

БИОЛОГИЯ

УДК 595.18:574.587

Е.А. Мишарина

БЕНТОСНЫЕ КОЛОВРАТКИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

На основе литературных данных и собственных материалов приводится характеристика бентосных коловраток озера Байкал. Установлена структура ротаториоценов каменистой бентали полигона у мыса Берёзовый (озеро Байкал), прослеживается их сезонная динамика.

Ключевые слова: коловратки, озеро Байкал, мейобентос.

Коловратки – одни из самых мелких представителей многоклеточных животных, длина их измеряется десятками, а то и сотыми долями миллиметра. Начало исследования коловраток датируется первыми десятилетиями XVII в. В настоящее время доказано важное значение этих гидробионтов для функционирования экосистемы водоёмов: коловратки – одно из основных звеньев в пищевой цепи; им принадлежит значительная роль в процессах самоочищения водоёмов. Широкая экологическая валентность в сочетании с высокой чувствительностью к ряду факторов среды позволяет использовать коловраток в качестве биоиндикаторов при оценке экологического состояния и для мониторинга экосистемы различных водоёмов и в качестве объектов для лабораторных экспериментов (например, в токсикологических исследованиях для определения ПДК). Большое практическое значение имеет культивирование коловраток в промышленных масштабах в качестве корма для личинок рыб. Тем не менее эта группа животных продолжает оставаться малоизученной по сравнению с многими другими гидробионтами.

По последней сводке фауна Rotifera в озере Байкал насчитывает 186 видов и 23 подвида [1]. Эндемизм коловраток Байкала относительно невелик (14%), кроме того, ни в пелагиали, ни в бентали не наблюдается не-смешиваемости байкальской и «тривиальной» фаун. Полнее всего изучен таксономический состав, структура сообществ и динамика популяций коловраток пелагиали, среди которых указаны не только облигатные, но и большое количество факультативных планктон-

тов. Значительно хуже известны коловратки мейобентоса, по которым до недавнего времени были получены, по сути дела, только качественные данные. Лишь в последнее время обработка тщательных сборов мейобентоса на полигоне «Берёзовый» позволила по-новому оценить роль коловраток в бентали, структуру ротаториоценозов и их сезонную динамику.

Методы исследования бентосных коловраток

В силу своих размерных характеристик донные формы коловраток относятся к мейобентосу, а отдельные наиболее мелкие представители – к микробентосу.

В настоящее время для изучения представителей мейофауны используется множество различных методов, описание которых и рекомендации по их использованию содержатся в литературе [2–6 и др.].

Для сбора мейофауны на каменистых грунтах применяется в основном легководолазное оборудование. Участие аквалангистов в количественных сборах на Байкале необходимо в силу преобладания на литорали твёрдых фаций (камни, скала, песок) [6]. В нашем случае исследования проводились на стационарном междисциплинарном экологическом полигоне, который располагается на юго-западном побережье озера Байкал, у мыса Берёзовый, в нескольких километрах к северу от посёлка Листвянка. На полигоне перпендикулярно к берегу проложена трансекта протяжённостью более 700 м. Она проходит от уреза воды до свала, пересекая диапазон глубин от 0 до 30 м (рис. 1).



Рис. 1. Расположение трансекты на междисциплинарном экологическом полигоне у мыса Берёзовый

Трансекта состоит из связанных фалом пронумерованных блоков, расположенных на дне через каждые 20 (в мелководье) либо – 10 м (глубины 3–20 м). Это сделало возможным проводить комплексный отбор проб, фото- и видеонаблюдения в строго определенных участках дна. Известно, что протяженность каменистой литорали составляет почти половину побережья озера Байкал, следовательно, по геоморфологическим параметрам выбранный участок может быть модельным для западного побережья озера. Трансекта пролегает по каменистому дну с пятнами и полями песка, гальки, валунов, выходом скальных пород, представляющими все разнообразие биотопов каменистой литорали Байкала. Здесь нами были исследованы фация валунов и фация валунов ярусной упаковки. Преимуществом данного материала является то, что валунный материал практически неподвижен. Это способствует развитию на нём устойчивых ценозов.

