

УДК 595.371:594.3(282.256.341)

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ГУБКОЙ *LUBOMIRSKIA BAIKALENSIS* (SPONGILLIDA, LUBOMIRSKIIDAE) В ПЕРИОД ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

© 2023 г. И. В. Механикова^а *, Т. Я. Ситникова^а, И. В. Ханаев^а

^аЛимнологический институт СО РАН, Иркутск, 664033 Россия

*e-mail: irinam@lin.irk.ru

Поступила в редакцию 06.04.2023 г.

После доработки 15.05.2023 г.

Принята к публикации 20.05.2023 г.

Исследования проведены в литоральной зоне озера Байкал в период масштабного экологического кризиса, который затронул все звенья экосистемы, в том числе поселения эндемичных губок семейства *Lubomirskiidae*. Губки играют важнейшую роль в бентических сообществах каменистой литорали озера, обеспечивая чистоту воды и являясь специализированным биотопом для множества разнообразных организмов. В последнее десятилетие в разных районах Байкала отмечены массовые заболевания и гибель губок, что может привести к необратимым изменениям структуры литоральных сообществ. Нами были исследованы состояние губок, состав сообществ макробеспозвоночных, таксономическое богатство, распространение и обилие доминирующих групп — амфипод и гастропод, обитающих на ветвистых губках *Lubomirskia baikalensis* с различными проявлениями заболеваний, в разных районах Байкала (2015, 2020, 2021, 2022 гг.) и проведено сравнение с историческими данными. Показано, что таксономическое богатство амфипод (35 видов и подвидов, а также 5 таксонов, определенных до рода) выше на 20 таксонов, чем это было 30 лет назад. Всего 22 вида и подвида гастропод обнаружены на губке, из них 20 впервые. Установлены различия видового состава, комплекса доминирующих видов и количественных показателей амфипод и гастропод на губках из разных районов озера, что подтверждено подводными видеонаблюдениями. Обилие всех групп макробеспозвоночных на единицу массы губки, как и обилие доминирующих групп — амфипод и гастропод, уменьшались по направлению с юга на север. Величины обилия исследованных беспозвоночных на губках по сравнению с докризисным периодом сопоставимы. На губках найдены беспозвоночные из нескольких экологических групп с различными пищевыми стратегиями (собиратели, соскребатели, фильтраторы), для большинства из них губка является временным местообитанием. Для восстановления плотности поселения губок и сохранения популяций ключевых видов беспозвоночных предлагается создание губочных “ферм” в наименее загрязненных районах Байкала.

Ключевые слова: заболевания губок, амфиподы, гастроподы, таксономическое богатство, обилие, Сибирь

DOI: 10.31857/S0044513423080081, **EDN:** EETNGE

Эндемичные байкальские губки семейства *Lubomirskiidae* являются важнейшим элементом бентических сообществ каменистой литорали Байкала и своеобразным биотопом для множества организмов от простейших до рыб. Ветвистые губки *Lubomirskia baikalensis* (Pallas 1771) особенно широко распространены в южной и средней котловинах западного побережья озера, но также нередко встречаются и в северной части. Они обитают в основном на глубинах 3–40 м, иногда до 50–120 м (Ефремова, 2001; Вейнберг, 2005; Букшук, 2020). Фильтруя огромные объемы воды, губки обеспечивают ее чистоту, а многим видам беспозвоночных служат многоярусным биотопом для поселения, убежищем от хищников

и местом для размножения и питания. Оседающие из толщи воды и поселяющиеся на поверхности губки мелкие организмы являются легкодоступным источником пищи для многих животных (Кожов, 1931; Гаврилов, 1950; Kamaltynov et al., 1993). Сравнительно недавно губки занимали до 47% доступного пространства каменистой литорали озера, составляя до 44% биомассы (Pile et al., 1997). Ветвистая форма *L. baikalensis* образовывала густые заросли из ярко-зеленых колоний с множеством ветвей иногда более 1 м в высоту, некоторые отдельные разрастания (кусты) губок достигали в поперечнике 1 м² (Кожов, 1931; Гаврилов, 1950) с максимальными размерами по высоте до 2 м (Грачев и др., 2015).

На губках поселяются представители разных групп беспозвоночных, но только некоторые виды являются специализированными спонгиозифилами, связанными с губкой топически и/или трофически (Гаврилов, 1950; Kamaltynov et al., 1993). Первые сведения о двух видах амфипод — *Brandtia parasitica parasitica* (Dybowsky 1874) и *Eulimnogammarus violaceus* (Dybowsky 1874), образующих ассоциации с ветвистыми губками, приведены в монографии Дыбовского (Dybowsky, 1874). Первому виду он дал название “parasitica”, считая его паразитом губок. Позднее Кожов (1931) подтвердил тесную связь этого вида с губкой, но предполагал, что губки привлекают к себе рачков огромным количеством крупных Соперода, обитающих на ней. Наиболее полные сведения о беспозвоночных животных, ассоциированных с ветвистыми байкальскими губками, содержатся в работе Камалтынова с соавторами (Kamaltynov et al., 1993), где, кроме видового состава беспозвоночных, впервые приводится и количественная характеристика массовых таксонов. Позднее список организмов, обитающих на губках (не только ветвистых), был уточнен, а список видов амфипод дополнен (Weinberg et al., 2004). Другие немногочисленные публикации по макробеспозвоночным, ассоциированным с губками, касаются частных вопросов по ряду видов (Механикова, 2001; Röpstorff et al., 2003; Куликова и др., 2007, 2017; Mekhanikova, 2010; Механикова, Воробьева, 2017; и др.).

Начиная с 2011 г. в литоральной зоне Байкала отмечаются изменения в структуре бентических сообществ, массовое развитие зеленых нитчатых водорослей рода *Spirogira*, ставшее причиной нарушения зональности в распределении макрофитов, массовые заболевания (некроз, обесцвечивание ветвей, изменение цвета) и гибель эндемичных байкальских губок *L. baikalensis* (Бормотов, 2011; Timoshkin et al., 2016; Khanaev et al., 2018; Maikova et al., 2021). У больной губки изменяются состав и структура микробных сообществ, в которых доминируют представители Cyanobacteria, в то время как разнообразие и количество эукариотических водорослей уменьшаются. В результате дисбаланса, вызванного условно-патогенными микроорганизмами, происходит гибель фотосинтезирующих симбиотических микроводорослей, меняется режим функционирования губки и наступает ее гибель (Деникина и др., 2016; Kulakova et al., 2018; Belikov et al., 2019).

Первое упоминание об аномально окрашенной губке *L. baikalensis* относится к 2011 г. Губки грязно-розового цвета массово встречались на глубинах 25–55 м вдоль западного побережья от пос. Большие Коты (Южный Байкал) до Ушканьих о-вов (граница между Средним и Северным Байкалом) (Бормотов, 2011). С тех пор большие и погибшие губки были обнаружены практически по всему Байкалу, в разных районах их число составляло от 20 до 100% (Timoshkin et al., 2016; Ха-

наев, 2016; Ханаев и др., 2017). В последующие годы экологическая ситуация на Байкале ухудшилась. При картировании губок в трех котловинах озера больные губки были обнаружены повсеместно примерно на половине обследованных станций, и их доля была выше среди ветвистых форм (Khanaev et al., 2018). Самая высокая доля больных и отмерших ветвистых губок от общей площади проективного покрытия отмечена на полигоне в Лиственничном заливе (до 100%) и на полигоне в районе пади Варначка (до 59%) (Южный Байкал), а самая низкая — в проливе Ольхонские Ворота (Средний Байкал), где их число составило 20% (Khanaev et al., 2018; Майкова и др., 2023). По мнению ряда авторов (Деникина и др., 2016; Khanaev et al., 2018; Belikov et al., 2019), заболевания губок в Байкале не связаны с изменением климата. Для объяснения причин, вызывающих заболевания губок, прежде всего, выдвигается гипотеза возрастающего антропогенного влияния, а также рассматривается фактор увеличения концентрации общего метана по всему озеру.

Цель работы — исследовать состояние ветвистых губок, изучить состав сообществ макробеспозвоночных, более детально исследовать таксономический состав, обилие и распределение доминирующих групп, таких как амфиподы и гастроподы, ассоциированных с большими ветвистыми губками *L. baikalensis* в трех котловинах озера, а также предложить меры по восстановлению плотности поселения здоровых губок и сохранению населяющих их макробеспозвоночных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили макробеспозвоночные животные, собранные с байкальских ветвистых губок *L. baikalensis*; подробно изучены две основные группы — амфиподы и гастроподы. Губки отобраны во время проведения водолазных спусков в летний период 2015, 2020, 2021, 2022 гг. на каменистой литорали разных районов трех котловин озера (глубины от 7 до 15.5 м) на 12 станциях (рис. 1). Под водой губок отделяли от каменистого субстрата и помещали в пластиковые плотно закрывающиеся контейнеры. После подъема на поверхность воду процеживали через газ и губок замораживали, три губки (падь Жилище) зафиксированы 4% формалином. Всего собрано 29 проб губок: Южный Байкал — 15, Средний и Северный Байкал — по 7 экз. Из-за отсутствия специального оборудования (подводный пылесос), пробы следует считать полуколичественными.

В лаборатории губок размораживали в прохладной воде, тщательно промывали, удаляли остатки мелких камней и песка с подошвы, фотографировали, измеряли длину и число ветвей, подсчитывали число норок, выгрызенных амфиподами *E. violaceus*, подробно описывали характер повреждений (проявлений болезни). Из пробы выбирали всех макробеспозвоночных, под-

