установить, что области, для которых возможно надежное дешифрирование данных IKONOS-2, находятся в диапазоне глубин от 0 до 10 м и занимают большую часть бухты. Анализ соответствий между распределением фаций, выделенных экспертным дешифрированием, и результатами автоматической классификации пикселей уточнил контуры ландшафтных выделов [19]. По данным эхолотных промеров, проведенных полевыми работ построена цифровая модель рельефа дна, которая использовалась для радиометрической коррекции данных Landsat при картографировании распределения зарослей морских трав и классификации биотопов Морского заповедника. Выполненный здесь комплекс полевых работ обеспечил не только коррекцию дистанционных данных, но и проверку результатов классификации. Апробированные методы обработки ДДЗ показали пригодность для организации на их основе мониторинга состояния прибрежных акваторий как на охраняемых акваториях, так и на всей мелководной части зал. Петра Великого. Для этого необходимо отработать процедуры, приводящие архивные ДДЗ в сопоставимый вид, и методы анализа длинных временных рядов спутниковых изображений [20].

Изучение состояния сообществ, ландшафтный мониторинг и оценка изменений окружающей среды являются важнейшими задачами, решаемыми на охраняемых акваториях и территориях. Однако исследования, связанные с изъятием организмов при отборе проб и требующие регулярного посещения заповедных зон специализированными судами, здесь по крайней мере не желательны. Альтернативу отбору проб предоставляют методы, основанные на материалах подводных фото- и видеосъемок. Они не только обеспечивают

комплексную информацию, включая материалы для оценки таксономического состава, характера распределения и плотности поселений бентосных организмов, но и позволяють перейти к комплексному мониторингу ландшафтов и местообитаний. Например, в результате работ, проведенных в Морском заповеднике с использованием легководолазного снаряжения и ТПА SUB FIGHTER 3000, нами построены подробные батиметрические карты и карты распределения биотопов с характерными комбинациями субстратов. По видеозаписям подводного аппарата изучено распределение эпифауны макробентоса, определена плотность поселений таксонов на разных биотопах [21]. Для особо охраняемых видов – дальневосточного трепанга и приморского гребешка картографированы местообитания и выполнены оценки современного состояния поселений в сравнении с историческими данными [22–24]. Накопленные в ходе этих исследований материалы позволяют приступить к составлению атласа подводных ландшафтов заповедника.

Исследование местообитаний и характеристик современных поселений трепанга в Приморье с учетом динамики численности по историческим источникам за более чем столетний период привело А.М. Лебедева к разработке методики оценки запасов этих голотуррий на основе анализа ландшафтной структуры прибрежного мелководья. Были установлены размерно-возрастные параметры, плотность поселений и особенности распределения вида в донных ландшафтах, проведен всесторонний анализ современного состояния этого очень ценного ресурса и путей восстановления его запасов [23].

Комплексные физико-географические, геоэкологические и социально-экономические исследования прибрежно-морской зоны в Тихоокеанском институте географии показали существование территориально-акваториальных природных систем или береговых геоструктур, целостность которых обусловлена потоками вещества и энергии двустороннего направления – с суши на море и с моря на сушу [24]. В развитии прибрежно-морского природопользования береговые геоструктуры выполняют связывающую функцию. Их ресурсные свойства оказывают определяющее влияние как на характер хозяйственной деятельности, так и на экологическую и экономическую эффективность природопользования.

