



## Исследование биоразнообразия глубоководных экосистем в северо-западной части Тихого океана

В.В. Мордухович<sup>1,2</sup>, А.В. Адрианов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН (ФГБУН «ННЦМБ ДВО РАН»), Пальчевского, 17, г. Владивосток, 690041

<sup>2</sup> Дальневосточный федеральный университет (ФГАОУ ВО «ДФУ»), п. Аякс, 10, г. Владивосток, 690922

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»), Ленинские горы, д.1, с. 12, Москва, 119234

E-mail: vvmora@mail.ru

**Цель работы** состояла в изучении отдельных глубоководных донных сообществ дальневосточных морей России с использованием телеуправляемого необитаемого подводного аппарата

**Материалом** послужили данные подводных видео- и фотопрофилеров, а также прямые отборы гидробионтов с использованием ТНПА, выполненные в 2011 и 2013 годах в Охотском море (впадина Дерюгина), 2016 и 2018 гг. в Беринговом море (подводный вулкан Пийпа), в 2020 и 2021 гг. в Японском море (Гамовский каньон).

**В результате** получен обширный массив новых данных по составу, структуре, закономерностям распределения глубоководной биоты (от ~400 до ~4000 м). Подготовлено первичное описание донных сообществ Гамовского каньона (Японское море), холодных высачиваний впадины Дерюгина (Охотское море), подводного вулкана Пийпа (Берингово море). Выявлены некоторые особенности состава и структуры сообществ, описана вертикальная зональность.

**Практическое значение:** результаты могут быть использованы при разработке природоохранных мероприятий и мер рационального природопользования в акваториях дальневосточных морей России и в районах потенциальной разработки глубоководных минеральных ресурсов в океане.

**Ключевые слова:** дальневосточные моря, глубоководные сообщества, холодные высачивания, гидротермальные выходы, глубоководные каньоны, подводные горы, вертикальная зональность, ТНПА.

## Biodiversity study of the deep-sea ecosystems in the northwestern part of the Pacific Ocean

Vladimir V. Mordukhovich<sup>1,2</sup>, Andrey V. Adrianov<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology FEB RAS («NSCMB FEB RAS»), 17, Palchevskogo, Vladivostok, 690041, Russia

<sup>2</sup> Far Eastern Federal University («FEFU»), 10, Ajax, Vladivostok, 690022, Russia

<sup>3</sup> M.V. Lomonosov Moscow State University (M.V. Lomonosov «MSU»), 1–12 Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russia

**The aim** of the work was to study some deep-sea bottom communities of the Far Eastern seas of Russia using a remotely operated underwater vehicle.

**Materials** were the data of underwater video and photo profiling, as well as direct sampling, performed in 2011–2013, 2016, 2018, 2020 and 2021.

**As results**, an extensive array of new data on the composition, structure, and patterns of distribution of deep-sea biota has been obtained. A primary description of the benthic communities of the Gamovsky Canyon (Sea of Japan), cold seeps of the Deryugin Basin (Sea of Okhotsk), and Piip underwater volcano (Bering Sea) has been prepared. Some features of the composition and structure of communities are revealed, and vertical zonality is described.

**Practical value:** the results can be used in the development of environmental protection measures and measures of rational nature management in the waters of the Far Eastern seas of Russia and in areas of potential development of deep-sea mineral resources in the ocean.

**Keywords:** far Eastern seas, deep-sea communities, cold seeps, hydrothermal vents, deep-sea canyons, seamounts, vertical zonality, ROV.

### ВВЕДЕНИЕ

Истощение ресурсов суши и прибрежных акваторий, а также развитие технологий, способствовали значительному увеличению интереса к морским ресурсам за пределами шельфа [Koschinsky et al., 2018]. Это,

в свою очередь, определило и основные угрозы океаническому глубоководью: разрушение местообитаний в результате тралений; изменение состава и структуры сообществ в результате вылова; деградация местообитаний под воздействием геологоразведочных работ

и добычи полезных ископаемых; изменение условий обитания в связи с загрязнением Мирового океана, процессами acidификации и эвтрофикации, изменениями климата [Clark, 2009; Dunn et al., 2018; Vasco et al., 2020; Orcutt et al., 2020]. В последние десятилетия как отдельными государствами, так и в рамках международных проектов предпринимаются конкретные действия по охране и управлению состоянием морских экосистем за пределами областей материковых окраин [Clark et al., 2009; Marcas et al., 2020].

Глубоководные экосистемы северо-западной части Тихого океана имеют огромный природно-ресурсный потенциал и значение для функционирования Мирового океана и биосферы в целом. Первые одиночные отборы глубоководной биоты дальневосточных морей России были выполнены ещё в начале 20 столетия [Ушаков, 1953], а регулярные исследования начались во второй половине прошлого века в комплексных экспедициях НИС «Витязь» [Монин, 1983; Кусакин, Чавтур, 2000], они стали основой для описания состава и структуры сообществ, экологии и биогеографии гидробионтов, общих закономерностей функционирования глубоководных экосистем северо-западной Пацифики. Однако знания о сообществах больших глубин в дальневосточных морях РФ по-прежнему остаются довольно фрагментарными, каждое проведённое исследование даёт большой объём новой информации [Malyutina, Brandt, 2013; Malyutina et al., 2018; Brandt et al., 2020].

ННЦМБ ДВО РАН на протяжении многих десятилетий ведёт работы по изучению глубоководных сообществ в Тихом океане. С 2020 года эти работы консолидированы в рамках реализации проекта «Фундаментальные проблемы изучения и сохранения глубоководных экосистем в потенциально рудоносных районах Северо-Западной части Тихого океана» (далее – Проект). Для достижения целей Проекта был создан Консорциум, объединивший специалистов ННЦМБ ДВО РАН, ИО РАН, ИПМТ ДВО РАН, ТИБОХ ДВО РАН, ТОИ РАН, ДВФУ, что позволило добиться интенсификации исследований, возможности комплексного описания глубоководных экосистем и привело к публикации передовых работ в области биохимии, геохимии, фармакологии, биологической океанологии, подводной робототехники и др. [например, Silchenko et al., 2020; Stonik et al., 2020; Rimskaya-Korsakova et al., 2021; Wagner et al., 2021; Konoplin et al., 2022; и др.]. В ходе реализации Проекта ННЦМБ ДВО РАН проведены исследования в Беринговом, Охотском и Японском морях, а также прилегающих районах северо-западной части Тихого океана по широкому диапазону научных направлений. В частности, изучены

адаптационные механизмы гидробионтов к обитанию в экстремальных условиях среды [например, Chesca et al., 2022; Kalachev, Dyachuk, 2022; Yurchenko et al., 2022]; с использованием биогеохимических маркеров выяснены трофические взаимосвязи и пищевые стратегии в глубоководных донных сообществах [например, Komisarenko et al., 2021; Svetashev, 2022; Rodkina et al., 2023]; проведён скрининг и экстракция биологически активных веществ из глубоководных гидробионтов, описана структура и активность выделенных веществ для получения перспективных лекарственных средств [например, Mischenko et al., 2021; Ponomarenko et al., 2022; Tyrtysnaia et al., 2022].

Одной из ключевых задач ННЦМБ ДВО РАН при реализации Проекта стала инвентаризация биологического разнообразия глубоководных экосистем северо-западной части Тихого океана. Глубоководье Мирового океана долгое время рассматривалась как довольно однородная по своим условиям среда жизни, с относительно невысоким биологическим разнообразием адаптированных к экстремальным условиям существования видов [Ramirez-Llodra et al., 2010 b]. Лишь во второй половине 20-го столетия, по мере накопления эмпирических данных, стала очевидна ошибочность таких представлений. В глубоководных донных сообществах было выявлено значительное разнообразие биотопов, открыты сообщества, функционирование которых не связано с привычными источниками энергии [Corliss et al., 1979; Paull et al., 1984]. Эти исследования сопровождалось описанием огромного числа новых таксонов и, в целом, привели к своего рода революции в биологической океанологии.

За последние три года сотрудниками ННЦМБ ДВО РАН описаны десятки новых таксонов различных размерных и экологических групп [например, Adrianov, Maiorova, 2022; Alalykina, Polyakova, 2022; Chernyshev, Polyakova, 2022; Dautova, 2022; Malyutina, Golovan, 2022; Saulenko et al., 2022; Shilov et al., 2023; и многие др.]. Значительная часть полученных в ходе экспедиционных исследований материалов ещё находится в работе, впереди их изучение и последующие обобщения. Цель настоящей работы – представить ряд полученных для отдельных акваторий в Японском, Охотском и Беринговом морях результатов, демонстрирующих высокое разнообразие глубоководных экосистем дальневосточных морей России.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время при изучении глубоководных экосистем активно используются робототехнические средства (телеуправляемые (ТНПА) и автономные (АНПА) подводные аппараты). Полученные с их ис-

пользованием результаты позволяют получить объективное представление о биотопах, дать комплексное описание донных ландшафтов, зонировать сообщества. Примерами таких исследований ННЦМБ ДВО РАН в дальневосточных морях являются работы по изучению сообществ Гамовского каньона в Японском море, восстановительных биотопов в Охотском море, подводного вулкана Пийпа в Беринговом море, выполненных с использованием ТПНА «Команч 18» (рис. 1).

Настоящая работа представляет ряд предварительных результатов и обобщений исследований

на трёх указанных выше акваториях в 2011 и 2013 гг. (впадина Дерюгина), 2016 и 2018 годах (подводный вулкан Пийпа), 2020 и 2021 гг. (Гамовский каньон) на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рис. 2).

Для проведения количественного учёта объектов в ходе погружений делались видеоразрезы – проходы ТПНА в течение 10 мин при прямолинейном движении аппарата на минимальном расстоянии от дна с постоянной скоростью 0,5 узла, при стандартных настройках камеры, без использования опции «зум». Анализ видеозаписей осуществляли покадрово: де-

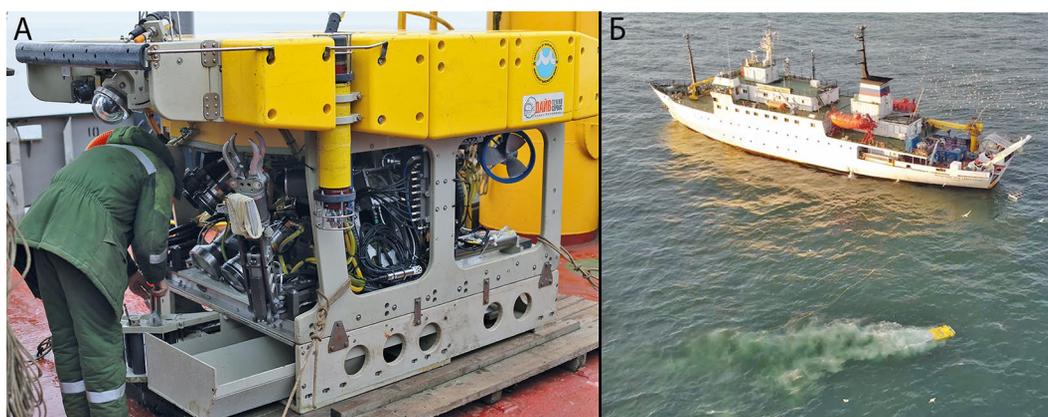


Рис. 1. ТПНА «Команч 18». А – подготовка ТПНА к спуску; Б – ТПНА за бортом НИС «Академик М.А. Лаврентьев»  
 Fig. 1. ROV «Comanch 18». А – Prepare for ROV launch; Б – ROV overboard the R/V «Akademik M.A. Lavrentiev»

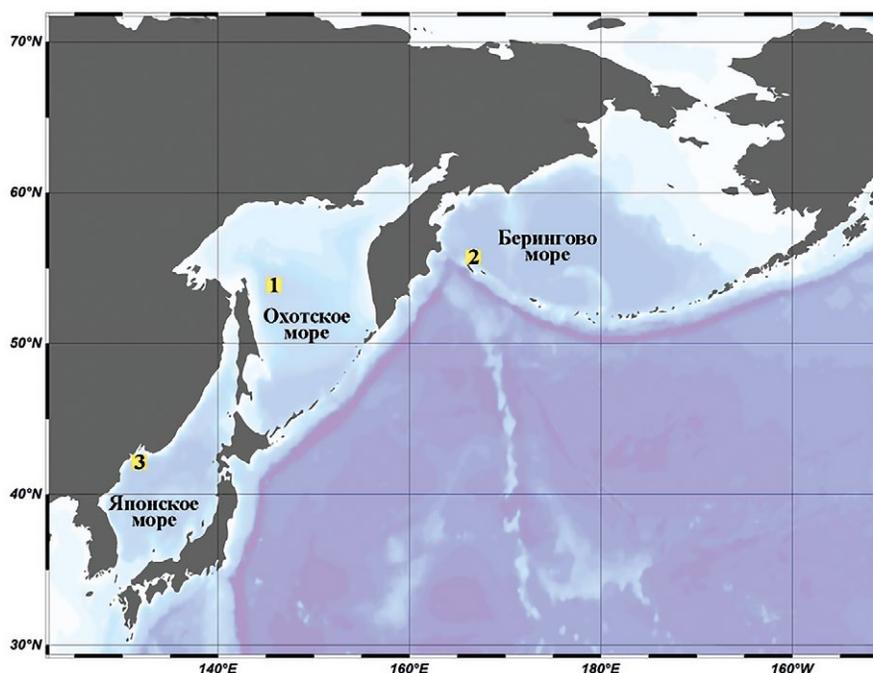


Рис. 2. Карта-схема расположения районов исследований: 1 – впадина Дерюгина (Охотское море); 2 – вулкан Пийпа (Берингово море); 3 – Гамовский каньон (Японское море)

Fig. 2. Location map of the studied areas: 1 – Deryugin Basin (the Sea of Okhotsk); 2 – Piip Volcano (the Bering Sea); 3 – Gamov Canyon (the Sea of Japan)

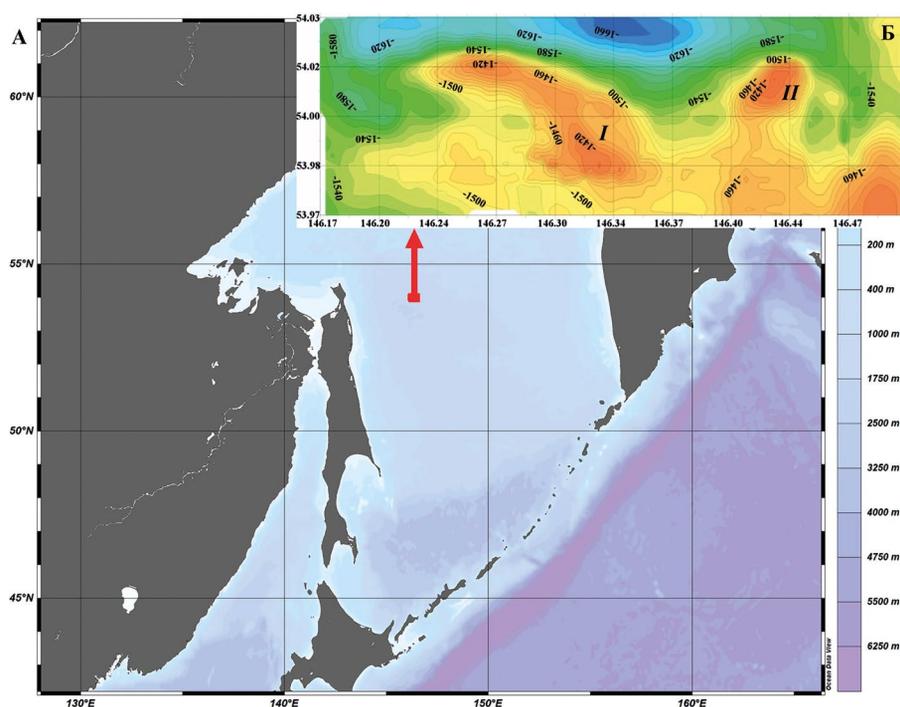
сятиминутные записи делили на кадры, для каждого из которых данные о выявленных характерных представителях мегабентоса заносились в таблицы с указанием численности и отметкой времени.