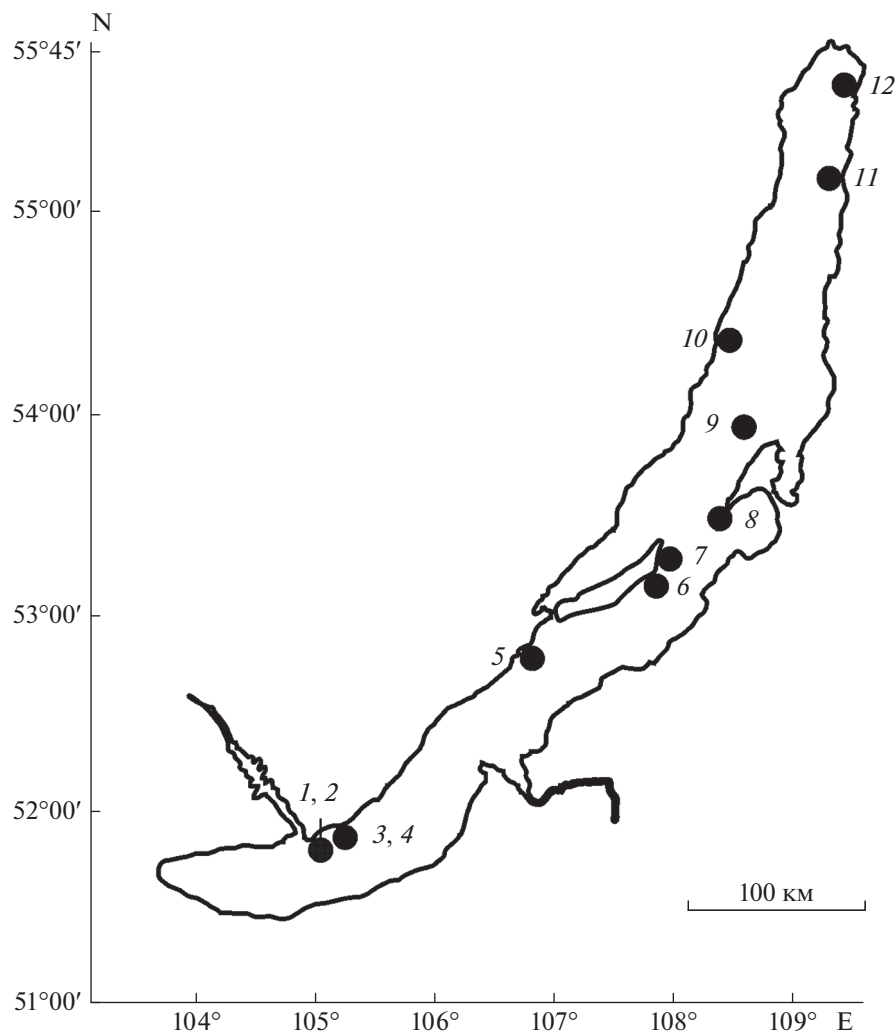


Рис. 1. Карта-схема оз. Байкал с номерами станций: 1 – залив Лиственничный ($51^{\circ}51'50.5''$ с.ш., $104^{\circ}50'38.5''$ в.д.), 2 – мыс Березовый ($51^{\circ}50'30''$ с.ш., $104^{\circ}53'20''$ в.д.), 3 – падь Жилище ($51^{\circ}53'57.3''$ с.ш., $105^{\circ}03'52.0''$ в.д.), 4 – падь Варначка ($51^{\circ}54'05.2''$ с.ш., $105^{\circ}06'13.2''$ в.д.), 5 – бухта Ая ($52^{\circ}47'16.4''$ с.ш., $106^{\circ}36'56.1''$ в.д.), 6 – мыс Ухан ($53^{\circ}04'58.2''$ с.ш., $107^{\circ}25'00.5''$ в.д.), 7 – мыс Ижимей ($53^{\circ}13'42.9''$ с.ш., $107^{\circ}43'46.0''$ в.д.), 8 – Нижнее Изголовье п-ова Святой Нос ($53^{\circ}30'24.7''$ с.ш., $108^{\circ}31'44.5''$ в.д.), 9 – о-в Круглый Ушканий ($53^{\circ}50'43''$ с.ш., $108^{\circ}41'38''$ в.д.), 10 – мыс Елохин ($54^{\circ}33'05.7''$ с.ш., $108^{\circ}39'54.9''$ в.д.), 11 – мыс Турали ($55^{\circ}19'20.3''$ с.ш., $109^{\circ}46'54.3''$ в.д.), 12 – мыс Немнянка ($55^{\circ}32'38.6''$ с.ш., $109^{\circ}49'04.6''$ в.д.).

считывали их число в пробе и пересчитывали на 100 г сырой массы губки. Губок взвешивали на лабораторных весах OWA labor DDR (Германия). Перед взвешиванием губок держали в вертикальном положении для того чтобы с них стекла вода.

Для сравнения полученных данных по обилию макробеспозвоночных на больных губках с таковыми до “докризисного” периода использовали графики из работы Kamaltynov et al. (1993). Логарифмы массы губки были преобразованы в реальные значения, каждая точка на графике привязана к массе губки на оси абсцисс (x) и числу особей на оси ординат (y). Затем были подсчитаны приблизительные средние значения для массовых видов амфипод (2 вида) и гастропод (1 вид). К сожалению, для большинства видов такие данные

отсутствуют, хотя для некоторых приведены максимальные значения обилия на крупных губках, эти данные также использовали для сравнения.

Для характеристики губок и различных невооруженным глазом макробеспозвоночных были изучены подводные фото- и видеоматериалы из архива И.В. Ханаева, в том числе сделанные ранее – в период, который теперь принято называть “докризисным”. Съемки выполнены видеокамерами “GoPro HERO 3 +”, “GoPro HERO 7” и забоксированным фотоаппаратом “Sony A7”, оснащенными дополнительным искусственным светом “Ikelite PRO-2800” (Khanaev et al., 2018). Изучено более 150 фотографий и несколько коротких видеороликов продолжительностью 5–10 мин каждый.

Для сравнения сходства видового состава амфипод и гастропод из разных котловин Байкала использован индекс Чекановского—Сьеренсена: $I_{cs} = 2c/(a + b)$, где a и b — число видов в двух выборках, c — число общих видов (Песенко, 1982). Графики построены в программе Excel для Windows. Дополнительно использован непараметрический метод корреляционного анализа, выполненный в пакете программ Statistica 10.0 для Windows, значения коэффициента корреляции Спирмена при $p < 0.05$ приняты как статистически значимые.

К абсолютным доминантам по обилию отнесены виды, составляющие 64–100% от общего обилия, к доминантам — 36–64%, субдоминантам — 16–36%, второстепенным — 4–16% и менее 4% — к малозначимым видам (Любарский, 1974).

Таксономия амфипод дана по: Takhteev et al., 2015, гастропод по: Ситникова и др., 2004.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Подводные наблюдения

В 2011 г., за 4 года до начала наших исследований, на обследованных позднее станциях у губок не было замечено признаков заболеваний, повреждений и изменения цвета. В период сбора материала (2015, 2020, 2021, 2022) во время водолазных спусков в разных районах озера отмечены как погибшие, так и больные губки с различными проявлениями заболеваний — некроз, пленки, частичное и полное обесцвечивание ветвей, повреждения неизвестного характера, некоторые губки были покрыты обрастаниями (рис. 2а–2к). В заливе Лиственничный (2015 г.) губки, как и вся поверхность дна на глубинах до 12–15 м, были покрыты плотными зарослями из нитчатых водорослей (рис. 2h, 2j). В некоторых районах встречались визуально здоровые губки (например, мыс Ухан, 2021 г.).

Лишь немногие виды беспозвоночных животных идентифицированы по фотографиям (рис. 2а–2г). Облигатный симбионт байкальских губок — *B. parasitica*, в массе отмечен на губках Южного Байкала, единично и редко в Северном Байкале, а на фото губок из Среднего Байкала не замечен. В Южном Байкале *B. parasitica* на одних губках полностью отсутствовала, на других наблюдались большие поселения из множества особей (рис. 2а, 2b). На заселенных губках эти рачки также распределены неравномерно — на некоторых ветвях они отсутствовали, на других были плотные скопления рачков, также встречались одиночные особи на большом расстоянии одна от другой. В районе мыса Елохин (Северный Байкал, 2021 г.) *B. parasitica* на губках была отмечена единично, менее чем на половине фотографий, скоплений не обнаружено. Второй легко идентифицируемый вид амфипод — *Pallasea cancellus* (Pallas 1767), часто виден на фотографиях губок Южного и

Среднего Байкала (рис. 2с–2е). Эти крупные амфиподы (по: Базикалова, 1945 максимальная длина 65 мм) встречались иногда по 10 и более особей в одном поле зрения; более мелкие амфиподы на одной из фотографий, вероятно, были молодыми особями этого вида. *B. parasitica* и *P. cancellus* отмечены как на визуально здоровых, так и на nekrotizirovannykh участках ветвей губок. Совместно эти виды встречались крайне редко. Больше всего особей *P. cancellus* было отмечено на губках, опоясанных биопленками из цианобактерий. Мелкие неидентифицированные амфиподы, плавающие вокруг губки, а также сидящие на губке амфиподы беловатого цвета с крупными глазами могли быть видами из родов *Baikalogammarus* и *Poekilogammarus*.

Брюхоногие моллюски повсеместно присутствовали на здоровых корковых и больных ветвистых губках рода *Lubomirskia*, а также на соседних твердых субстратах. На корковых губках отмечены два вида гастропод: *Megalovalvata baicalensis* (Gerstfeldt 1859) и *Kobeltocochlea martensiana* (W. Dybowski 1875). На подошве ветвистых губок, кроме перечисленных выше гастропод, присутствовали *Benedictia baicalensis* (Gerstfeldt 1859), *Teratobaikalia ciliata* (W. Dybowski 1875), *Baicalia turiformis* (W. Dybowski 1875), а также виды рода *Choanomphalus*. На ветвях губок встречены *M. baicalensis* (рис. 2f, 2g), *B. baicalensis* и *B. turiformis*, особи этих видов гастропод ползали по обесцвеченным и полностью nekrotizirovannym ветвям или “висели” на ветвях, как на скальных и валунных стенках.

Характеристика губок

Высота исследованных губок составляла от 15–17 до 50–60 см (у большинства — 30–40 см). Масса губок колебалась в широких пределах — от 37 до 1600 г, из них крупных губок массой более 500 г было 6 экз. Губки различались не только размерами и массой, но также числом и формой ветвей (цилиндрические, уплощенные), количеством сросшихся ветвей.

В Южном Байкале все губки, кроме одной визуально здоровой, имели различные проявления заболеваний. В основном на губках обнаружены обрастания (спирогира и другие водоросли, биопленки, “розовая” плесень), некроз участков и даже целых ветвей, черные пятна с твердой поверхностью, язвы, коричневые густки, а у некоторых губок — обесцвеченные участки (рис. 2h–2k). Относительно размеров губки площадь повреждений в большинстве случаев была небольшой, мертвых губок с полным некрозом всех ветвей в отобранных пробах не было. В Среднем и Северном Байкале отмечены визуально почти здоровые губки, губки с незначительными проявлениями болезни или с небольшой площадью повреждений.



Рис. 2. Губки *Lubomirskia baikalensis* с различными проявлениями заболеваний и массовые виды амфипод и гастропод: *a, b* — агрегации *Brandtia parasitica* на визуально здоровой губке (падь Жилище); *c, d* — *Pallasia cancellus* на губке с отмершими водорослями (бухта Ая); *e* — *Pallasia cancellus* на губке с обесцвеченными ветвями (бухта Ая); *f, g* — *Megalovalvata baicalensis* на мертвых губках (падь Варначка); *h* — маленькая губка, заросшая нитчатыми водорослями (залив Лиственничный); *i* — губка с обширным некрозом ветвей (падь Варначка); *j* — губка с отмершими водорослями (залив Лиственничный); *k* — губка с некротизированными и обесцвеченными ветвями (мыс Березовый). Масштаб 5 см.