В результате исследований, проводимых в зал. Петра Великого, было выполнено картографирование и проведен анализ пространственной структуры территориально-акваториальной природной системы о. Шкота. В рамках этой работы составлена единая структурно-генетическая классификация азральных и аквальных ландшафтов, отражающая вещественно-энергетические взаимодействия природных комплексов. Анализ выявил ключевую роль климатических, гидродинамических и геолого-геоморфологических ландшафтообразующих факторов в процессе формирования пространственного разнообразия ландшафтов. Для абразионных азральных и аквальных комплексов прибрежной зоны характерно максимальное напряжение системообразующих и системосвязующих процессов суши и акватории. Таким образом, все структурные части береговой геоструктуры непосредственно связаны и сопряжены между собой совокупностью вещественно-энергетических потоков. Их пространственное сочетание представляет собой целостное географическое образование. Информация о природной организации береговых геоструктур, интегрированная на основе ландшафтного подхода [25, 26], является научной базой морского пространственного планирования, формирования приоритетных направлений прибрежно-морского природопользования, выполнения специальных природно-ресурсных оценок и функционального зонирования прибрежно-морских зон залива Петра Великого [27].

Научно-практическая деятельность лаборатории морских ландшафтов позволила накопить достаточно богатый опыт, связанный с ландшафтно-экологическим сопровождением проектирования, экспертизой, мониторингом и определением ущерба от различных видов деятельности в прибрежной зоне моря. Так, портовое и гидротехническое строительство в районе портов Находка и Восточный было сопряжено со значительными объемами изъятия строительного песка в бухтах Спокойная и Три Озера [28]. Ландшафтные исследования, проведенные здесь по следам этой деятельности, позволили оценить биологический и экологический ущерб экосистемам, оказавшийся гораздо выше рассчитанного по

общепринятым методикам. Исследования показали, что негативные последствия изъятия песка не всегда неизбежны. Экспериментальные работы по точечному изъятию масс песка продемонстрировали возникновение «оазисов жизни» на относительно малопродуктивных песчаных равнинах за счет накопления дрейфующего растительного детрита в искусственных понижениях дна. Эти накопления служат местом тяготения для масс молоди рыбы и ракообразных, что приводит к повышению продуктивности и биологического разнообразия экосистемы. Ландшафтный контроль дноуглубительных работ при строительстве порта Посъет позволил минимизировать отрицательный эффект дноуглубления для морских акваторий и найти решение размещения изъятых при дноуглублении грунта.

Для районов строительства причальных устройств и портовых сооружений нефтеналивного терминала бухты Козьмино на основе подводного картографирования выполнена детальная оценка основных структурных характеристик донных ландшафтов для обеспечения эколого-ландшафтного мониторинга последствий реализации проекта [29].

Геоэкологическая оценка влияния дампинга на состояние среды в заливе Находка базировалась на геохимических показателях, геоморфологических и гидрографических параметрах, ландшафтных и экосистемных характеристиках района. Полученные результаты были сопоставлены с опубликованными данными о масштабах воздействия, последствиях дампинга и перспективах восстановления ландшафтов и местообитаний [30, 31].

Подходы к организации долговременного эколого-ландшафтного мониторинга отрабатывались в бухте Алексева (о. Попова, зал. Петра Великого), подвергшейся трансформации в результате марикультурной деятельности. Ретроспективным анализом изменений ландшафтной структуры бухты было установлено, что создание плантации инициировало структурно-функциональные изменения геосистемы. Конструкции установок снизили водообмен в бухте, изменив режим осадконакопления, избыточное поступление органического вещества на дно привело к деградации донных сообществ и перестройке всей ландшафтной структуры. Ландшафтно-экологическое картографирование бухты Алексева позволило увязать результаты гидробиологических биоценологических исследований, проведенных до размещения плантаций гребешка и мидии, с последствиями марикультурной деятельности, современным состоянием ландшафтной структуры бухты и определить общий характер перестройки экосистемы [32]. Логика управления прибрежным природопользованием требует знания пространственной и функциональной структуры эксплуатируемых экосистем и наличия оценок вариантов пользования угодьями. Основой этого знания может служить прежде всего картографическое отображение ситуации и составление кадастра подводных угодий [33].

