

Экспедиция на НИС «Папанин» для изучения биоты в зонах геологических деформаций и разрушений подводного склона озера Байкал в июле 2025 г.

Татьяна Яковлевна Ситникова, Константин Мирославович Кучер,
Татьяна Евгеньевна Перетолчина, Татьяна Владимировна Наумова[✉]

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, 664033, Российской Федерации

[✉] Автор корреспондент, e-mail: tvnaum@list.ru

Получена 1 августа 2025 г.; принята к публикации 3 сентября 2025 г.

Аннотация. Исследования биотопов подводного склона оз. Байкал в зоне глубин от 50 до 200 м с использованием телекомандированного необитаемого подводного аппарата (ТНПА) «Ровбайлдер ЗБ-300» проведены в период 1–5 июля 2025 г. с научно-исследовательского судна «Папанин». Обследованы три акватории в северной котловине озера – у мыса Шартлай, в бухтах Фролиха и Сосновка. В первых двух районах в зонах тектонических деформаций и разрушений обнаружены короткие уступы, откосы которых сложены скальными, галечно-валунными или глинистыми породами. Верхние кромки уступов слоистые, нижние кромки большей частью глинистые, с крупной каверной или кратером. Откосы глинистых уступов с мелкими кавернами и крупными у нижней кромки, иногда с фрагментами, напоминающими брекчии. Наблюдаемые уступы, возможно, имеют различное происхождение – гравитационный или сейсмический обвал, субаквальный или термальный выброс, или разгрузка газов с осадком. Определено обилие зообентоса на подводном склоне и на нижней площадке уступов у входа в каверну. Охарактеризован растительно-микробный биотоп, по периферии которого встречены крупные амфиподы и гастроподы, а в срединной части личинки хирономид. В бухте Сосновка, наряду с конусовидными илистыми постройками, найдены жёлтые комковатые массы, предположительно фекалии нерп, включающие кутикулярные структуры амфипод.

Ключевые слова: тектонические нарушения, подводные ландшафты, уступы, биотопы, беспозвоночные, обилие.

Expedition on the RV Papanin to study habitats and biota in areas of geological deformation and destruction of the underwater slope of Lake Baikal in July 2025

Tatiana Ya. Sitnikova, Konstantin M. Kucher, Tatiana E. Peretolchina,
Tatiana V. Naumova[✉]

Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, 664033, Russian Federation

[✉] Corresponding author, e-mail: tvnaum@list.ru

Received August 1, 2025; accepted September 3, 2025

Abstract. We investigated the habitats of the underwater slope of Lake Baikal at depths ranging from 50 to 200 m using the remotely operated unmanned underwater vehicle Rovbuilder ZB-30 from the research vessel Papanin. Three areas in the northern basin of the lake were surveyed: near Cape Shartlay and Frolikha and Sosnovka bays. In zones of tectonic deformation and bottom disruption in the first two areas, we observed rocky, pebble-boulder, and clayey escarpments. Large holes or caverns were found at the lower edges of the escarpments, while the upper edges exhibited a layered structure. The slopes of some clayey escarpments contained numerous small caverns. The geomorphology is suggested to originate from gravitational or seismic collapse, subaqueous or thermal discharge, and gas release with sediment. The abundance of meiobenthos on the underwater slope and near the cavern entrances was assessed. A distinctive plant-microbial habitat was identified in Frolikha Bay, with chironomid larvae occupying the central area and large amphipods and gastropods along the periphery. In Sosnovka Bay, in addition to cone-shaped silty structures, yellow lumpy masses were found, which are presumably seal feces composed of amphipod cuticular structures.

Keywords: tectonic disturbances, underwater landscapes, shoulders, habitats, invertebrates, abundance.

Введение

Использование нового современного оборудования для прижизненных наблюдений подводных ландшафтов и биотопов беспозвоночных и рыб всегда приводит к новому витку познания фауны любого водоема. Биотопы в зоне глубин от 50 до 200 м оз. Байкал до сих пор остаются малоисследованными из-за невозможности увидеть их воочию и прицельно собрать населяющих их животных. Биотопы лitorали и сублиторали (до глубины ~50 м) стали доступны для изучения в начале прошлого столетия с использованием водолазной техники. Глубины свыше 300 м, вплоть до максимальных (более 1600 м), исследованы благодаря подводным обитаемым аппаратам «Пайсис» (1977–1978, 1990–1992 гг.) и глубоководным обитаемым аппаратом «Мир» (2008–2010 гг.). Первые работы с использованием робота – телекомандированного необитаемого подводного аппарата (ТНПА) «Ровбиддер ЗБ-300» – привели к открытию необычных структур в зоне глубин 120–200 м северо-западной оконечности оз. Байкал, которые были идентифицированы как потухшие грязевые вулканы (Лунина и др. 2023). Биота этих участков, находившихся в зоне влияния Северобайкальского тектонического разлома, ранее не была подробно исследована.

С 1 по 10 июля 2025 г. мы продолжили работу с ТНПА «Ровбиддер ЗБ-300» в северной котловине озера. Экспедиционные работы в ходе данного рейса были проведены у мыса Шартлай, в бухтах Солонцовая, Малая Коса, Горячинская, Фролиха, Аяя и Тукарагада. Во всех районах исследованы ландшафты в зонах тектонических разломов подводного склона и собраны бентосные пробы манипуляторами робота, а также драгой и грейфером. В бухтах Солонцовая, Малая Коса и Фролиха проведены совместные работы с НИС «Верещагин», на котором находились геолог, геофизик, гидрохимик и микробиологи, что позволило взять пробы донных осадков из каждого грейфера для комплексного изучения биоты и условий ее обитания. В местах, доступных только для робота, беспозвоночные и пробы зообентоса отобраны с помощью манипуляторов робота – «руки» или совком с площадью 43.3 м². Специальным батометром отобраны пробы придонной воды для химического анализа.