Макробеспозвоночные животные

На губках встречены представители 9 групп макробеспозвоночных животных: амфиподы, гастроподы, хирономиды (личинки), ручейники (личинки и куколки), изоподы, турбеллярии, пи-

явки, двустворчатые моллюски. Олигохеты сохранились только в трех пробах, зафиксированных 4% формалином, в замороженных пробах иногда единично встречались только полуразжившиеся фрагменты крупных олигохет. Осталь-

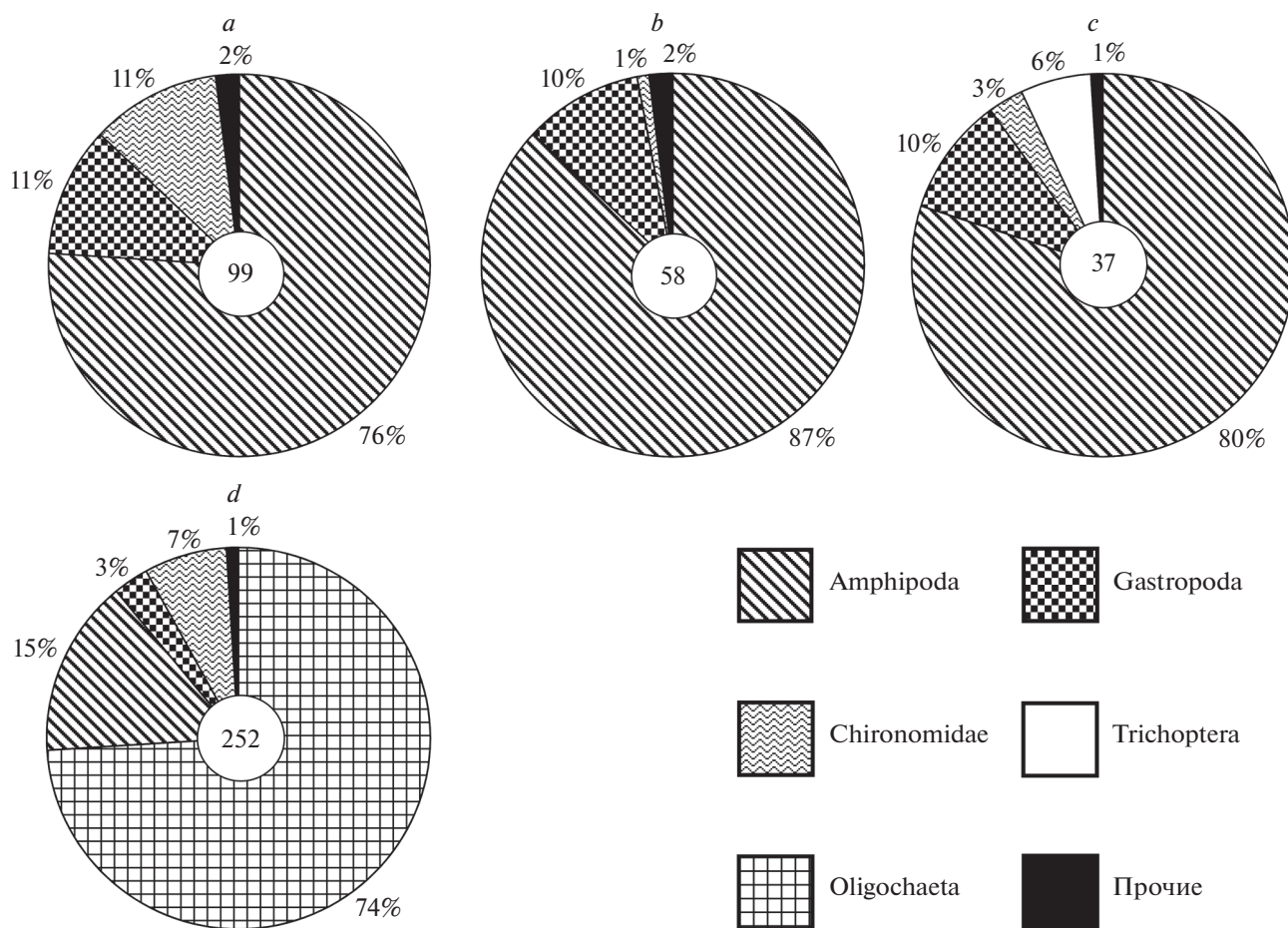


Рис. 3. Соотношение между основными группами макробеспозвоночных на губках: *a* — южная котловина (пробы без олигохет), *b* — средняя котловина (пробы без олигохет), *c* — северная котловина (пробы без олигохет), *d* — южная котловина (пробы с олигохетами). В центре диаграммы среднее число беспозвоночных на 100 г сырой массы губки.

ные группы беспозвоночных хорошо перенесли замораживание, а амфиподы даже сохранили естественный цвет.

Представители двух групп макробеспозвоночных — амфиподы и гастроподы — обнаружены на всех губках, хирономиды — в большинстве проб (встречаемость 71–86% в разных котловинах). Ручейники встречались на губках Южного и Северного Байкала чаще (по 57%), чем на губках Среднего Байкала (43%). В пробах из Южного Байкала часто попадались изоподы (64%), а в пробах из Среднего Байкала — пиявки (57%). Очень редко и не везде на губках отмечены турбеллярии и двустворчатые моллюски.

Средняя величина обилия всех макробеспозвоночных на 100 г губки уменьшалась по направлению с юга на север; количественно преобладали амфиподы, вклад гастропод и хирономид был ниже (рис. 3*a–3c*). Наибольшее значение обилия всех макробеспозвоночных на 100 г губки зарегистрировано в южной котловине (257 экз.). В абсолютных величинах наибольшие значения числа

беспозвоночных (до 900 экз. на одной губке) отмечены в Южном и Среднем Байкале.

Хирономиды в основном были представлены мелким особями (1–2, иногда 5 мм), длина более крупных не превышала 7–8 мм. На хирономид в разных котловинах приходилось от 1 до 11% от общего обилия (рис. 3*a–3c*). Прочие группы беспозвоночных попадались единичными экземплярами, а их доля в общем обилии составила лишь 1–2%. Только в северной котловине озера доля ручейников на губках была выше (рис. 3*c*). Почти все ручейники относятся к виду *Baicalina bellicosa* Martynov 1914. На двух губках у мыса Немнянка найдены мелкие двустворчатые моллюски рода *Euglesa*, причем некоторые из них были встроены в домики ручейников.

На губках, зафиксированных формалином ($n = 3$), доминировали олигохеты (рис. 3*d*), составляя 74% от общего обилия (в среднем 188 червей на 100 г губки). Олигохеты, несомненно, являются одной из основных групп, обитающих на губках, но по размерам скорее относятся к мейо-

беспозвоночным; в основном они были представлены мелкими (длина ~1–3 мм) видами из семейства Naididae. В огромных количествах отмечены представители родов *Chaetogaster* (длина ~0.5–1 мм, при подсчетах не учитывались) и *Nais*.

Кроме макробеспозвоночных, в пробах встречались организмы мейобентоса — остракоды, веслоногие рачки (род *Cyclops*), нематоды, гидры, тихоходки, инфузории (семейство Vorticellidae). Судя по видеоматериалам, на больных губках в массе поселяются мшанки.

Таксономический состав, распространение и количественные характеристики амфипод и гастропод

Амфиподы. На исследованных губках из разных районов Байкала нами зарегистрировано 35 видов и подвидов байкальских эндемичных амфипод и 5 таксонов родового ранга, не определенных до вида из-за отсутствия половозрелых особей или повреждений (табл. 1). Амфиподы принадлежат к 11 родам 5 семейств. Впервые на ветвистых байкальских губках зарегистрировано 20 таксонов амфипод. Число таксонов в разных котловинах озера примерно одинаково (табл. 1), но видовой состав таксоценозов и доминирующие виды разные. На одной губке встречено от 2 до 12 таксонов амфипод.

Во всех котловинах Байкала отмечены только 8 одних и тех же видов амфипод, два из них — *Brandtia parasitica sensu lato* и *Pallasea cancellus sensu lato*, представлены разными подвидами в разных частях озера (табл. 1). Немногие из зарегистрированных видов имели высокую встречаемость (до 80–100%) хотя бы в одной котловине. Таких таксонов всего пять: *B. parasitica parasitica*, *B. latissima lata* (Dybowsky 1874), *E. violaceus*, *P. cancellus gerstfeldtii* (Dybowsky 1874) и *Poekilogammarus erinaceus* Tachteew 1992 (табл. 1).

Главную роль в обилии амфипод на губках южной котловины играл облигатный симбионт байкальских губок *B. parasitica parasitica* (рис. 4). Вид встречен на всех исследованных губках, наибольшее обилие отмечено у мыса Березовый — более 800 экз. на одной губке.

В средней котловине доминировали два близких и трудноразличимых вида из рода *Poekilogammarus* — *P. erinaceus* и *P. araneolus* (Dybowsky 1874), а также *P. cancellus gerstfeldtii*, вместе составляя 84% обилия всех видов (рис. 4). Доля *B. parasitica sensu lato* в средней котловине незначительна (рис. 4). Номинативный подвид найден на одной губке в бухте Ая, а подвид *B. parasitica stenoccephala* (Daneliya et Väinölä 2014) — на одной губке у Нижнего Изголовья п-ова Святой Нос.

В северной котловине доминировала *P. cancellus cancellus*, на ее долю приходится более половины от общего обилия (рис. 4). Роль симбионта *B. parasitica hanajevi* (Daneliya et Väinölä 2014) не-

значительна (рис. 4), подвид найден на одной станции (мыс Елохин) на трех губках.

Вместе на одной губке *P. cancellus* и *B. parasitica* встречались редко — всего на четырех губках в южной котловине, на одной в средней, а в северной вместе не отмечены. При совместном обнаружении, если на губках была обильна *B. parasitica*, то *P. cancellus* была представлена единично, и наоборот. У *P. cancellus* на губках отмечены взрослые особи, молодь и ювенильные рачки без шипов, недавно вышедшие из марсупиумов самок (молодь преобладала). Большое количество *P. cancellus* обнаружено как на больных, так и на здоровых губках.

При высокой частоте встречаемости во всех котловинах озера дуплогрызущего симбионта байкальских губок *E. violaceus*, его доля в общем обилии была невысокой (табл. 1, рис. 4). Вид обнаружен как на губках с выгрызенными норками (19 губок, число рачков на губке 1–18), так и на губках без них (10 губок, число рачков 1–10). На некоторых губках число норок достигало 25 штук. Норки *E. violaceus* иногда были заняты *B. parasitica*.

Некоторые виды с высокой встречаемостью — *B. latissima lata*, *Eulimnogammarus cruentus* (Dorogostaisky 1930), *Baikalogammarus pullus* (Dybowsky 1874), *Micruropus minutus* (Sowinsky 1915) (табл. 1), имели низкое обилие (от десятых долей до 1.5%, кроме *B. latissima lata* — 6% в южной котловине). Большинство видов амфипод, зарегистрированных на губках, встречались редко и единично (менее 1 экз./100 г губки).

Редчайшие находки относятся к виду *Hyalellopsis hamata* Sowinsky 1915, найденному на двух станциях у побережья о-ва Ольхон (мыс Ухан и мыс Ижимей); всего обнаружено 15 особей, из них 1 яйценосная самка и 2 самки с молодью в марсупиуме. Это первая находка вида после его описания Совинским (1915).