Для планирования марикультурной деятельности на основе результатов моделирования выполнены расчеты обеспеченных значений продуктивности плантаций гигантской устрицы *Crassostrea gigas* и тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* в бухте Воевода (о. Русский, зал. Петра Великого, Японское море). Поля гидродинамики и солёности рассчитаны с помощью модели Delft3D Flow с учетом притока пресных вод с водосбора бухты. Параметры продуцирования органического вещества и его перераспределения по акватории рассчитаны с помощью модели DELWAQ [34]. Результаты гидродинамического и биогеохимического моделирования использовались в качестве исходных данных в модели управления марифермами FARM для расчета обеспеченных значений продуктивности гидробионтов. Это позволило построить карты пространственного распределения обеспеченных значений модельной продуктивности придонных и садковых плантаций. Таким образом, полученные на основе моделирования результаты позволяют прийти к заключению, что при использовании вероятностно-статистической оценки продуктивности марикультуры при различных экологических условиях морской среды может быть достигнут значительный экономический и экологический эффект, повышение устойчивости марихозяйств. По сравнению с существующими способами определения марикультурного потенциала акваторий, методика, основанная на моделировании, повышает объективность и обоснованность планирования этого вида деятельности [35].

Следует подчеркнуть, что до сих пор преобладающая часть проектов хозяйственной деятельности в береговой зоне моря реализуется без достаточного ландшафтного обоснования. Оценка воздействия на окружающую среду должна включать материалы картографирования подводных природных комплексов с детальным описанием ландшафтной структуры природных систем морских мелководий. На этой основе определяются их природно-инженерные характеристики, емкость и устойчивость к проектным нагрузкам, прогнозируется воздействие на природные комплексы, разрабатываются меры по снижению негативного воздействия, а также обосновываются необходимые рекультивационные мероприятия.

Последствия решений, принятых без достаточного ландшафтного обоснования, хорошо известны. Строительство гидротехнических сооружений, не учитывающих в должной мере изменение вдольберегового потока наносов, приводит к разрушению пляжей, размыву берегов, деформации или уничтожению объектов штормами и необходимости непредусмотренных затрат на восстановительные и берегозащитные мероприятия. При обосновании выбора участков для размещения морских хозяйств и проектирования марикультуры недостаток ландшафтной информации является причиной низкой эффективности выращивания культивируемых организмов. Сброс в море загрязненных вод и грунтов, промышленных отходов без должного ландшафтного обоснования ведет к ухудшению экологического состояния морской среды и ущербу, наносимым объектам морского природопользования.

Детальные процедуры планирования для акваторий прибрежно-морской зоны в России пока не разработаны. Зачастую они осуществляются формально и сводятся к выделению обобщенных зон с наличием предпосылок либо ограничений для некоторых видов хозяйственной деятельности и использования отдельных природных ресурсов. Это приводит к конфликтным ситуациям, связанным с приоритетами освоения ресурсов, различной степенью чувствительности и уязвимости экосистем, а также трансграничным положением береговых геоструктур. Для разрешения конфликтов необходима оптимизация системы природопользования прибрежно-морской зоны. В мировой практике инструментом такой оптимизации является морское пространственное планирование (МПП), призванное обеспечить устойчивое использование морского пространства с учетом особенностей природно-ресурсного потенциала и сложившейся практики морепользования, тенденций экономического развития и требований экологической безопасности. Таким образом, это инструмент планирования, способствующий интегрированному и последовательному принятию решений по использованию прибрежных акваторий и территорий.

Решение задач и достижение целей МПП невозможно без использования результатов комплексных исследований, включающих географическое членение, зонирование, районирование прибрежно-морского пространства, выделение природно-ресурсных сочетаний в акваториальной и морской зонах. С позиций целостности и комплексности в качестве наиболее полного объекта МПП следует выделять сегменты прибрежно-морского пространства. В этой связи важнейшим методологическим принципом следует считать включение в объект планирования тех или иных участков прибрежных территорий. Представляется, что именно этим охватываются природно-ресурсные сочетания, обеспечивающие устойчивое эффективное природопользование. Для устойчивого, комплексного и эффективного природопользования в том или ином сегменте необходима большая и разнообразная информация, рассредоточенная в пространстве и адекватно отображающая это пространство, т.е. геоинформационная основа [26].

