



Молодой ученый Е. П. Тереза работает планктонной сетью Джеди на НИС «Верещагин». Фото И. Ханаева

Наталья МЕЛЬНИК

РАКООБРАЗНЫЕ БАЙКАЛЬСКИХ ВОД

В глубинах Байкала, так похожих на океанские, обитают удивительные животные, облик и повадки которых продолжают поражать исследователей. В популярной литературе часто упоминаются эндемичные полупрозрачные живородящие голомянки (рыбки из семейства *Comberhoridae*), доминирующий вид байкальского зоопланктона — небольшой веслоногий рачок эпишура (*Epischura baicalensis*). Однако незаслуженно редко вспоминают еще об одном замечательном эндемичном ракообразном — о макрогектопусе (*Macrohectopus branickii*), единственном крупном представителе зоопланктона озера.

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ХИЩНИК

Макрогектопус принадлежит к отряду *амфипод* (Amphipoda), насчитывающему в Байкале более 300 видов. Однако только макрогектопус, выбравший своей обителью более чем 1000-метровую толщу озера, является *пелагическим* видом. Остальные байкальские амфиподы — представители *бентоса*, т. е. делят между собою территорию дна и придонные слои воды.

Зачем макрогектопусу темные и холодные глубины, если он вынужден ежедневно подниматься оттуда к поверхности, чтобы питаться там водорослями и мелкими беспозвоночными? Как и когда он занял эту пространственную нишу? Кто был непосредственным предком данного вида? Дискуссии по этим вопросам не прекращаются, а ответы затеряны в глубинах времен, так как макрогектопус, согласно оценкам молекулярных систематиков, по байкальским меркам вид далеко не молодой.

А трудности в изучении его биологии состоят в том, что стандартные орудия лова — даже большие океанические планктонные сети — недолавливают этих рачков из-за их высокой подвижности. Кроме того, этот вид часто образует скопления и для его полного учета необходимы дистанционные методы.



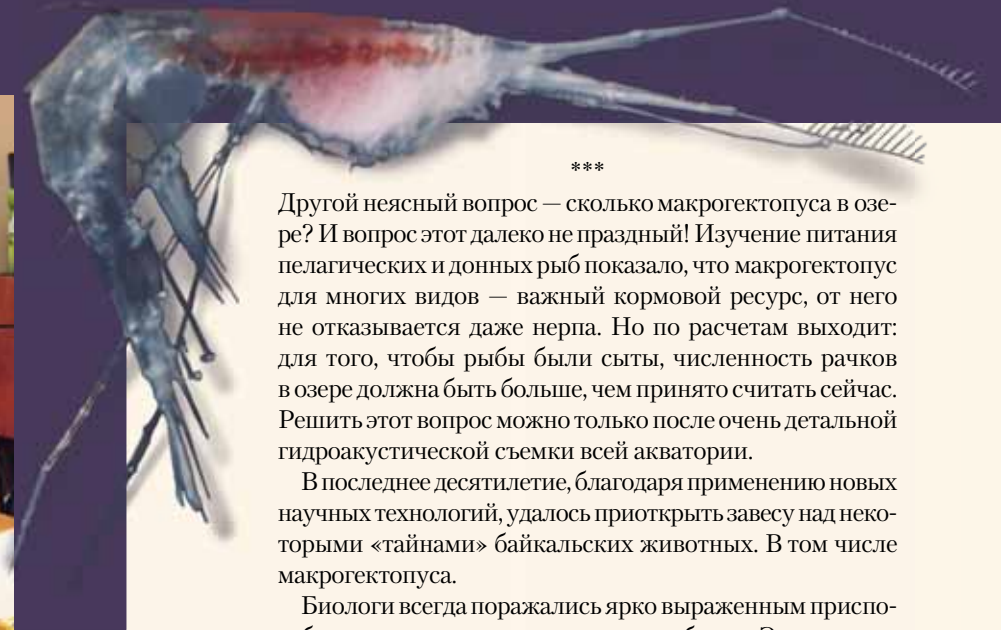
Фото Е. Наумовой



Фото Е. Наумовой



МЕЛЬНИК Наталья Григорьевна — кандидат биологических наук, заведующая лабораторией биологии рыб и водных млекопитающих Лимнологического института Сибирского отделения РАН (г. Иркутск). Член международной Ассоциации теоретической и прикладной лимнологии (SIL)



Другой неясный вопрос — сколько макрогектопуса в озере? И вопрос этот далеко не праздный! Изучение питания пелагических и донных рыб показало, что макрогектопус для многих видов — важный кормовой ресурс, от него не отказывается даже нерпа. Но по расчетам выходит: для того, чтобы рыбы были сыты, численность рачков в озере должна быть больше, чем принято считать сейчас. Решить этот вопрос можно только после очень детальной гидроакустической съемки всей акватории.