Между массой губок и числом всех видов амфипод выявлена достоверная положительная корреляция (рис. 5).

Коэффициент видового сходства амфипод в пробах из разных котловин Байкала примерно одинаков: между южной и средней — 0.5, между южной и северной и средней и северной — по 0.4.

Гастроподы. На губках зарегистрировано 22 вида и подвида гастропод (один подвид новый) из 11 родов 5 семейств; все они являются байкальскими эндемиками, за исключением палеаркта *Radix auricularia* (Linnaeus 1758). В южной и средней котловинах озера обнаружено по 14 видов гастропод, в северной — 8 видов (табл. 1). Число таксонов гастропод на одной губке варьировало от 1 до 10.

Число особей гастропод, встреченных на губках, было на порядок меньше, чем число особей амфипод. Максимальное число особей гастропод на одной губке и среднее обилие в пересчете на единицу массы губки уменьшались от южной

Таблица 1. Таксономический состав и встречаемость амфипод и гастропод на ветвистых байкальских губках *Lubomirskia baikalensis* в трех котловинах Байкала (по материалам 2015, 2020, 2021, 2022 гг.)

Таксоны	Котловина		
	южная	средняя	северная
Amphipoda			
Семейство Acanthogammaridae			
<i>Brandtia</i> (<i>Brandtia</i>) <i>latissima lata</i> (Dybowsky 1874)	+++++	+++	++
* <i>B. (B.) latissima polyspina</i> Dorogostaisky 1930	—	—	+
<i>B. (Dorogostajskia) parasitica parasitica</i> (Dybowsky 1874)	+++++	+	—
<i>B. (D.) parasitica hanajevi</i> (Daneliya et Väinölä 2014)	—	—	++
<i>B. (D.) parasitica stenocephala</i> (Daneliya et Väinölä 2014)	—	+	—
* <i>Hyalellopsis (Hyalellopsis) hamata</i> Sowinsky 1915	—	++	—
Семейство Carinogammaridae			
* <i>Echiuropsus (Asprogammarus) rhodophthalmus rhodophthalmus</i> (Dybowsky 1874)	—	—	+
* <i>E. (Echiuropsus) levis</i> Bazikalova 1945	+	—	—
<i>Echiuropsus</i> sp.	+	—	—
* <i>Gmelinoides fasciatus</i> (Stebbing 1899)	+	—	—
Семейство Gammaridae			
<i>Bazikalovia obsoleta</i> (Bazikalova 1945)	++	+	—
<i>Eulimnogammarus (Eulimnogammarus) cruentus</i> (Dorogostaisky 1930)	++	++	++
<i>E. (E.) grandimanus</i> Bazikalova 1945	+	—	—
<i>E. (E.) lividus lividus</i> (Dybowsky 1874)	—	—	+
* <i>E. (E.) maackii maackii</i> (Gerstfeldt 1858)	+	—	—
* <i>E. (Eurybiogammarus) aheneus aheneus</i> (Dybowsky 1874)	—	—	+
* <i>E. (E.) capreolus</i> (Dybowsky 1874)	—	+	++
* <i>E. (E.) ibex atrichus</i> Bazikalova 1945	—	—	+
<i>E. (E.) violaceus</i> (Dybowsky 1874)	+++++	+++++	+++++
<i>Eulimnogammarus (Eurybiogammarus)</i> sp.	—	+	+
* <i>E. (Philolimnogammarus) cyanellus</i> Bazikalova 1945	—	+	—
<i>E. (P.) viridis viridis</i> (Dybowsky 1874)	+	—	++
<i>Eulimnogammarus (Philolimnogammarus)</i> sp.	+	++	—
* <i>Corophiomorphus</i> sp.	+	—	—
Семейство Micrurpodidae			
<i>Baikalogammarus pullus</i> (Dybowsky 1874)	+++	+	+++
* <i>Micruropsus asper</i> Bazikalova 1962	+	—	—
* <i>M. glaber glaber</i> (Dybowsky 1874)	—	+	—
* <i>M. koshowi koshowi</i> Bazikalova 1945	—	—	+
<i>M. littoralis littoralis</i> (Dybowsky 1874)	++	—	++
* <i>M. littoralis crassipes</i> Sowinsky 1915	—	++	—
<i>M. minutus</i> (Sowinsky 1915)	+++	+++	—
* <i>M. vortex vorticellus</i> Bazikalova 1945	+	—	—
Семейство Pallaseidae			
* <i>Pallasea (Babr)</i> aff. <i>baikali</i> Stebbing 1899	—	—	+
<i>P. (Pallasea) cancellus cancellus</i> (Pallas 1767)	+	—	+++
* <i>P. (P.) cancellus gerstfeldtii</i> (Dybowsky 1874)	—	+++++	—
* <i>P. (Pentagonurus) viridis</i> (Garajew 1901)	—	—	+
* <i>Poekilogammarus (Onychogammarus) araneolus</i> (Dybowsky 1874)	+	+	+
<i>P. (O.) erinaceus</i> Tachteew 1992	++	+++++	+++
* <i>P. (O.) megonychus megonychus</i> Sowinsky 1915	—	—	+
<i>Poekilogammarus</i> sp.	++	—	—
Число видов и подвидов амфипод	22	18	21

Таблица 1. Окончание

Таксоны	Котловина		
	южная	средняя	северная
Gastropoda			
Семейство Acroloxiidae			
* <i>Baicalancylus</i> sp. (молодь)	—	+	—
* <i>Gerstfeldtancylus</i> (<i>Kozhoviancylus</i>) <i>benedictiae</i> Starobogatov 1989	+	—	—
* <i>Pseudancylastrum</i> (<i>Pseudancylastrum</i>) aff. <i>aculiferum</i> Starobogatov 1989 (молодь)	+	—	—
* <i>P. (P.) sibiricum</i> (Gerstfeldt 1859)	+	—	—
• <i>Pseudancylastrum</i> sp. (молодь)	+	—	—
Семейство Baicaliidae			
* <i>Baicalia dybowskiana dybowskiana</i> (Lindholm 1909)	—	—	+
* <i>B. turrimiformis</i> (W. Dybowski 1875)	++	—	—
•Baicaliidae (протоконхи)	+	—	—
* <i>Maackia</i> (<i>Eubaicalia</i>) <i>bythiniopsis</i> (Lindholm 1909)	++	+	—
* <i>M. (E.) herderiana</i> (Lindholm 1909)	++++	—	—
* <i>M. (E.) variesculpta</i> (Lindholm 1909)	—	+	—
* <i>Teratobaicalia</i> (<i>Trichobaicalia</i>) <i>ciliata</i> (W. Dybowski 1875)	++	++	++
Семейство Benedictiidae			
* <i>Benedictia</i> (<i>Baicalocochlea</i>) <i>baicalensis</i> (Gerstfeldt 1859)	+	+++	++
<i>Kobeltocochlea martensiana</i> (W. Dybowski 1875)	++	++	—
Семейство Lymnaeidae			
* <i>Radix auricularia</i> (Linnaeus 1758)	—	—	+
Семейство Planorbidae			
* <i>Choanomphalus amauronius</i> Bourguignat 1862	++	++	+
* <i>Ch. annuliformis</i> Kozhov 1936	—	++	—
* <i>Ch. euristomus</i> Lindholm 1909	++	++	+
* <i>Ch. euristomus</i> ssp. n.	—	+	++
* <i>Ch. gerstfeldtianus</i> Lindholm 1909	++	+	—
* <i>Ch. maacki</i> Gerstfeldt 1859	+++	—	—
• <i>Choanomphalus</i> (молодь)	—	—	+
* <i>Ch. aff. schrenki</i> W. Dybowski 1875	—	+	—
* <i>Ch. valvatooides</i> W. Dybowski 1875	—	+	—
Семейство Valvatidae			
<i>Megalovalvata</i> (<i>Megalovalvata</i>) <i>baicalensis</i> (Gerstfeldt 1859)	++++	+++++	+++++
Число видов и подвидов гастропод	14	14	8
Число проб	15	7	7

Примечания. * На губках отмечен впервые, • В общее число видов не включен.

Встречаемость, %: + — менее 20, ++ — 21–40, +++ — 41–60, ++++ — 61–80, +++++ — 81–100.

Прочерк — представитель данного таксона не встречен.

котловины к северной (рис. 4). Наибольшее обилие гастропод (32 экз./100 г губки) при доминировании одного вида — *Choanomphalus amauronius* Bourguignat 1862 (66%) — отмечено на губке, покрытой нитчатыми водорослями (южная котловина, Листвянка). Наибольшее число видов (10) при высоком обилии гастропод (20 экз./100 г губки) также отмечено в южной котловине (падь Варначка) на губке с обширным некрозом ветвей.

Пять широко распространенных в Байкале видов гастропод встречены на губках во всех котло-

винах (табл. 1). Вальваты *M. baicalensis* имели наибольшую частоту встречаемости (80–100%) во всех котловинах озера (рис. 4). Доля вальват в обилии гастропод в южной котловине составила 33% (до 9 экз. на 100 г губки), в средней и северной котловинах *M. baicalensis* была абсолютным доминантом среди гастропод, однако число особей на 100 г губки не превышало 4 экз. (рис. 4).

Второе место по встречаемости в южной котловине занимали два вида — *Maackia herderiana* (Lindholm 1909) и *Ch. maacki* Gerstfeldt 1859 (табл. 1),