Результаты исследований показали, что информационно-картографическое обеспечение позволяет оперативно находить общий язык специалистам различных ведомств и структур, что обусловлено возможностями получения комплексной информации, обеспечивающей проведение аналитических процедур и принятие целесообразных решений. Так, наиболее актуальными и проблемными являются конфликты между следующими видами хозяйственного использования морских акваторий: рыболовство и добывающая де-

тельность, судоходство и рыболовство, судоходство и добывающая деятельность, особо охраняемые природные объекты и производственная активность. При этом в зависимости от сезона площадь их пространственного перекрытия будет изменяться, что связано, например, с зонами распространения промысловых объектов, их нагулом и нерестом, а также особенностями жизненного цикла особо охраняемых природных объектов. Во многих случаях причинами возникновения конфликтов являются «пространственная теснота», несовместимость отдельных видов морской хозяйственной деятельности и отсутствие межведомственного органа управления на региональном уровне. Только геоинформационная основа и соответствующая организация данных позволят своевременно установить проблемные участки и скорректировать деятельность с учетом требований экологической безопасности.

Современные разработки в области геоинформационного картографирования позволяют создавать многофакторные модели природно-хозяйственных систем, благодаря чему становится возможным не просто оценивать ситуацию в различные сезоны и фазы жизненного цикла отдельных компонентов экосистем, но и установить наиболее уязвимые к антропогенной деятельности объекты в определенный сезон. В настоящее время существует большое количество баз данных, агрегирующих информацию об антропогенной деятельности, однако ни одна из них не может в полной мере рассматриваться информационной основой МПП в силу отсутствия единого подхода к организации массива данных.

Заключение и выводы

Подводные ландшафтные исследования играют ключевую роль в решении задач рационального использования природно-ресурсного потенциала, пространственного планирования и организации управления прибрежно-морскими зонами. Отсюда, важнейшая задача подводных ландшафтных исследований на современном этапе – изучение существующих и перспективных проблем прибрежно-морского природопользования для определения требований к составу, полноте и детальности базовой ландшафтной информации, используемой в пространственном планировании морской хозяйственной деятельности. Поэтому должны развиваться методы и технологии подводных географических исследований, обеспечивающие соответствие получаемой информации этим требованиям.

Дальнейшее направление подводных ландшафтных исследований – изучение пространственной структуры подводных геосистем, их классификация, картографирование и моделирование. До сих пор не разработан единый понятийный аппарат и система методов исследования морских ландшафтов. Различается два принципиально разных подхода: применение положений классического ландшафтоведения и природных комплексов суши к морской среде и развитие теоретического аппарата подводного ландшафтоведения с учетом специфики морской среды. При всех различиях оба подхода базируются на представлениях о единстве ландшафтной сферы, связаны несомненной общностью теоретической основы, позволяющей вести исследования с использованием методологического каркаса традиционной географической дисциплины.

Вторая группа проблем связана с экспериментальным исследованием функционирования морских геосистем и использованием геофизических, геохимических, биологических и экологических подходов при изучении сложных природных объектов. Главными формами таких работ, наиболее адекватными природе геосистем, являются детальные стационарные исследования на ключевых участках и моделирование динамики гидродинамических и биогеохимических параметров геосистем. Сопряжение картографических данных о пространственной структуре ландшафтов с результатами моделирования позволяет выйти на новый уровень понимания закономерностей функционирования природных систем прибрежно-морской зоны.

В области практических приложений перед подводным ландшафтным картографированием стоит задача предоставления базовой эколого-географической информации для целей морского пространственного планирования и составление кадастра подводных угодий прибрежного мелководья российских морей.