Отобранный материал фиксируется 2–4%-ным раствором формалина. Дальнейшая камеральная обработка проб производится в лабораторных условиях. Часто для качественной обработки материала следует применять просмотр *in vivo* (т.к. при фиксации формалином теряются диагностические признаки ряда организмов). Обработка мейобентических проб сопряжена с большой трудоёмкостью работ начиная уже с первого этапа обработки – разборки пробы. Для количественной обработки проб мейобентоса мы использовали наиболее распространённый счётный метод. В нашем случае проводилась обработка всей пробы. Такой подсчёт удобнее потому, что отпадают ошибки, связанные с отбором порций из пробы с помощью пипеток. Всего было обработано более 80 проб мейозообентоса с полигона у мыса Берёзовый.

Коловратки мейобентоса легко улавливаются при пассивном сыве с камней. Это можно объяснить тем, что для бентосных коловраток не характерна значительная выраженность тигмотаксиса и при движении с помощью коловращательного аппарата они не примыкают плотно к субстрату (в отличие, например, от нематод). Фиксация 4%-ным формалином приводит к деформации беспанцирных коловраток. Поэтому для получения качественной характеристики материала, уточнения его видового состава пробы необходимо дополнительно просматривать *in vivo*. Видовую идентификацию панцирных форм можно проводить по внешним морфологическим признакам, при этом можно использовать временные препараты. Определение большей части панцирных и всех беспанцирных коловраток требует исследования их челюстного аппарата.

Результаты и обсуждение

Данные с полигона у мыса Берёзовый показали, что на протяжении всего года бентосные коловратки составляют заметный компонент мейофауны (максимальная отмеченная численность – более 10 тыс. экз./м²), следовательно, должна быть значима их роль в донных ценозах озера. Однако это касается только каменистой литорали, небольшого участка озера, тогда как, по предварительной оценке, большее видовое разнообразие и, возможно, большее количественное развитие коловратки демонстрируют на мягких, в частности различных песчаных грунтах.

Проанализировав распределение байкальских коловраток в зависимости от характера субстрата, получаем следующие данные. 12,12% видов бентосных коловраток являются убиквистами, 51,52% – фитофилами, 54,55% – псаммофилами, 4% приурочены к каменистым грунтам, а 2% – к илистым; при этом для 15,15% видов тип грунта ещё не определён.

Исходя из литературных и оригинальных [7–9] данных, представителей ротаториофауны бентали озера Байкал можно отнести к 21 роду: *Philodina* (2 вида), *Rotatoria* (1), *Floscularia* (1), *Lecane* (11), *Bryceella* (1), *Proales* (2), *Euchlanis* (1), *Anuraeopsis* (1), *Notholca* (13), *Notommata* (1), *Trichocerca* (14), *Colurella* (9), *Lepadella* (4), *Cephalodella* (19), *Reticula* (1), *Gastropus* (1), *Synchaeta* (1), *Dicranophorus* (8), *Encentrum* (5), *Inflatana* (1), *Wierzejskiella* (2). Сопоставив эту информацию с данными о приуроченности бентосных коловраток к определённым субстратам, получаем следующую картину. Коловратки-убиквисты являются представителями 4 родов, фитофилы – 15 родов, псаммофилы – 15 родов, коловратки, обитающие на каменистых грунтах, – 4 родов, коловратки илистых грунтов – 2 родов. Таким образом, наибольшим видовым разнообразием характеризуются фитофильный комплекс и псаммон, а максимальным числом видов представлены следующие рода: *Lecane*, *Notholca*, *Trichocerca*, *Cephalodella*.