В данном сообщении мы представляем краткую характеристику нескольких биотопов и населяющих их беспозвоночных, исследованных с 1 по 5 июля 2025 г.

Ход и предварительные результаты экспедиционных работ

Мыс Шартлай

Первый пункт исследований – мыс Шартлай (рис. 1А, В). Обследован следующий отрезок дна: 53°55'601" N 108°12'6071" E – 53°56'551" N 108°11'791" E. Мыс представляет собой огромный по площади конус выноса, с многочисленными сейсмогенными разрывами, находящимися вблизи стыка Кочериковского и Северобайкальского активных тектонических разломов (Лунина и др. 2024). В 2023 г. в этом районе на линии разрыва, проецируемой с берега, на глубине 1.7 м было обнаружено воронковидное понижение рельефа, имеющее вид грифона и идентифицированное как остатки песчаного вулкана, размытого волновым воздействием (Лунина и др. 2024). На глубине 58.5 м на уступе возле скалы в заиленном сером песчано-гравийном грунте был собран мейозообентос, среди которого найдены мелкие раки семейства *Bathynellidae*. Анализ нуклеотидных последовательностей фолмеровского фрагмента гена COI mtДНК показал, что пять особей *Baicalobathynella cf. magna* (Bazikalova, 1954) представляют собой четыре гаплотипа, различающиеся 3–4 заменами. Последовательности гена 18S рРНК этой группы особей оказались сходны с последовательностями раков, обитающих на Академическом хребте на глубинах

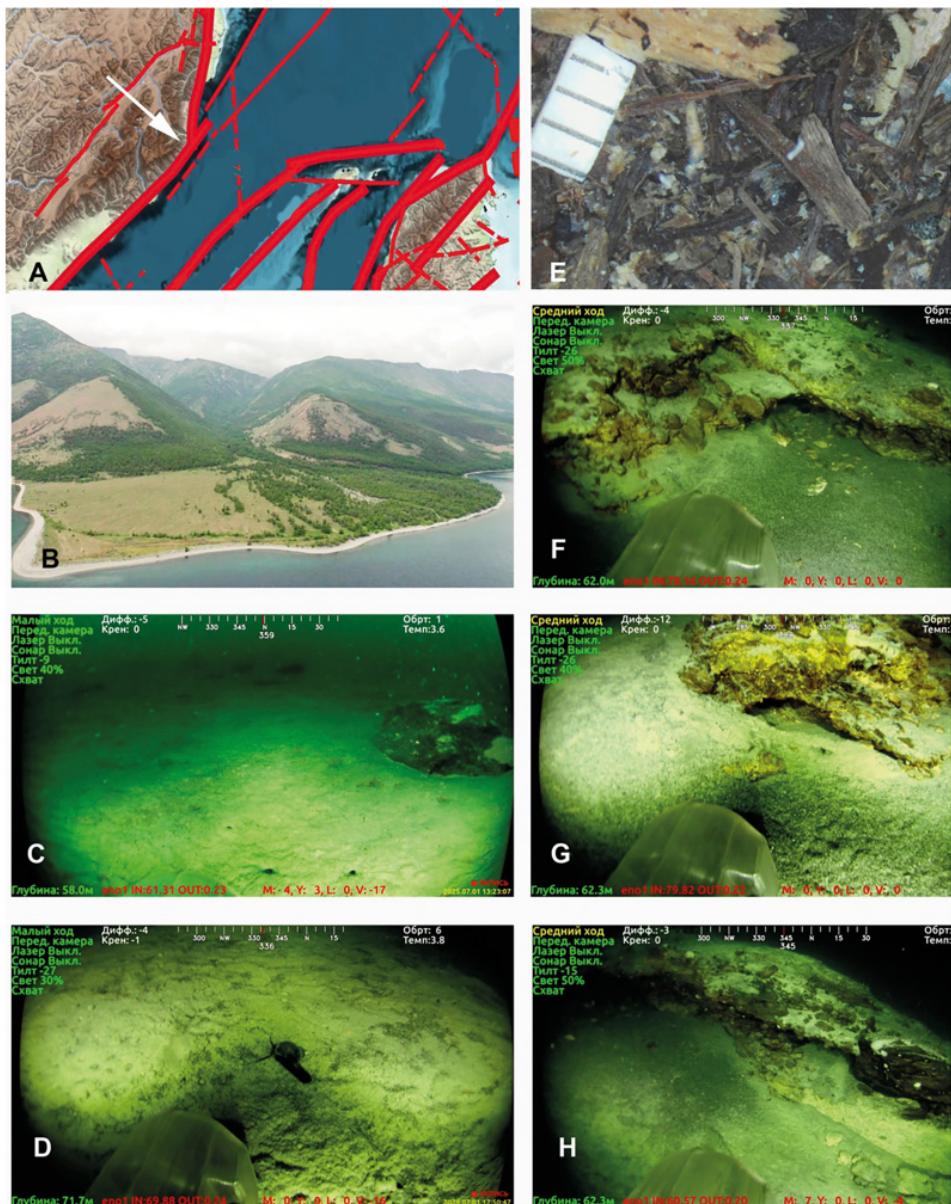


Рис. 1. Мыс Шартлай: А – карта-схема участка оз. Байкал с нанесенными тектоническими разломами (Лунина 2016), стрелкой показана локализация мыса; В – фото мыса (Лунина и др. 2024); С – подводный склон с редкими валунами и колониями губок на нем; Д – подводный склон с неоднородным по составу мягким осадком и ползущим брюхоногим моллюском *Benedictia* sp.; Е – остатки наземной растительности – составной элемент донных осадков на склоне и у подножия отверстий; F, G, H – уступы с отверстиями у нижней бровки.