Решения всех этих задач предусматривает постоянный приток новых научных и научно-инженерных кадров. Для подготовки новых поколений исследователей нужны современные учебные программы теоретических курсов и практик по подводному ландшафтоведению и прибрежному природопользованию для студентов, магистрантов и аспирантов университетов и исследовательских институтов с учетом современных и перспективных исследований прибрежно-морской зоны.

Литература

1. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения: (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.
2. Преображенский Б.В. Основные задачи морского ландшафтоведения // География и природные ресурсы. 1984. № 1. С. 15–22.
3. Жариков В.В., Преображенский Б.В. Подводные ландшафтные исследования в Тихоокеанском институте географии // География и природные ресурсы. 1999. № 1. С. 153–158.
4. Мурахвери А.М. Методика проведения водолазных маршрутов при детальном ландшафтном картировании // Методы комплексного картирования экосистем шельфа. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 95–106.
5. Preobrazhensky B.V. Contemporary reefs. New Delhi, Bombay, Calcutta: Oxford and IBN Publishing CO LTD, 1993. 319 p.
6. Иванов Н.А., Мурахвери А.М., Обезьянов К.Я. Техника подводной фотодокументации // Методы картографирования экосистем шельфа. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 78–95.
7. Арзамасцев И.С., Мурахвери А.М. Типология мелководных ландшафтов Японского моря на примере бухты риасового типа // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВО АН СССР. 1987. С. 129–145.
8. Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. М.: Наука, 1990. 224 с.
9. Орбов В.В. Волновая энергонагруженность литорали на примере полуоткрытой бухты // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 113–118.
10. Савруев В.М. Морские брюхоногие моллюски как элемент подводного ландшафта // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 119–128.
11. Папунов В.Г. Донные комплексы верхнего шельфа Среднего Приамурья // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 73–81.
12. Дубейковский Л.В. Процессы волновой трансформации и их выражение в динамике берегов залива Петра Великого // Вестн. ДВО РАН. 1996. № 3. С. 15–21.
13. Арзамасцев И.С., Сорокин П.С. Как поделить прибрежную зону // Рыбное хозяйство. 2008. № 6. С. 39–41.
14. Сорокин П.С. Оценка уровня конфликтности природопользователей прибрежной зоны Владивостокской агломерации // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2009. № 1. С. 85–89.
15. Иванова Е.Д. Микрофаунистические исследования в прибрежной зоне залива Владимира (Восточное Приморье) // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2016. С. 188–192.
16. Поярков Б.В., Преображенский Б.В. Принципы картирования экосистем шельфа // Методы комплексного картирования экосистем шельфа. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 7–22.
17. Преображенский Б.В. Морское ландшафтоведение. Технологический аспект // Подводные исследования и робототехника. 2006. № 1. С. 50–58.
18. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Лебедев А.М. Подводные ландшафты шельфа дальневосточных морей // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 314–347.
19. Жариков В.В., Базаров К.Ю., Егидарев Е.Г. Использование данных дистанционного зондирования при картографировании подводных ландшафтов бухты Средней (залив Петра Великого, Японское море) // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 190–198.
20. Жариков В.В., Базаров К.Ю., Егидарев Е.Г., Лебедев А.М. Использование данных LANDSAT для картографирования высшей водной растительности Дальневосточного морского заповедника // Океанология. 2018. Т. 58, № 3. С. 521–531.
21. Жариков В.В., Лысенко В.Н. Распределение эпифауны макробентоса в Дальневосточном морском заповеднике ДВО РАН по материалам дистанционной подводной видеосъемки // Биология моря. 2016. Т. 42, № 3. С. 231–240.