Для более точной идентификации дополнительно к видеозаписям использовали фотографии, выполненные ТНПА камерой высокого разрешения одновременно с записью видео. Для измерения размеров животных и оценки плотности их распределения использовалась встроенная лазерная шкала ТНПА, составлявшая 10 см (большинство погружений) и 4,5 см (часть погружений в 2018 г.). Для точного определения таксонов в каждом погружении отбирались образцы животных для дальнейших исследований. Отдельные крупные объекты и организмы собирали манипулятором и помещали в накопительный контейнер, хрупкие или мягкие объекты, организмы небольших размеров с помощью специальных устройств засасывались в отдельный контейнер. Для оценки параметров среды использовали установленный на ТНПА CTD-профилограф (SEABIRD SBE19plusV2 Seacat).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

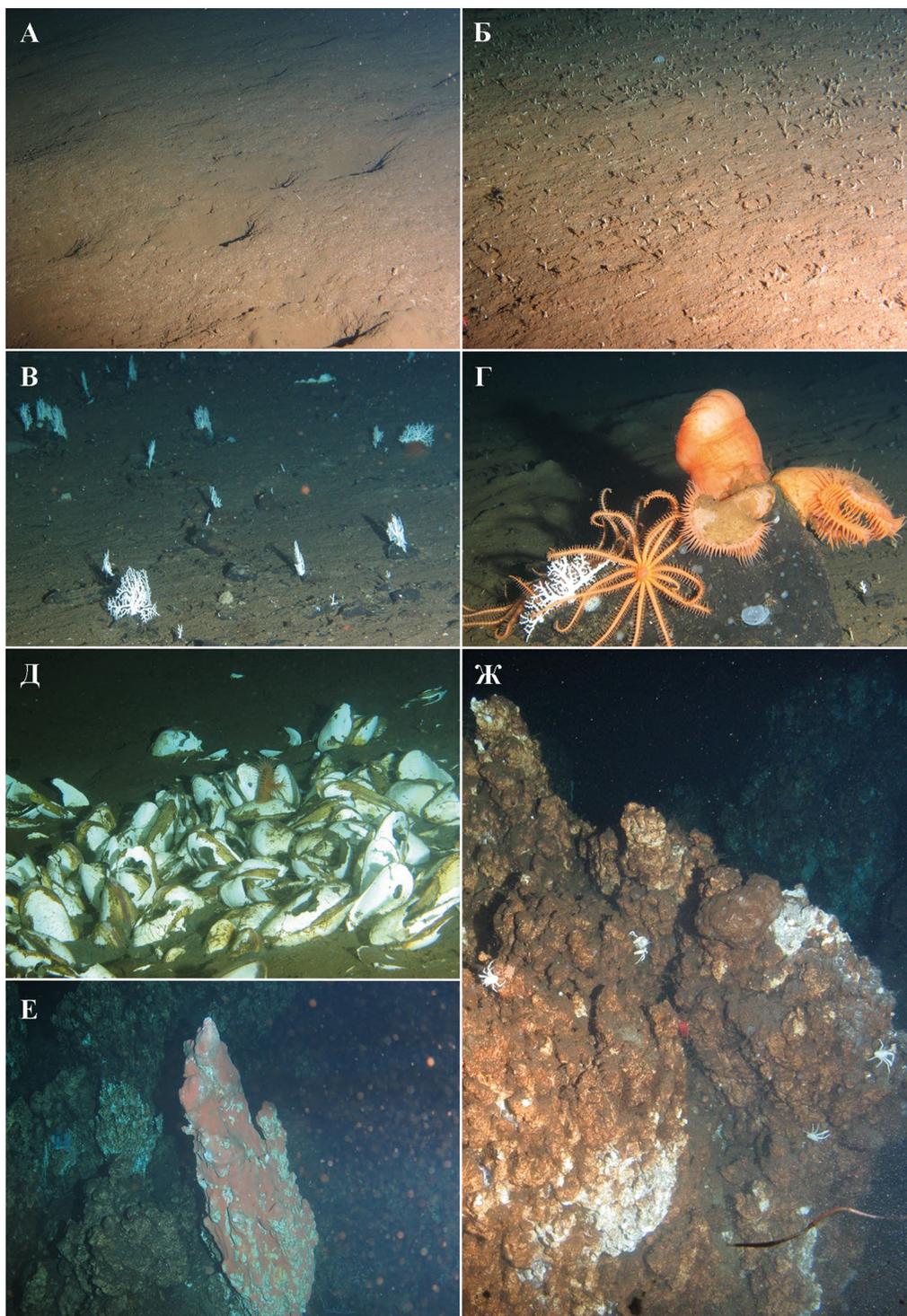
*Метановые высачивания впадины Дерюгина (Охотское море, глубина ~1400–1600 м). Впадина Дерюгина считается одним из интереснейших геологических образований Охотского моря с очень*

*своеобразными геолого-геофизическими характеристиками. Это зона позднекайнозойской рифтогенной деструкции с активной современной эмиссией газов, интенсивной карбонатно-баритовой минерализацией, железомарганцевыми образованиями, содержащими самородные металлы и интерметаллические соединения, марганцевые карбонаты и сульфиды [Кулинич, Обжиров, 2003; Астахов и др., 2008; Семанкин и др., 2018; Блохин и др., 2018; Шакиров, 2018; Астахова, 2009]. Таким образом, данная акватория является перспективным районом для добычи широкого спектра минеральных ресурсов. Исследования макрофауны экосистем метановых высачиваний впадины Дерюгина не многочисленны [Sahling et al., 2003; Krylova et al., 2014; Kharlamenko et al., 2019]. В совместных экспедиционных исследованиях НН-ЦМБ ДВО РАН, ТОИ ДВО РАН, ДВГИ ДВО РАН, ИО РАН изучены различные типы сообществ метановых высачиваний впадины Дерюгина, проведены визуальные наблюдения за гидробионтами. Работы проводились на возвышенностях Клэм Хилл и Баритовые горы, на глубинах 1419–1448 м и 1490–1568 м, соответственно. Минимальное расстояние между зонами погружений на этих двух возвышенностях составляло около 9 км (рис. 3).*



**Рис. 3.** Карта-схема районов работ в Охотском море: А – общая карта; Б – районы работ во впадине Дерюгина (I – Баритовые горы, II – плато Клэм Хилл)

**Fig. 3.** Map of the studied areas in the Sea of Okhotsk: A – general map; Б – studied areas in the Deryugin Basin (I – Barite Hills, II – Clam Hill)



**Рис. 4.** Различные биотопы в районе впадины Дерюгина (Охотское море): А – мягкие осадки с обеднённой мегафауной; Б – трубки фораминифер *Bathysiphon* sp.; В – склерактиниевые кораллы *Stylaster eximius*; Г – камень с многочисленными актиниями *Phelliactis* cf. *callicyclus*, звездами-бризингидами *Hymenodiscus ochotensis*, склерактиниевым кораллом *Stylaster eximius*, асцидией *Polysyncraton crassum*; Д – скопление двустворчатых моллюсков *Phreagena soyooae*; Е – баритовая постройка с розовыми бактериальными матами; Ж – крупная баритовая постройка с несколькими особями крабов *Munidopsis beringianus*

**Fig. 4.** Some biotopes in the Deryugin Basin (the Sea of Okhotsk): А – soft bottom sediments with poor megafauna; Б – tubes of foraminifer *Bathysiphon* sp.; В – scleractinian corals *Stylaster eximius*; Г – stone with numerous sea anemones *Phelliactis* cf. *callicyclus*, brisingid seastars *Hymenodiscus ochotensis*, scleractinian coral *Stylaster eximius*, sea squirt *Polysyncraton crassum*; Д – aggregation of bivalve *Phreagena soyooae*; Е – baryte deposits with pink bacterial mats; Ж – a large chimney-like barite structure with several specimens of *Munidopsis beringianus*

Для обоих районов характерны баритовая или барит-карбонатная минерализация и признаки газовых высачиваний [Астахов и др., 2017]. При этом баритовые образования существенно различаются между районами: для возвышенности Клэм Хилл отмечаются тонкие баритовые корки на поверхности дна, на Баритовых горах обнаружены разнообразные структуры от мелких трубок и конкреций в толще осадка, до построек более 10 м высотой [Астахова и др., 1987, 1990; Дергачев и др., 2000; Greinert et al., 2002]. Отличия наблюдались и в сообществах возвышенностей, а также отдельных биотопов в пределах возвышенностей.

В целом, эпибентосная мегафауна мягких осадков вне газовых высачиваний для обеих возвышенностей довольно обеднённая (рис. 4 А), с характерным для исследуемых глубин Охотского моря составом гидробионтов. При наличии твёрдых субстратов наблюдается формирование специфического ландшафта с доминированием склерактиниевых кораллов (рис. 4 В). Также необходимо отметить относительно высокое обилие крупных актиний из семейств Actinostolidae и Hormathiidae, звёзд семейства Brisingidae, наличие десятиногих ракообразных (креветок и крабов *Chionoecetes* sp.). На отдельных камнях обилие фауны значительно возрастает, как за счёт вышперечисленных таксонов (актинии, бризингиды, креветки), так и за счёт различных прикрепленных организмов: губки, восьмилучевые кораллы, гидроиды, мшанки, полихеты, колониальные асцидии (рис. 4 Г).

В качестве специфического и довольно распространённого на выполненных в 2011 и 2013 годах трансектах ландшафта можно выделить донные осадки с обилием белых трубок фораминифер *Bathysiphon* sp., возвышающихся на несколько сантиметров над поверхностью дна и состоящими из сульфата бария (рис. 4 Б).

На обеих возвышенностях отмечается развитие симбиотрофных гидробионтов – погонофор (Annelida: Siboglinidae) и везикомиид (Bivalvia: Vesicomidae). Сибоглиниды были обнаружены только при изучении проб донных осадков. Везикомииды *Archivesica gigas* и *Phreagena soyuae* – крупные моллюски, хорошо заметные при видеопрофилировании ТНПА на поверхности донных осадков. Полученные видео- и фотоматериалы хорошо иллюстрируют различия в поведении моллюсков. *Archivesica gigas* довольно подвижны и редко встречаются совместно, в то время как особи *Phreagena soyuae* образуют характерные скопления, формируя тем самым ещё один специфический биотоп (рис. 4 Д).

Как отмечалось выше, район Баритовых гор характеризуется наличием крупных баритовых постро-

ек. Они матами различных цветов, интенсивность развития матов сильно варьирует. На некоторых постройках отмечено обильное развитие гидроидов, губок, часто встречаются крабы семейства Munidopsidae, полихеты, мшанки, колониальные асцидии (рис. 4). В случае массового развития бактериальных матов обилие мегафауны визуально значительно уменьшается. Внутри построек часто отмечается наличие сибоглинид [Sahling et al., 2003].

Впадина Дерюгина стала одним из первых полигонов для изучения глубоководных сообществ дальневосточных морей России с использованием ТНПА. Полученные результаты значительно дополнили имеющиеся данные и дали возможность для более точного описания ландшафтов и биотопов, приуроченных к ним сообществ и их зонирования в различных пространственных масштабах (в километрах между отдельными возвышенностями и в сантиметрах на самих баритовых постройках). В то же время стали понятны и ограничения работ только с использованием ТНПА (в частности, малые объёмы отбираемых материалов, ограниченные возможности исследования инфауны и др.). Возможности ТНПА для точечного отбора образцов, их сохранения до поднятия на борт, документирования процесса отбора и условий среды определили также необходимость в изменении подходов при создании коллекций. Потребовалось создание новой системы, дающей возможность хранения большого объёма дополнительной информации в различных форматах, а также образцов для различных последующих исследований в лабораторных условиях.

*Сообщества вулкана Пуйна (Берингово море).* Подводные горы являются распространённым элементом рельефа дна Мирового океана [Kitchingman et al., 2007]. Их полноценные геологические исследования и последовавшие за этим исследования сообществ начались лишь в середине 20 столетия [см. Hess, 1946; Hubbs, 1959; Hinz, 1969]. Уже первые работы продемонстрировали, что господствовавшее долгие годы представление о низких биологическом разнообразии и обилии гидробионтов в глубоководных донных сообществах, а, следовательно, и «меньшем значении» для функционирования биосферы, «меньшей важности» с точки зрения охраны экосистем, не всегда соответствовало действительности [Heydorn, 1969; Levi, 1969; Sasaki, 1978]. За прошедшие годы знания об экосистемах подводных гор были существенно дополнены; показана их роль в функционировании океана, вещественно-энергетических потоках и биогеохимических циклах отдельных элементов; обнаружены важные биологические и минеральные ресурсы

[см. Rowden et al., 2008; Clark et al., 2012]. Биологические ресурсы на подводных горах часто являются объектом промысла и, вместе с тем, нуждаются в мониторинговых исследованиях для их рационального использования и сохранения для будущих поколений.

Дальневосточные акватории России характеризуются наличием многочисленных подводных гор и холмов, однако к настоящему времени с использованием подводных аппаратов были исследованы только сообщества вулкана Пийпа в Беринговом море. На сегодняшний день вулкан Пийпа остаётся наиболее северным гидротермальным районом Тихого океана, в котором отмечена облигатная фауна восстановительных биотопов [Rybakova et al., 2023].

В 1990 году в этом районе были выполнены погружения глубоководных обитаемых аппаратов «Мир 1» и «Мир 2» с борта НИС «Академик Мстислав Келдыш». А в 2016 и 2018 гг. ННЦМБ ДВО РАН были проведены исследования с использованием ТНПА «Команч 18» на северном и южном склонах вулкана Пийпа (рис. 5).

Исследования с использованием ТНПА были проведены в диапазоне глубин 368–4288 м и позволили выявить выраженную вертикальную зональность для сообществ мягких грунтов северного [Галкин, Ивин,

2019; Rybakova et al., 2020] и южного склонов вулкана [Галкин и др., 2019]. Для твёрдых субстратов изменения носили менее чёткий характер, однако и здесь зарегистрированы последовательные изменения.