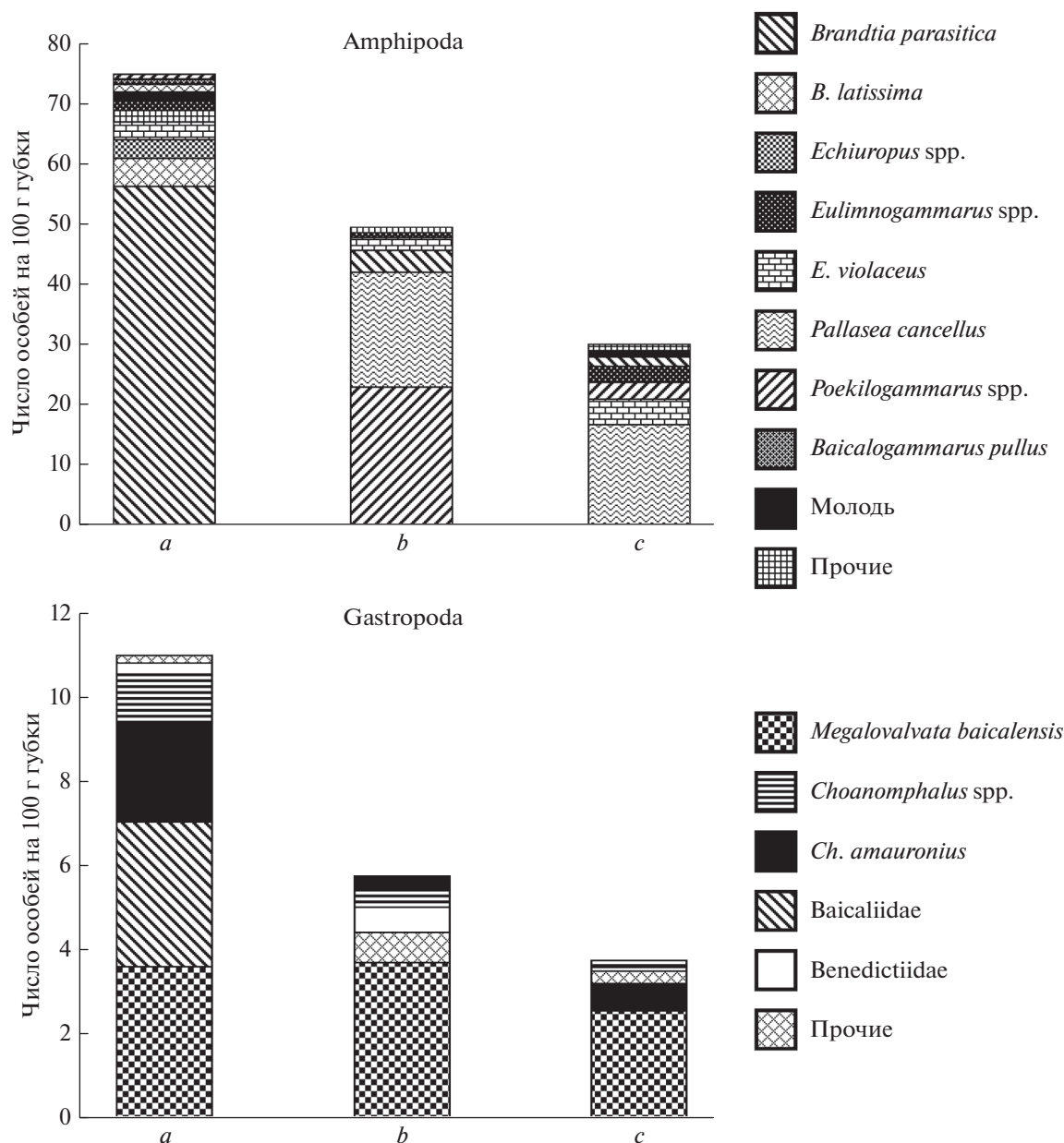


Рис. 4. Таксономическая структура и обилие амфипод и гастропод на губках: *a* — южная котловина, *b* — средняя котловина, *c* — северная котловина.

а по обилию — *Ch. amauronius* и *M. herderiana* (рис. 4). Максимальное число особей *Ch. amauronius* достигало 21 экз., а *M. herderiana* — 13 экз. на 100 г губки (рис. 4). Средние значения обилия других видов гастропод не превышали 1 экз./100 г губки. Половина таксонов гастропод обнаружена на губках одноразово единичными экземплярами. Не идентифицированная до вида молодь улиток составила небольшую долю (0.5–1% от общего числа).

Достоверно значимая корреляция между массой губок и обилием на них гастропод не выявлена (рис. 5).

Коэффициент видового сходства гастропод между южной и средней котловинами озера выше (0.67), чем между южной и северной, а также между средней и северной котловинами (по 0.45).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования выявили видовое богатство, разнообразие экологических групп (образа жизни) и количественное обилие амфипод и гастропод, ассоциированных с байкальскими ветвистыми губками с разными признаками заболеваний. На ветвистых губках в разных районах

трех котловин Байкала впервые зарегистрированы 20 таксонов амфипод и 21 таксон гастропод (табл. 1). Одиннадцать из зарегистрированных ранее 24 видов и подвидов амфипод, обнаруженных на здоровых губках (Kamaltynov et al., 1993; Weinberg et al., 2004), не встречены на больных ветвистых губках в период наших исследований. Эти найденные амфиподы относятся главным образом к редким и малочисленным видам. По всем имеющимся к настоящему времени данным список ассоциированных с ветвистыми губками амфипод включает 51 таксон (46 без учета определенных до рода).

Видовой состав гастропод, ассоциированных с губками, изучен практически впервые (табл. 1). Отмеченное таксономическое богатство гастропод, ассоциированных с большими губками, свидетельствует об активном освоении ими нового биотопа по всему Байкалу. Выявленное на видео- и фотоматериалах неравномерное распределение гастропод на подошве и ветвях губок свидетельствует об «ярусности» распределения. Некоторые виды гастропод, например, представители рода *Choanomphalus*, на ветвях губок не встречены.

Большинство амфипод и гастропод, отмеченных на губках, широко распространено в литоральной зоне по всему озеру, видов с ограниченным ареалом мало. Среди амфипод преобладают литофилы (большинство *Eulimnogammarus*, *B. latissima*, некоторые *Micruropus*), есть обитатели песчаных и заиленных грунтов (*Micruropus*, *Echiuropus*), а также виды, обитающие среди водорослей и зарослей высшей растительности (*Pallasea*, *B. pullus*). В специализированную группу спонгиофилов входят четыре вида, о которых будет сказано ниже. Многие виды амфипод, обитающие на губках, очень подвижны и легко мигрируют с одного биотопа на другой (Механикова, 2017). Большинство видов гастропод, отмеченных на губках, в озере Байкал населяют каменисто-валунные и скальные грунты литорали. Лишь *Choanomphalus schrencki* W. Dybowski 1875 (на губках найдены сходные с ним особи моллюсков) является обычным обитателем песчаных грунтов, *Baicalia dybowskiana* (Lindholm 1909), *Ch. valvatoides* W. Dybowski 1875, *B. baicalensis* и *R. auricularia* обитают на смешанных каменисто-песчаных грунтах, представители двух последних видов часто встречаются на водной растительности. Один вид — *Gerstfeldtiancyclus benedictiae* Starobogatov 1989 — населяет главным образом поверхность раковины улиток рода *Benedictia*.

Население байкальских ветвистых губок формируется из специализированных облигатных видов-спонгиофилов (видов-консортов) и не облигатных видов, населяющих окружающее дно. К истинным консортам Камалтынов (Kamaltynov et al., 1993) относит организмы, живущие исключительно на виде-эдификаторе, гибель которого влечет за собой гибель консортов, а виды, встречающиеся на губке время от времени, по его мне-

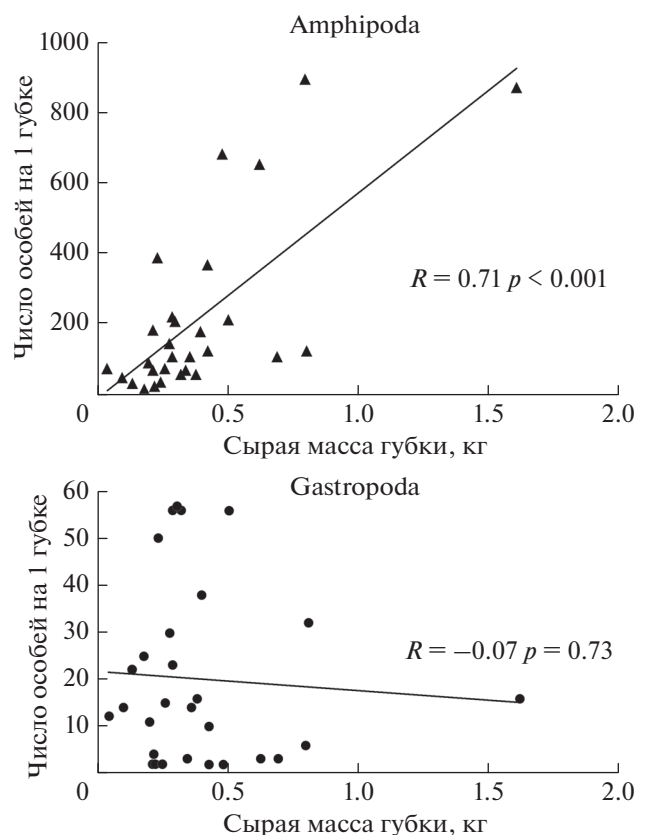


Рис. 5. Связь между числом амфипод и гастропод и массой губок *Lubomirskia baicalensis*.

нию, не следует считать консортами. Так, по его наблюдениям, для *P. erinaceus* губка служит лишь временным местообитанием и только на ювенильной стадии (Kamaltynov et al., 1993). В наших материалах нектобентонты *P. erinaceus* и *P. araneolus*, доминирующие на губках в средней котловине озера, были представлены разноразмерными особями, в том числе яйценосными самками. Поэтому к консортам ветвистых губок мы относим четыре вида амфипод — эпибионта *B. parasitica sensu lato*, дуплогрызущего симбионта *E. violaceus* и нектобентонтов *P. erinaceus* и *P. araneolus* (Базикалова, 1945; Kamaltynov et al., 1993; Takhteev, 1995; Тахтеев, 2000; Daneliya, Väinölä, 2014). Среди гастропод, зарегистрированных на губках, истинных видов-консортов не обнаружено. Ни один из видов гастропод не является облигатным симбионтом губок, все они обитают главным образом на каменистых грунтах литорали Байкала и используют губку как дополнительное местообитание (Кожов, 1936; Ситникова и др., 2010).

Хотя у перечисленных выше видов-консортов амфипод весь жизненный цикл связан с губкой, перечень субстратов, на которых они встречаются, гораздо шире. Так, *B. parasitica sensu lato* часто встречалась на затопленной древесине и (при драгировках) на песчаном грунте. Подвид *B. para-*

sitica stenocephala отмечен не только на живых, но и на мертвых губках, отловлен на илистом дне при отборе проб драгой на большой глубине (190–210 м), а также встречен на затопленной древесине (Kamaltynov et al., 1993; Камалтынов, 2001; Daneliya, Väinölä, 2014). Расселение рачков происходит во время горизонтальных миграций — осенью часть популяции *B. parasitica* перемещается на большие глубины; мигрирующие особи отмечались на гальке, гравии, щебне, песке и других типах грунта (Камалтынов, 2001).

E. violaceus живет в норках, которые выгрызает в губках мощными мандибулами. Он также совершает горизонтальные миграции и вне губок отмечался на щебне, песке, обломках камней (Dybowsky, 1874; Совинский, 1915; Базикалова, 1945; Kamaltynov et al., 1993; Камалтынов, 2001). На больных губках в большинстве случаев амфипод было больше, чем норок, но встречались и губки с норками, где не было амфипод, что также указывает на миграционную активность *E. violaceus*. Губкам *E. violaceus* не наносит большого вреда — немногочисленные и неглубокие норки вряд ли могут влиять на структуру и прочность ветвей. Вероятно, *E. violaceus* поддерживает “гнездо” в порядке, вычищая его поверхность и, возможно, покидает губку, когда норки становятся непригодными для обитания после зарастания водорослями, в том числе после заболевания губки.