В последнее десятилетие, благодаря применению новых научных технологий, удалось приоткрыть завесу над некоторыми «тайнами» байкальских животных. В том числе макрогектопуса.

Биологи всегда поразились ярко выраженным приспособительным чертам в его внешнем облике. Эти рачки — сильные и активные пловцы. Наблюдения, проведенные в экспериментальных условиях, подтвердили их хорошую маневренность. Так, эхолотные наблюдения, проведенные с научно-исследовательского судна «Верещагин», позволили определить, что скопления рачков способны развивать при вертикальных миграциях скорость до 4 м/мин (при максимальном размере самих животных — 40 мм). Взгляните на фотопортрет макрогектопуса, на котором видны расправленные антенны, гармонично оперенные щетинками, — так и хочется назвать его подводной птицей! Однако эта «птичка» далеко не горлица: если мы посмотрим на нашего рачка в анфас, то увидим в нем черты персонажа из известного американского фильма «Хищник».

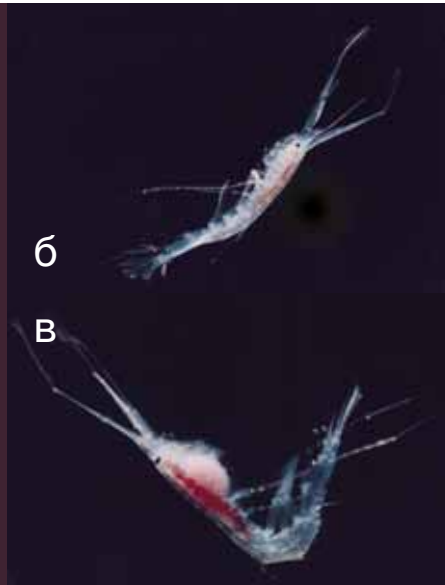
Комплексные исследования суточных миграций животных пелагиали, проведенные группой молодых лимнологов в 1999–2001 гг., показали, что по пищевому и миграционному поведению макрогектопус ближе к рыбам, а вот молодью рыбки голомянки (маленькие 8–10-миллиметровые мальки) — напротив, к зоопланктону. Есть сведения, что макрогектопус способен даже нападать на таких малюток. Поедает он и собственную молодью.

Днем макрогектопус укрывается в темных глубинах озера, а ночью выходит на охоту в поверхностные слои воды. Такой образ жизни сделал этого сумеречного хищника очень чувствительным к свету. Если ночью включены корабельные прожектора, то рачки не поднимаются к самой поверхности и остаются на глубинах более 40 м, образуя там плотное скопление. Освещенность воды на этой глубине в подобных условиях равна всего 0,0001 лк. Чрезвычайно высокая чувствительность к свету у макрогектопуса предполагает зависимость его миграций от фазы Луны. Схожее явление, связанное с ограничением вертикальных миграций, обнаружено и у балтийской *мизиды* (*Mysis mixta*) — экологического эквивалента нашего ракообразного.

