

И. Ю. ЗАЙДЫКОВ

Крохотный веслоногий рачок – байкальская эпишура – один из самых знаменитых байкальских эндемиков. Этот доминирующий вид зоопланктона Байкала является важнейшей частью пищевой пирамиды пресноводного «океана». Он питается бактериями и одноклеточными водорослями, а сам служит кормом байкальскому омулю и другим пелагическим рыбам. За сутки рачок способен профильтровать около одного стакана воды, участвуя тем самым в очищении байкальских вод. Но для исследователей это водное беспозвоночное интересно и само по себе: в его биологии и экологии остается еще много загадочного – от прочных кремниевых «зубов» до видообразования



# ЗАЧЕМ ЧИСТИЛЬЩИКУ Байкала ЗУБНЫЕ КОРОНКИ

Эпишура в поле зрения светового микроскопа



ЗАЙДЫКОВ Игорь Юрьевич – ведущий инженер лаборатории ихтиологии Лимнологического института СО РАН (Иркутск). Автор и соавтор 5 научных работ

Байкальская эпишура (*Epischura baicalensis*) – это планктонный организм (от греч. planktos – «парящий, блуждающий»), обитающий в водной толще озера. Как и большинство планктонных организмов, он имеет сравнительно небольшие (около 1,5 мм) размеры и практически прозрачен. Питается также планктоном, только фотосинтезирующим (мелкими одноклеточными водорослями), а также бактериями.

Свою пищу эпишура добывает, используя целый комплекс ротовых конечностей, создающих ток воды, из которого рачок и вылавливает съедобные объекты. Процесс питания в принципе не отличается от такового у других веслоногих. Тем не менее многие стороны жизни этого представителя древнейшей группы членистоногих остаются малоизвестными для ученых. О пищевой «разборчивости» эпишуры уже писали ранее (Мельник, 2004), сегодня же речь пойдет о методах исследования этого водного ракообразного и наиболее интересных новых результатах, касающихся популяционных характеристик и строения его ротового аппарата.

## Ловись планктон, большой и маленький

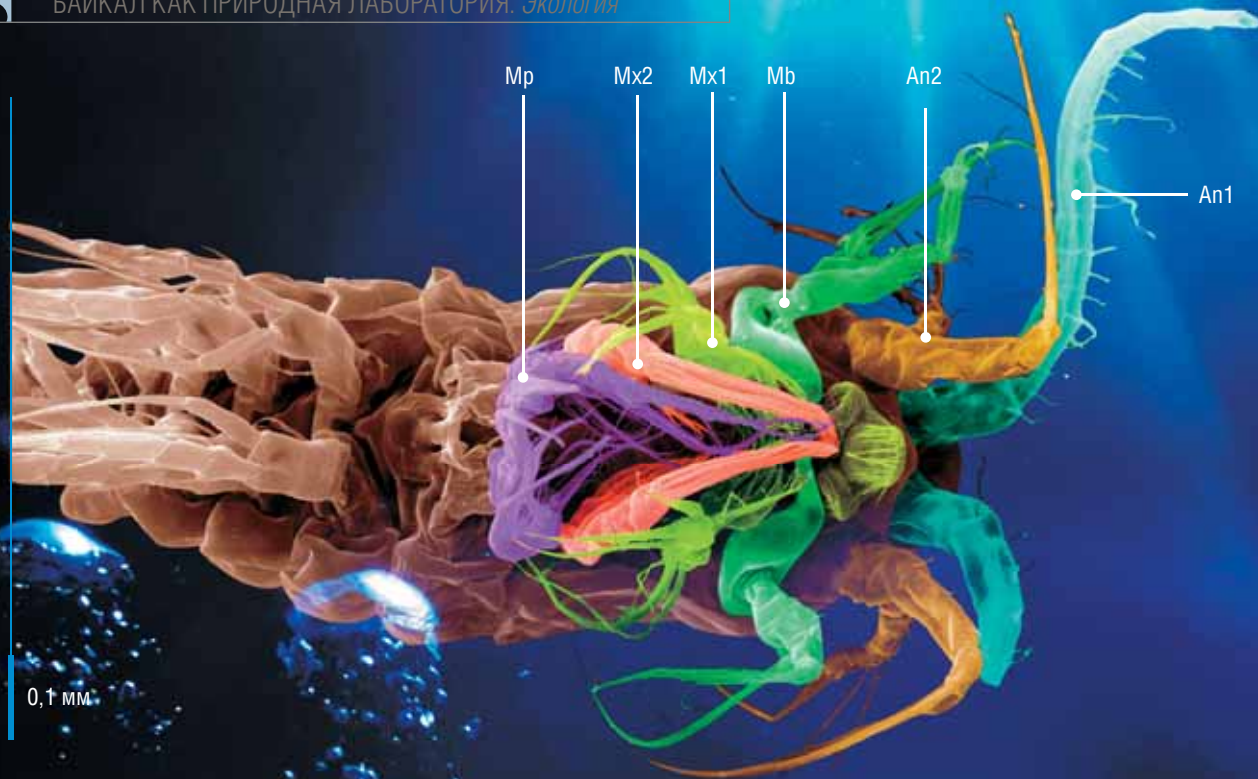
Чтобы получить достаточное количество особей для исследования, причем собранных не в одной точке акватории, на корабле должно быть специальное оборудование: электролебедка с возможностью регулировать скорость движения троса, специальные планктонные сети и т. п.