На уровне крупных таксонов для обоих склонов наблюдается ряд сходных трендов, в частности, изменение доминирующих представителей голотурий с уменьшением глубины от ~4000 м до ~400 м (*Kolga* → *Scotoplanes* → *Paelopatides* → *Paelopatides*+*Pannychia* → *Pannychia*+*Synallactes* → *Synallactes*); доминирование кишечнодышащих *Quatuoralisia malakhovi* (Enteropneusta: Torquaratoridae) на глубинах 1700–2300 м (рис. 6 Б); скопления трахимедуз (Trachymedusae) на глубинах 2000–2500 м (на южном склоне работы на этих глубинах не проводились, однако единичные особи обнаружены на глубинах порядка 2600 м, как и на северном склоне) (рис. 6А); формирование характерных сообществ губок *Farrea* и представителей сем. Rosselidae на глубинах 750–1800 м (рис. 6 С); смена губочников сообществами альтионарий *Heteropolypus ritteri* с глубины около 750 м (рис. 7 Е). При этом наблюдался и ряд различий как в глубинах переходов от одних сообществ к другим, так и в составе доминирующих групп. В частности, хорошо выраженные

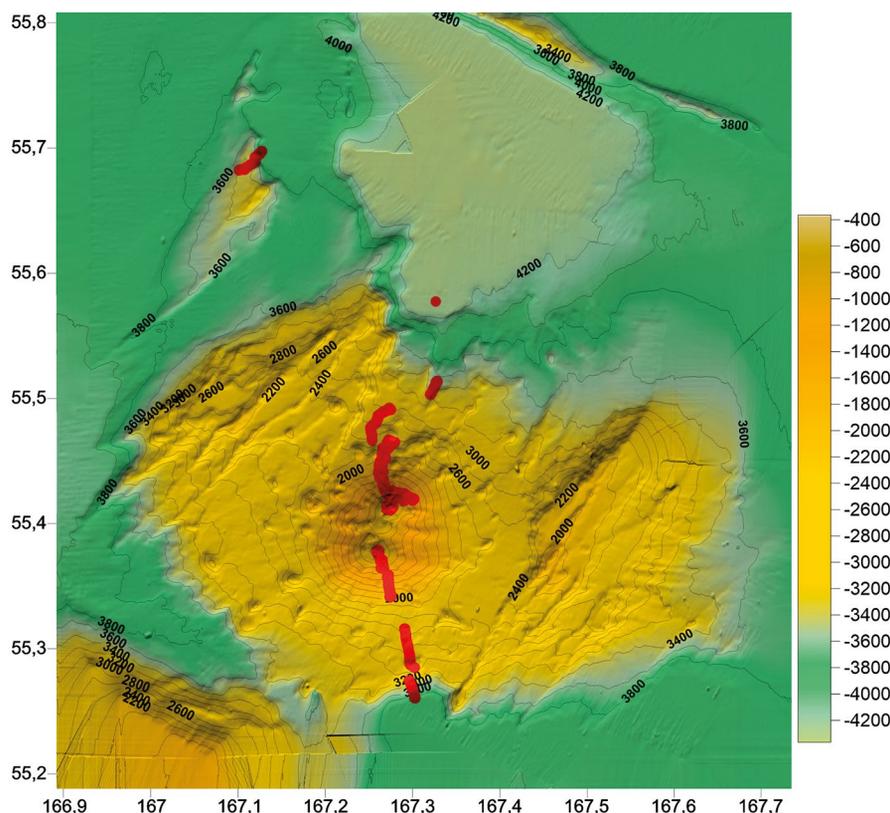
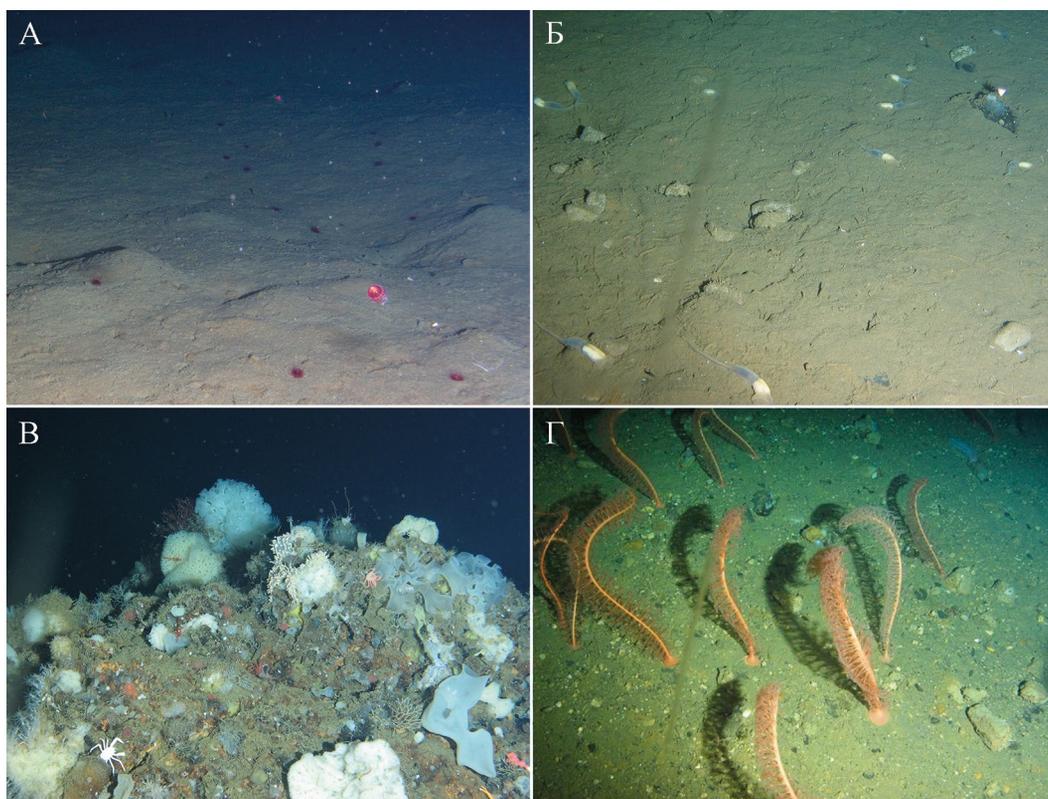


Рис. 5. Карта-схема маршрутов следования ТНПА на вулкане Пийпа (маршруты ТНПА обозначены красным цветом)  
 Fig. 5. Dive tracks of the ROV on the Piip volcano (ROV tracks are marked in red)

и протяжённые на южном склоне сообщества морских перьев *Anthoptylum* sp. (рис. 6 Д) на северном склоне не обнаружены; на Южной вершине вулкана были малочисленны зоантарии *Epizoanthus* sp., образующие массовые скопления на Северной вершине (рис. 7 З).

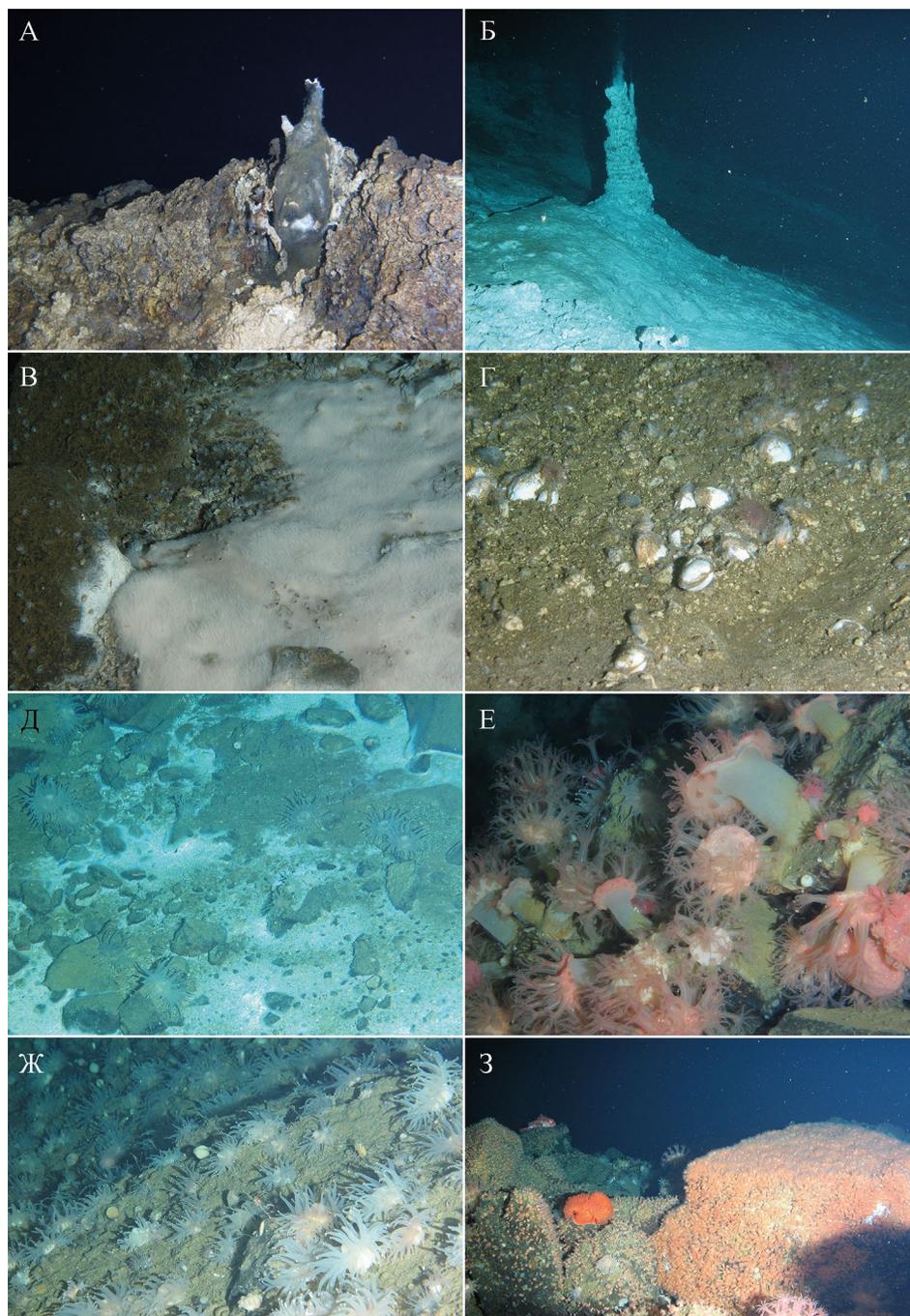
Причины выявленных различий вертикальной зональности, по всей видимости, носят комплексный характер. Прежде всего, необходимо отметить приуроченность отдельных групп к определённым литологическим фациям, вертикальная смена которых определяет и изменения в сообществах. Наличие гидрологических различий у северного и южного склонов могут приводить к изменению поступления органических веществ, процессов переотложения донных осадков. Кроме того, нельзя исключать и влияния пространственной ограниченности самих видеоразрезов, поскольку некоторые описанные различия могут носить случайный характер и определяться выбором траектории движения ТНПА.

Современная гидротермальная активность на вулкане Пийпа обнаружена на его Северной и Южной вершинах, на глубинах от ~368 м до ~500–600 м [Селиверстов, 2009]. В результате исследований, проведённых в погружениях на ГОА «Мир» в 1990 г., здесь было обнаружено 30 видов гидробионтов [Sagalevich et al., 1992]. Работы с использованием ТНПА позволили значительно расширить знания о сообществах вершин вулкана. Исследования с ГОА и ТНПА выявили здесь значительные градиенты факторов среды, пространственную неоднородность условий обитания и разнообразие биотопов [Рубакова et al., 2023]. В частности, на склонах и вершинах вулкана отмечены глыбы дацитов, дацитовые пемзы, карбонатные образования и бариты, ангидритовые постройки и гипс-ангидритовые корки, рыхлые отложения различного химического и минерального состава. Гидротермальные излияния, различающиеся на Северной и Южной вершинах физико-химическими характеристиками, определяют наличие выраженных градиентов экологических фак-



**Рис. 6.** Различные сообщества склонов вулкана Пийпа (Берингово море): А – скопления трахимедуз (Trachymedusae), северный склон вулкана, глубина 2500–2000 м; Б – полухордовые *Quatuoralisia malakhovi*, южный склон вулкана Пийпа, глубина около 2000 м; В – «губочная клумба», северный склон вулкана, глубина 990 м; Г – Морские перья *Anthoptylum* sp., южный склон вулкана Пийпа, глубина 1687 м

**Fig. 6.** Some communities on the slopes of the Piip Volcano (the Bering Sea): А – aggregation of the epibenthic trachymedusa (Trachymedusae), northern slope of the volcano, depths of 2500–2000 m; Б – acorn worms *Quatuoralisia malakhovi*, southern slope of the volcano, depth about 2000 m; C – sponge bed, northern slope of the volcano, depth 990 m; D – sea pens *Anthoptylum* sp., southern slope of the volcano, depth 1687 m



**Рис. 7.** Примеры биотопов и сообществ на вершинах вулкана Пийпа: А – карбонатные гидротермальные постройки, Южная вершина; Б – ангидритовая гидротермальная постройка и гипс-ангидритовые корки, Северная вершина; В – бактериальные маты на дацитовых валунах и рыхлых отложениях, на валунах и матах многочисленные гастроподы *Parvaplustrum wareni*, Северная вершина; Г – рыхлые отложения и двустворчатый моллюск *Calyptogena pacifica*, Южная вершина; Д – кораллиморфария *Corallimorphus* cf. *pilatus* на твёрдых субстратах между рыхлыми осадками с бактериальными матами, Северная вершина; Е – сообщество альционарий *Heteropolypus ritteri*, Северная вершина; Ж – сообщество кораллиморфарий *Corallimorphus* cf. *pilatus* вне видимых проявлений гидротермальной активности, Северная вершина; З – сообщество зоантарий вне видимых проявлений гидротермальной активности, Северная вершина

**Fig. 7.** Examples of biotopes and communities on the summits of the Piip Volcano: А – carbonate hydrothermal chimneys, South Summit; Б – anhydrite hydrothermal chimney and gypsum-anhydrite crusts, North Summit; В – bacterial mats on dacitic boulders and soft sediments, numerous gastropods *Parvaplustrum wareni* on boulders and mats, North Summit; Г – soft sediments and bivalve mollusks *Calyptogena pacifica*, South Summit; Д – *Corallimorphus* cf. *pilatus* (Anthozoa: Corallimorpharia) on substrates with bacterial mats, North Summit; Е – *Heteropolypus ritteri* (Anthozoa: Coralliidae), North Summit; Ж – *Corallimorphus* cf. *pilatus* in a habitat with no visible signs of hydrothermal activity, North Summit; З – high abundance of zoantharians (Anthozoa: Zoantharia) in a habitat with no visible signs of hydrothermal activity, North Summit

торов. В результате, помимо вертикальной зональности сообществ, выделяется горизонтальная изменчивость между вершинами вулкана и вдоль градиентов среды, а также мозаичность, обусловленная локальной гетерогенностью условий. Совокупно это создаёт пёструю картину смены биотопов и характерных для них сообществ макро- и мегафауны в масштабах от десятков сантиметров, до нескольких километров.

Несмотря на низкое содержание кислорода в придонной воде у вершин вулкана (менее 0,5 мл/л), гетерогенность условий, высокая продуктивность планктонных сообществ фотического слоя [см. Springer et al., 1996; Sorokin, 1999] и приток органического вещества хемосинтетического происхождения определяют возможность развития обильной и разнообразной фауны. Примеры отдельных биотопов и сообществ представлены на рис. 7.

В результате двух экспедиций ННЦМБ ДВО РАН [см. Рыбакова et al., 2023] на вершинах вулкана Пийпа обнаружено более 130 видов мега- и макрофауны, из которых около четверти являются новыми для науки [см., например, Chaban et al., 2022; Hirata et al., 2023; Kantor et al., 2023; Nekhaev, 2023; Sanamyan et al., 2023; и др.]. Очевидно, что с продолжением исследований собранной коллекции гидробионтов число описанных новых для науки видов будет возрастать. Вулкан Пийпа представляет собой уникальный природный объект, характеризующийся высоким обилием и разнообразием фауны, включающей облигатные для восстановительных условий виды. Многие виды отмечены в настоящее время только на этом вулкане. Разнообразие биотопов и условий среды, наличие различных источников углерода делает вулкан удобным полигоном для изучения адаптаций гидробионтов, взаимосвязей в сообществах и особенностей функционирования глубоководных экосистем. В целом, представляется обоснованным создание природоохранного резервата федерального значения «вулкан Пийпа» с целью сохранения и изучения уникальных морских глубоководных экосистем.

*Сообщества Гамовского каньона (Японское море).* Японское море характеризуется наибольшим известным видовым богатством среди морей Российской Федерации [Адрианов, Кусакин, 1998] и наличием акваторий с наиболее высокими концентрациями загрязняющих веществ среди дальневосточных морей России [О состоянии и об охране ..., 2021<sup>1</sup>]. Результатом антропогенных воздействий, а также на-

блюдаемых в последние десятилетия климатических изменений, являются экосистемные перестройки, сопровождающиеся, в том числе, изменениями физико-химических параметров воды и донных осадков, биологического разнообразия и продуктивности, обилия промысловых видов [Динамика морских ..., 2007; Олейник и др., 2004; Биологическая безопасность ..., 2016; Tishchenko et al., 2020; Тищенко и др., 2021].