22. Лысенко В.Н., Жариков В.В., Лебедев А.М. Численность и распределение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) (Echinodermata: Stichopodidae) в прибрежной зоне Южного участка Дальневосточного морского заповедника ДВО РАН // Биология моря. 2015. Т. 41, № 2. С. 146–149.
23. Лебедев А.М. Ресурсы дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в Приморском крае. Владивосток: Дальнаука, 2006. 140 с.
24. Бакланов П.Я., Ганзей К.С., Ермошин В.В. Береговые географические структуры в прибрежно-морском природопользовании // ДАН. 2018. Т. 478, № 2. С. 229–231.
25. Бакланов П.Я., Ермошин В.В., Каракин В.П., Жариков В.В., Нгуен В.К., Дин Ч.Д. Прибрежно-морское природопользование в тихоокеанской России и северном Вьетнаме: понятия, структурные особенности и типы // География и природные ресурсы. 2017. № 4. С. 29–37.
26. Бакланов П.Я. Морское пространственное планирование: теоретические аспекты // Балтийский регион. 2018. Т. 10, № 2. С. 76–85.
27. Ganzei K., Zharikov V., Pshenichnikova N., Lebedev A., Kiselyova A., Lebedev I. Spatial landscape differentiation of the coastal geostructure of the Shkota island, sea of Japan // *J. of Water and Land Development*. 2020. Vol. 46. N 7–9. С. 60–70.
28. Жариков В.В., Преображенский Б.В. Рекультивация морских донных экосистем (эколого-экономический аспект) // География и природные ресурсы. 1997. № 1. С. 124–129.
29. Арзамасцев И.С., Жариков В.В., Лебедев А.М., Преображенский Б.В. Подводное ландшафтное картографирование района выносных причальных сооружений нефтепорта Козьмино (залив Находка, Приморский край) как основа для мониторинга последствий строительства // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 1. С. 23–29.
30. Жариков В.В., Преображенский Б.В., Лебедев А.М. Геоэкологическое состояние полигона дампинга грунта у острова Лисий (залив Находка) // Вестн. ДВО РАН. 2011. № 2 (156). С. 88–97.
31. Жариков В.В. Влияние дампинга на геоэкологическое состояние залива Находка // География и природные ресурсы. 2013. № 4. С. 37–45.
32. Жариков В.В., Преображенский Б.В. Ландшафтный мониторинг бухты Алексева (залив Петра Великого, Японское море) // Подводные исследования и робототехника. 2010. № 2 (10). С. 72–84.
33. Жариков В.В., Преображенский Б.В. Теоретическое обоснование кадастра морских рыбопромысловых участков // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 271–284.
34. Катрасов С.В., Бугаец А.Н., Жариков В.В., Ганзей К.С., Гончуков Л.В., Соколов О.В., Лебедев А.М., Пшеничникова Н.Ф., Краснопеев С.М. Определение районов размещения плантаций марикультуры на основе результатов гидродинамического моделирования // Океанология. 2021. Т. 61, № 3. С. 433–443.
35. Катрасов С.В., Бугаец А.Н., Жариков В.В., Масленников С.И., Лысенко В.Н., Барabanщиков Ю.А., Тищенко П.Я. Оценка продуктивности плантаций двустворчатых моллюсков на основе результатов моделирования // Океанология. 2021. Т. 61, № 5. С. 759–768.