**Ключевые слова:** зоопланктон, веслоногие ракообразные, эпишура, отбор планктонных проб, методы исследования, озеро Байкал.

**Key words:** zooplankton, Copepoda, Epischura, samples of plankton, research methods, Lake Baikal

© И. Ю. Зайдыков, 2016

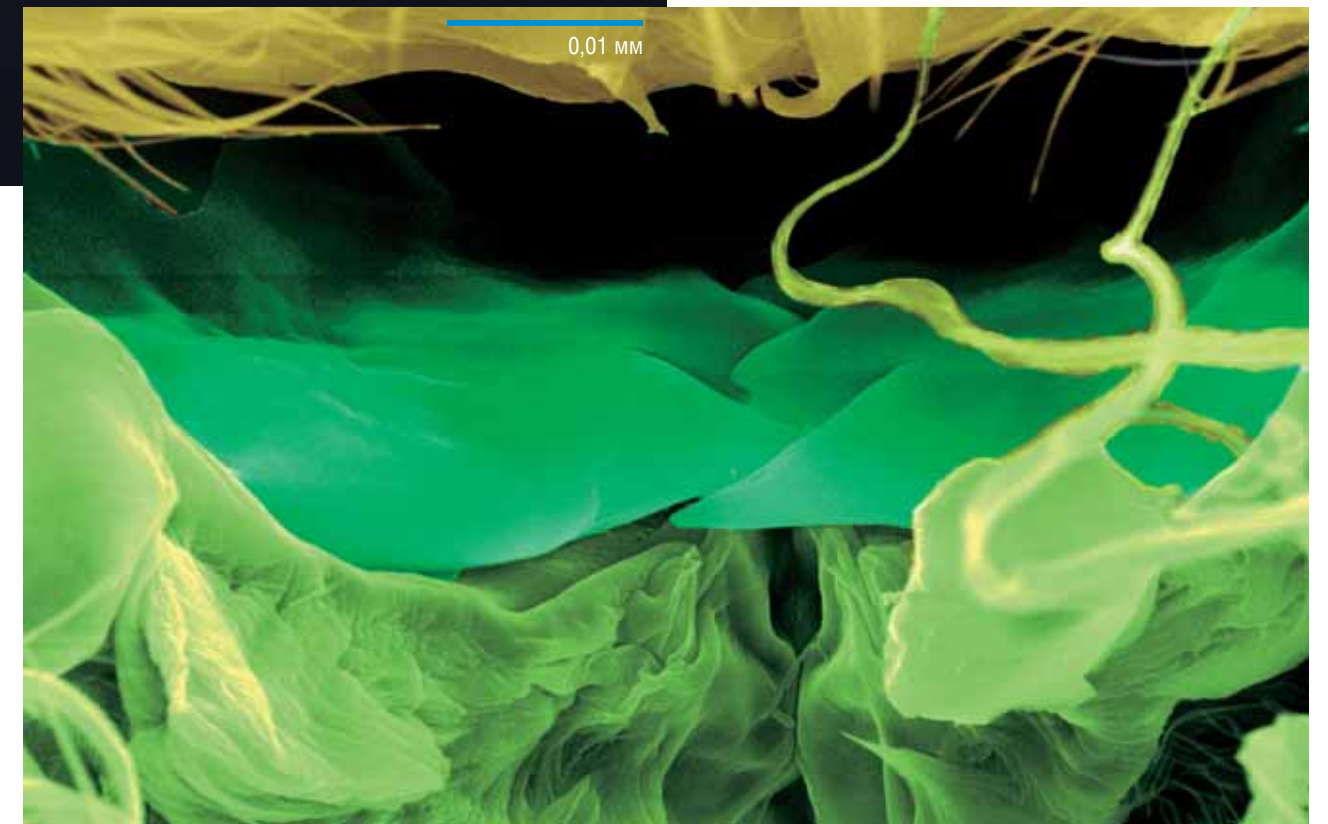




Байкальский рачок эпишура (*E. baicalensis*). Цветами обозначены разные группы ротовых конечностей: An1 – первые антенны; An2 – вторые антенны; Mb – мандибулы; Mx1 – первые максиллы; Mx2 – вторые максиллы; Mр – максиллипеды. Сканирующая электронная микроскопия

Род *Epischura* относится к свободноживущим веслоногим ракообразным подкласса *Copepoda*. Представители этого рода встречаются в пресных водоемах Азии и Северной Америки, в том числе в Великих Американских озерах, на Дальнем Востоке в бассейне р. Амур и, наконец, в самом глубоком и древнем озере планеты – Байкале. Доля эпишуры в озере Байкал составляет около 80% от числа всех ракообразных, а общая биомасса в озере, в зависимости от года и сезона, составляет от 60 до 950 тыс. т. Питается эпишура, отфильтровывая пищу из воды с помощью нескольких пар ротовых конечностей, которые создают ток воды и одновременно образуют что-то наподобие фильтровальной сети, улавливающей нужные ей частицы. За сутки рачок способен профильтровать около одного стакана воды, участвуя тем самым в очищении байкальских вод. Питается байкальская эпишура бактериями и одноклеточными водорослями, среди которых преобладают