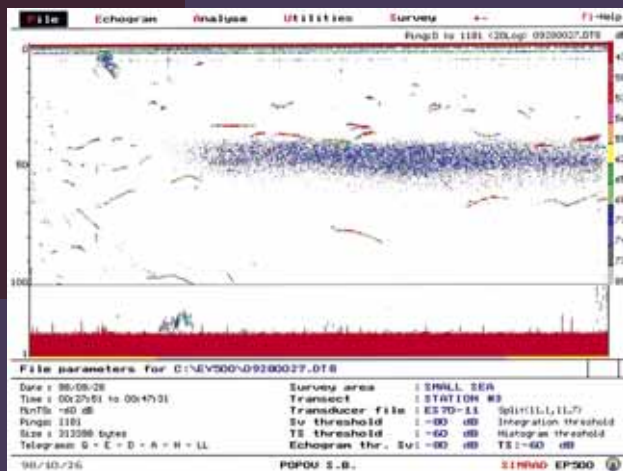
Молодь (длиной тела 1–3 мм), молодые самки (3–14 мм), взрослые самки (14–40 мм) и самцы (3–6 мм, что гораздо меньше размеров самок!) скапливаются днем в разных и довольно узких слоях водной толщи. Подробная гидроакустическая съемка высокочастотными эхолотами установила, что рачки образуют отдельные скопления и в разных местах своей большой «квартиры» — котловины озера. Однако до сих пор остается неясным, являются ли жильцы этой «квартиры» одной гигантской популяцией или делятся на несколько изолированных групп? Более того, некоторые ученые предполагают, что в озере существуют даже разные виды макрогектопусов! Решение этого вопроса — за молекулярными биологами. Например, при изучении генетического разнообразия малой голомянки было установлено, что этот вид в Байкале не подразделяется на отдельные популяции. Однако механизмы такого успешного «перемешивания» обитателей водной байкальской толщи и поддержания их популяционного единства при столь огромных расстояниях (от севера озера до самых южных его акваторий — более 600 км) неизвестны. Ведь собственных активных горизонтальных миграций ни у макрогектопуса, ни у голомянок пока не обнаружено...



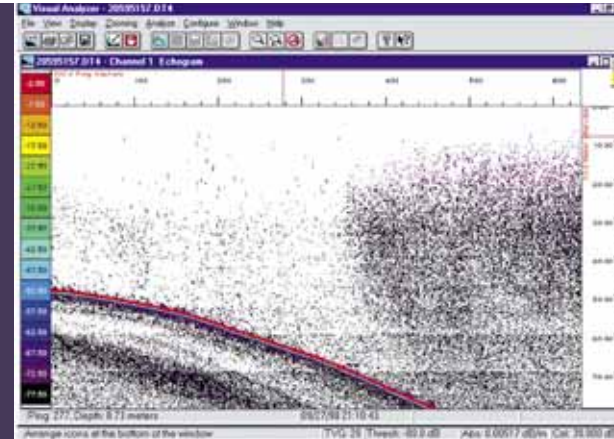
а



Макрогектопус — единственный из амфипод, выбравший своей «обителью» многометровую водную толщу. а — вертикальный подъем макрогектопуса и «зависание» в толще воды; б — горизонтальное движение; в — пассивное погружение. Фото С. Дидоренко



Эхограмма скопления макрогектопуса в Малом Море озера Байкал в слое воды 0–100 м. По оси X — время; по оси Y — глубина, м



На эхограмме показана граница скопления макрогектопуса в мелководной зоне озера Байкал. По оси X — время в акустических временных интервалах (пингах); по оси Y — глубина, м

Применение электронных микроскопов позволило выявить особенности глаз макрогектопуса, обеспечивающие их высокую светопропускающую способность. Из-за рудиментарности экранирующих пигментных клеток глаза макрогектопуса просто беззащитны к избытку света. Иногда рачков находят днем на поверхности воды. Скорее всего, попадая случайно в эти слои подобно другим планктонным организмам, которые не всегда могут сопротивляться движению воды, рачки теряют ориентацию и, возможно, слепнут.

Эхолоты открыли еще одну важную черту в поведении макрогектопуса, которая дает нам ценную информацию о строении всей экосистемы Байкала. Дело в том, что этот вид достаточно строго прописан в «открытой воде», так называемом «коренном» Байкале, и для прибрежной зоны не характерен. Но где же конкретно проходит граница этого биотопа? При эхолокации толщи воды в Баргузинском заливе и Малом Море было обнаружено, что скопления рачков, «как бритвой», обрезаются над глубинами, близкими к 100 м. В более мелких местах встречаются лишь отдельные особи. Фактически мы столкнулись с широко известным в гидробиологии явлением «избегания берегов». Видеонаблюдения подводными камерами показали, что рачки встречаются и в мелководной зоне, но только над «голым дном», т. е. там, где нет донных растений.