Несмотря на довольно длительную историю исследований, знания о составе глубоководных сообществ Японского моря, особенностях их функционирования и динамики ещё очень ограничены, а регулярные мониторинговые исследования приурочены преимущественно к шельфовой области. В то же время в последние десятилетия наблюдается увеличение мониторинговых исследований глубоководных экосистем [см. Smith et al., 2013; Dunn et al., 2018; Samuelsen et al., 2022; Levin et al., 2023; Rabone et al., 2023]. Особый интерес могут представлять исследования глубоководных каньонов – топографических структур, которые образуют глубокие разрезы на шельфе и континентальных окраинах, с относительно крутыми склонами («бортами»). Крутизна континентального склона Японского моря препятствует накоплению на нём осадков и приводит к быстрому переносу вещества из прибрежной зоны в глубоководные котловины. Каньоны же являются основными центрами осадочения отложений на континентальных окраинах [Oliveira et al., 2007] и они играют роль каналов для переноса органического углерода с побережья или шельфа на батимальные и абиссальные глубины [Heussner et al., 1996; Puig et al., 2003; Vetter, Dayton, 2003]. Кроме того, каньоны характеризуются высоким разнообразием биотопов. Благоприятные условия здесь находят и прикрепленные формы, предпочитающие твёрдые субстраты (губки, кораллы, мшанки и др.), и фауна мягких грунтов (двустворчатые моллюски, многощетинковые черви и др.). В результате указанных особенностей каньоны зачастую характеризуются высокими уровнями биологического разнообразия и биомассы [см. Rowe et al., 1982; Sardà et al., 1994; Ramirez-Llodra et al., 2008, 2010 a, b].

Первые целенаправленные исследования глубоководных каньонов (морфологии и геологического строения) в российской части Японского моря начались в 1970-х гг. [Васильев, Марков, 1973; Астахов, Васильев, 1985]. В последние десятилетия в связи с появлением новых технических средств изучение каньонов интенсифицировалось; была проведена серия геологических, геохимических и гидробиологических работ [Астахов и др., 2011; Карнаух и др., 2019]. С 2011 года ННЦМБ ДВО РАН с использовани-

<sup>1</sup> О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. 2022. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова. 684 с. <https://2021.ecology-gosdoklad.ru/>

ем различных ТНПА проводит исследования каньонов Японского моря с целью детального описания особенностей их морфологии и геологического строения, состава, структуры и распределения донной фауны [Григорьева, Ивин, 2015]. В 2020 и 2021 годах с использованием ТНПА «Команч 18» были проведены исследования Гамовского каньона (рис. 8). Всего было выполнено 8 погружений ТНПА в диапазоне глубин от 370 м до 3000 м. Полученные в ходе исследований данные свидетельствуют о сложной пространственной структуре бентосных сообществ каньона с выраженной вертикальной зональностью.

Результаты, полученные для самой нижней части каньона (глубина около 3000 м), переходящей в Центральную котловину Японского моря, в целом соответствуют данным более ранних исследований этих глубин [см. Левенштейн, Пастернак, 1973, 1976; Малютина, 2012; Brandt et al., 2013]. На поверхности донных осадков обнаружено большое количество остатков морских трав (рис. 9 А), что свидетельствует об обильном поступлении органического вещества с шельфа. Мегаэпифауна сравнительно обеднённая. Обнаружены изоподы *Eurycope spinifrons*, мелкие гребешки

*Delectopecten vancouverense*, прикреплённые к различным твёрдым объектам, в том числе и к остаткам листьев морской травы *Zostera marina*. Выше, на глубине около 2000 м, обширные участки ровного дна с отдельными крупными валунами, перемежаются склонами со значительной крутизной и обрывами. На ровных участках преобладают полихеты сем. Polynoidae. Валунуны покрыты густыми обрастаниями, в которых встречаются губки, асцидии, актинии, гребешки *Delectopecten vancouverense*, отмечены многочисленные гидроиды нескольких видов, трубки фораминифер.

В центральной части каньона были выполнены продольный разрез вдоль русла на глубинах 607–774 м и два поперечных разреза с максимальными глубинами 727 м и 580 м. Результаты исследований позволили получить ряд новых данных о составе, структуре и особенностях пространственного распределения мегаэпифауны глубоководных сообществ Японского моря.

Ложе Гамовского каньона в его центральной части представлено многочисленными «ступенями», ложбины перемежаются отвесными стенками и усту-

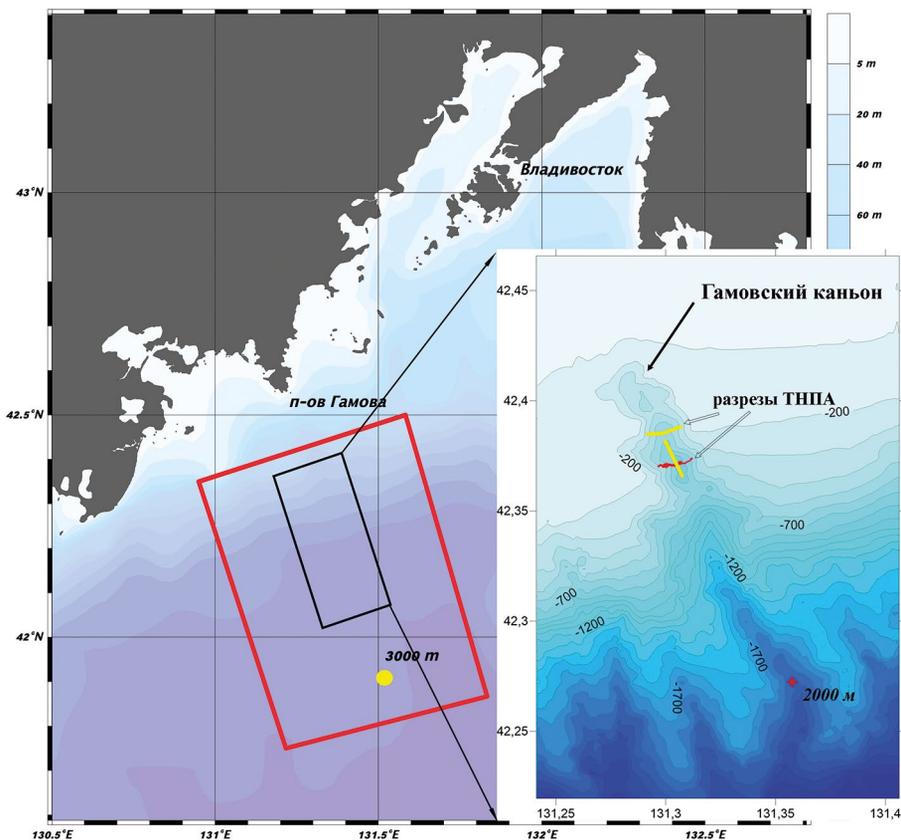
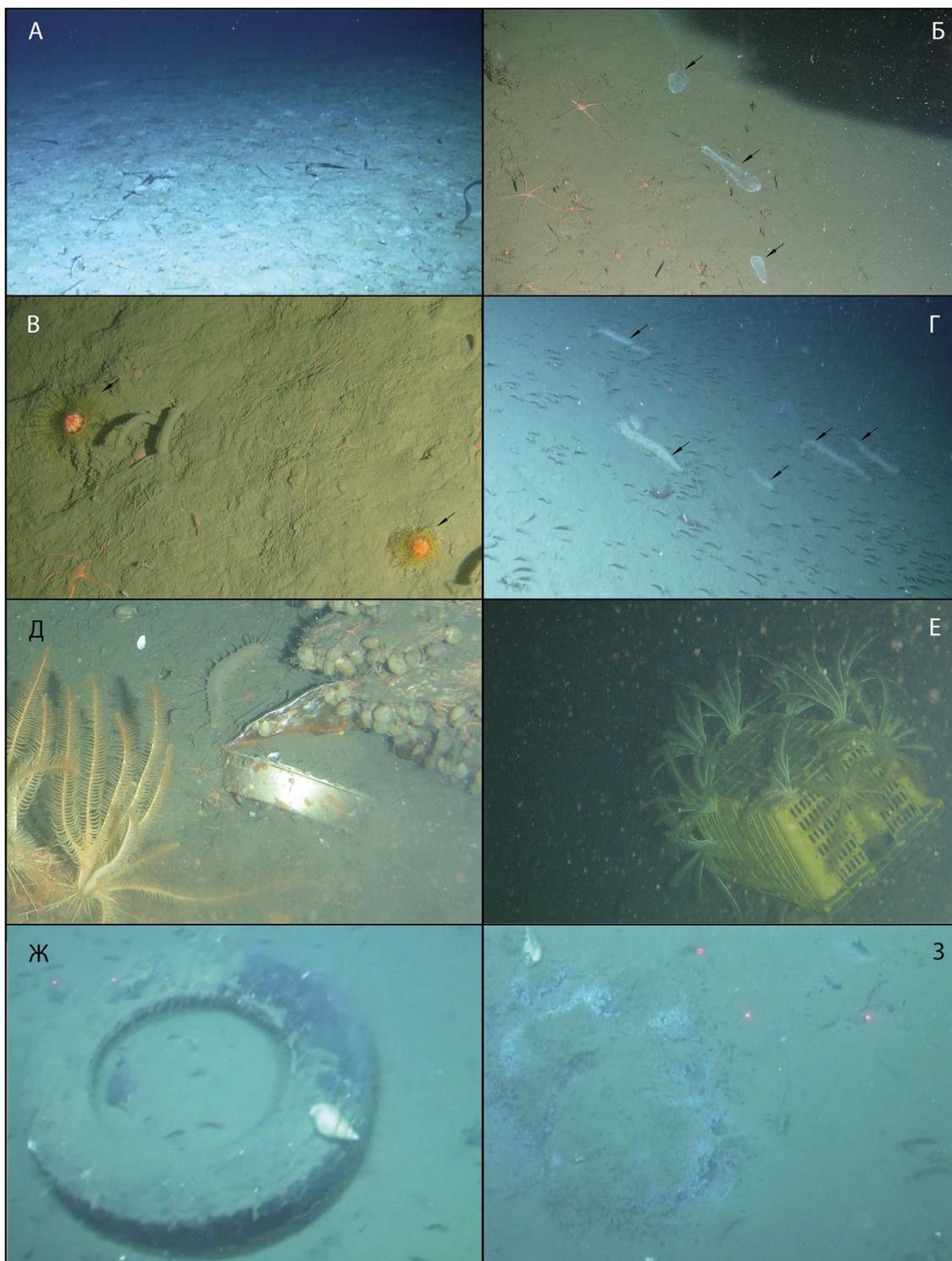


Рис. 8. Карта-схема маршрутов ТНПА в Гамовском каньоне. Жёлтым цветом показаны маршруты ТНПА в 2020 г., красным цветом в 2021 г.

Fig. 8. Dive tracks of the ROV in the Gamov Canyon (yellow – ROV routes in 2020, red – in 2021)

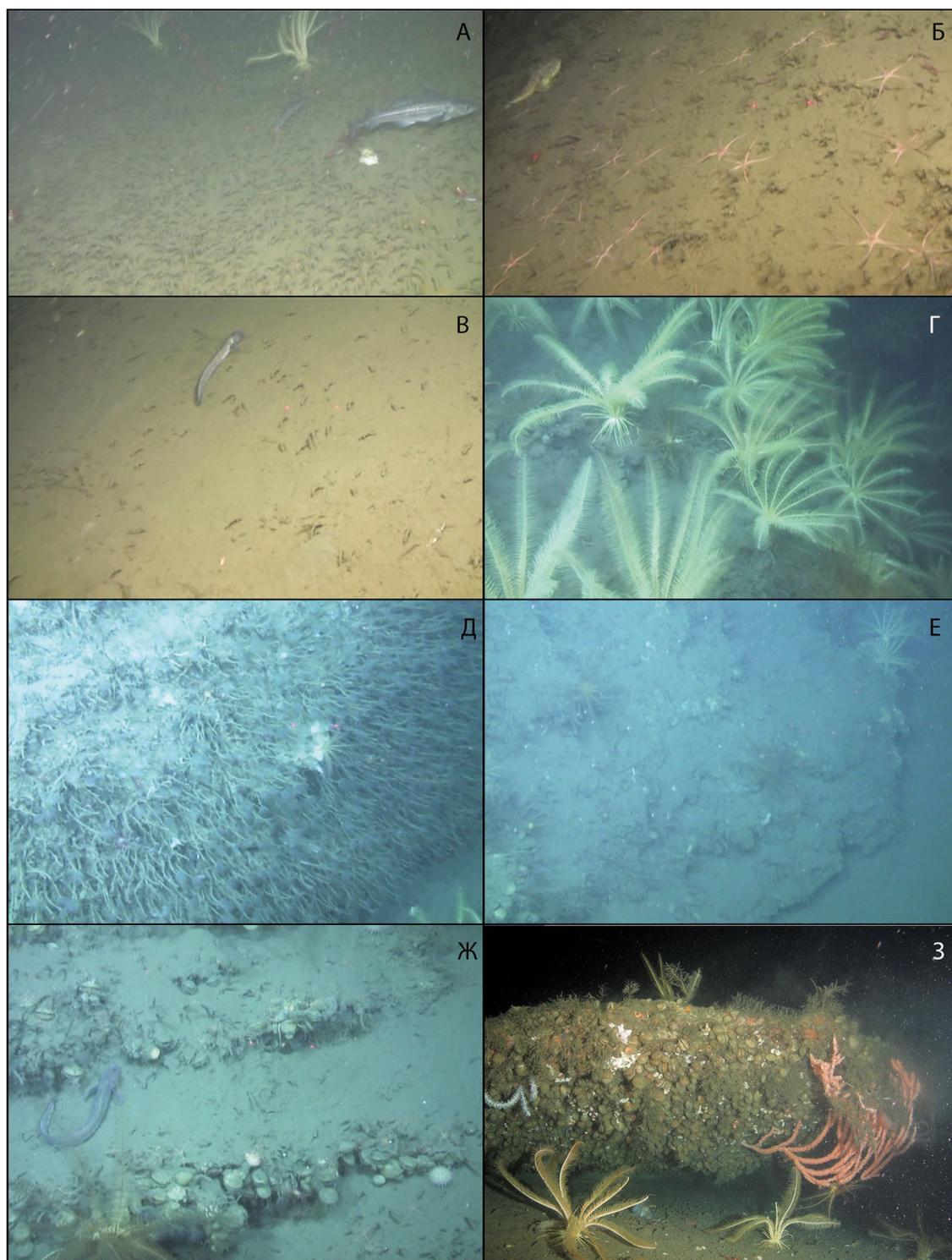


**Рис. 9.** Фотографии полученные ТНПА в Гамовском каньоне: А – листья морской травы *Zostera marina*, глубина 3010 м; Б – сообщество мягких грунтов, стрелками указаны эхиуриды, глубина 555 м; В – сообщество мягких грунтов, стрелками указаны трахимедузы, глубина 570 м; Г – сообщество мягких грунтов, стрелками указаны голотурии *Synallactes* sp., глубина 774 м; Д-Ж – различные антропогенные объекты на дне каньона; З – бактериальные маты, глубина 608 м

**Fig. 9.** Images taken by ROV in the Gamov Canyon: А – leaves of the seagrass *Zostera marina*, depth 3010 m; Б – community of soft bottom sediments, arrows indicate echiurids, depth 555 m; В – community of soft bottom sediments, arrows indicate epibenthic trachymedusa, depth 570 m; Г – community of soft bottom sediments, arrows indicate holothurians *Synallactes* sp., depth 774 m; Д-Ж – some anthropogenic objects at the bottom of the canyon; З – bacterial mats, depth 608 m

пами. На ровных участках дна накапливаются мягкие донные осадки. Здесь обильны трубки полихет сем. Ampharetidae, образующие густые курттины

(до 1000 трубок на 1 м<sup>2</sup>), офиуры, образующие иногда скопления до 10 экз./м<sup>2</sup> (рис. 10 Б), голотурии *Synallactes* sp. (до 7 экз./м<sup>2</sup>) (рис. 9 Г), крупные кревет-



**Рис. 10.** Фотографии полученные ТНПА «Команч 18» в Гамовском каньоне: А-В – сообщество мягких грунтов равнинных участков каньона, глубина 727–370 м; Г-З – сообщество твёрдых субстратов, глубина 774–607 м

**Fig. 10.** Images taken by ROV in the Gamov Canyon: А-В – community of soft bottom sediments in flat areas of the canyon, depth 727–370 m; Г-З – community of hard substrates, depth 774–607 m

ки. По всему разрезу в местах с сильным заилением на поверхности грунта отмечались хоботы эхиурид (рис. 9 Б). Столь массовые скопления крупных эхиурид не были отмечены на континентальном склоне российской части Японского моря. К сожалению, отобрать образцы этих доминирующих в сообществах Гамовского каньона гидробионтов для их идентификации не удалось.