Fig. 1. Cape Shartlay. A: Map-scheme of a Lake Baikal section with tectonic faults (after Lunina, 2016); the arrow indicates the location of Cape Shartlay. B: Photo of the cape (Lunina et al. 2024). C: Underwater slope with scattered boulders and sponge colonies. D: Underwater slope with compositionally heterogeneous soft sediments and the crawling gastropod *Benedictia* sp. E: Remnants of terrestrial vegetation incorporated into bottom sediments on the slope and near cavity openings. F, G, H: Escarpments with cavities at their lower edges.

около 200 м (Peretolchina et al. 2024). Высокий уровень генетической неоднородности батинеллид по гену COI mtДНК в зоне влияния разлома и отсутствие количественных проб зообентоса повлияло на наше решение продолжить исследование ландшафтов подводного склона и биоты у мыса Шартлай.

Судно остановилось немного севернее устья ручья Шартлай, который в ~150 м от уреза воды уходит под землю, что, по мнению О. В. Луниной с соавторами (Лунина и др. 2024), свидетельствует о высокой проницаемости зоны разлома, проходящего вблизи русла. Ландшафт дна подводного склона был неоднородный и сходный с бортом каньона Большой Черемшаный (юго-западная часть озера в заливе Лиственичный), подробная схема и «ступенчатое» строение которого опубликованы Е. Б. Карабановым и В. А. Фиалковым (1987). В зоне глубин от 30 до 70 м мы наблюдали пологий склон, покрытый заиленным крупным песком, рассечённым линейными полями галек и россыпями обломков, а также лежащие на склоне одиночные окатанные валуны разного размера.

В зоне глубин от 56 до 72 м на крупных валунах отмечены небольшие колонии корковых губок белого цвета (рис. 1С). На заиленном крупнозернистом сером песке склона присутствовали гастроподы рода *Benedictia* W. Dybowski, 1875 (рис. 1Д), крупные амфиоподы и керчаковые рыбы. Ниже валуна среди песка обнаружены вкрапления плоской округлой гальки и остатков наземной растительности (рис. 1Е). На этом биотопе по обилию среди макрообентоса доминировали олигохеты (их доля составила более 90%), встречались также мелкие амфиоподы, личинки хирономид и единичные полихеты. Обилие мейобентоса в двух пробах составило 30.5 тыс. и 50.6 тыс. экз. м^{-2} , доминировали нематоды (46 и 57%, соответственно).

Второй биотоп охарактеризован нами как «верхняя площадка» или «крыша уступа», покрытая крупным серым песком. Обилие мейобентоса здесь не превышало 20 тыс. экз. м^{-2} , что, вероятно, связано с малой устойчивостью мягкого грунта и скатыванием его вниз. Доминировали здесь также нематоды (с долей 50%). Другие группы мейобентоса были представлены мелкими турбелляриями, гарпактицидами, циклопами, а также ракками-батинеллидами и водными клещами. Причём хозяева, на которых паразитируют эти водные клещи, нам пока не известны.

Откосы уступов были сформированы конгломератами из валунов и гальки (рис. 1F, G) или состояли из скальных пород.

На некоторых верхних бровках и откосах, состоящих из скальных стенок и валунов, находились колонии корковых губок белого цвета. На отдельных откосах были замечены висячие улитки, собрать и идентифицировать которых не удалось. На нижней бровке выделялись отверстия округлой, овальной или щелевидной формы около 20 см в ширину и около 10 см в высоту; рядом с отверстиями донный осадок состоял из заиленного мелкого серого песка (рис. 1Н). У некоторых отверстий находились мелкие глиняные и грубообломочные выбросы, напоминающие брекчию (рис. 1F).

Обилие зообентоса на площадке у одного из отверстий составило менее 30 тыс. экз. м^{-2} , доминировали копеподы (с долей более 55%). Отметим, что в бухте Малая Коса у сходного по размеру отверстия, но с большим количеством растительного дегрита в грунте, обилие мейобентоса превышало 170 тыс. экз. м^{-2} , что превысило этот показатель даже для бактериальных матов гидротермального вента Фролиха (Zemskaya et al. 2012).

Возможно, наблюдаемые уступы у мыса Шартлай в зоне глубин около 57–72 м являются результатом разрывных деформаций, через которые произошла субаквальная разгрузка вод, что требует доказательств.

Бухта Фролиха

Второй район исследований – северная сторона бухты Фролиха (рис. 2А, В). Обследован подводный склон в зоне пересечения двух разломов у мыса Немнянка (Лунина, 2016) на отрезке: 55°31'901" N 109°48'039" E – 55°32'067" N 109°48'013" E.

Уступы (или ступенчатые структуры) различных размеров и форм обнаружены в зоне глубин 120–127 м. Высота уступов составляла около 1–2 м, откосы были сложены твердыми глинами, каверны (отверстия) в виде «пещер» на нижней бровке имели хорошо видимую заднюю стенку (рис. 2В, С, F). Внутренняя поверхность верхних бровок состояла из нескольких слоев, в том числе тонких железомарганцевых корок. Поверхность верхней площадки уступов была прикрыта галечно-валунным заиленным субстратом. Встречены также слабо приподнятые глинистые структуры с круглыми отверстиями, направленными вверх, напоминающие покмарк, кратер или подводный карст (рис. 2D).