References

1. Preobrazhensky, B.V.; Zharikov, V.V.; Dubeikovskiy, L.V. Basics of underwater landscape studies (management of marine ecosystems). *Dal'nauka: Vladivostok, Russia*. 2000. 352 p. (In Russian)
2. Preobrazhensky, B.V. The main tasks of marine landscape science. *Geography and natural resources*. 1984, 1, 15–22. (In Russian)
3. Zharikov, V.V.; Preobrazhensky, B.V. Underwater Landscape Research at the Pacific Institute of Geography. *Geography and Natural Resources*. 1999, 1, 153–158. (In Russian)
4. Murakhveri, A.M. Methods of carrying out diving routes with detailed landscape mapping. In *Methods of integrated mapping of shelf ecosystems*. Far East Scientific Center of Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1980, 95–106. (In Russian)
5. Preobrazhensky, B.V. Contemporary reefs. New Delhi, Bombay, Calcutta: Oxford and IBH Publishing CO LTD, 1993, 319 p
6. Ivanov, N.A.; Murakhveri, A.M.; Obezyanov, K.Ya. Underwater photo documentation technique. In *Methods for mapping shelf ecosystems*. Far East Scientific Center of Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1980, 78–95. (In Russian)
7. Arzamastsev, I.S.; Murakhveri, A.M. Typology of shallow-water landscapes of the Sea of Japan on the example of a rias-type bay. In *Bottom landscapes of the Sea of Japan*. Far East Branch of Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1987, 129–145. (In Russian)
8. Arzamastsev, I.S.; Preobrazhensky, B.V. Atlas of Underwater Landscapes of Sea of Japan. Nauka: Moscow, Russia, 1990, 224 p. (In Russian)
9. Orbov, V.V. Wave energy loading of the littoral on the example of a semi-open bay. In *Bottom landscapes of the Sea of Japan*. Far East Branch of Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1987, 113–118. (In Russian)
10. Savruev, V.M. Marine *Gastropoda* as an element of the underwater landscape. In *Bottom landscapes of the Sea of Japan*. Far East Branch of Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1987, 119–128. (In Russian)