Специфичными для каменистых грунтов пока являются: 1 вид из семейства *Notommatidae* (*Cephalodella vittata* Kutikova, 1985) и 3 вида *Dicranophoridae* (*Encentrum umbonatum* Kutikova, 1985; *Dicranophorus riparius* Kutikova, 1985; *Inflatana pomazkova* Kutikova, 1985). Последнее весьма симптоматично, т.к. именно *Dicranophoridae* со специализированным к движению по грунту коловращательным аппаратом и адаптированным к макрофагии форципатным мастаксом должны гипотетически составлять основу ротаториофауны твердых грунтов. Но следует обратить внимание на то, что на заросших макрофитами камнях значительно большее видовое обилие должны дать фитофильные формы и убиквисты, среди которых преобладают либо мелкие альгофаги (некоторые виды рода *Trichocerca*), либо потребители детритных микроагрегатов и тому подобных трофических субстратов (*Bdelloida*, *Lecane spp.*, *Cephalodella spp.*). Интерес представляет отсутствие в списке крупных альгофагов со специализированными усложненными виргатными мастаксами, которые в других водоемах представлены рядом *Trichocercidae* и *Notommatidae* (в особенности *Notommata spp.*). Возможно, это коррелирует с небольшим количеством зарегистрированных в обрастаниях диатомовых водорослей, доступных бентосным коловраткам для питания [10, 11].

Анализ данных, полученных в результате обработки количественных проб мейозообентоса с полигона у мыса Берёзовый, показал, что динамика численности коловраток не совпадает с изменением общей численности организмов мейобентоса каменистых грунтов (рис. 2). В сезонном развитии ротаториофауны за исследованный период можно выделить два пика численности: апрель, когда численность коловраток составила 40% от общего числа организмов мейобентоса (6,6 тыс. экз./м²), и сентябрь, когда численность коловраток составила около 5,4 тыс. экз./м² (21% от общей плотности

населения). Первая максимальная величина в количественном изменении бентосных коловраток совпадает с уникальным для Байкала явлением – массовым подлёдным развитием криофильных водорослей. Сентябрьский пик численности коловраток мейобентоса каменистой литорали озера совпадает с началом этапа устойчивого осеннего охлаждения, который сопровождается отмиранием водорослей и, следовательно, увеличением массы детрита. Отсюда можно предположить, что в составе ротаториофауны должны преобладать детрито- и бактериофаги.

Это предположение подтверждается проведённым качественным анализом Rotifera. В наших пробах (пассивный сыв) были встречены коловратки 19 видов из 8 семейств (таблица). Качественный анализ показал, что явными доминантами ротаториоценозов каменистой литорали полигона «Берёзовый» в течение всего года являются представители отряда Bdelloida (83% от общего количества коловраток). По литературным данным [12, 13],

пищей бделлоидам служат микродетрит, бактерии, дрожжи и мелкие водоросли. По особенностям строения челюстного аппарата нами были идентифицированы 3 вида бделлоид: *Philodina acuticornis* (в ункусах 2+1/1+2 зуба) – микроальгофаг, *P. vorax* (в ункусах 2/2 зуба) – детритофаг и *P. sp.* (в ункусах 3/3 зуба).

Преобладание этих видов в составе доминантного комплекса ротаториоценоза полигона «Берёзовый» можно объяснить тем, что в байкальском мейобентосе преобладают крупные водоросли, недоступные для питания бентосных коловраток. Коловратки рода *Euchlanis* представлены в бентосных пробах 3 видами и составляют около 6% от общего числа коловраток. Особый интерес представляет обнаружение в пробах коловраток (около 4%) *Dicranophorus hercules* и *Encentrum putorius* из семейства Dicranophoridae со специализированным к движению по грунту коловращательным аппаратом и адаптированным к макрофагии форципатным мастаксом.