Обилие мейобентоса у нижней кромки уступов двух типов различалось приблизительно в три раза, наибольшее составило около 45 тыс. экз. м⁻² на глубине 127 м у каверны в виде «пещеры» (рис. 2F) и было сходно с тем, что отмечено нами на заиленном песке с растительными остатками у «подветренной стороны» валуна у мыса Шартлай. Внешнее различие песков в бухтах Фролиха и Шартлай заключалось лишь в цвете: жёлтый против серого. Среди мейобентосных животных доминировали остракоды с долей 50%, субдоминантами были копеподы (24.7%). Обилие мейобентосных животных (менее 14 тыс. экз. м⁻²) отмечена у круглого вертикального кратера (рис. 2D) с короткой и небольшой по размеру горизонтальной нижней площадкой, на которой серый заиленный донный осадок включал мелкие плоские гальки, обломки железомарганцевых корок и копеподный детрит. Растительный детрит полностью отсутствовал.

Найдены также уступы, сложенные глиной с многочисленными кавернами на откосах (на рис. 2G), сходные с описанными ранее на подводном склоне у о-ва Большой Ушканий на глубине около 800 м при исследованиях, выполненных с помощью ГОА «Пайсис» (Бухаров, Фиалков 1996) и на глубинах более 1000 м при погружениях ГОА «МИРы» (Хлыстов и др. 2012). А. А. Бухаров и В. А. Фиалков (1996) высказали две возможные причины появления каверн (или «подводных карстов») – деятельность «каких-то организмов либо выщелачивание гидротермальными растворами». О. М. Хлыстов (устное сообщение) считает, что образование крупных каверн связано с жизнедеятельностью амфиопод и рыб, которые расширяют и размывают небольшие отверстия – каналы выхода воды при литофикиации осадочной толщи или миграции газонасыщенного флюида в приразломных зонах.

Мы также наблюдали присутствие амфиопод в мелких кавернах, диаметром 5–10 см, и корчаковых рыб в более крупных отверстиях, в том числе особей пелагической малой голомянки. Но мы ни разу не видели ни мальков голомянки, ни икру бентосных рыб, прикрепленную внутри отверстий, возможно, из-за несовпадения периода наблюдений с периодом «гнездования».

Сходные кавернозные глины обнаружены Л. Бойером с соавторами в зоне глубин приблизительно 200–300 м в оз. Супериор, США и названы «биогенными седиментарными структурами» (Boyer et al. 1989). Эти авторы также описали три типа структур, которые, по их мнению, строят рыбы-налимы: щелевидные «гнёзда» в мягкой глине на дне, серповидные выемки в глыбах глин и неглубокие норы-гнезда у основания одной стенки или одного-двух глинистых утёсов.