Это явление навело на мысль, что именно пояса байкальских донных водорослей, которые в «живом» состоянии встречаются на глубинах не более 100 метров (т. е. в зоне, оптимальной для фотосинтеза), указывают макрогектопусу на «чужую территорию». Вспомним то огромное разнообразие амфипод, о котором мы гово-

рили выше. Эти амфиподы обитают среди донных растений в разных микробиотопах. И демаркационная линия, разделяющая животных по принадлежности к бентической или к пелагической пищевой сети, также лежит на глубине около 100 м.

Закономерный вопрос: какие же из специальных чувствительных образований-рецепторов используются макрогектопусом при определении границ «чужой территории»? Фоторецепторы? — Но граница строго соблюдается и в ночное время. Может быть, хеморецепторы или механорецепторы? У рачков, действительно, обнаружены сенсорные органы, однако их функция точно не установлена. На эхограммах видно, что, например, на резкое увеличение звука в воде из-за разворота судна рачки реагируют «бегством». Может быть, прибрежная зона более «шумная», чем открытый и более глубоководный Байкал? И где-то есть пороговые значения, которые макрогектопус воспринимает однозначно: «Дальше нельзя!»?

Однажды зимние суточные наблюдения на озере совпали с прохождением атмосферного фронта, сопровождавшимся необычайно сильным ветром. И все же наша научная молодежь не прекратила наблюдений за эпишурой и молодью голомянок: пробы по-прежнему отбирались каждые три часа. Выяснилось, что и рыбки, и рачки резко снизили пищевую активность в «бурную» ночь, поменялся и характер их передвижений. Были высказаны две гипотезы о причинах этого явления — аномалии в электромагнитном поле и опережающая штормовой ветер инфразвуковая волна. Любопытно отметить, что по литературным данным, электрочувствительными, как правило, оказываются рыбы, чья кожа лишена чешуи. Такие, например, как наши голомянки. К сожалению, вопрос о магнитной и электрической чувствительности байкальской фауны, хотя уже и не сплошной, но до сих пор еще «белое пятно»!

Фотическая, т. е. освещенная зона Байкала, заканчивается на глубинах, близких к 500 м. Что же служит сигналом для находящихся на больших глубинах голомянок и макрогектопусов, когда они решают начать свои повторяющиеся каждые сутки вертикальные миграции? Только ли голод? Или они сверхчувствительны к свету? Ясно одно — решить эти вопросы в природных условиях можно только с помощью дистанционных методов изучения поведения животных. А биологические исследования должны быть соединены с детальным изучением среды их обитания — химических, световых и звуковых сигналов, электромагнитных полей и пр.

Наверное, было бы очень полезно понять, как и каким образом в течение миллионов лет эндемики Байкала могли приспособиваться и успешно выживать в самых разных условиях, благодаря чему являются поучительным примером для человечества.

РАЗБОРЧИВЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ

Свободноживущих *веслоногих ракообразных* (Сорерода) можно встретить практически в любом пресном водоеме. Они живут подо льдом антарктических озер, в горных озерах Непала, и даже в вулканическом озере на высоте 5930 м! Эти вездесущие и зачастую очень многочисленные рачки играют ключевую роль в водных экосистемах как важнейший компонент пищевых цепей.

Байкал не является в этом смысле исключением. Всего на планете насчитывается более 2000 видов пресноводных веслоногих ракообразных, при этом в озере Байкал обитают более сотни видов и подвидов. Закинув «невод», т. е. планктонную сетку, в байкальские воды, можно выловить представителей почти 20 видов. Из них истинно пелагическими (связанными только с толщей вод на протяжении всей жизни) будут считаться всего 10 видов. Остальные попадут в сеть достаточно случайно — при перемещениях из донных местообитаний или зарослей на мелководьях.

Среди всех веслоногих ракообразных Байкала феноменально известным видом является *эпишура байкальская* (*Epischura baicalensis*). Наравне со знаменитым байкальским омулем, этот эндемичный рачок стал как бы визитной карточкой Байкала, особенно если речь заходит об экологическом состоянии толщи вод. Интрига заключается в том, что эпишура считается чуть ли не главным звеном экосистемы Байкала, отвечающим за чистоту воды. Так ли на самом деле? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно поближе познакомиться с образом жизни и повадками нашего «героя».