диатомовые, сама же служит пищей как для других ракообразных (циклопы, макрогектопус), так и для всех пелагических рыб (омуль, голомянка, желтокрылка и др). Таким образом, эпишура является важнейшим звеном в цепи передачи энергии от фитопланктона к хищным представителям зоопланктона и рыбам

Режущие края мандибул *E. baicalensis*, плотно смыкаемые для измельчения пищи



сеть, как правило, не опускают. Хотя пробы с глубины до 700 м периодически берутся.

Ветер на Байкале – частое явление, и при температуре воды около 4 °С, как это бывает в начале экспедиционного сезона, в таком деле не обойтись без хорошего зимнего пуховика, шапки и теплых непромокаемых штанов.

### Почему у вас такие большие зубы?

Одной из задач нашего исследования являлось изучение ротовых конечностей эпишуры с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Подобные исследования проводились и раньше, но с помощью методов световой микроскопии. Однако благодаря большей разрешающей способности электронного микроскопа нам удалось не только уточнить уже имеющиеся данные, но и обнаружить новые факты.

Среди одноклеточных водорослей, которые входят в рацион байкальской эпишуры, важнейшее место занимают диатомовые водоросли – одноклеточные фотосинтезирующие организмы, покрытые причудливым «панцирем» из диоксида кремния. Чтобы раскусить такую оболочку, нужно иметь крепкие зубы, и они у эпишуры есть. Точнее на одном из зубцов челюстей (мандибул) у нее есть специальная коронка.