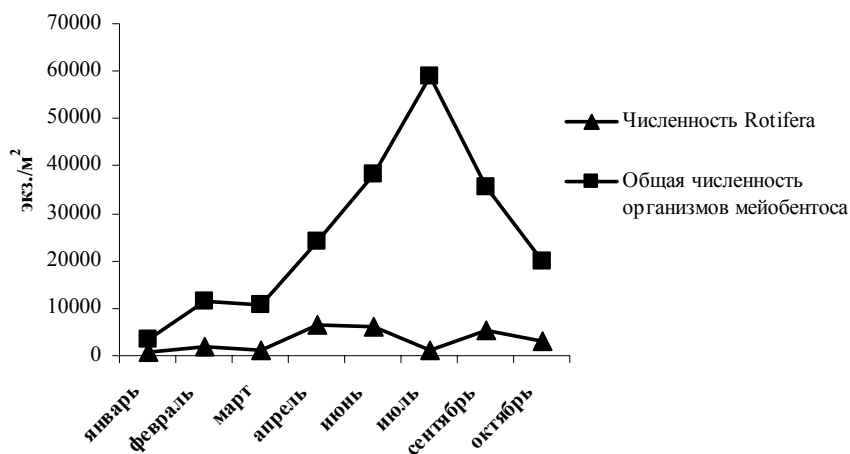


Рис. 2. Сезонная динамика общей плотности населения организмов мейозообентоса и коловраток за январь–октябрь 2001 г.

Результаты качественного анализа коловраток в составе мейозообентоса полигона «Берёзовый» (оз. Байкал, 2001 г.)

ВИД	Январь	Февраль	Март	Апрель	Июнь	Июль	Сентябрь	Октябрь
<i>Philodina acuticornis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Philodina vorax</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Philodina sp.</i>				+	+			
<i>Filinia longiseta</i>								+
<i>Lecane aspersa</i>					+	+	+	+
<i>Proales globulifera</i>				+				
<i>Euchlanis ligulata</i>	+					+	+	+
<i>Euchlanis lyra</i>		+						
<i>Euchlanis sp.</i>				+	+	+	+	+
<i>Kellicottia longispina</i>							+	+
<i>Keratella cochlearis</i>							+	+
<i>Keratella quadrata</i>							+	+
<i>Notholca squamula</i>		+	+	+		+		
<i>Notholca grandis</i>		+	+					
<i>Synchaeta prominula</i>				+				
<i>Synchaeta pachypoda</i>			+					
<i>Synchaeta stylata</i>			+	+				
<i>Dicranophorus hercules</i>						+		
<i>Encentrum putorius</i>		+		+	+	+	+	

Для того чтобы оценить ротаториоценозы каменистой литорали полигона «Берёзовый», нами был рас-

считан информационный индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера, характеризующий уровень слож-

ности сообщества. Согласно А.С. Константинову [14], показатели разнообразия можно рассматривать как количественное выражение принципа Тиннемана. Наиболее высокий индекс видового разнообразия характеризует биоценоз с наиболее благоприятными условиями среды, где количество видов велико, но каждый представлен небольшим числом особей. Когда среда неблагоприятна, видов становится меньше, численность некоторых из них возрастает максимально. Следовательно, снижается и видовое разнообразие. В исследованиях ротаториоценозов каменистой литорали озера Байкал видовое разнообразие колебалось от 0,97 до 1,98 бит информации на одну особь. Это значительно меньше, чем максимальные значения индекса Шеннона-Уивера для сообщества псаммонных коловраток – до 3,27 бит информации [15]. С другой стороны, это значительно выше, чем в планктоне озера Байкал, который характеризуется показателями видового разнообразия от 0,03 до 0,53 бит [16]. Наибольшее количество информации на одну особь приходится на ротаториоценоз, развившийся в апреле, что, вероятно, связано с увеличением потока энергии, проходящей через сообщество коловраток, при одновременном увеличении количества видов за счет развития альгофагов и появ-

ления бентоксенов. При относительно высокой плотности населения наблюдается высокая эквитабильность видов. Такая же ситуация, при снижении численности коловраток, сохраняется в начале июня. Наименьшие показатели информационного индекса отмечены в январе, когда происходит почти полное выклинивание альгофагов и видов со смешанным питанием и сообщество становится явно монодоминантным.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что коловратки, несомненно, являются заметным компонентом мейофауны каменистых грунтов озера Байкал. Вместе с тем остаётся ещё немало вопросов об особенностях структурной и сезонной динамики ротаториоценозов на других субстратах, о характере биотопического распределения и трофические предпочтения байкальских бентосных коловраток.