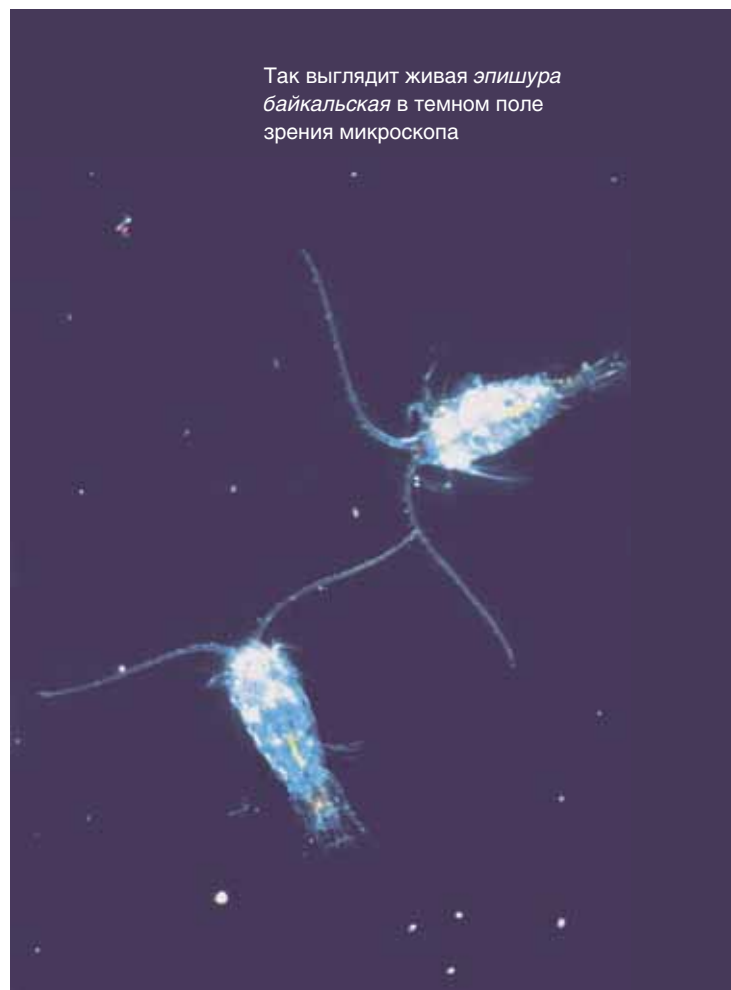
Хотя эпишура байкальская является древним реликтовым видом, она может служить современным примером очень успешного заселения водной толщи — от поверхности до самых больших глубин, отсутствуя только в более прогреваемых мелководных участках озера. Что касается внешности, то с этим у нашего рачка тоже все в порядке: длинные изящные антенны, хрустально прозрачное стройное тело, декорированное яркими желто-оранжевыми включениями (жировыми каплями). Из батискафа или при видеосъемках рачки видны в виде массы «ожившей», смешно скачущей манной крупы (так выглядят перемещения животных).

Этот многочисленный рачок во все сезоны года доминирует по биомассе среди других представителей байкальского зоопланктона. Он служит прекрасным кормом для всех пелагических рыб, а фактически — для молоди всех рыб, обитающих в прибрежной зоне озера. Эпишура является «лакомым кусочком» и для хищных пред-