К консортам губок также относятся два близких вида — *P. erinaceus* и *P. araneolus*, из группы нектобентических амфипод. Среди нектобентонтов рода *Poekilogammarus* лишь немногие тесно связаны с субстратом — *P. araneolus* отмечен только на камнях с губками, а *P. erinaceus* отмечен, кроме того, на разных типах каменистых и илисто-песчаных грунтов (Dybowsky, 1874; Takhteev, 1995; Тахтеев, 2000, 2000a). Вокруг кустов губок *P. erinaceus* образовывал плотные скопления (Тахтеев, 1992; Камалтынов, 2001). Несмотря на большую подвижность и способность избегать орудий лова, частота встречаемости и обилие этих видов были высокими в средней части озера.

Из большого числа не облигатных видов амфипод некоторые имели высокую частоту встречаемости и значительное обилие (табл. 1, рис. 4). Фитофил *P. cancellus* sensu lato не только широко распространился на губках в средней и северной частях озера, но и вытеснил там облигатного симбионта байкальских губок *B. parasitica* (рис. 4). Летом *P. cancellus* обитает в основном на растениях, в начале зимы после их отмирания мигрирует на каменистые грунты с водорослевыми обрастаниями, а зимой — на нижнюю поверхность льда с водорослями (Камалтынов, 2001; Бондаренко и др., 2009). Множество взрослых особей *P. cancellus* на ветвистых губках наблюдали водолазы — в “докризисный” период В.И. Черных (мыс Ижигей, северная котловина), в современный период И.В. Ханаев (разные районы). Несмотря на значительные морфологические различия между

B. parasitica и *P. cancellus*, оба вида прекрасно приспособлены к обитанию на губке благодаря вооружению тела и цепким конечностям. У *B. parasitica* дорсальные кили и латеральные выросты несут многочисленные шипы, у *P. cancellus* вооружение состоит из килей и зубцов, особенно мощных и на концах загнутых крючком на 5-м сегменте мезосомы. Не удивительно, что *P. cancellus* — крупный (в наших пробах длина до 50 мм), очень подвижный и неприхотливый вид — стал конкурентом для мелких (10–12 мм) и малоподвижных рачков.

В отличие от обилия байкальских амфипод, обилие брюхоногих моллюсков не коррелировало с массой губок (рис. 5). Для морских губок также показаны как наличие, так и отсутствие корреляции между объемом губок и обилием на них беспозвоночных (Chin et al., 2020). Различия между таксономическим богатством амфипод и брюхоногих моллюсков, найденных на губках в разных котловинах озера, отчасти можно объяснить разным объемом выборки.

Несмотря на постоянную встречаемость *M. bicalensis* на каменистых и скальных грунтах литорали южной и средней котловин озера, эти вальваты значительно уступали другим гастроподам в обилии (Кожов, 1936; Ситникова и др., 2010; Максимова и др., 2012). На губках же, как на здоровых (Kamaltynov et al., 1999), так и на больных, в настоящее время они преобладали (рис. 4). Совместно с *K. martensiana* и *T. ciliata* вальваты также населяют корковые губки, но для откладки яиц эти и другие виды гастропод используют свободные от губок пространства, лишь иногда прикрепляя яйцевые массы у края подошвы губок (Ситникова, собственные наблюдения). Этот факт позволяет предположить, что гастроподы, в том числе и вальваты, являются временными обитателями губок. Вероятно, основная причина, по которой гастроподы посещают больные губки, это обилие на них разнообразной пищи.

По способу добывания пищи среди амфипод, встреченных на губках, преобладали собиратели и соскребатели (виды родов *Brandtia*, *Eulimnogammarus*, *Pallasea*, *Micruropus*, *Gmelinoides* и др.). Судя по составу питания амфипод, на ветвистых губках успешно сосуществуют всеядные бентофаги, планктофаги, хищники, некоторым видам свойственна некрофагия (Гаврилов, 1950; Morino et al., 2000; Механикова, 2001, 2002; Mekhanikova, 2010; Механикова, Воробьева, 2017). Паразиты-спонгиозофаги, питающиеся тканями губки, не выявлены.

У амфипод питание губками требует существенной модификации ротового аппарата, в первую очередь мандибул, пригодных для разгрызания твердой пищи (Oshel, Steele, 1985; Coleman, 1989). Из 496 видов ракообразных (из них 53 вида амфипод), ассоциированных с антарктическими губками, было известно не более 25 видов, питающихся губками (Arndt, 1933). Ни у од-

ного из байкальских видов амфипод, найденных на губках, не отмечено специализации ротового аппарата для питания губкой (Mekhanikova, 2010). Модификация мандибулы может быть также обусловлена специализированным местообитанием (Watling, 1993). У *E. violaceus*, выгрызающего норки в губках с кремниевым скелетом, мандибулы базового типа имеют ряд модификаций. Это прочные “коронки” на режущих частях мандибулы (а не только по краям зубцов, как у полифагов), режущие части направлены вниз и немного вперед относительно верхнего края головы, а также некоторые другие адаптации (Mekhanikova, 2010).

Результаты исследования состава питания *E. violaceus* противоречивы. По данным Гаврилова (1950), у всех вскрытых им особей кишечника оказались пустыми (объем материала, к сожалению, не указан). Морино с соавторами (Morino et al., 2000) находили в кишечниках *E. violaceus* (не более 5 рачков) фрагменты губки со спаянными спикулами. Одним из авторов данной статьи было вскрыто 34 кишечника *E. violaceus*, и только два из них были заполнены кусочками губки, у 11 фрагменты губок встречались единично, а большинство просмотренных кишечника были пустыми (Mekhanikova, 2010). По микроэлементному составу амфипода *E. violaceus* и гастропода *M. baicalensis* выделяются среди других исследованных литоральных видов из этих групп беспозвоночных высокой концентрацией меди, цинка, железа, марганца, кадмия, что свидетельствует об их тесной связи с губкой, в составе которой также много меди и цинка. Компонентами пищи указанных видов амфипод и гастропод могли быть симбиотические водоросли, клетки губки, простейшие, грибы и бактерии, не оставляющие следов в кишечнике (Куликова и др., 2007, 2017).

В пищевом комке гастропод, которые населяют каменистую литораль озера и характеризуются различными пищевыми стратегиями, отмечены разнообразные объекты питания от простейших до планктонных и бентосных диатомовых, а также растительный и животный детрит и пыльца хвойных (Röpstorf et al., 2003; Ситникова, Репсторф, 2004; Sitnikova et al., 2012). Как и на каменистых грунтах литорали, на губках обнаружены соскребатели (Benedictiidae, Acroloxidae и Planorbidae) и фильтраторы (Valvatidae и Baicaliidae). Способ фильтрации у гастропод из этих семейств различный. Представители первого семейства собирают пищу с субстрата по способу “пылесоса”, позволяющего захватывать большой спектр пищевых частиц, в том числе “губочный” детрит. Представители второго семейства улавливают пищевые частицы, пропускаемые с током воды через мантийную полость, где они обволакиваются слизью. Фильтраторы составили более 60% обилия всех гастропод, ассоциированных с губками.

Ранее было выяснено, что пищевой комок фильтратора *M. baicalensis*, обитающего на губках,

включал главным образом спикулы губок, а также планктонные и бентосные диатомовые водоросли, обрывки макрофитов и песчинки (Röpstorf et al., 2003; Ситникова, Репсторф, 2004). Пищевой комок *M. baicalensis* на скальных стенках каньона Жилище на 40% состоял из спикул губок. После гибели и разрушения губок их фрагменты и спикулы, благодаря течениям, прибою, в результате двигательной активности беспозвоночных и рыб, попадают в толщу воды и включаются в состав сестона. Судя по соотношению стабильных изотопов азота и углерода, вальваты усваивают растительный и животный детрит (Sitnikova et al., 2012).

На каменистой литорали Байкала население губок было менее разнообразно, чем население окружающего субстрата (Kamaltynov et al., 1993; Kravtsova et al., 2004), а плотность поселения и амфипод, и гастропод достигала нескольких тысяч экземпляров на 1 м² (Kravtsova et al., 2004; Максимова и др., 2012; и др.). По приведенным выше данным для этих групп, обитающих на губках (рис. 4, 5), может показаться, что население губок беднее не только по видовому составу, но и количественно. Однако даже у небольшой ветвистой губки (высотой 30 см) с шестью ветвями (диаметром около 2 см) площадь поверхности составляет примерно 0.1 м², поэтому при пересчете обилия беспозвоночных на квадратный метр поверхности губки окажется, что плотность поселения не ниже, чем на каменистых грунтах литорали.

По сравнению с “докризисным” периодом нами не выявлено уменьшения количественных показателей массовых видов макробеспозвоночных на больших губках. Хотя количественные данные для сравнения наших материалов с более ранними данными немногочисленны и касаются в основном лишь некоторых массовых видов (Kamaltynov et al., 1993), изучение архивных фото- и видеоматериалов это подтверждает. При пересчете данных из графиков (Kamaltynov et al., 1993) на 100 г сырой массы губки получены следующие средние значения: по всем губкам — *B. parasitica* 34 экз., *E. violaceus* 2 экз.; на крупных губках (2.5–3 кг) — *B. parasitica* 63–76 экз., *E. violaceus* 1 экз., *M. baicalensis* 3 экз.. По нашим данным, полученным также для южной котловины, средние значения на 100 г губки составили у *B. parasitica* 40 экз., *E. violaceus* 3.5 экз., *M. baicalensis* 5 экз. Максимальные значения обилия для упомянутых выше и некоторых других видов в большинстве случаев тоже сопоставимы.

Из-за сидячего прикрепленного образа жизни губки, как и кораллы, более уязвимы к колебаниям факторов среды обитания и инфекциям, чем подвижные организмы. Стрессовые факторы окружающей среды, чрезмерный вылов, патогенные организмы, хищничество и напряженные конкурентные отношения, загрязнители с побережья, сведение лесов в прибрежной зоне, а так-

же комплекс нескольких факторов могут быть причинами заболеваний и гибели губок. Часто эпидемии губок приводили к их массовой гибели, и в середине 20 века индустрия, связанная с губками, оказалась на грани исчезновения (Castritsi-Catharios et al., 2005; Webster, 2007; Luter et al., 2010). В Карибском бассейне в 1938 г. эпидемия поразила до 70–95% туалетных губок и только через 10 лет их численность стала восстанавливаться. В Лигурийском море в 1987 г. погибло более 60% коммерческих губок. Массовая гибель губок наблюдалась в Средиземном море, в Папуа – Новая Гвинея, на Большом Барьерном рифе и других морских водоемах (Gaino et al., 1992; Smith et al., 1996; Pronzato, 1999; Cerrano et al., 2001; Cervino et al., 2006; Webster, 2007).

Губки также обладают высокой способностью к регенерации, восстановление популяций губок включает в себя комплекс процессов регенерации и пополнения (Pronzato, 1999; Wulff, 2013). Многие виды губок могут противостоять инвазиям патогенных организмов, продуцируя различные биоактивные соединения с антибактериальными, противовирусными и другими свойствами. Также губки способны изолировать поврежденные ткани от здоровой части губки, создавая тканевые барьеры (Rützler, 1988; Blunt et al., 2005; Webster, 2007). Для восстановления популяций коммерческих губок в Карибском бассейне, Средиземном море, на Филиппинах и островах Микронезии успешно использовались так называемые губочные “фермы” (Pronzato, 1999; Webster, 2007). При массовой смертности коммерческих губок на мелководье в Средиземном море было рекомендовано их сохранение в более глубоких водах, где они могли бы служить родильными домами (“brodstock”) (Castritsi-Catharios et al., 2005). Процесс регенерации пораженных участков и быстрый рост недавно были описаны для байкальских форм губок (Maikova et al., 2020).