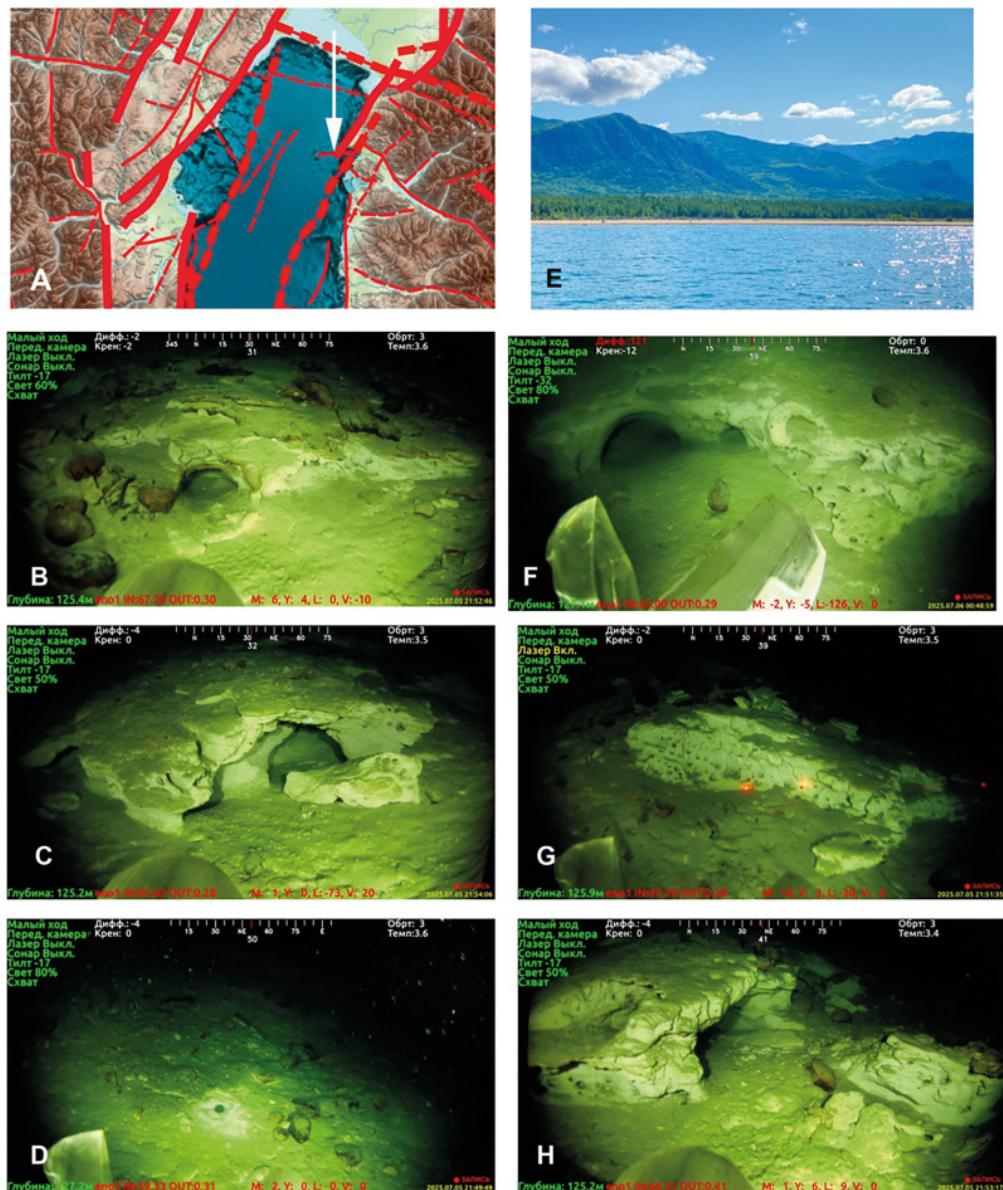


Рис. 2. Бухта Фролиха. А – карта-схема северной оконечности оз. Байкал с нанесенными тектоническими разломами по О. В. Луниной (2016) и локализация бухты Фролиха (обозначено стрелкой) В, С – уступы с просматриваемой задней стенкой; Д – мало возвышающийся уступ с круглым отверстием и маленькой нижней площадкой; Е – фото побережья средней части бухты; F, G, H – кавернозные глинистые уступы.

Fig. 2. Frolikha Bay. A: map-scheme of the northern end of Lake Baikal showing tectonic faults according to O. V. Lunina et al. (2016), with Frolikha Bay marked by an arrow; B, C: shoulders with visible back walls; D: a low-elevation shoulder featuring a round opening and a small lower platform; E: photo of the middle coastline section of the bay; F, G, H: cavernous clayey shoulders.

Так как наблюдаемые нами отверстия имели твердые стенки, трудно разбивающие манипулятором робота, мы предполагаем, что рыбы и амфиоподы используют уже имеющиеся отверстия и лишь подчищают их края.

Различия в строении уступов, наличие или отсутствие железомарганцевых слоев на верхней кромке, а также конкреций и корочек в осадке на нижней площадке уступов, свидетельствуют о разном геологическом и временном происхождении уступов и их каверн. Отверстия с видимой задней стенкой, вероятно, являются результатом обвалов при сейсмических или гравитационных разрушениях, в том числе отягощенных резкими выбросами газов с осадком и/или субаквальных термальных вод.

Еще в прошлом столетии в бухте Фролиха на глубинах ~360–420 м были открыты гидротермальные высачивания, формирующие своеобразный биоценоз, характеризующийся обширными пятнами бактериальных матов, полями губок и других животных, включенных в хемосинтезированную трофическую сеть – от первичных консументов до хищников (Кузнецов и др. 1993; Zemskaya et al. 2012; Sideleva, Fialkov 2015). Это дает повод предположить, что выходы термальных вод имеют место и в более мелководных участках бухты, в зонах термоактивных разломов. Данное предположение основано также на литературных сведениях (Голубев 1977; Ребецкий и др. 2024; Zemskaya et al. 2022; Lamakina et al. 2023 и др.), а также наших находках железомарганцевых слоев и корок у ряда разрывных деформаций. Возможно, в бухте Фролиха термальная разгрузка происходит двумя способами – кондуктивным и конвективным. В первом случае передача тепла происходит, как правило, без видимых разрывных дефектов, что приводит к формированию микробиальных матов, и во втором случае – по каналам, образованным разрушительными дефектами (Ребецкий и др. 2024). Выяснено, что формирование железомарганцевых корочек и конкреций в оз. Байкал связано с диагенетическими процессами, осуществлямыми микроорганизмами под влиянием термальных вод (Zemskaya et al. 2022; Lamakina et al. 2023).

Аномалии теплового потока конвективного происхождения являются геологически недолговечными (Ребецкий и др. 2024), поэтому животные начинают использовать оставшиеся после излияния каналы. Возможно, через некоторые отверстия (кратеры, каналы или каверны) происходит невидимая для нас разгрузка субаквальных вод, затрагивающая верхние бровки уступов, с которых мы собирали колонии корковых губок, часто с мелкими амфиподами. Подтвердить это предположение мы сможем, если анализ стабильных изотопов покажет облегчение изотопа углерода в теле губок по сравнению с губками из обычных районов озера (Yoshii 1999; Sitnikova et al. 2016).

Таким образом, даже эти короткие наблюдения и первые результаты исследований свидетельствуют о неоднородности ландшафтов и распределения животных на подводном склоне в зонах активных разломов и деформаций байкальского дна.

Бухта Фролиха (мелководный участок с понижением рельефа)

На дне с небольшим уклоном и не усложнённом какими-либо ландшафтными возвышенностями в зоне глубин 79–82 м обнаружено небольшое по площади (около 5 м²) темное пятно с гниющей растительностью. По краям этого пятна, слегка возвышающегося относительно окружающего дна, располагались куски элодеи и харовых водорослей, по которым передвигались брюхоногие моллюски *Benedictia* cf. *distinguenda* (Lindholm, 1909) и амфиподы (рис. 3А, С). По мере приближения ТНПА «Ровбидер ЗБ-300» к центру пятна, растительные остатки оскудели, и появился илистый грунт с многочисленными торчащими «домиками» личинок хирономид (рис. 2В). Личинки были собраны и зафиксированы 80% этиловым спиртом для видовой идентификации. Илистый осадок был черно-коричневого цвета (рис. 3Д)