Ещё одной массовой группой в каньоне, ранее не отмечавшейся исследователями, являются трахимедузы (Trachymedusae), которые могут образовывать на крутых склонах скопления до 10 и более особей на квадратный метр (рис. 9В). Для Японского моря известно нахождение трахимедуз *Ptychogastria polaris* на подводной горе Ширибешу (Shiribeshi) недалеко от о. Хоккайдо [Miyake et al., 2004]. Обнаруженные нами медузы морфологически схожи с указанным видом, также обычно прикреплены к субстрату с помощью щупалец и крайне редко плавают, однако точная видовая идентификация требует более детального изучения.

Трахимедузы *Ptychogastria polaris* нередко доминируют в глубоководных бентосных сообществах и имеет очень широкое распространение в Мировом океане [Grange et al., 2017; Calder, Watling, 2021]. *P. polaris* отмечен в северной части Тихого океана, Атлантике, Северном Ледовитом и Южном океанах. Отсутствие данных об обилии трахимедуз на континентальном склоне Японского моря, по всей видимости, обусловлено особенностями используемых орудий лова. При траловых съёмках, драгировании, отборах эпибентосными сачами (слэджами) эти медузы значительно повреждаются, а дночерпатели и боксереры менее эффективны при наличии твёрдых субстратов и значительных уклонах дна. Использование ТНПА с возможностью фото- и видеофиксации подводных объектов значительно изменило представления о составе и структуре глубоководных сообществ, в том числе об обилии и разнообразии мягкотелых эпибентосных организмов [Larson et al., 1992].

На твёрдых субстратах в Гамовском каньоне на глубинах 370–774 м преобладают брахиоподы (до 250 и более экз./м<sup>2</sup>) (рис. 10 З), полихеты (рис. 10 Д); довольно обильны губки Demospongia, гидроиды, актинии, альционарии, брюхоногие моллюски сем. Viscinidae, креветки, крабы, офиуры, встречаются морские ежи, голотурии Psolidae.

Также необходимо отметить высокое обилие на глубинах 370–774 м морских лилий *Heliogetra* sp., которые местами полностью покрывают поверхность субстрата и представлены двумя цветовыми морфами, обычно не встречающимися совместно (рис. 10 Г).

На отдельных участках ложа каньона обнаружены хорошо выраженные «пятна» бактериальных матов, от нескольких см, до десятков см в диаметре (рис. 9 З), что может свидетельствовать о возможности формирования здесь специализированных сообществ восстановительных биотопов. Ранее такие сообщества в российских водах Японского моря не были отмечены.

Во всех погружениях ТНПА в Гамовском каньоне обнаружены различные объекты антропогенного происхождения: части снастей для промысла морских биологических ресурсов (дель, ловушки, каналы), автомобильные шины, банки и т.д. (рис. 9 Д-Ж). Очевидно, что экосистемы каньона испытывают серьёзное антропогенное воздействие. Полноценные исследования воздействия деятельности человека на глубоководные сообщества российских вод Японского моря в настоящее время отсутствуют.

Полученные в ходе исследований результаты свидетельствуют о выраженной пространственной структуре сообществ Гамовского каньона. На глубине 3000 м на мягких грунтах наблюдаются наименьшие значения плотности поселения и таксономического разнообразия макро- и мегафауны. На глубинах 370–774 м выявлены закономерные изменения в биоценозах вдоль батиметрического градиента между рыхлыми и твёрдыми субстратами.

Сложная пространственная структура и ландшафтное разнообразие, выраженное вертикальное зонирование, высокое биологическое разнообразие, а также близость Гамовского каньона к побережью Приморья, где сосредоточены научные организации и научный флот ДВО РАН, делают эту локальную акваторию Японского моря удобным модельным полигоном для долговременных мониторинговых исследований этой уникальной глубоководной экосистемы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможность полноценного исследования многих глубоководных биотопов появилась лишь с развитием технических средств. Использование современных технологий и инструментария при изучении глубоководных экосистем (в частности, использование обитаемых/необитаемых подводных аппаратов) позволяет получить новые данные даже для хорошо исследованных акваторий. Современные комплексные исследования морских экосистем предполагают получение большого объёма материалов различного типа (фотографии и видео, информация о факторах среды, образцы для разнообразных исследований). Полноценное и эффективное использование таких материалов возможно при создании единой системы хранения

материалов, включающей массивы данных, репозиторий фотографий и видео, коллекции образцов.

Разнообразие ландшафтов и мест обитаний — один из ключевых факторов общего высокого разнообразия глубоководной биоты дальневосточных морей. Глубоководные каньоны, разнообразные типы холодных высачиваний, гидротермы, подводные горы, континентальные склоны, абиссальные равнины, глубоководные желоба характеризуются различными условиями формирования и функционирования донных сообществ. Более того, выделенные выше местообитания характеризуются наличием разномасштабной неоднородности экологических факторов и формированием разнообразных биотопов. В связи с этим, для получения научно обоснованной оценки глубоководных биологических ресурсов, разработки подходов к рациональному природопользованию океанских глубин и сохранению уникальных глубоководных экосистем дальневосточных морей требуется проведение интенсивных экспедиционных исследований, направленных на получение репрезентативных массивов данных. Научная программа ННЦМБ ДВО РАН предполагает продолжение работ по изучению глубоководных экосистем северо-западной части Тихого океана во взаимодействии с институтами и организациями академической и прикладной науки.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

### Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

### Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (грант № 13.1902.21.0012, договор № 075–15–2020–796).

### ЛИТЕРАТУРА

- Адрианов А.В., Кусакин О.Г. 1998. Таксономический каталог биоты залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: Дальнаука. 350 с.
- Астахов А.С., Аксенов К.И., Белоус О.В., Гуленко Т.А., Жуковин А.Ю., Карнаух В.Н., Яновская О.С. 2011. Геологические и геоэкологические исследования в Японском море в рейсе № 45 НИС «Профессор Гагаринский» (октябрь–ноябрь 2009 г.) // Тихоокеанская геология. Т. 30. № 1. С. 119–124.
- Астахов А.С., Астахова Н.В., Саттарова В.В., Свининников А.И., Грецкая Е.В., Ващенко Н.Г., Иванов М.В. 2008. Осадконакопление и рудогенез во впадине Дерюгина (Охотское море). Владивосток: Дальнаука. 289 с.
- Астахов А.С., Васильев Б.И. 1985. Динамика современного осадконакопления и история развития Большого Гамовского каньона (Японское море) по результатам подводных наблюдений // Тихоокеанская геология. № 4. С. 13–18.
- Астахов А.С., Ивин В.В., Карнаух В.Н., Коптев А.А., Ли Б.Я., Суховеев Е.Н. 2017. Современные геологические процессы и условия формирования баритовой залежи в котловине Дерюгина Охотского моря // Геология и Геофизика. Т. 58. № 2. С. 200–214. DOI 10.15372/GiG20170202.
- Астахова Н.В. 2009. Благородные и цветные металлы в железомарганцевых корках центральной части Охотского моря // Океанология. Т. 49. № 3. С. 440–452.
- Астахова Н.В., Липкина М.И., Мельниченко Ю.В. 1987. Гидротермальная баритовая минерализация во впадине Дерюгина Охотского моря // Докл. АН СССР. Т. 295. № 1. С. 212–215.
- Астахова Н.В., Нарнов Г.А., Якушева И.Н. 1990. Карбонатно-баритовая минерализация во впадине Дерюгина (Охотское море) // Тихоокеанская геология. № 3. С. 37–42.
- Биологическая безопасность дальневосточных морей Российской Федерации: материалы Целевой комплексной программы ориентированных фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН на 2007–2012 гг. 2014. / А.В. Адрианов (отв. ред.). Владивосток: Дальнаука. 476 с.
- Блохин М.Г., Ивин В.В., Михайлик П.Е., Михайлик Е.В., Иванова Ю.М., Еловский Е.В., Зарубина Н.В., Иванов В.В., Остапенко Д.С. 2018. Генезис баритов впадины Дерюгина (Охотское море) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Т. 37. № 1. С. 51–59.
- Васильев Б.И., Марков Ю.Д. 1973. Подводные каньоны на континентальном склоне залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. Т. 13. Вып. 4. С. 658–661.
- Галкин С.В., Ивин В.В. 2019. Биологические исследования в Беринговом море с использованием телеуправляемого аппарата «Команч» // Океанология. Т. 59. № 1. С. 170–172. DOI 10.31857/S0030–1574591170–172.
- Галкин С.В., Мордухович В.В., Крылова Е.М., Денисов В.А., Малютин А.Н., Михайлик П.Е., Полоник Н.С., Самаян Н.П., Шилов В.А., Ивин В.В., Адрианов А.В. 2019. Исследования экосистем гидротермальных выходов и холодных высачиваний в Беринговом море (82-й рейс научно-исследовательского судна «Академик М.А. Лаврентьев») // Океанология. Т. 59. № 4. С. 687–690. DOI 10.31857/S0030–1574594687–690.
- Григорьева Н.И., Ивин В.В. 2015. Подводные исследования большого Гамовского каньона (район залива Петра Великого, Японское море) // Тихоокеанская геология. Т. 34. № 1. С. 103–108.
- Деркачев А.Н., Борман Г., Грайнерт Й., Можеровский А.В. 2000. Аутигенная карбонатная и баритовая минерализация в осадках впадины Дерюгина (Охотское море) // Литология и полезные ископаемые. Т. 6. С. 568–585.
- Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России.

- В рамках подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Федеральной целевой программы «Мировой океан», II этап (2003–2007 гг.). 2007. Владивосток: Дальнаука. 512 с.
- Карнаух В.Н., Суховеев Е.Н., Матюхов В.П., Апарина К.А. 2019. Характер распределения проповерхностных скоплений газа в осадках юго-западной части залива Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН. № 2. С. 25–34. DOI 10.25808/08697698.2019.204.2.003
- Кулинич Р.Г., Обжиров А.И. 2003. Барит карбонатная минерализация, аномалии метана и геофизические поля во впадине Дерюгина (Охотское море) // Тихоокеанская геология. Т. 22. № 4. С. 35–40.
- Кусакин О.Г., Чавтур В.Г. 2000. Гидробиологические исследования Российской академии наук в дальневосточных морях в послевоенный период. 2. Исследования дальневосточных институтов // Биология моря. Т. 26. № 2. С. 132–143.
- Левенштейн Р.Я., Пастернак Ф.А. 1973. Изучение донной фауны Японского моря в 52-м рейсе «Витязя» // Океанология. Т. 13. Вып. 6. С. 1098–1102.
- Левенштейн Р.Я., Пастернак Ф.А. 1976. Количественное распределение донной фауны Японского моря // Труды ИО АН СССР. Т. 99. С. 197–210.
- Малютин М.В. 2012. Первые комплексные исследования глубоководного бентоса Японского моря, проведённые российско-немецкой экспедицией SoJaBio в 2010 году // Биология моря. Т. 38(5). С. 409–415.
- Миронов А.Н., Гебрук А.В., Москалев Л.И. 2002. География гидротермальных сообществ и облигатных гидротермальных таксонов / А.В. Гебрук (ред.). Биология гидротермальных систем. М.: КМК Press. С. 410–455.
- Монин А.С. 1983. Научно-исследовательское судно «Витязь» и его экспедиции, 1949–1979 гг. М.: Наука. 392 с.
- Олейник Е.В., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. 2004. Влияние загрязнения донных отложений на видовой состав и обилие двусторчатых моллюсков в заливе Петра Великого Японского моря // Биология моря. Т. 30. № 1. С. 39–45.
- Селиверстов Н.И. 2009. Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга. 191 с.
- Семакин В.П., Кочергин А.В., Питина Т.И. 2018. Глубинное строение глубоководных впадин Охотского моря // Геодинамика и тектонофизика. Т. 9. № 1. С. 109–122. DOI 10.5800/GT-2018-9-1-0340
- Ушаков П.В. 1953. Фауна Охотского моря и условия её существования. М.-Л.: АН СССР. 458 с.
- Ходаковская А.В. 2005. Фауна губок (Porifera) залива Петра Великого Японского моря // Биология моря. Т. 31. № 4. С. 251–255.
- Шакиров Р.Б. 2018. Газогеохимические поля окраинных морей Восточной Азии. М.: ГЕОС. 341 с.
- Adrianov A.V., Maiorova A.S. 2022. Echinoderes beringiensis sp. nov. – the first Kinorhyncha from deep-sea methane seepages in the north Pacific // Deep Sea Res. II Top. Stud. Oceanogr. V. 204. Art. 105154. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105154
- Baco A.R., Morgan N.B., Roark E.B. 2020. Observations of vulnerable marine ecosystems and significant adverse impacts on high seas seamounts of the northwestern Hawaiian Ridge and Emperor Seamount Chain // Marine Policy. V. 115. Art. 102834.
- Brandt A., Brix S., Riehl T., Malyutina M. 2020. Biodiversity and biogeography of the abyssal and hadal Kuril-Kamchatka trench and adjacent NW Pacific deep-sea regions // Progress in Oceanography. V. 181. Art. 102232. DOI 10.1016/j.pocean.2019.102232.
- Brandt A., Elsner N., Brenke N., Golovan O.A., Lavrenteva A.V., Malyutina M.V., Riehl T. 2015. Abyssal macrofauna of the Kuril-Kamchatka Trench area collected by means of a camera-epibenthic sledge (Northwest Pacific) // Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. V. 111. P. 175–188. DOI 10.1016/j.dsr2.2014.11.002.
- Brandt A., Elsner N., Brenke N., Golovan O., Malyutina M.V., Riehl T., Schwabe E. 2013. Epifauna of the Sea of Japan collected via a new epibenthic sledge equipped with camera and environmental sensor systems // Deep Sea Res. II Top. Stud. Oceanogr. V. 86–87. P. 43–55. DOI 10.1016/j.dsr2.2012.07.039.
- Brandt A., Malyutina M.V. 2015. The German-Russian deep-sea expedition KuramBio (Kurile Kamchatka biodiversity studies) on board of the RV Sonne in 2012 following the footsteps of the legendary expeditions with RV Vityaz // Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. V. 111. P. 1–9. DOI 10.1016/j.dsr2.2014.11.001.
- Calder D.R., Watling L. 2020. Report on hydrozoans (Cnidaria), excluding stylasteridae, from the Emperor Seamounts, western north Pacific Ocean // Zootaxa. V. 4950. P. 201–247. DOI 10.11646/zootaxa.4950.2.1
- Chaban E.M., Schepetov D.M., Ekimova I.A., Nekhaev I.O., Chernyshev A.V. 2022. The first record of the family Parvaplustridae (Gastropoda, Heterobranchia) from hydrothermal vent fields of the Piip Volcano, Bering Sea with the description of a new species of the genus Parvaplustrum // Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. V. 202. Art. 105135. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105135.
- Checa A.G., Salas C., Varela-Feria F.M., Rodríguez-Navarro A.B., Grenier C., Kamenev G.M., Harper E.M. 2022. Crystallographic control of the fabrication of an extremely sophisticated shell surface microornament in the glass scallop *Catillopecten* // Scientific Reports. V. 12. Art. 11510. DOI 10.1038/s41598-022-15796-1.
- Chernyshev A.V., Polyakova N.E. 2022. Nemerteans collected in the Bering Sea during the research cruises aboard the R/V Akademik M.A. Lavrentyev in 2016, 2018, and 2021 with an analysis of deep-sea heteronemertean and hoplonemertean species // Deep Sea Research Part II Top. Stud. Oceanogr. V. 199. Art. 105081. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105081.
- Clark M.R. 2009. Deep-sea seamount fisheries: a review of global status and future prospects // Latin American J. Aquatic Research. V. 37. P. 501–512. DOI 10.3856/vol37-issue3-fulltext-17
- Clark M.R., Schlacher T.A., Rowden A.A., Stocks K.I., Cosalvey M. 2012. Science priorities for Seamounts: Research links to conservation and management // PLoS One. V. 7(1). Art. e29232. DOI 10.1371/journal.pone.0029232.