Однако губки – это очень медленно растущие животные, и при их полной или даже частичной гибели на восстановление популяции потребуются многие годы. Исследования по изучению времени восстановления нарушенных в значительной степени морских сообществ, к которым относятся такие крупные долгорастущие виды, как губки и кораллы, показывают, что этот процесс может растянуться на десятилетия и даже на сотни лет (Воздействие тралового промысла ..., 2013). Существуют также примеры быстрой сукцессии, занимающей годы, что было отмечено у стеклянных губок (Fillinger et al., 2013). В Баренцевом море расчетное время на восстановление массовых поселений губок оценивалось минимум в 16 лет (Воздействие тралового промысла ..., 2013; Любин, 2013).

По многолетним наблюдениям у байкальских ветвистых губок на месте обломанных омертвевших кончиков ветвей через некоторое время отрастали живые ветви (Ханаев, в печати). В усло-

виях эксперимента, проведенного в естественных условиях, у массово пасынкованных особей ветвистой губки *L. baikalensis* заживление происходило в течение 2–6 месяцев. В местах обрезки в течение года наблюдалась регенерация тканей с восстановлением точки роста, с максимальными приростами отдельных ветвей до 3 см за год (Ханаев и др., в печати). Этот же процесс неоднократно наблюдали на примере реперных особей больных губок на стационарных площадках в разных районах озера (Maikova et al., 2020).

Наиболее наглядным примером эффективности создания губочных “ферм” на Байкале может служить проложенный летом 2005 г. по дну озера кабельный переход ЛЭП 35 кВ в проливе Ольхонские ворота (Малое Море). Укладка кабельных цепей на дно пролива проводилась в пластиковых трубах ПЭ 100. Начиная с 2006 г., сначала ежегодно, потом раз в два года на объекте проводятся режимные обследования. В условиях преобладания в проливе песчаных грунтов и сложившихся благоприятных гидрологических факторов, в том числе придонных течений, полиэтиленовая труба и бетонные конструкции явились оптимальным субстратом для поселения байкальских губок. Так, начиная с 2008–2009 гг., при проведении очередных визуальных водолазных осмотров на кабельном переходе стали появляться десятки, а потом и сотни молодых губок. К настоящему времени (август 2022 г.) на конструкциях кабельного перехода имеются участки, сплошь покрытые корковыми губками, а на бетонных и металлических частях встречаются и ветвистые губки. Отдельные разрастания корковых губок достигали 0.4 м в диаметре, что свидетельствует о достаточно высоких скоростях прироста – до 2 см в год.

Для сохранения байкальских ветвистых губок были предложены такие меры, как контроль над состоянием среды обитания, особенно в местах антропогенного влияния, и использование неdestructивных методов сбора материала во время исследовательских работ (Timoshkin et al., 2016; Букшук, 2020). По нашему мнению, для восстановления популяций ветвистых губок наиболее перспективным может оказаться создание губочных “ферм” в районах озера с преимущественно здоровыми губками. Наблюдения за ростом и состоянием губок на искусственных субстратах при помощи видео- и фотосъемки помогут определить время, когда губок можно будет переместить в другие районы Байкала. Так как скорость роста байкальских ветвистых губок очень низкая и в среднем составляет 1 см в год (Гомбрайх, 1988), то этот процесс может занять многие годы.

БЛАГОДАРНОСТИ

За предоставленные пробы губок с мыса Березовый благодарим О.А. Тимошкина и сотрудников Лаборатории биологии водных беспозвоночных, за оформление рисунков – А.А. Широкову.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках бюджетных тем Лимнологического института СО РАН № 0279-2021-0007 и № 0279-2021-0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Базикалова А.Я., 1945. Амфиподы озера Байкал // Труды Байкальской лимнологической станции. Т. 11. 440 с.
- Бондаренко Н.А., Оболкина Л.А., Мельник Н.Г., Механикова И.В., Глызина О.Ю. и др., 2009. Кробиология озера Байкал: современное состояние изученности вопроса и основные направления исследований // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. 2. Книга 1. Новосибирск: Наука. С. 912–927.
- Бормотов А.Е., 2011. Что случилось с байкальскими губками? // Наука из первых рук. Т. 41. № 5. С. 20–23.
- Букишук Н.А., 2020. Губки // Красная книга Иркутской области. Улан-Удэ: Изд-во ПАО “Республиканская типография”. С. 327–330.
- Вейнберг Е.В., 2005. Спонгиофауна плиоцен-четвертичных отложений Байкала. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург: Зоол. ин-т АН СССР. 22 с.
- Воздействие тралового промысла на донные экосистемы Баренцева моря и возможности снижения уровня негативных последствий, 2013. Мурманск. WWF. 55 с.
- Гаврилов Г.Б., 1950. Макрофауна прибрежной платформы Южного Байкала в районе Лиственичного. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: Зоол. ин-т АН СССР. 4 с.
- Гомбрайх В.А., 1988. Новые данные о *Lubomirskia baikalensis* Dyb. из озера Байкал // Новое в изучении флоры и фауны Байкала и его бассейна. Иркутск. С. 70–76.
- Грачев М.А., Синюкович В.Н., Макаров М.М., Дзюба Е.В., Тимошкин О.А. и др., 2015. Выступление на бюро Совета по науке РАН и ФАНО. Москва, 15 апреля 2015 г. Иркутск: Репроцентр А1. 44 с.
- Деникина Н.Н., Дзюба Е.В., Белькова Н.Л., Ханаев И.В., Феранчук С.И., 2016. Первый случай заболевания губки *Lubomirskia baikalensis*: исследование микробиома // Известия РАН. Серия биологическая. № 3. С. 315–322.
- Ефремова С.М., 2001. Губки // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Новосибирск: Наука. Т. 1. Книга 1. С. 177–190.
- Камалтынов Р.М., 2001. Амфиподы (Amphipoda: Gammaroidea) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. 1. Книга 1. С. 573–831.
- Кожов М.М., 1931. К познанию фауны Байкала, ее распределения и условий обитания // Известия Биолого-географического научно-исследовательского института при Государственном Иркутском университете. Т. 5. № 1. 171 с.
- Кожов М.М., 1936. Моллюски озера Байкал. Систематика, распределение, экология, некоторые данные по генезису и истории // Труды Байкальской Лимнологической станции. Т. 8. 350 с.
- Куликова Н.Н., Максимова Н.В., Сутурин А.Н., Парадина Л.Ф., Ситникова Т.Я. и др., 2007. Биогеохимическая характеристика доминирующих моллюсков каменистой литорали Южного Байкала // Геохимия. № 5. С. 535–546.
- Куликова Н.Н., Механикова И.В., Чебыкин Е.П., Воднева Е.В., Тимошкин О.А., Сутурин А.Н., 2017. Химический элементный состав и концентрационная функция амфипод литоральной зоны оз. Байкал // Водные ресурсы. Т. 44. № 3. С. 366–380.
- Любарский Е.Л., 1974. Об оценке проективного покрытия компонентов травостоя // Экология. № 1. С. 98–99.
- Любин П.А., 2013. Устойчивое использование биоресурсов морей России: проблемы и перспективы // Презентация в ходе работы круглого стола, организованного Всемирным фондом дикой природы России при поддержке Ассоциации “РПХ Карат” 27–28 мая 2013 г. в г. Мурманске.
- Майкова О.О., Букишук Н.А., Кравцова Л.С., Онищук Н.А., Сакирко М.В. и др., 2023. Спонгиофауна озера Байкал в системе мониторинга за шесть лет наблюдений // Сибирский экологический журнал. Т. 1. С. 11–24.
- Максимова Н.В., Мельникова Е.Н., Широкая А.А., Ситникова Т.Я., Тимошкин О.А., 2012. Сезонное и межгодовое распределение брюхоногих моллюсков в трех гидродинамических зонах каменистой литорали озера Байкал // Ruthenica. Т. 22. № 1. С. 1–14.
- Механикова И.В., 2001. Состав и сезонная динамика питания *Brandtia parasitica* (Dyb.) из озера Байкал // Исследования фауны водоемов Восточной Сибири. Иркутск: Иркутский гос. университет. С. 62–70.
- Механикова И.В., 2002. Сравнительное изучение питания двух видов рода *Pallasea* (Crustacea, Amphipoda) из озера Байкал // Экологические, физиологические и паразитологические исследования пресноводных амфипод. Иркутск: Иркутский гос. ун-т. С. 5–17.
- Механикова И.В., 2017. Амфиподы (Crustacea, Amphipoda) каменистой литорали Южного Байкала в районе мыса Березовый // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. биол. Т. 122. № 3. С. 28–37.
- Механикова И.В., Воробьева С.С., 2017. О питании симбиотических амфипод *Brandtia parasitica parasitica* (Crustacea, Amphipoda) на больных байкальских губках семейства *Lubomirskiidae* в Южном Байкале // Зоологический журнал. Т. 97. № 2. С. 131–135.
- Песенко Ю.А., 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 287 с.
- Ситникова Т.Я., Ренсторф П., 2004. Эти моллюски живут только в Байкале // Наука из первых рук. № 1. С. 84–99.
- Ситникова Т.Я., Старобогатов Я.И., Широкая А.А., Шибанова И.В., Коробкова Н.В., Адов Ф.В., 2004. Брюхоногие моллюски (Gastropoda) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосбор-