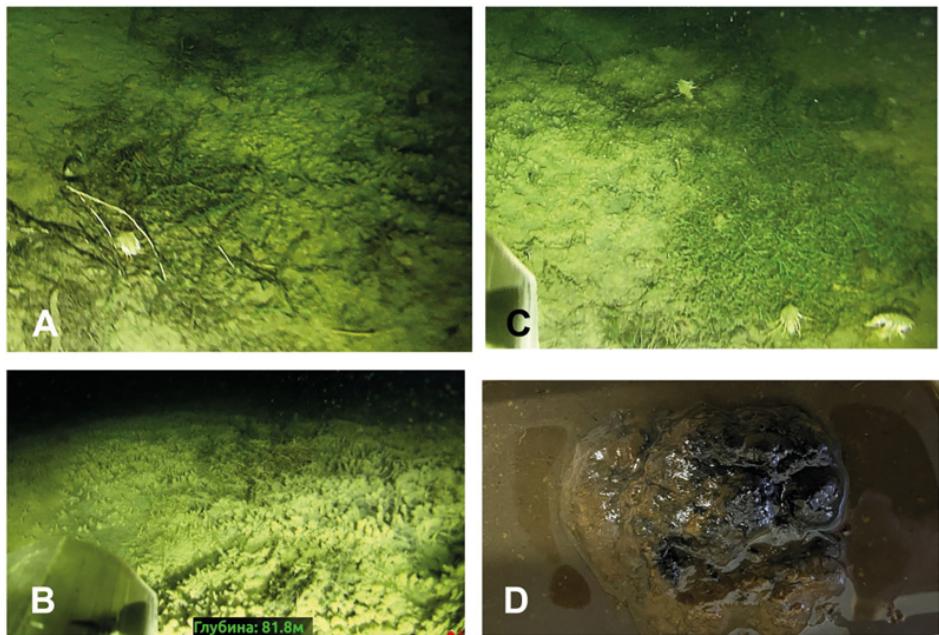


Рис. 3. Растительно-микробный мат в бухте Фролиха. А – куски гниющих элодеи, харовых водорослей и наземной растительности, образующих первичный детритный слой, и с занимающими его гастроподами и амфиоподами; В – илистый грунт с растительным детритом и с многочисленными «домиками» личинок хирономид; С – амфиоподы на растительном детрите; Д – черно-коричневый ил с гнилостным запахом.

Fig. 3. Plant-microbial mat in Frolikha Bay. A: pieces of decaying elodea, charophyte algae, and terrestrial vegetation forming the primary detritus layer, inhabited by gastropods and amphipods; B: silty sediment with plant detritus and numerous “houses” of chironomid larvae; C: amphipods on plant detritus; D: black-brown silt with a putrid odor.

с неприятным гнилостным запахом. Мы предположили, что нашли своеобразный биотоп, основу которого составляет растительно-микробный мат, сформированный снесёнными с литорали остатками растительности и водорослей, а также различными микроорганизмами. Вполне возможно, что со временем в результате деструкции органического растительного вещества образуется газ биогенного происхождения, эмиссия которого позволит хирономидам преодолеть толщу воды и будет способствовать появлению их имаго на поверхности озера. Способность личиночных стадий хирономид обитать на глубинах свыше 100 м и усваивать хемосинтезированную пищу была неоднократно описана в литературе (Jones, Grey 2011; Zemskaya et al. 2012; и др.).

Бухта Сосновка

Район исследований ограничен небольшой площадью подводного склона к северу от устья р. Сосновка ($54^{\circ}12'9.9''$ N $109^{\circ}28'1.6''$ E) в зоне глубин 100–105 м.

На заиленных донных осадках замечены улитки, поедающие комки жёлтого вещества (рис. 4А). Подобные комки жёлтой массы разной величины были найдены в этом же районе и в 2024 г. (рис. 4В). Комки состояли из разрушенных кутикулярных структур амфиопод (рис. 4С, Д), соединённых жёлтой бесструктурной массой с неприятным запахом гнилого нерпичьего жира. Специальные исследования хими-

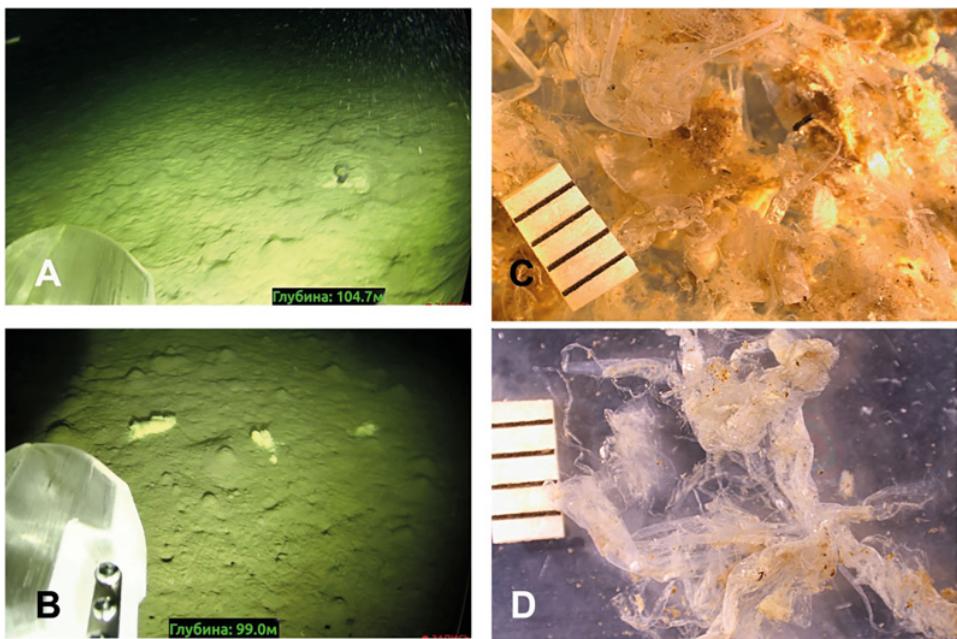


Рис. 4. Дно подводного склона бухты Сосновка и кутикулярные остатки амфицоп. А – улитка, поедающая предполагаемые фекальные массы нерп; В – предполагаемые комковатые фекалии байкальской нерпы; С – неотмытые массы кутикулярных структур амфицоп; Д – отмытые остатки амфицоп.