Судоходный сезон для флота Лимнологического института СО РАН открывается на Байкале в конце мая, когда только-только сходит лед. Как правило, все начинается с комплексных экспедиций, когда на одном корабле идут химики, физики и биологи. У каждого из нас – свои задачи, моя – отбор проб зоопланктона для себя и других исследователей. Делается это с помощью зоопланктонных сетей, в частности, сетью Джели и ДжОМ (это более крупная океаническая модель сети Джели), к которым крепится груз 8–15 кг (чем больше сеть, тем больше груз).

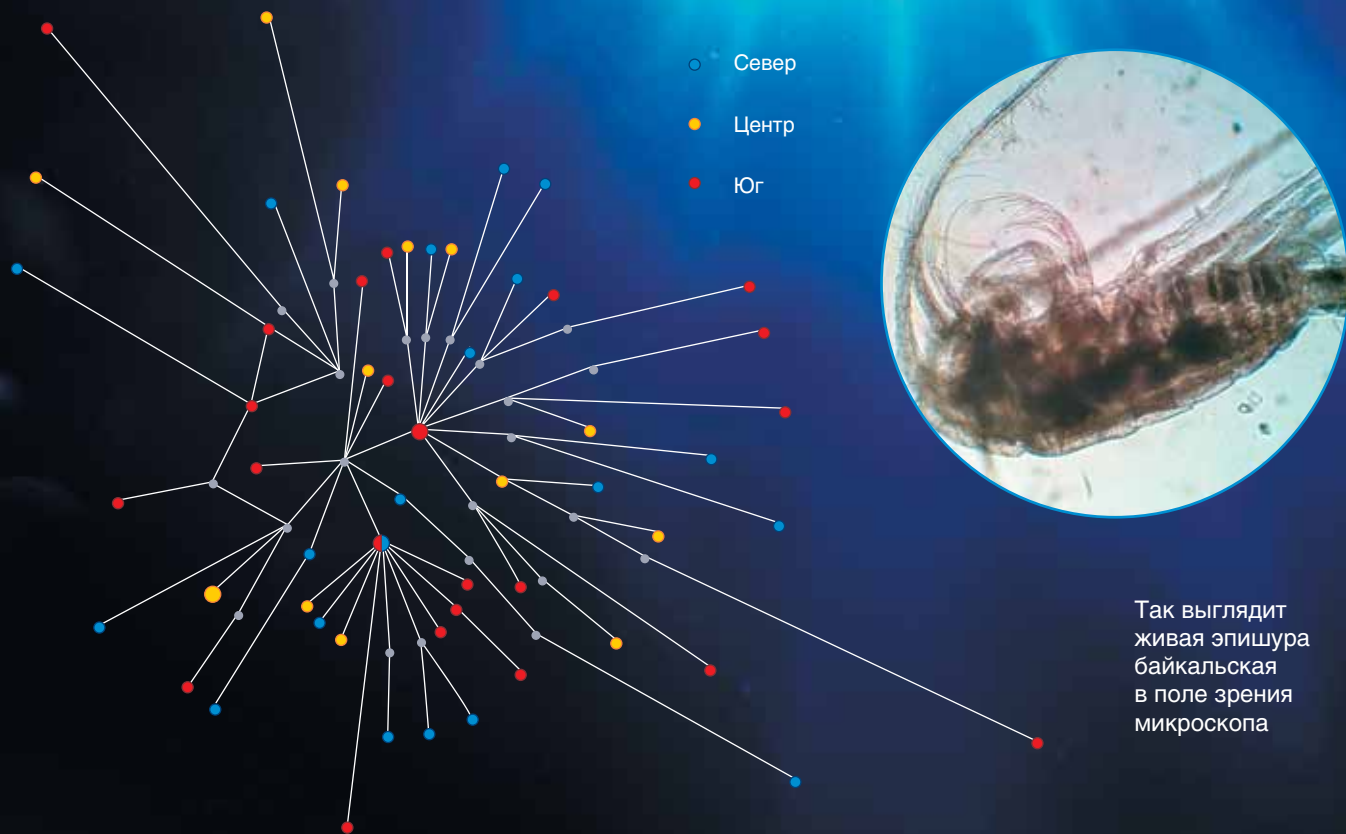
Сети крепятся к тросу лебедки и опускаются на нужную глубину, а затем поднимаются с определенной скоростью (около 1 м/с). Если поднимать планктонную сеть слишком быстро, вода не будет успевать проходить через мелкие отверстия фильтрующей части сети и обратным током начнет выбрасывать то, что должно быть поймано. Если же поднимать слишком медленно, отлавливаемые организмы, почуяв неладное, успеют «разбежаться» в разные стороны. Необходимо сле-