Выражаю искреннюю благодарность доценту ИГУ кафедры гидробиологии и зоологии беспозвоночных, кандидату биологических наук И.В. Арову за руководство. Благодарю заведующего лабораторией биологии водных беспозвоночных ЛИНа СО РАН, доктора биологических наук О.А. Тимошкина и сотрудников лаборатории за предоставленный материал и ценные советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аров И.В., Помазкова Г.И., Шевелева Н.Г., Кутикова Л.А. Коловратки (Rotifera) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Новосибирск: Наука, 2001. Т. 1: Озеро Байкал, кн. 1. С. 329–376.
2. Атлас и определитель пелагиобентоса Байкала (с краткими очерками по их экологии) / Под ред. О.А. Тимошкина, Г.Ф. Мазепова, Н.Г. Мельник и др. Новосибирск: Наука, 1995. 694 с.
3. Курашов Е.А. Мейобентос как компонент озёрной экосистемы. СПб.: Алга-Фонд, 1994. 224 с.
4. Курашов Е.А. Мейобентос в пресноводных экосистемах. Его роль и перспективы исследования // Актуальные вопросы изучения микро-, мейо- и макробентоса и фауны зарослей пресноводных водоёмов: Тематические лекции и материалы 1-й Международной школы-конференции. Нижний Новгород: Вектор ТИС, 2007. С. 36–72.
5. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука, 1970. 744 с.
6. Окунева Г.Л., Аров И.В. О методах изучения фауны мейобентоса и псаммона озера Байкал // Проблемы систематики, экологии и токсикологии беспозвоночных. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2000. С. 22–25.
7. Соловьёва (Мишарина) Е.А., Аров И.В. Сообщество коловраток (Rotifera) каменистой литорали Южного Байкала // Современные аспекты экологии и экологического образования: Материалы Всерос. конф. Казань, 2005. С. 298–299.
8. Соловьёва (Мишарина) Е.А., Аров И.В. Таксономическая и функциональная структура ротаториоценоза полигона «Берёзовый» (озеро Байкал) // Вестник Иркутского университета. Специальный выпуск: Материалы науч.-теор. конф. молодых учёных. Иркутск: Иркут. ун-т, 2005. С. 27–29.
9. Соловьёва (Мишарина) Е.А. Сезонная динамика бентосных коловраток (Rotifera) полигона «Берёзовый» (озеро Байкал) // Материалы XLIII Междунар. студ. конф. Новосибирск, 2005. С. 177–178.
10. Ижболдина Л.А. Атлас и определитель водорослей бентоса и перифитона озера Байкал (мейо- и микрофиты) с краткими очерками по их экологии. Новосибирск: Наука-Центр, 2007. 248 с.
11. Помазкина Г.В. Зональное распределение микрофитобентоса в Южном Байкале // Альгология. Киев. 1992. Т. 2, вып. 4. С. 66–72.
12. Кутикова Л.А. Бделлоидные коловратки фауны России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 315 с.
13. Melone G., Ricci C., Segers H. The trophy of Bdelloidea (Rotifera): a comparative study across the class // Canad. Journ. Zool. 1998. Vol. 76. P. 1755–1765.
14. Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1986. 472 с.
15. Arov I.V. Specific diversity of Rotifer communities in the psammal of Lake Baikal // International Conference of Ancient Lakes: their Biological and Cultural Diversities. Shiga, 1997. P. 16–24.
16. Коноплёва Г.Д., Помазкова Г.И. Опыт применения индекса видового разнообразия для характеристики горизонтального распределения зоопланктона озера Байкал // Новые материалы по фауне и флоре Байкала. Иркутск, 1976. С. 89–94.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 2008 г.