- ного бассейна. Новосибирск: Наука. Т. 1. Книга 2. С. 937–1002.
- Ситникова Т.Я., Широкая А.А., Максимова Н.В., Ханаев И.В., Слугина З.В., Тимошкин О.А., 2010. Распределение брюхоногих моллюсков в каменистой литорали озера Байкал // Гидробиологический журнал. Т. 46. № 1. С. 3–20.
- Совинский В.К., 1915. Amphipoda оз. Байкал // Зоологические исследования Байкала. Т. 9. Вып. 1. Киев: Императорский университет Св. Владимира. 381 с.
- Тахтеев В.В., 1992. *Poekilogammarus erinaceus* sp. n. — новый вид байкальских бокоплавов (Amphipoda, Gammaridae) // Зоологический журнал. Т. 71. № 2. С. 150–153.
- Тахтеев В.В., 2000. Очерки о бокоплавах озера Байкал: систематика, сравнительная экология, эволюция. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та. 355 с.
- Тахтеев В.В., 2000а. Дополнение к ревизии рода *Poekilogammarus* Stebbing, 1899 (Crustacea, Amphipoda, Gammaridea) из озера Байкал // Зоологический журнал. Т. 79. № 6. С. 649–661.
- Ханаев И.В., 2016. Пространственно-временной аспект распространения различных форм заболевания байкальских губок на мелководьях озера Байкал // Вестник научных конференций. № 12. С. 36.
- Ханаев И.В., Дзюба Е.В., Белькова Н.Л., Феранчук С.И., Макаров М.М. и др., 2017. Развитие эпизоотии байкальских губок родов *Lubomirskia* и *Baikalospongia*. Карта № 218 // Экологический атлас Байкальского региона. Изд-во Института географии им. В.Б. Софачвы СО РАН. 5 с. <http://atlas.isc.irk.ru>. ISBN: 978-5-94797-314-3.
- Arndt W., 1933. Die biologischen Beziehungen zwischen Schwämmen und Krebsen // Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin. B. 19. S. 221–325.
- Belikov S., Belkova N., Butina T., Chernogor L., Martynova-Van Kley A. et al., 2019. Diversity and shifts of the bacterial community associated with Baikal sponge mass mortalities // PLoS ONE. V. 14. № 3.
- Blunt J.W., Copp B.R., Munro M.H.G., Northcote P.T., Prinsep M.R., 2005. Marine natural products // Natural Product Reports. V. 22. P. 15–61.
- Castritsi-Catharios J., Miliou H., Pantelis J., 2005. Experimental sponge fishery in Egypt during recovery from sponge disease // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. V. 15. P. 109–116.
- Cerrano C., Magnino G., Sarà A., Bavestrello G., Gaino E., 2001. Necrosis in a population of *Petrosia ficiformis* (Porifera, Demospongiae) in relation with environmental stress // Italian Journal of Zoology. V. 68. № 2. P. 131–136.
- Cervino J.M., Winiarski-Cervino K., Polson S.W., Goreau Th., Smith G.W., 2006. Identification of bacteria associated with a disease affecting the marine sponge *Ianthella basta* in New Britain, Papua New Guinea // Marine Ecology Progress Series. V. 324. P. 139–150.
- Chin Y.Y., Prince J., Kendrick G., Wahab M.A.A., 2020. Sponges in shallow tropical and temperate reefs are important habitats for marine invertebrate biodiversity // Marine Biology. V. 167. № 11. [164].
- Coleman C.O., 1899. On the nutrition of the two Antarctic Acanthonotozomatidae (Crustacea: Amphipoda). Gut contents and functional morphology of mouthparts // Polar Biology. V. 9. P. 287–294.
- Daneliya M.E., Väinölä R., 2014. Five subspecies of the *Dorogostaiskia parasitica* complex (Dybowsky) (Crustacea: Amphipoda: Acanthogammaridae), epibionts of sponges in Lake Baikal // Hydrobiologia. V. 739. P. 95–117.
- Dybowsky B.N., 1874. Beiträge zur näheren Kenntnis der in dem Baikal-See vorkommenden niederen Krebse aus der Gruppe der Gammariden / Herausgegeben von der Russ. Entomol. Gesellsch. zu St. Petersburg. — St. Petersburg: Buchdr. Von W. Besobrasoff und Comp. 190 s.
- Fillinger L., Janussen D., Lundälv T., Richter C., 2013. Rapid glass sponge expansion after climate-induced Antarctic ice shelf collapse // Current Biology. V. 23. № 14. P. 1330–1334.
- Gaino E., Pronzato R., Corriero G., 1992. Mortality of commercial sponges: incidence in two Mediterranean areas // Bollettino di Zoologia, Pubblicato dall'Unione Zoologica Italiana. V. 59. P. 79–85.
- Kamaltynov R.M., Chernykh V.I., Slugina Z.V., Karabanov E.B., 1993. The consortium of the sponge *Lubomirskia baikalensis* in Lake Baikal, East Siberia // Hydrobiology. V. 271. P. 179–189.
- Khanaev I.V., Kravtsova L.S., Maikova O.O., Bukshuk N.A., Sakirko M.V. et al., 2018. Current state of the sponge fauna (Porifera: Lubomirskiidae) of Lake Baikal: Sponge disease and the problem of conservation of diversity // Journal of Great Lakes Research. V. 44. P. 77–85.
- Kravtsova L.S., Kamaltynov R.M., Karabanov E.B., Mekhanikova I.V., Sitnikova T.Ya. et al., 2004. Macrozoobenthic communities of underwater landscapes in the shallow-water zone of southern Lake Baikal // Hydrobiologia. V. 522. P. 193–205.
- Kulakova N.V., Sakirko M.V., Adelshin R.V., Khanaev I.V., Nebesnykh I.A., Pérez T., 2018. Brown rot syndrome and changes in the bacterial community of the Baikal sponge *Lubomirskia baikalensis* // Microbial Ecology. V. 75. № 4. P. 1024–1034.
- Luter H.M., Whalan S., Webster N.S., 2010. Exploring the role of microorganisms in the disease-like syndrome affecting the sponge *Ianthella basta* // Applied and Environmental Microbiology. V. 76. № 17. P. 5736–5744.
- Maikova O.O., Kravtsova L.S., Khanaev I.V., 2020. Baikal endemic sponges in the system of ecological monitoring // Limnology and Freshwater Biology. № 1. P. 364–367.
- Maikova O., Bukshuk N., Kravtsova L., Nebesnykh I., Yakhnenko A., et al., 2021. Baikal endemic sponge disease and anthropogenic factor // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V. 937. № 2. P. 1–12.
- Mekhanikova I.V., 2010. Morphology of mandible and lateral alia in six endemic amphipods (Amphipoda, Gammaridea) from Lake Baikal, in relation to feeding // Crustaceana. V. 83. № 7. P. 865–887.
- Morino H., Kamaltynov R.M., Nakai K., Mashiko K., 2000. Phenetic analysis, trophic specialization and habitat partitioning in the Baikal amphipod genus *Eulimnogammarus* (Crustacea) // Advances in Ecological Research. V. 31. Ancient Lakes: biodiversity, ecology and evolution. London: Academic Press. P. 355–376.

- Oshel P.E., Steele D.H., 1985. Amphipod *Paramphithoe hystrix*: a micropredator on the *Haliclona ventilabrum* // Marine Ecology Progress Series. V. 23. P. 307–309.
- Pile A.J., Patterson M.R., Savarese M., Chernykh V.I., Filalkov V.A., 1997. Trophic effects of sponge feeding within Lake Baikal's littoral zone. 2. Sponge abundance, diet, feeding efficiency, and carbon flux // Limnology and Oceanography. V. 42. P. 178–184.
- Pronzato R., 1999. Sponge-fishing, disease and farming in the Mediterranean Sea // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. V. 9. P. 485–493.
- Röpstorf P., Sitnikova T.Ya., Timoshkin O.A., Pomazkina G.V., 2003. Observation on stomach contents, food uptake and feeding strategies of endemic Baikalian Gastropods // Berliner Palaobiologische Abhandlungen. V. 4. P. 151–156.
- Rützler K., 1988. Mangrove sponge disease induced by cyanobacterial symbionts: failure of a primitive immune system? // Diseases of Aquatic Organisms. V. 5. P. 143–149.
- Sitnikova T., Kiyashko S., Maximova N., Pomazkina G., Röpstorf P. et al., 2012. Resource partitioning in endemic species of Baikal gastropods indicated by gut contents, stable isotopes and radular morphology // Hydrobiologia. V. 682. № 1. P. 75–90.
- Smith G.W., Ives L.D., Nagelkerken I., Ritchie I.A., Ritchie K.B., 1996. *Aspergilliosis* associated with Caribbean Sea fan mortalities // Nature. V. 382. P. 487.
- Takhteev V.V., 1995. The gammarid genus *Poekilogammarus* Stebbing, 1899, in Lake Baikal, Siberia (Crustacea Amphipoda Gammaridea) // Arthropoda Selecta. V. 46. № 1. P. 7–64.
- Takhteev V.V., Berezina N.A., Sidorov D.A., 2015. Checklist of the Amphipoda (Crustacea) from continental waters of Russia, with data on alien species // Arthropoda Selecta. V. 24. № 3. P. 335–370).
- Timoshkin O.A., Samsonov D.P., Yamamuro M., Moore M.V., Belykh O.I. et al., 2016. Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? // Journal of Great Lakes Research. V. 42. № 3. P. 487–497.
- Watling L., 1993. Functional morphology of the amphipod mandible // Journal of Natural History. London. V. 27. P. 837–849.
- Webster N., 2007. Sponge disease: a global threat? // Environmental Microbiology. V. 9. № 6. P. 1363–1375.
- Weinberg I., Glyzina O., Weinberg E., Kravtsova L., Rozhkova N. et al., 2004. Types of interactions in consortia of Baikalian sponges // Bollettino Museo Istituto Università Genova. V. 68. P. 655–663.
- Wulff J., 2013. Recovery of sponges after extreme mortality events: morphological and taxonomic pattern in regeneration versus recruitment // Integrative and Comparative Biology. V. 53. № 3. P. 512–523.

COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF MACROINVERTEBRATES ASSOCIATED WITH *LUBOMIRSKIA BAIKALENSIS* SPONGES (SPONGILLIDA, LUBOMIRSKIIDAE) DURING AN ECOLOGICAL CRISIS IN LAKE BAIKAL

I. V. Mekhanikova¹*, T. Y. Sitnikova¹, I. V. Khanaev¹

¹Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, 664033 Russia

*e-mail: irinam@lin.irk.ru

This study was carried out in the littoral zone of Lake Baikal during a large-scale ecological crisis that affected all parts of the ecosystem, including populations of endemic sponges of the family Lubomirskiidae. Sponges play important roles in biotic communities of the rocky littoral of the lake, ensuring water purity and serving as a specialized habitat for a variety of organisms. In the last decade, mass disease and mortality of sponges were reported in different areas of Lake Baikal, which can lead to irreversible changes in the structure of littoral communities. We studied the taxonomic richness, distribution, and abundance of the main groups of macroinvertebrates, such as amphipods and gastropods, living on diseased branched *Lubomirskia baikalensis* sponges in three basins of Lake Baikal (2015, 2020, 2021, 2022) and made historic comparisons. The taxonomic richness of amphipods, including 35 species or subspecies, as well as further 5 taxa identified only to genus, increased and had 20 taxa more than 30 years ago. A total of 22 gastropod species or subspecies were found on the sponge, 20 of them for the first time. The species composition, dominant species complex and quantitative characteristics of sponge-associated amphipods and gastropods varied in different lake areas as evidenced by underwater observations. The abundance of all macroinvertebrate groups, as well as dominant amphipod and gastropod groups per unit weight of sponges decreased from south to north. The abundance of the invertebrates associated with diseased sponges was similar to the records of the pre-crisis period. Baikal sponges host invertebrates from several ecological groups with different feeding strategies (grazers, scrapers and filter feeders) providing a temporary refuge for most of them. In order to restore the abundance of sponges and preserve the populations of key invertebrate species, we propose to set up sponge “farms” in the least polluted areas of Lake Baikal.

Keywords: diseased sponges, amphipods, gastropods, taxonomic richness, abundance, Siberia