11. Papunov, V.G. Bottom complexes of the upper shelf of the Middle Amur region. In *Bottom landscapes of the Sea of Japan*. Far East Branch of Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1987, 73–81. (In Russian)
12. Dubeikovskiy, L.V. Wave transformation processes and their expression in the dynamics of the shores of Peter the Great Bay. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 1996, 3, 15–21. (In Russian)
13. Arzamastsev, I.S.; Sorokin, P.S. How to divide the coastal zone. *Fisheries*. 2008, 6, 39–41. (In Russian)
14. Sorokin, P.S. Assessing the level of conflict among nature users in the coastal zone of the Vladivostok agglomeration. *Geocology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2009, 1, 85–89. (In Russian)
15. Ivanova, E.D. Microfaunistic studies in the coastal zone of the Gulf of Vladimir (Eastern Primorye). In *Geosystems and their components in Northeast Asia: evolution and dynamics of natural, natural resource and socio-economic relations*. PGI FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2016, 188–192. (In Russian)
16. Poyarkov, B.V.; Preobrazhensky, B.V. Principles of mapping of shelf ecosystems. In *Methods of integrated mapping of shelf ecosystems*. Far East Scientific Center of Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1980, 7–22. (In Russian)
17. Preobrazhensky, B.V. Marine landscape science. Technological aspect. *Underwater investigations and robotics*. 2006, 1, 50–58. (In Russian)
18. Preobrazhensky, B.V.; Zharikov, V.V.; Lebedev A.M. Underwater landscapes of the shelf of the Far Eastern Sea. In *Geosystems of the Russian Far East at the turn of the XX–XXI centuries. T.I. Natural geosystems and their components*. Dalnauka: Vladivostok, 2008, 314–347.
19. Zharikov, V.V.; Bazarov, K.Y.; Egidarev, E.G. Use of remotely sensed data in mapping underwater landscapes of Srednyaya Bay (Peter the Great Gulf, Sea of Japan). *Geography and Natural Resources*. 2017, 38(2), 190–198. (In Russian)
20. Zharikov, V.V.; Bazarov, K.Y.; Egidarev, E.G.; Lebedev A.M. Application of Landsat Data for Mapping Higher Aquatic Vegetation of the Far East Marine Reserve. *Oceanology*. 2018, 58(3), 521–531. (In Russian)
21. Zharikov, V. V.; Lysenko, V. N. The distribution of macrobenthic epifauna in the Far Eastern Marine Reserve based on remote underwater video data. *Russian Journal of Marine Biology*. 2016. 42(3), 231–240. (In Russian)
22. Lysenko, V.N.; Zharikov, V.V.; Lebedev, A.M. The abundance and distribution of the Japanese sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) (Echinodermata: Stichopodidae), in nearshore waters of the southern part of the Far Eastern State Marine Reserve. *Russian Journal of Marine Biology*. 2015. 41(2), 146–149. (In Russian)
23. Lebedev, A.M. Resources of the Far Eastern trepang *Apostichopus japonicus* in Primorsky Krai. Dalnauka: Vladivostok, 2006, 140 p. (In Russian)
24. Baklanov, P.Y.; Ganzei, K.S.; Ermoshin, V.V. Coastal Geographic Structures in Coastal-Marine Environmental Management. *Doklady Earth Sciences*. 2018. 478(1), 229–231. (In Russian)
25. Baklanov, P.Y.; Ermoshin, V.V.; Karakin, V.P.; Zharikov, V.V.; Van Cu N.; Cham D.D. Coastal-marine nature management in Pacific Russia and Northern Vietnam: Notions, structural features, and types. *Geography and Natural Resources*. 2017, 38(4), 29–37. (In Russian)
26. Baklanov, P.Y. Marine spatial planning: Theoretical aspects. *Baltic Region*. 2018, 10(2), 76–85.
27. Ganzei, K.; Zharikov, V.; Pshenichnikova, N.; Lebedev, A.; Kiselyova, A.; Lebedev, I. Spatial landscape differentiation of the coastal geostructure of the Shkoda island, sea of Japan. *Journal of Water and Land Development*. 2020, 46(7–9), 60–70.
28. Zharikov, V.V.; Preobrazhensky, B.V. Recultivation of marine bottom ecosystems (ecological and economic aspect). *Geography and Natural Resources*. 1997, 1, 124–129 (In Russian)
29. Arzamastsev, I.S.; Zharikov, V.V.; Lebedev, A.M.; Preobrazhensky, B.V. Underwater landscape mapping of projecting moorage region of Kozmino oil harbour (nakhodka gulf, primorsky territory) as the base for monitoring of construction consequences. *Environmental protection in oil and gas complex*. 2012, 1, 23–29. (In Russian)
30. Zharikov, V.V.; Preobrazhensky, B.V.; Lebedev, A.M. Geocology of marine dumping site of Lissi island (Nakhodka bay). *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2011, 2(156), 88–97. (In Russian)
31. Zharikov, V. V. Influence of dumping upon the geocological state of Nakhodka Bay. *Geography and Natural Resources*. 2013, 34(4), 37–45. (In Russian)
32. Zharikov, V.V.; Preobrazhensky, B.V. Ecosystem transformation and its eventual landscape manifestation in the aquaculture-affected Alekseeva bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan). *Underwater research and robotics*. 2010, 2(10), 72–84.
33. Zharikov, V.V.; Preobrazhensky, B.V. Theoretical basis of the cadastre of marine fishing grounds. *Izvestia TIN-RO*. 2004, 137, 271–284. (In Russian)
34. Katrasov, S.V.; Bugaets, A.N.; Zharikov, V.V.; Ganzei, K.S.; Gonchukov, L.V.; Lebedev, A.M.; Pshenichnikova N.F.; Krasnopeev S.M.; Sokolov O.V. Site Selection for Marine Aquaculture Using Hydrodynamic Simulation. *Oceanology*. 2021, 61(3), 433–443. (In Russian)
35. Katrasov, S.V.; Bugaets, A.N.; Zharikov, V.V.; Maslennikov, S.I.; Lysenko, V.N.; Barabanshchikov, Y.A.; Tishchenko, P.Y. Estimation of bivalve mollusk plantation productivity based on simulation results. *Oceanology*. 2021, 61(5), 759–768. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 19.01.2022; одобрена после рецензирования 07.01.2022; принята к публикации 11.02.2022.

The article was submitted 19.01.2022; approved after reviewing 07.01.2022; accepted for publication 11.02.2022.