Fig. 4. Bottom of the underwater slope near Sosnovka Bay and cuticular remnants of amphipods. A: snail on presumed fecal masses of a Baikal seal; B: presumed lumpy fecal masses of a Baikal seal; C: unwashed cuticular remnants of amphipods; D: washed cuticular remnants of amphipods.

ческого состава этих жёлтых масс проведены не были, и природа их остается неизвестной. Между тем сведения о том, что пищевой рацион байкальских нерп изменился за последние годы, и нерпа способна за час поймать и съесть от 197 до 602 (в среднем 320) особей пелагических амфицоп *Macrohectopus branickii* (B. Dybowsky, 1874) (Watanabe et al. 2020), позволили высказать предположение, что найденные комковатые жёлтые массы, содержащие кутикулярные структуры амфицоп, являются фекалиями байкальской нерпы. Мы неоднократно наблюдали появление нерп в непосредственной близости от места исследования дна. Отметим, что два последних автора данного сообщения не согласны с этим предположением. Наши наблюдения показали, что комковатые жёлтые массы являются одним из пищевых объектов всеядных улиток *Benedictia cf. distinguenda*, населяющих широкий диапазон глубин от 30 до 400 м северной котловины озера (Тетерина и др. 2017).

Стоит также отметить нахождение на дне илистых конусовидных построек 5–10 см высотой, некоторые из них имели небольшое круглое отверстие в середине (рис. 4В). Сходные постройки обнаружены нами в бухте Горячинская (Лунина и др. 2023). Какая-либо закономерность в распределении этих конусовидных илистых структур не отмечена. «Холмики» состояли из жидкого окисленного ила, включали кусочки серой глины и диатомовый детрит. Сначала мы предположили, что эти структуры являются домиками крупных олигохет или хирономид, но личинки двукрылых отсутствовали в поднятой структуре. Олигохеты были представлены мелкими червями в количестве 18 экз. Обилие мейобентоса конусовидных построек

составило около 80 тыс. экз. м⁻², в нём доминировали копеподы с долей 46.3%. Вполне возможно, что илистые конусовидные постройки являются грифонами, но это требует доказательств.

Заключение

Исследования биотопов подводного склона оз. Байкал в его северной котловине в зоне глубин от 50 до 200 м с использованием телеуправляемого необитаемого подводного аппарата позволили выявить своеобразные ландшафты, приуроченные к геологическим деформациям, в том числе к сейсмо- и термоактивным разломам. Сложные по структуре и составу донных отложений ландшафты в виде уступов неравномерно населены фауной беспозвоночных. Наиболее трудно изучаемыми остаются биотопы кавернозных глин, в которых найдены амфиоподы и керчаковые рыбы, ещё не идентифицированные до вида. Питаются ли рыбы прячущимися рядом с ними амфиоподами? Используют ли рыбы каверны для устройства «гнёзд»? Существует ли видоспецифичность в использовании рыбами каверн, покмарков и щелей, находящихся на разных углах и поверхностях уступов? Происходит ли невидимая глазом разгрузка метана или термальных вод на разных участках уступов? Влияют ли изливающиеся флюиды в этих зонах на мутации и адаптации беспозвоночных и рыб? Как личинки хирономид находят пятна с разлагающейся органикой? На самом ли деле найденные нами жёлтые комковатые массы с кутикулярными остатками амфиопод являются фекальными массами нерп? И это лишь часть вопросов, которые возникли в ходе анализа результатов первых исследований биоты в зонах геологических разрушений и деформаций дна оз. Байкал.

Благодарности

Авторы благодарны к. б. н. Н. В. Максимовой за организацию экспедиции. Работа выполнена в рамках тем государственного задания ЛИН СО РАН № 121032300180-7, 121032300154-8, 121032300196-8. Экспедиционные работы проведены на НИС «Папанин» (ЦКП «Центр комплексных судовых исследований Байкала»), отдельная благодарность экипажу за помощь в сборе материала. Секвенирование ракообразных семейства Bathynellidae выполнено в Приборном центре коллективного пользования физико-химического ультрамикроанализа (ЦКП «Ультрамикроанализ»).

Литература (References)

- Бухаров Ф. Ф., Фиалков В. А.** 1996. Геологическое строение дна Байкала, взгляд из «Пайсиса». – Новосибирск: Наука. 118 с. (**Bucharov A. A., Fialkov V. A.** 1996. Geological structure of the bottom of Lake Baikal, look from “Pisces”. Novosibirsk: Nauka, 118 p. [In Russian].)
- Гебрук А. В., Кузнецов А. П., Намсараев Б. Б., Миллер Ю. М.** 1993. Роль бактериальной органики в питании глубоководных донных животных в бухте Фролиха (оз. Байкал) в условиях повышенного теплового потока // *Известия Академии наук, Серия биологическая*. № 6. С. 903–908. (**Gebruk A. M., Kuznetsov A. P., Namsaraev B. B., Miller Yu. M.** 1993. The role of bacterial component in deepwater benthic animals in Frolikha Bay (Lake Baikal). *Proceedings of the Russian Academy of Sciences, Series in Biology* 6: 903–908. [In Russian].)
- Голубев В. А.** 2007. Кондуктивный и конвективный вынос тепла в Байкальской рифтовой зоне. – Новосибирск: Наука. 222 с. (**Golubev V. A.** 2007. Conductive and convective heat output in the Baikal Rift Zone. Novosibirsk: Nauka, 222 pp. [In Russian].)
- Карабанов Е. Б., Фиалков В. А.** 1987. Подводные каньоны Байкала. – Новосибирск: Наука. 104 с. (**Karabanova E. B., Fialkov V. A.** 1987. Underwater canyons of Lake Baikal. Novosibirsk: Nauka, 104 pp. [In Russian].)
- Кузнецов А. П., Стрижев В. П., Кузин В. С. и др.** 1991. Новое в природе Байкала. Сообщество, основанное на бактериальном хемосинтезе // *Известия АН СССР, Серия биологическая*. № 5. С. 766–772. (**Kuznetsov A. P., Strizhev V. P., Kuzin V. S. et. al.** 1991. New in Lake Baikal nature.