дить не только за скоростью подъема сети, но и за тем, куда ее сносит: при выходе из воды ее может затянуть под корабль, где в придачу к своему улову она соберет еще грязь и нарастания с днища корабля или вообще оторвется.

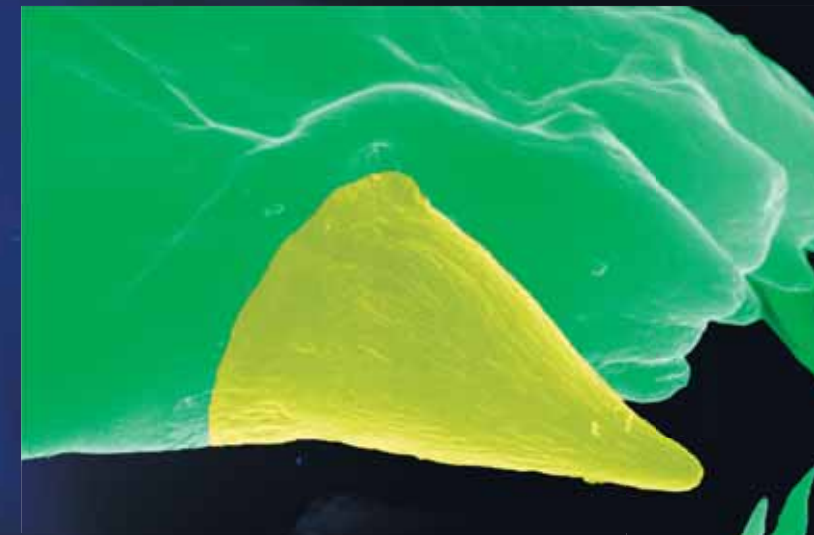
В некоторых случаях важен и угол наклона сети, при котором она выходит из воды. Когда нужно взять пробу с конкретных глубин, используется специальное устройство – «замыкатель», который закрывает сеть на нужной глубине при помощи посыльного груза, прекратив дальнейшую фильтрацию. При этом сеть не останавливается, и исследователь должен рассчитать, исходя из скорости подъема сети и скорости опускания посыльного груза, глубину, где они встретятся и сеть закроется.

Отбор планктонных проб занимает от 10–15 минут до нескольких часов в зависимости от числа проб на конкретной точке и глубин, на которые нужно опустить сеть. Байкал, как известно, самое глубокое озеро в мире, но на все полторы с лишним тысячи метров





Так выглядит живая эпишура байкальская в поле зрения микроскопа



0,01 мм

Мандибулярный зубец *E. baicalensis*, желтым цветом обозначена кремниевая коронка

Режущий край мандибулы *E. baicalensis*, кружком показан зуб с обломившейся кремниевой коронкой

0,01 мм

Морфологическая часть работы выполнена в рамках проекта «Исследование генетических, молекулярных, эволюционных и экологических аспектов представителей царства Chromista как основных продуцентов биогенного кремнезема и участников круговорота биогенных элементов водных экосистем» (VI.50.1.3, № 0345-2014-0009), генетическая – «Молекулярная экология и эволюция живых систем Центральной Азии на примере рыб, губок и ассоциированной с ними микрофлоры» (VI.50.1.4 № 0345-2014-0002)

С помощью специального зонда на СЭМ QUANTA 200 фирмы FEI удалось обнаружить, что в состав этих прочных зубных коронок входит кремний. Кроме того, выяснилось, что когда они «стачиваются» или обламываются со временем, на их месте вырастают новые. Аналогичные кремниевые коронки были обнаружены и у других видов эпишуры, различалось лишь содержание кремния. Оказалось, что последнее связано с диетой, а точнее – с толщиной и прочностью панцирей диатомовых водорослей, которыми питаются рачки (Naumova *et al.*, 2015).