- Corliss J.B., Dymond J., Gordon L.I., Edmond J.M., von Herzen R.P., Ballard R.D., Green K., Williams D., Baibrige A., Crane K., van Andel, T.H. 1979. Submarine thermal springs on the Galapagos Rift // *Science*. V. 203. P. 1073–1083.
- Dunn D.C., Van Dover C.L., Etter R.J., Levin L.A., Morato T., Colaco A., Dale A.C., Gebruk A.V., Gjerde K.M., Halpin P.N., Howell L.L., Johnson D., Perez J.A.A., Ribeiro M.C., Stuckas H., Weaver P. 2018. A strategy for the conservation of biodiversity on mid-ocean ridges from deep-sea mining // *Science Advances*. Vol. 4(7). P. 1–16. DOI 10.1126/sciadv.aar4313.
- Gollner S., Colaço A., Gebruk A., Halpin P.N., Higgs N., Menini E., Mestre N.C., Qian P.-Y., Sarrazin J., Szafranski K., Van Dover C.L. 2021. Application of scientific criteria for identifying hydrothermal ecosystems in need of protection // *Marine Policy*. V. 132. Art. 104641. DOI 10.1016/j.marpol.2021.104641.
- Grange L.J., Smith C.R., Lindsay D.J., Bentlage B., Youngbluth M.J. 2017. High abundance of the epibenthic trachymedusa *Ptychogastria polaris* Allman, 1878 (Hydrozoa, Trachylina) in subpolar fjords along the West Antarctic Peninsula // *PLoS ONE*. V. 12(1). Art. e0168648. DOI /10.1371/journal.pone.0168648.
- Greiner J., Bollwerk S.M., Derkachev A., Bohrmann G., Suess E. 2002. Massive barite deposits and carbonate mineralization in the Derugin Basin, Sea of Okhotsk: Precipitation processes at cold seep sites // *Earth Planet. Sci. Lett.* V. 203. P. 165–180. DOI 10.1016/S0012–821X(02)00830–0.
- Hess H.H. 1946. Drowned ancient islands of the Pacific Basin // *American J. of Science*. V. 244(11). P. 772–791.
- Heussner S., Calafat A., Palanques A. 1996. Quantitative and qualitative features of particle fluxes in the North-Balearic Basin // *EUROMARGE-NB Final Report / Canals M., Casamor J.L., Cacho I., Calafat A.M., Monaco A. ed. – MAST II Programme, EC. V. II. P. 41–66.*
- Heydorn S.E. 1969. The South Atlantic rock lobster *Jasus tristani* at Vema Seamount, Gough Island and Tristan Da Cunha. Republic of South Africa Department of Industries // *Division of Sea Fisheries Investigational Series 73*. 20 p.
- Hinz K. 1969. The Great Meteor Seamount. Results of seismic reflection measurements with a pneumatic sound source and their geological interpretation // *Meteor Forschungsergebnisse*. V. 2. P. 63–77.
- Hirata T., Rybakova E., Simakova U., Fujiwara Y., Moskalenko V., Kikuchi T. 2023. A new species of the genus *Nebalia* (Crustacea: Phyllocarida: Leptostraca) from hydrothermal vent fields of the submarine Piip Volcano (the southwestern Bering Sea) described through molecular and morphological analysis // *Deep Sea Research Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 207. Art. 105237. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105237.
- Hubbs C. 1959. Initial discoveries of fish faunas on seamounts and offshore banks in the eastern Pacific // *Pacific Science*. V. 12. P. 311–316.
- Kalachev A.V., Dyachuk V.A. 2022. Are myoepithelial cells confined to genital coelomic sinus in the gonads of sea stars? // *Tissue and Cell*. V. 76. Art. 101757. DOI 10.1016/j.tice.2022.101757.
- Kantor Yu., Zvonareva S., Krylova E. 2023. New species of the genus *Astyris* (Gastropoda: Neogastropoda: Buccinoidea: Columbellidae) from the vicinity of hydrothermal vents of the Piip Volcano, southwestern Bering Sea // *Zootaxa*. V. 5263(3). P. 441–450. DOI 10.11646/zootaxa.5263.3.8
- Kharlamenko V.I., Kiyashko S.I., Sharina S.N., Ivin V.V., Krylova E.M. 2019. An ecological study of two species of chemosymbiotrophic bivalve molluscs (Bivalvia: Vesicomidae: Pliocardiinae) from the Deryugin Basin of the Sea of Okhotsk using analyses of the stable isotope ratios and fatty acid compositions // *Deep Sea Res. Part I.V.* 150. Art. 103058. DOI 10.1016/j.dsr.2019.06.004
- Kitchingman A., Lai S., Morato T., Pauly D. 2007. How many seamounts are there and where are they located? // *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation / T.J. Pitcher, T. Morato, P.J.B. Hart, M.R. Clark, N. Haggan, R.S. Santos (Eds.). Fish and Aquatic Resources Series. Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing. P. 26–40.*
- Komisarenko A., Mordukhovich V., Ekimova I., Imbs A. 2021. A comparison of food sources of nudibranch mollusks at different depths off the Kuril Islands using fatty acid trophic markers // *Peer J.V.* 9. Art. 12336. DOI 10.7717/peerj.12336
- Konoplin A. Yu., Konoplin N. Yu., Yurmanov A.P. 2022. Development and field testing of a smart support system for ROV operators // *J. of Marine Science and Engineering*. V. 10(10). Art.1439. DOI 10.3390/jmse10101439
- Koschinsky A., Heinrich L., Boehnke K., Cohrs C.J., Markus T., Shani M., Singh P., Stegen K.S., Werner W. 2018. Deep-sea mining: Interdisciplinary research on potential environmental, legal, economic, and societal implications // *Integrated Environmental Assessment and Management*. V. 14. P. 672–691. DOI 10.1002/ieam.4071
- Krylova E.M., Vladychenskaya I.P., Galkin S.V., Kamenev G.M., Ivin V.V., Gebruk A.V. 2014. Chemosymbiotic vesicomids (Bivalvia: Vesicomidae: Pliocardiinae) from cold seeps of the Sea of Okhotsk // *Abstracts of the conference, Mollusks of the Eastern Asia and Adjacent Seas, October 6–8, 2014. Vladivostok: Dalnauka. P. 54–55.*
- Larson R.J., Matsumoto G.I., Madin L.P., Lewis L.M. 1992. Deep-sea benthic and benthopelagic medusa: recent observations from submersibles and a remotely operated vehicle // *Bull. Mar. Sci.* V. 51(3). P. 277–286.
- Levi C. 1969. Spongaires du Vema Seamount (Atlantique Sud) // *Bulletin du Muse'um National D'Histoire Naturelle. 2nd Series. V. 41 (4). P. 952–973.*
- Levin L.A., Alfaro-Lucas J.M., Colaço A., Cordes E.E., Craik N., Danovaro R., Hoving H.J., Ingels J., Mestre N.C., Seabrook S., Thurber A.R., Vivian C., Yasuhara M. 2023. Deep-sea impacts of climate interventions // *Science*. V. 379. P. 978–981. DOI 10.1126/science.ade7521.
- Malyutina M.V., Brandt A. 2013. Introduction to SoJaBio (Sea of Japan Biodiversity Studies) // *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 86–87. P. 1–9. DOI 10.1016/j.dsr2.2012.08.011.
- Malyutina M.V., Chernyshev A.V., Brandt A. 2018. Introduction to the SokhoBio (Sea of Okhotsk Biodiversity Studies) expedition 2015 // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 154. P. 1–9. DOI 10.1016/j.dsr2.2018.08.012.

- Malyutina M.V., Golovan O.A. 2022. The first record of Asellota (Isopoda) from hydrothermal vent biotopes of the submarine Piip Volcano, Bering Sea, with descriptions of two new species of Munnopsidae // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 202. Art. 105137. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105137.
- Mischenko P., Egoraeva A., Tyrtysnaia A., Kasyanov S., Ponomarenko A., Manzhulo I. 2022. Chimyl alcohol exhibits proinflammatory activity in vivo and in vitro // *Cells Tissues Organs.* V. 211. P. 30–40. DOI 10.1159/000519832.
- Miyake H., Lindsay D.J., Kubota S. 2004. Midwater and benthopelagic animals on the south slope of Shiribeshi Seamount off the west coast of Hokkaido // *JAMSTEC J. of Deep Sea Res.* V. 24. P. 37–42.
- Oliveira A., Santos A.I., Rodrigues A., Vitorino J. 2007. Sedimentary particle distribution and dynamics on the Nazare canyon system and adjacent shelf (Portugal) // *Marine Geology.* V. 246. P. 105–122. DOI 10.1016/j.margeo.2007.04.017.
- Orcutt B.N., Bradley J.A., Brazelton W.J., Estes E.R., Goordial J.M., Huber J.A., Jones R.M., Mahmoudi N., Marlow J.J., Murdock S., Pachiadaki M. 2020. Impacts of deep-sea mining on microbial ecosystem services // *Limnology and Oceanography.* V. 1. P. 1–22. DOI 10.1002/lno.11403.
- Paull C.K., Hecker B., Commeau R., Freeman-Lynde R.P., Neumann C., Corso W.P., Golubic S., Hook J.E., Sikes E., Curray J. 1984. Biological communities at the Florida escarpment resemble hydrothermal vent taxa // *Science.* V. 226. P. 965–967.
- Ponomarenko A., Tyrtysnaia A., Ivashkevich D., Ermolenko E., Dyuizen I., Manzhulo I. 2022. Synaptamide modulates astroglial activity in mild traumatic brain injury // *Marine Drugs.* V. 20. Art. 538. DOI 10.3390/md20080538.
- Puig P., Ogsto A.S., Mullenbach B.L., Nittrouer C.A., Sternberg R.W. 2003. Shelf-to-canyon sediment transport processes on the Eel Continental Margin (Northern California) // *Marine Geology.* V. 193. P. 129–149. DOI 10.1016/S0025–3227(02)00641–2.
- Rabone M., Horton T., Jones D.O., Simon-Lledó E., Glover A.G. 2023. A review of the International Seabed Authority database DeepData from a biological perspective: challenges and opportunities in the UN Ocean Decade // *Database.* V. 2023. Art. baad013. DOI 10.1093/database/baad013.
- Ramirez-Llodra E., Ballesteros M., Company J.B., Dantart L., Sardà F. 2008. Spatio-temporal variations in the diversity, biomass and abundance of bathyal invertebrates in the Catalan Sea (Western Mediterranean) // *Marine Biology.* V. 153. P. 297–309. DOI 10.1007/s00227–007–0805-y.
- Ramirez-Llodra E., Company J.B., Sardà F., Rotllant G. 2010a. Megabenthic diversity patterns and community structure of the Blanes submarine canyon and adjacent slope in the Northwestern Mediterranean: a human overprint? // *Marine Ecology.* V. 31(1). P. 167–183. DOI 10.1111/j.1439–0485.2009.00336.x.
- Ramirez-Llodra E., Brandt A., Danovaro R., De Mol B., Escobar E., German C.R., Levin L.A., Martinez Arbizu P., Menot L., Buhl-Mortensen P., Narayanaswamy B.E., Smith C.R., Tittensor D.P., Tyler P.A., Vanreusel A., Vecchione M. 2010b. Deep, diverse and definitely different: Unique attributes of the world's largest ecosystem // *Biogeosciences.* V. 7(9). P. 2851–2899. DOI 10.5194/bg-7–2851–2010.
- Rimskaya-Korsakova N., Fontaneto D., Galkin S., Malakhov V., Martínez A. 2021. Geochemistry drives the allometric growth of the hydrothermal vent tubeworm *Riftia pachyptila* (Annelida: Siboglinidae) // *Zoological J. of the Linnean Society.* V. 193(1). P. 281–294. DOI 10.1093/zoolinnean/zlaa148.
- Rodkina S.A., Kiyashko S.I., Mordukhovich V.V. 2023. Diet of deep-sea holothurians in the Volcanologists Massif, Bering Sea, as inferred from stable isotope and fatty acid analyses // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 208. Art. 105266. DOI 10.1016/j.dsr2.2023.105266.
- Rowden A.A., Dower J.F., Schlacher T.A., Consalvey M., Clark M.R. 2008. Paradigms in seamount ecology: Fact, fiction and future // *Marine Ecology.* V. 31. P. 226–241. DOI 10.1111/j.1439–0485.2010.00400.x.
- Rowe G.T., Polloni P.T., Haedrich R.L. 1982. The deep-sea macrobenthos on the continental margin of the northwest Atlantic Ocean // *Deep Sea Res.* V. 29. P. 257–278.
- Rybakova E., Galkin S., Gebruk A., Sanamyan N., Martynov A. 2020. Vertical distribution of megafauna on the Bering Sea slope based on ROV survey // *Peer J.* V. 8. Art. e8628. DOI 10.7717/peerj.8628.
- Rybakova E., Krylova E., Mordukhovich V., Galkin S., Alatykina I., Sanamyan N., Nekhaev I., Vinogradov G., Shilov V., Pakhnevich A., Gebruk A., Adrianov A. 2023. Mega- and macrofauna of the hydrothermally active submarine Piip Volcano (the southwestern Bering Sea) // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 208. Art. 105268. DOI 10.1016/j.dsr2.2023.105268.
- Sagalevich, A.M., Torokhov, P.V., Matveyenkov, V.V., Galkin, S.V., Moskalev, L.I. 1992. Hydrothermal manifestations at Piip submarine volcano, Bering Sea // *Int. Geol. Rev.* V. 34 (12). P. 1200–1209.
- Sahlung H., Galkin S.V., Salyuk A., Greinert J., Foerstel H., Piepenburg D., Suess E. 2003. Depth-related structure and ecological significance of cold-seep communities – A case study from the Sea of Okhotsk // *Deep Sea Res. Part I.* V. 50. P. 1391–1409.
- Samuelsen A., Schrum C., Yumruktepe V.Ç., Daewel U., Roberts E.M. 2022. Environmental change at deep-sea sponge habitats over the last half century: a model hindcast study for the age of anthropogenic climate change // *Frontiers in Marine Science.* V. 9. Art. 737164. DOI 10.3389/fmars.2022.737164.
- Sanamyan N.P., Sanamyan K.E., Kukhlevskiy A.D., Morozov T.B., Galkin S.V., Kiyashko S.I., Mordukhovich V.V. 2023. Sagartiidae (Cnidaria: Actiniaria) from hydrothermal vents and methane seeps in the Bering Sea // *Deep Sea Research Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 207. Art. 105246. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105246.
- Sardà F., Cartes J., Company J.B. 1994. Spatio-temporal variations in megabenthos abundance in three different habitats on the Catalan deep-sea (WesternMediterranean) // *Marine Biology.* V. 120. P. 211–219. DOI 10.1007/BF00349681.
- Sasaki T. 1978. The progress and current status on exploration of seamounts fishing grounds // *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries and Oceanography.* V. 33. P. 51–53.
- Silchenko A.S., Kalinovsky A.I., Avilov S.A., Andrijaschenko P.V., Popov R.S., Dmitrenok P.S., Chingizova E.A., Kalinin V.I.