- Community based on bacterial chemosynthesis. *Izvestiya Akademii Nauk SSR, Biologiya* 5: 766–772 [In Russian].)
- Лунина О. В.** 2016. Цифровая карта разломов для плиоцен-четвертичного этапа развития земной коры юга Восточной Сибири и сопредельной территории Северной Монголии // *Геодинамика и тектонофизика*. Т. 7. № 3. С. 407–434. (Lunina O. V. 2016. the digital map of the pliocene-quaternary crustal faults in the Southern East Siberia and the adjacent Northern Mongolia. *Geodynamics and Tectonophysics* 7(3): 407–434 [In Russian].) <https://doi.org/10.5800/GT-2016-7-3-0215>
- Лунина О. В., Кучер К. М., Наумова Т. В. и др.** 2023. Новые находки грязевого вулканизма у северо-западного побережья оз. Байкал по данным подводной видеосъемки // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. Т. 513. № 2. С. 58–63. (Lunina O. V., Kucher K. M., Naumova T. V. et. al. 2023. New findings of mud volcanism on the Northwest coast of Lake Baikal based on underwater video recording. *Doklady Earth Sciences* 513(2): 1332–1337.) <https://doi.org/10.31857/S2686739723601813>
- Лунина О. В., Денисенко И. А., Игнатенко Е. Б., Гладков А. А.** 2024. Сейсмогенная зона на мысе Шартлай (оз. Байкал): особенности строения, смещений и роста разрывов // *Геодинамика и тектонофизика*. Т. 15. № 4. Статья 0776. (Lunina O. V., Denisenko I. A., Ignatenko E. B., Gladkov A. A. 2024. Seismogenic zone of cape Shartlay (Lake Baikal): specific features of structure, displacements and rupture growth. *Geodynamics and Tectonophysics* 15(4): e0776. [In Russian].) <https://doi.org/10.5800/GT-2024-15-4-0776>
- Ребецкий Ю. Л., Добрынина А. А., Саньков В. А.** 2024. Тектонофизическое районирование активных разломов Байкальской рифтовой системы // *Геодинамика и тектонофизика*. Т. 15. № 4. Статья: 0775. (Rebetsky Yu. L., Dobrynsina A. A., Sankov V. A. 2024. Tectonophysical zoning of active faults of the Baikal Rift System. *Geodynamics and Tectonophysics* 15(4): e0775. [In Russian].) <https://doi.org/10.5800/GT-2024-15-4-0775>
- Тетерина В. И., Максимова Н. В., Ситникова Т. Я., Кирильчик С. В.** 2017. Генетическая и морфологическая неоднородность брюхоногих моллюсков *Benedictia fragilis* Dybowski, 1875 эндемика озера Байкал // *Генетика*. Т. 53. № 5. С. 612–620. (Teterina V. I., Maximova N. V., Sitnikova T. Ya., Kirilchik S. V. 2017. Genetic and Morphological Heterogeneity of Lake Baikal Endemic Gastropod *Benedictia fragilis* Dybowski, 1875. *Russian Journal of Genetic* 53(5): 606613.) <https://doi.org/10.7868/S0016675817040130>
- Boyer L. F., Cooper R. A., Long D. T., Askew T. M.** 1989. Burbot (*Lota lota*) biogenic sedentary structures in Lake Superior. *Journal of Great Lakes Researches* 15(1):174–185.
- Jones R., Grey J.** 2011. Biogenic methane in freshwater food webs. *Freshwater Biology* 56: 213–229. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02494.x>
- Lomakina A., Bukin S., Shubenkova O. et. al.** 2023. Microbial Communities in Ferromanganese Sediments from the Northern Basin of Lake Baikal (Russia). *Microorganisms* 11(7): 1–22. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071865>
- Peretolchina T. E., Naumova T. V., Sitnikova T. Ya.** 2024. First reports on the genetic diversity and phylogenetic relationships of bathynellids (Malacostraca: Bathynellidae) from Lake Baikal. *Limnology and Freshwater Biology* 5: 1318–1336. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-5-1318>
- Sideleva, V. G., Fialkov V. A.** 2016. Communities of the cottoid fish (Cottoidei) in the hydrothermal vents and cold seeps of the abyssal zone of Lake Baikal. *Journal of Ichthyology* 56(5): 694–701.
- Sitnikova T., Kiyashko S., Bukshuk N. et. al.** 2016. Stable isotope signatures and distribution of deepwater sponges in Lake Baikal. *Hydrobiologia* 773(1): 11–22. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2674-1>
- Watanabe Y. Y., Baranov E. A., Miyazaki N.** 2020. Ultrahigh foraging rates of Baikal seals make tiny endemic amphipods profitable in Lake Baikal. *Proceedings of the National Academy of Science U. S. A.* 117 (49): 31242–31248. <https://doi.org/10.1073/pnas.2014021117>
- Yoshii K.** 1999. Stable isotope analysis of benthic organisms in Lake Baikal *Hydrobiologia* 11: 145–159.
- Zemskaya T., Sitnikova T., Kiyashko S.**, et al. 2012. Faunal communities at sites of gas- and oil-bearing fluids in Lake Baikal. *Geo-Marine Letters* 32(5): 437–451.
- Zemskaya T., Konstantinova N., Shubenkova O. et al.** 2022. Microbial communities of ferromanganese sedimentary layers and nodules of Lake Baikal (Bolshoy Ushkany Island). *Diversity* 14: 1–23. <https://doi.org/10.3390/d14100868>