Структуры, содержащие кремний, – редкое явление у животных: чаще в них присутствует более доступный кальций. У разных видов эпишуры можно наблюдать, как особи утрачивают кремний, если начинают питаться водорослями с менее прочной оболочкой или другими планктонными организмами.

### Единая и неделимая

Следующий вопрос, которым мы занялись, – представляет ли эпишура в Байкале одну большую популяцию, или же она распадается на отдельные изолированные или почти изолированные группы?

В поисках ответа было проведено сравнение фрагментов митохондриального гена, кодирующего первую субъединицу одного из ферментов – цитохром оксида-

зы (COI), взятых у особей эпишуры из разных участков озера. Митохондриальную ДНК выделяли из плавательных ног рачков, чтобы по возможности сохранить тело исследуемых особей целым для дополнительных морфологических исследований.

После проведения стандартной полимеразной цепной реакции (ПЦР) и расшифровки первичной структуры ДНК полученные нуклеотидные последовательности сравнили между собой и на этой основе построили так называемые «деревья гаплотипов». Гаплотип – это уникальная совокупность сцепленных генетически локусов, а дерево гаплотипов объединяет идентичные последовательности ДНК в «родственные» группы.

Как известно, изменения (замены) в структуре ДНК накапливаются постепенно, и чем меньше таких замен у сравниваемых организмов, тем они ближе к общему предку на «родословном древе». Соответственно,

если бы популяции эпишуры в разных частях Байкала жили и развивались самостоятельно в условиях изоляции, это обязательно отразилось бы на характере пространственного размещения групп и групповых скоплений разных гаплотипов. Однако результаты анализа митохондриальных генов продемонстрировали совсем другую ситуацию: оказалось, что вся байкальская эпишура представлена в озере одной-единственной огромной популяцией (Зайдыков и др., 2015).

Исследования крошечного, практически невидимого глазу эндемичного веслоного рачка дали интересные фундаментальные результаты. Во-первых, у этого обитателя планктонной толщи обнаружили крепкие кремневые «зубы» – редкость в животном мире.

Во-вторых, напомним, что Байкал имеет протяженность более 600 км, его ширина в некоторых местах достигает почти 80 км, а поднятиями дна озеро разделено на три большие котловины. Все это долгое время давало повод сомневаться в том, что маленький рачок может иметь единую популяцию на всем этом гигантском пространстве – в масштабах эпишуры просто космическом! Оказалось, может. И когда удастся разобраться в причинах этого явления, мы, возможно, еще немного приблизимся к пониманию того, как происходит видообразование на Земле.

### Литература

Мельник Н. Г. Ракообразные байкальских вод // Наука из первых рук. 2004. Т. 3. № 2. С

Шумный В. К. Природа была первым гениальным инженером // Наука из первых рук. 2004. Т. 3. № 2. С. 96–101.

Зайдыков И. Ю., Майор Т. Ю., Суханова Л. В. и др. Полиморфизм мтДНК эпишуры озера Байкал – ключевого эндемичного вида планктонного сообщества // Генетика. 2015. Т. 51. №. 9. С. 1087–1090.

Naumova E. Yu., Zaidykov I. Yu., Tauson V. L., Likhoshvay Ye. V. Features of the fine structure and Si content of the mandibular gnathobase of four freshwater species of *Epischnura* (Copepoda: Calanoida) // Journal of Crustacean Biol. 2015. V. 35. Iss. 6. P. 741–746.

В публикации использованы фото автора