2020. Kurilosides A1, A2, C1, D, E and F – triterpene glycosides from the Far Eastern sea cucumber *Thyonidium (=Duasmodactyla) kurilensis* (Levin): structures with unusual non-holostane aglycones and cytotoxicities // *Marine Drugs*. V. 18(11). Art. 551. DOI 10.3390/md18110551.
- Smith K.L., Ruhl H.A., Kahru M., Huffard C.L., Sherman A.D. 2013. Deep ocean communities impacted by changing climate over 24 y in the abyssal northeast Pacific Ocean // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* V. 110. P. 19838–19841. DOI 10.1073/pnas.1315447110.
- Sorokin Yu.I. 1999. Data on primary production in the Bering Sea and adjacent Northern Pacific // *J. of Plankton Research*. V. 21(4). P. 615–636.
- Springer A.M., McRoy C.P., Flint M.V. 1996. The Bering Sea Green Belt: shelf-edge processes and ecosystem production // *Fisheries Oceanography*. V. 5:3/4. P. 205–223. DOI 10.1111/j.1365–2419.1996.tb00118.x.
- Stonik V.A., Kicha A.A., Malyarenko T.V., Ivanchina N.V. 2020. Asterosaponins: structures, taxonomic distribution, biogenesis and biological activities // *Marine Drugs*. V. 18(12). Art. 584. DOI 10.3390/md18120584.
- Svetashev V.I. 2022. Investigation of deep-sea ecosystems using marker fatty acids: Sources of essential polyunsaturated fatty acids in abyssal megafauna // *Marine Drugs*. V. 20. Art. 17. DOI 10.3390/md20010017.
- Tyrtysynaia A., Konovalova S., Ponomarenko A., Egoraeva A., Manzhulo I. 2022. Fatty acid-derived N-acyl ethanolamines dietary supplementation attenuates neuroinflammation and cognitive impairment in LPS Murine Model // *Nutrients*. V. 14. Art. 3879. DOI 10.3390/nu14183879.
- Vetter E.W., Dayton P.K. 1999. Organic enrichment by macrophyte detritus and abundance patterns of megafaunal populations in submarine canyons // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* V. 186. P. 137–148. DOI 10.3354/meps186137.
- Wagner D., van der Meer L., Gorny M., Sellanes J., Gaymer C.F., Soto E.H., Easton E.E., Friedlander A.M., Lindsay D.J., Molodtsova T.N., Boteler B., Durussel C., Gjerde K.M., Currie D., Gianni M., Brooks C.M., Shiple M.J., Wilhelm A., Quesada M., Thomas T., Dunstan P.K., Clark N.A., Villanueva L.A., Pyle R.L., Clark M.R., Georgian S.E., Morgan L. 2021. The Salas y Gómez and Nazca ridges: challenges and opportunities for protecting a global diversity hotspot on the high seas // *Marine Policy*. V. 126. Art. 104377. DOI 10.1016/j.marpol.2020.104377.
- Yurchenko O.V., Borzykh O.G., Kalachev A.V. 2022. Microscopic anatomy of gonadal area in the deep-sea clam *Calyptogena pacifica* (Bivalvia: Vesicomidae) with emphasis on somatic cells // *Tissue and Cell*. V. 75. Art. 101743. DOI 10.1016/j.tice.2022.101743.
- REFERENCES**
- Adrianov A.V., Kusakin O.G. 1998. Taxonomic catalog of the biota of Peter the Great Bay, Sea of Japan. Vladivostok: Dalnauka. 350 p.
- Astakhov A.S., Aksentov K.I., Belous O.V., Gulenko T.A., Zhukovin A. Yu., Karnaukh V.N., Yanovskaya O.S. 2011. Geological and geoecological research in the Sea of Japan in Cruise 45 of the R/V “Professor Gagarinskiy” (October–November 2009) // *Tikhookeanskaya Geologiya*. V. 30(1). P. 119–124.
- Astakhov A.S., Astakhova N.V., Sattarova V.V., Svininnikov A.I., Gretskeya E.V., Vashchenkova N.G., Ivanov M.V. 2008. Sedimentation and ore formation in Derugin Basin (Okhotsk Sea). Vladivostok: Dalnauka. 289 p.
- Astakhov A.S., Vasilev B.I. 1985. Modern sedimentation dynamics and evolution of Great Gamovsky Canyon (the Sea of Japan) according to deep sea drilling results // *Tikhookeanskaya Geologiya*. N. 4. P. 13–18.
- Astakhov A.S., Ivin V.V., Karnaukh V.N., Koptev A.A., Li B. Ya., Sukhoveev E.N. 2017. Barite mineralization in the Deryugin Basin of the Sea of Okhotsk: active processes and formation conditions // *Russian Geology and Geophysics*. V. 58(2). P. 200–214. DOI 10.15372/GiG20170202
- Astakhova N.V. 2009. Precious and nonferrous metals in the ferromanganese crusts of the central Sea of Okhotsk // *Oceanology*. V. 49(3). P. 405–417. DOI 10.1134/S0001437009030138
- Astakhova N.V., Lipkina M.I., Melnichenko Yu.I. 1987. Hydrothermal barite mineralization in the Deryugin basin of the Sea of Okhotsk // *Dokl. USSR Academy of Sciences*. V. 295(1). P. 212–215.
- Astakhova N.V., Narnov G.A., Yakusheva I.N. 1990. Carbonate-barite mineralization in the Deryugin basin (Sea of Okhotsk) // *Tikhookeanskaya Geologiya*. N3. P. 37–42.
- Biological safety of the Far Eastern Seas of the Russian Federation: comprehensive Target program of oriented fundamental research of FEB RAS for 2007–2012. 2014 / Ed. A.V. Adrianov. Vladivostok: Dalnauka. 476 p.
- Blokhin M.G., Ivin V.V., Mihaylik P.E., Mikhaylik E.V., Ivanova Y.M., Elovsky E.V., Zarubina N.V., Ivanov V.V., Ostapenko D.S. 2018. The barites genesis of the Deryugin basin (the Sea of Okhotsk) // *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle*. V. 37(1). P. 1–7.
- Vasiliev B.I., Markov Yu.D. 1973. Submarine canyons on the continental slope of Peter the Great Bay (Sea of Japan) // *Oceanology*. V. 13(4). P. 658–661.
- Galkin S.V., Ivin V.V. 2019. Biological studies in the Bering Sea with the remotely operated vehicle Comanche // *Oceanology*. V. 59(1). P. 153–154. DOI 10.1134/S000143701901003X.
- Galkin S.V., Mordukhovich V.V., Krylova E.M., Denisov V.A., Malyutin A.N., Mikhailik P.E., Polonik N.S., Sanamyan N.P., Shilov V.A., Ivin V.V., Adrianov A.V. 2019. Comprehensive Research of Ecosystems of Hydrothermal Vents and Cold Seeps in the Bering Sea (Cruise 82 of the R/V Akademik M.A. Lavrentyev) // *Oceanology*. V. 59(4). P. 618–621. DOI 10.1134/S0001437019040052.
- Grigorieva N.I., Ivin V.V. 2015. Underseas exploration of the Bol'shoy Gamov Canyon (the area of Peter the Great Bay, the Sea of Japan) // *Tikhookeanskaya Geologiya*. V. 34(1). P. 103–108.
- Derkachev A.N., Bormann G., Greinert J., Mozherovskij A.V. 2000. Authigenic carbonate and barite mineralization in sediments of the Deryugin Basin (Sea of Okhotsk) // *Lithology and Mineral Resources*. V. 6. P. 568–585.
- Dynamics of marine ecosystems and modern problems of conservation of biological resources of the Russian Seas. Within of the sub-program “Investigation of nature of the World Ocean”, the federal program “The World Ocean”, II stage (2003–2007). 2007. Vladivostok: Dalnauka. 512 p.

- Karnaikh V.N., Sukhoveev E.N., Matyukhov V.P., Aparina K.A. 2019. Distribution of shallow gas accumulations in the sediments of the south-western part of the Peter the Great Bay (Japan Sea) // *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. N2. P. 25–34. DOI 10.25808/08697698.2019.204.2.003
- Kulinich R.G., Obzhigov A.I. 2003. Barite-carbonate mineralization, methane anomalies and their geophysical fields in the Deryugin Basin (Sea of Okhotsk) // *Tikhookeanskaya Geologiya*. V. 22(4). P. 35–40.
- Kusakin O.G., Chavtur V.G. 2000. Hydrobiological investigations of the Russian Academy of Sciences in the Far-Eastern seas after the second world war. 2. Investigations of Far-Eastern institutes // *Russian J. of Marine Biology*. V. 26(2). P. 137–150. DOI 10.1007/BF02759530.
- Levenshtein R. Ya., Pasternak F.A. 1973. Study of the benthic fauna of the Sea of Japan during the 52nd voyage of the Vityaz // *Oceanology*. V. 13(6). P. 1098–1102.
- Levenshtein R. Ya., Pasternak F.A. 1976. Quantitative distribution of the benthic fauna of the Sea of Japan // *Trudy IOAN SSSR*. V. 99. P. 197–210.
- Malyutina M.V. 2012. The first comprehensive studies of the deep-sea benthos of the Sea of Japan, carried out by the Russian-German expedition SolaBio in 2010 // *Biologiya morya*. V. 38(5). P. 409–415.
- Mironov A.N., Gebruk A.V., Moskalev L.I. 2002. Biogeography of hydrothermal vent communities and obligate hydrothermal taxa // A.V. Gebruk (Eds.). *Biology of Hydrothermal Systems*. Moscow: KMK Press. P. 410–455.
- Monin A.S. 1983. Research vessel “Vityaz” and her expeditions, 1949–1979. Moscow: Nauka. 392 p.
- Oleinik E.V., Moshchenko A.V., Lishavskaya, T.S. 2004. Impact of polluted bottom deposits on the species structure and abundance of bivalves in Peter the Great Bay, Sea of Japan // *Russian J. of Marine Biology*. V. 30(1). P. 20–27. DOI 10.1023/B: RUMB.0000020565.71797.4e.
- Seliverstov N.I. 2009. Geodynamics of Kurile-Kamchatka and Aleutian Island Arcs Junction. Petropavlovsk-Kamchatsky: Vitus Bering KamSU. 191 p.
- Semakin V.P., Kochergin A.V., Pitina T.I. 2018. Plutonic structure of the deep-sea basins in the Sea of Okhotsk region // *Geodynamics & Tectonophysics*. V. 9(1). P. 109–122.
- Ushakov P.V. 1953. Fauna of the Sea of Okhotsk and conditions of life in it. Moscow-Leningrad: Academy of Sciences of USSR Press. 460 p.
- Khodakovskaya A.V. 2005. Fauna of sponges (Porifera) of Peter the Great Bay, Sea of Japan // *Russian J. of Marine Biology*. V. 31(4). P. 209–214. DOI 10.1007/s11179-005-0074-x
- Shakirov R.B. 2018. Gas-geochemical fields of the Eastern Asia marginal seas. Moscow: GEOS Publishers. 341 p.
- Adrianov A.V., Maiorova A.S. 2022. *Echinoderes beringiensis* sp. nov. – the first Kinorhyncha from deep-sea methane seepages in the north Pacific // *Deep Sea Res. II Top. Stud. Oceanogr.* V. 204. Art. 105154. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105154.
- Baco A.R., Morgan N.B., Roark E.B. 2020. Observations of vulnerable marine ecosystems and significant adverse impacts on high seas seamounts of the northwestern Hawaiian Ridge and Emperor Seamount Chain // *Marine Policy*. V. 115. Art. 102834. DOI 10.1016/j.marpol.2020.103834.
- Brandt A., Brix S., Riehl T., Malyutina M. 2020. Biodiversity and biogeography of the abyssal and hadal Kuril-Kamchatka trench and adjacent NW Pacific deep-sea regions // *Progress in Oceanography*. V. 181. Art. 102232. DOI 10.1016/j.pocean.2019.102232.
- Brandt A., Elsner N., Brenke N., Golovan O.A., Lavrenteva A.V., Malyutina M.V., Riehl T. 2015. Abyssal macrofauna of the Kuril-Kamchatka Trench area collected by means of a camera-epibenthic sledge (Northwest Pacific) // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 111. P. 175–188. DOI 10.1016/j.dsr2.2014.11.002.
- Brandt A., Elsner N., Brenke N., Golovan O., Malyutina M.V., Riehl T., Schwabe E. 2013. Epifauna of the Sea of Japan collected via a new epibenthic sledge equipped with camera and environmental sensor systems // *Deep Sea Res. II Top. Stud. Oceanogr.* V. 86–87. P. 43–55. DOI 10.1016/j.dsr2.2012.07.039.
- Brandt A., Malyutina M.V. 2015. The German-Russian deep-sea expedition KuramBio (Kurile Kamchatka biodiversity studies) on board of the RV Sonne in 2012 following the footsteps of the legendary expeditions with RV Vityaz // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 111. P. 1–9. DOI 10.1016/j.dsr2.2014.11.001.
- Calder D.R., Watling L. 2020. Report on hydrozoans (Cnidaria), excluding stylasteridae, from the Emperor Seamounts, western north Pacific Ocean // *Zootaxa*. V. 4950. P. 201–247. DOI 10.11646/zootaxa.4950.2.1
- Chaban E.M., Schepetov D.M., Ekimova I.A., Nekhaev I.O., Chernyshev A.V. 2022. The first record of the family Parvaplustridae (Gastropoda, Heterobranchia) from hydrothermal vent fields of the Piip Volcano, Bering Sea with the description of a new species of the genus *Parvaplustrum* // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 202. Art. 105135. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105135.
- Checa A.G., Salas C., Varela-Feria F.M., Rodríguez-Navarro A.B., Grenier C., Kamenev G.M., Harper E.M. 2022. Crystallographic control of the fabrication of an extremely sophisticated shell surface microornament in the glass scallop *Catillopecten* // *Scientific Reports*. V. 12. Art. 11510. DOI 10.1038/s41598-022-15796-1.
- Chernyshev A.V., Polyakova N.E. 2022. Nemertean collected in the Bering Sea during the research cruises aboard the R/V Akademik M.A. Lavrentyev in 2016, 2018, and 2021 with an analysis of deep-sea heteronemertean and hoplonemertean species // *Deep Sea Research Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 199. Art. 105081. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105081.
- Clark M.R. 2009. Deep-sea seamount fisheries: a review of global status and future prospects // *Latin American J. Aquatic Research*. V. 37. P. 501–512. DOI 10.3856/vol37-issue3-fulltext-17
- Clark M.R., Schlacher T.A., Rowden A.A., Stocks K.I., Cosalvey M. 2012. Science priorities for Seamounts: Research links to conservation and management // *PLoS One*. V. 7(1). Art. e29232. DOI 10.1371/journal.pone.0029232.
- Corliss J.B., Dymond J., Gordon L.I., Edmond J.M., von Herzen R.P., Ballard R.D., Green K., Williams D., Baibrige A., Crane K., van Andel, T.H. 1979. Submarine thermal