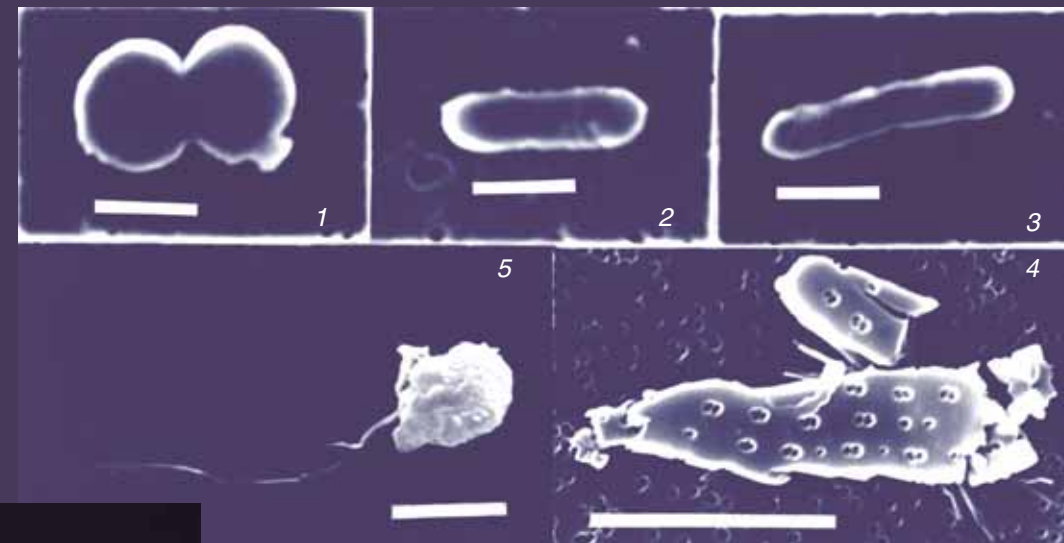
ставителей самого зоопланктона — крупных коловраток, циклопов и макрогектопусов.

Сами рачки питаются водорослями и, в меньшей степени, бактериями. Фактически это маленькая водяная «корова», пасущаяся на фитопланктонных лугах. По данным ученых, занимавшихся биотическим круговоротом в пелагиали, эпишура изымает в течение года до трети первичной продукции водорослей — основных продуцентов органического вещества. Такое положение рачков в пищевой сети и явилось, наравне с их многочисленностью, причиной распространенности мнения о ключевой роли эпишуры в обеспечении чистоты озерных вод.

По способу питания эпишура относится к фильтраторам, а ее излюбленной пищей считаются широко распространенные в Байкале диатомовые водоросли. Судя по расстоянию между волосками на ее фильтрующих ротовых конечностях, минимальные размеры частиц, которые она способна отлавливать — 0,5–2,5 мкм (Афанасьева, 1989). С использованием эпифлуоресцентного микроскопа удалось показать, что этот удивительный



Так выглядит живая эпишура байкальская в темном поле зрения микроскопа



Содержимое кишечника эпишуры (сканирующий электронный микроскоп): 1 — *Synechocystis* Sauv., 2–3 — *Synechococcus* Nag. (пикоцианобактерии); 4 — *Chrysophyta*, 5 — *Aulacoseira baicalensis*. 1–3 — шкала 1 мкм, 4 — 4 мкм, 5 — 10 мкм



Ярко-красным цветом светятся пикоцианобактерии в кишечнике рачка. Фото О. Белых

Эпишура в поле зрения светового микроскопа



вид способен потреблять байкальских крошек — пикоцианобактерий (Наумова и др., 2001). Это открытие и считается подтверждением роли эпишуры как главного «чистильщика» озера.

Однако здесь существует одно важное «но». Есть у эпишуры интересное свойство, которое часто игнорируется. Она является довольно разборчивым, — если не сказать, брезгливым, — созданием: рачки не фильтруют автоматически все, что попадает на их «фильтрующее сито», отнюдь нет! Есть мнение, что растительноядные веслоногие ракообразные могут с помощью своих механо- и хеморецепторов «тестировать» каждую частицу. И только после этого решить — «есть или не есть?», отбрасывая несъедобное. Причем фильтровальный аппарат используется ими скорее для улавливания частиц, нежели просто для пассивного просеивания; поэтому спектр потребляемых частиц не определяется только лишь размером фильтровальных «ячей» (Lampert, Sommer, 1997). Возвращаясь к нашему «герою», отметим: эпишура практически не потребляет детрит, диатомеи и другие водоросли «вкушает» избирательно, а из предложенного в экспериментах спектра пикоцианобактерий выбирает далеко не все формы...

Поэтому, если говорить об очищении вод Байкала от множества различных по своей природе частиц, то будет справедливым вспомнить и о множестве других, не таких разборчивых и известных потребителей. И, прежде всего, — о простейших (жгутиковых и инфузориях), коловратках, других рачках, в конце концов, — о бактериях, разлагающих тот же детрит. Но это уже совсем другая история...