- springs on the Galapagos Rift // *Science*. V. 203. P. 1073–1083.
- Dunn D.C., Van Dover C.L., Etter R.J., Levin L.A., Morato T., Colaco A., Dale A.C., Gebruk A.V., Gjerde K.M., Halpin P.N., Howell L.L., Johnson D., Perez J.A.A., Ribeiro M.C., Stuckas H., Weaver P. 2018. A strategy for the conservation of biodiversity on mid-ocean ridges from deep-sea mining // *Science Advances*. Vol. 4(7). P. 1–16. DOI 10.1126/sciadv.aar4313.
- Gollner S., Colaço A., Gebruk A., Halpin P.N., Higgs N., Menini E., Mestre N.C., Qian P.-Y., Sarrazin J., Szafranski K., Van Dover C.L. 2021. Application of scientific criteria for identifying hydrothermal ecosystems in need of protection // *Marine Policy*. V. 132. Art. 104641. DOI 10.1016/j.marpol.2021.104641.
- Grange L.J., Smith C.R., Lindsay D.J., Bentlage B., Youngbluth M.J. 2017. High abundance of the epibenthic trachymedusa *Ptychogastria polaris* Allman, 1878 (Hydrozoa, Trachylina) in subpolar fjords along the West Antarctic Peninsula // *PLoS ONE*. V. 12(1). Art. e0168648. DOI /10.1371/journal.pone.0168648.
- Greiner J., Bollwerk S.M., Derkachev A., Bohrmann G., Suess E. 2002. Massive barite deposits and carbonate mineralization in the Derugin Basin, Sea of Okhotsk: Precipitation processes at cold seep sites // *Earth Planet. Sci. Lett.* V. 203. P. 165–180. DOI 10.1016/S0012–821X(02)00830–0.
- Hess H.H. 1946. Drowned ancient islands of the Pacific Basin // *American J. of Science*. V. 244(11). P. 772–791.
- Heussner S., Calafat A., Palanques A. 1996. Quantitative and qualitative features of particle fluxes in the North-Balearic Basin // *EUROMARGE-NB Final Report / Canals M., Casamor J.L., Cacho I., Calafat A.M., Monaco A. ed. – MAST II Programme, EC. V. II. P. 41–66.*
- Heydorn S.E. 1969. The South Atlantic rock lobster *Jasus tristani* at Vema Seamount, Gough Island and Tristan Da Cunha. Republic of South Africa Department of Industries // *Division of Sea Fisheries Investigational Series 73*. 20 p.
- Hinz K. 1969. The Great Meteor Seamount. Results of seismic reflection measurements with a pneumatic sound source and their geological interpretation // *Meteor Forschungsergebnisse*. V. 2. P. 63–77.
- Hirata T., Rybakova E., Simakova U., Fujiwara Y., Moskalenko V., Kikuchi T. 2023. A new species of the genus *Nebalia* (Crustacea: Phyllocarida: Leptostraca) from hydrothermal vent fields of the submarine Piip Volcano (the southwestern Bering Sea) described through molecular and morphological analysis // *Deep Sea Research Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 207. Art. 105237. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105237.
- Hubbs C. 1959. Initial discoveries of fish faunas on seamounts and offshore banks in the eastern Pacific // *Pacific Science*. V. 12. P. 311–316.
- Kalachev A.V., Dyachuk V.A. 2022. Are myoepithelial cells confined to genital coelomic sinus in the gonads of sea stars? // *Tissue and Cell*. V. 76. Art. 101757. DOI 10.1016/j.tice.2022.101757.
- Kantor Yu., Zvonareva S., Krylova E. 2023. New species of the genus *Astyris* (Gastropoda: Neogastropoda: Buccinoidea: Columbellidae) from the vicinity of hydrothermal vents of the Piip Volcano, southwestern Bering Sea // *Zootaxa*. V. 5263(3). P. 441–450. DOI 10.11646/zootaxa.5263.3.8
- Kharlamenko V.I., Kiyashko S.I., Sharina S.N., Ivin V.V., Krylova E.M. 2019. An ecological study of two species of chemosymbiotrophic bivalve molluscs (Bivalvia: Vesicomidae: Pliocardiinae) from the Deryugin Basin of the Sea of Okhotsk using analyses of the stable isotope ratios and fatty acid compositions // *Deep Sea Res. Part I.V.* 150. Art. 103058. DOI 10.1016/j.dsr.2019.06.004
- Kitchingman A., Lai S., Morato T., Pauly D. 2007. How many seamounts are there and where are they located? // *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation / T.J. Pitcher, T. Morato, P.J.B. Hart, M.R. Clark, N. Haggan, R.S. Santos (Eds.). Fish and Aquatic Resources Series. Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing. P. 26–40.*
- Komisarenko A., Mordukhovich V., Ekimova I., Imbs A. 2021. A comparison of food sources of nudibranch mollusks at different depths off the Kuril Islands using fatty acid trophic markers // *Peer J.V.* 9. Art. 12336. DOI 10.7717/peerj.12336
- Konoplin A. Yu., Konoplin N. Yu., Yurmanov A.P. 2022. Development and field testing of a smart support system for ROV operators // *J. of Marine Science and Engineering*. V. 10(10). Art.1439. DOI 10.3390/jmse10101439
- Koschinsky A., Heinrich L., Boehnke K., Cohrs C.J., Markus T., Shani M., Singh P., Stegen K.S., Werner W. 2018. Deep-sea mining: Interdisciplinary research on potential environmental, legal, economic, and societal implications // *Integrated Environmental Assessment and Management*. V. 14. P. 672–691. DOI 10.1002/ieam.4071
- Krylova E.M., Vladychenskaya I.P., Galkin S.V., Kamenev G.M., Ivin V.V., Gebruk A.V. 2014. Chemosymbiotic vesicomids (Bivalvia: Vesicomidae: Pliocardiinae) from cold seeps of the Sea of Okhotsk // *Abstracts of the conference, Mollusks of the Eastern Asia and Adjacent Seas, October 6–8, 2014. Vladivostok: Dalnauka. P. 54–55.*
- Larson R.J., Matsumoto G.I., Madin L.P., Lewis L.M. 1992. Deep-sea benthic and benthopelagic medusa: recent observations from submersibles and a remotely operated vehicle // *Bull. Mar. Sci.* V. 51(3). P. 277–286.
- Levi C. 1969. Spongiaires du Vema Seamount (Atlantique Sud) // *Bulletin du Muséum National D'Histoire Naturelle. 2nd Series*. V. 41 (4). P. 952–973.
- Levin L.A., Alfaro-Lucas J.M., Colaço A., Cordes E.E., Craik N., Danovaro R., Hoving H.J., Ingels J., Mestre N.C., Seabrook S., Thurber A.R., Vivian C., Yasuhara M. 2023. Deep-sea impacts of climate interventions // *Science*. V. 379. P. 978–981. DOI 10.1126/science.ade7521.
- Malyutina M.V., Brandt A. 2013. Introduction to SoJaBio (Sea of Japan Biodiversity Studies) // *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 86–87. P. 1–9. DOI 10.1016/j.dsr2.2012.08.011.
- Malyutina M.V., Chernyshev A.V., Brandt A. 2018. Introduction to the SokhoBio (Sea of Okhotsk Biodiversity Studies) expedition 2015 // *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* V. 154. P. 1–9. DOI 10.1016/j.dsr2.2018.08.012.
- Malyutina M.V., Golovan O.A. 2022. The first record of *Asellota* (Isopoda) from hydrothermal vent biotopes of the submarine Piip Volcano, Bering Sea, with descriptions of two new species of Munnopsidae // *Deep Sea Res. Part II*

- Top. Stud. Oceanogr. V. 202. Art. 105137. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105137.
- Mischenko P., Egoraeva A., Tyrtysnaia A., Kasyanov S., Ponomarenko A., Manzhulo I. 2022. Chimyl alcohol exhibits proinflammatory activity in vivo and in vitro // Cells Tissues Organs. V. 211. P. 30–40. DOI 10.1159/000519832.
- Miyake H., Lindsay D.J., Kubota S. 2004. Midwater and benthopelagic animals on the south slope of Shiribeshi Seamount off the west coast of Hokkaido // JAMSTEC J. of Deep Sea Res. V. 24. P. 37–42.
- Oliveira A., Santos A.I., Rodrigues A., Vitorino J. 2007. Sedimentary particle distribution and dynamics on the Nazare canyon system and adjacent shelf (Portugal) // Marine Geology. V. 246. P. 105–122. DOI 10.1016/j.margeo.2007.04.017.
- Orcutt B.N., Bradley J.A., Brazelton W.J., Estes E.R., Goordial J.M., Huber J.A., Jones R.M., Mahmoudi N., Marlow J.J., Murdock S., Pachiadaki M. 2020. Impacts of deep-sea mining on microbial ecosystem services // Limnology and Oceanography. V. 1. P. 1–22. DOI 10.1002/lno.11403.
- Paull C.K., Hecker B., Commeau R., Freeman-Lynde R.P., Neumann C., Corso W.P., Golubic S., Hook J.E., Sikes E., Curray J. 1984. Biological communities at the Florida escarpment resemble hydrothermal vent taxa // Science. V. 226. P. 965–967.
- Ponomarenko A., Tyrtysnaia A., Ivashkevich D., Ermolenko E., Dyuizen I., Manzhulo I. 2022. Synaptamide modulates astroglial activity in mild traumatic brain injury // Marine Drugs. V. 20. Art. 538. DOI 10.3390/md20080538.
- Puig P., Ogsto A.S., Mullenbach B.L., Nittrouer C.A., Sternberg R.W. 2003. Shelf-to-canyon sediment transport processes on the Eel Continental Margin (Northern California) // Marine Geology. V. 193. P. 129–149. DOI 10.1016/S0025–3227(02)00641–2.
- Rabone M., Horton T., Jones D.O., Simon-Lledó E., Glover A.G. 2023. A review of the International Seabed Authority database DeepData from a biological perspective: challenges and opportunities in the UN Ocean Decade // Database. V. 2023. Art. baad013. DOI 10.1093/database/baad013.
- Ramirez-Llodra E., Ballesteros M., Company J.B., Dantart L., Sardà F. 2008. Spatio-temporal variations in the diversity, biomass and abundance of bathyal invertebrates in the Catalan Sea (Western Mediterranean) // Marine Biology. V. 153. P. 297–309. DOI 10.1007/s00227–007–0805-y.
- Ramirez-Llodra E., Company J.B., Sardà F., Rotllant G. 2010a. Megabenthic diversity patterns and community structure of the Blanes submarine canyon and adjacent slope in the Northwestern Mediterranean: a human overprint? // Marine Ecology. V. 31(1). P. 167–183. DOI 10.1111/j.1439–0485.2009.00336.x.
- Ramirez-Llodra E., Brandt A., Danovaro R., De Mol B., Escobar E., German C.R., Levin L.A., Martínez Arbizu P., Menot L., Buhl-Mortensen P., Narayanaswamy B.E., Smith C.R., Tittensor D.P., Tyler P.A., Vanreusel A., Vecchione M. 2010b. Deep, diverse and definitely different: Unique attributes of the world's largest ecosystem // Biogeosciences. V. 7(9). P. 2851–2899. DOI 10.5194/bg-7–2851–2010.
- Rimskaya-Korsakova N., Fontaneto D., Galkin S., Malakhov V., Martínez A. 2021. Geochemistry drives the allometric growth of the hydrothermal vent tubeworm *Riftia pachyptila* (Annelida: Siboglinidae) // Zoological J. of the Linnean Society. V. 193(1). P. 281–294. DOI 10.1093/zoolinnean/zlaa148.
- Rodkina S.A., Kiyashko S.I., Mordukhovich V.V. 2023. Diet of deep-sea holothurians in the Volcanologists Massif, Bering Sea, as inferred from stable isotope and fatty acid analyses // Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. V. 208. Art. 105266. DOI 10.1016/j.dsr2.2023.105266.
- Rowden A.A., Dower J.F., Schlacher T.A., Consalvey M., Clark M.R. 2008. Paradigms in seamount ecology: Fact, fiction and future // Marine Ecology. V. 31. P. 226–241. DOI 10.1111/j.1439–0485.2010.00400.x.
- Rowe G.T., Polloni P.T., Haedrich R.L. 1982. The deep-sea macrobenthos on the continental margin of the northwest Atlantic Ocean // Deep Sea Res. V. 29. P. 257–278.
- Rybakova E., Galkin S., Gebruk A., Sanamyan N., Martynov A. 2020. Vertical distribution of megafauna on the Bering Sea slope based on ROV survey // Peer J. V. 8. Art. e8628. DOI 10.7717/peerj.8628.
- Rybakova E., Krylova E., Mordukhovich V., Galkin S., Alalykina I., Sanamyan N., Nekhaev I., Vinogradov G., Shilov V., Pakhnevich A., Gebruk A., Adrianov A. 2023. Mega- and macrofauna of the hydrothermally active submarine Piip Volcano (the southwestern Bering Sea) // Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. V. 208. Art. 105268. DOI 10.1016/j.dsr2.2023.105268.
- Sagalevich, A.M., Torokhov, P.V., Matveyenkov, V.V., Galkin, S.V., Moskalev, L.I. 1992. Hydrothermal manifestations at Piyp submarine volcano, Bering Sea // Int. Geol. Rev. V. 34 (12). P. 1200–1209.
- Sahling H., Galkin S.V., Salyuk A., Greinert J., Foerstel H., Piepenburg D., Suess E. 2003. Depth-related structure and ecological significance of cold-seep communities – A case study from the Sea of Okhotsk // Deep Sea Res. Part I. V. 50. P. 1391–1409.
- Samuelsen A., Schrum C., Yumruktepe V.Ç., Daewel U., Roberts E.M. 2022. Environmental change at deep-sea sponge habitats over the last half century: a model hindcast study for the age of anthropogenic climate change // Frontiers in Marine Science. V. 9. Art. 737164. DOI 10.3389/fmars.2022.737164.
- Sanamyan N.P., Sanamyan K.E., Kikhlevskiy A.D., Morozov T.B., Galkin S.V., Kiyashko S.I., Mordukhovich V.V. 2023. Sagartiidae (Cnidaria: Actiniaria) from hydrothermal vents and methane seeps in the Bering Sea // Deep Sea Research Part II Top. Stud. Oceanogr. V. 207. Art. 105246. DOI 10.1016/j.dsr2.2022.105246.
- Sardà F., Cartes J., Company J.B. 1994. Spatio-temporal variations in megabenthos abundance in three different habitats on the Catalan deep-sea (WesternMediterranean) // Marine Biology. V. 120. P. 211–219. DOI 10.1007/BF00349681.
- Sasaki T. 1978. The progress and current status on exploration of seamounts fishing grounds // Bulletin of the Japanese Society of Fisheries and Oceanography. V. 33. P. 51–53.
- Silchenko A.S., Kalinovskiy A.I., Avilov S.A., Andrijaschenko P.V., Popov R.S., Dmitrenok P.S., Chingizova E.A., Kalinin V.I. 2020. Kurilosides A1, A2, C1, D, E and F – triterpene glycosides from the Far Eastern sea cucumber *Thyonidium (=Duasmodactyla) kurilensis* (Levin): structures with unusual

- non-holostane aglycones and cytotoxicites // *Marine Drugs*. V. 18(11). Art. 551. DOI 10.3390/md18110551.
- Smith K.L., Ruhl H.A., Kahru M., Huffard C.L., Sherman A.D. 2013. Deep ocean communities impacted by changing climate over 24 y in the abyssal northeast Pacific Ocean // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* V. 110. P. 19838–19841. DOI 10.1073/pnas.1315447110.
- Sorokin Yu.I. 1999. Data on primary production in the Bering Sea and adjacent Northern Pacific // *J. of Plankton Research*. V. 21(4). P. 615–636.
- Springer A.M., McRoy C.P., Flint M.V. 1996. The Bering Sea Green Belt: shelf-edge processes and ecosystem production // *Fisheries Oceanography*. V. 5:3/4. P. 205–223. DOI 10.1111/j.1365-2419.1996.tb00118.x.
- Stonik V.A., Kicha A.A., Malyarenko T.V., Ivanchina N.V. 2020. Asterosaponins: structures, taxonomic distribution, biogenesis and biological activities // *Marine Drugs*. V. 18(12). Art. 584. DOI 10.3390/md18120584.
- Svetashev V.I. 2022. Investigation of deep-sea ecosystems using marker fatty acids: Sources of essential polyunsaturated fatty acids in abyssal megafauna // *Marine Drugs*. V. 20. Art. 17. DOI 10.3390/md20010017.
- Tyrtysyna A., Konovalova S., Ponomarenko A., Egoraeva A., Manzhulo I. 2022. Fatty acid-derived N-acyl ethanolamines dietary supplementation attenuates neuroinflammation and cognitive impairment in LPS Murine Model // *Nutrients*. V. 14. Art. 3879. DOI 10.3390/nu14183879.
- Vetter E.W., Dayton P.K. 1999. Organic enrichment by macrophyte detritus and abundance patterns of megafaunal populations in submarine canyons // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* V. 186. P. 137–148. DOI 10.3354/meps186137.
- Wagner D., van der Meer L., Gorny M., Sellanes J., Gaymer C.F., Soto E.H., Easton E.E., Friedlander A.M., Lindsay D.J., Molodtsova T.N., Boteler B., Durussel C., Gjerde K.M., Currie D., Gianni M., Brooks C.M., Shiple M.J., Wilhelm A., Quesada M., Thomas T., Dunstan P.K., Clark N.A., Villanueva L.A., Pyle R.L., Clark M.R., Georgian S.E., Morgan L. 2021. The Salas y Gómez and Nazca ridges: challenges and opportunities for protecting a global diversity hotspot on the high seas // *Marine Policy*. V. 126. Art. 104377. DOI 10.1016/j.marpol.2020.104377.
- Yurchenko O.V., Borzykh O.G., Kalachev A.V. 2022. Microscopic anatomy of gonadal area in the deep-sea clam *Calyptogena pacifica* (Bivalvia: Vesicomidae) with emphasis on somatic cells // *Tissue and Cell*. V. 75. Art. 101743. DOI 10.1016/j.tice.2022.101743.

Поступила в редакцию 07.04.2023 г.

Принята после рецензии 13.07.2023 г.