

На правах рукописи

ЗАЙЦЕВА ЕЛЕНА ПЕТРОВНА

**ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЯ СВОБОДНОЖИВУЩИХ  
РЕСНИЧНЫХ ЧЕРВЕЙ (PLATHELMINTHES, TURBELLARIA)  
МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО БАЙКАЛА**

03.00.18 – гидробиология

03.00.16 – экология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Иркутск – 2008

Работа выполнена в Лаборатории биологии водных беспозвоночных  
Лимнологического института СО РАН

Научные руководители: доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Тимошкин Олег Анатольевич

доктор географических наук,  
старший научный сотрудник  
Мизандронцев Игорь Борисович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,  
Тиунова Татьяна Михайловна

доктор биологических наук,  
профессор  
Мамкаев Юрий Викторович

Ведущая организация Казанский государственный университет

Защита состоится 17 октября 2008 г. в 10 часов на заседании диссертационного  
совета Д 005.008.02 при Институте биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН  
по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17, факс (4232) 310900.  
Электронный адрес: inmarbio@mail.primorye.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Института биологии моря им.  
А.В. Жирмунского ДВО РАН

Автореферат разослан «9» сентября 2008 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат биологических наук



Костина Е.Е

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Турбеллярии – одна из наиболее многочисленных групп беспозвоночных озера Байкал. Они являются непременным компонентом большинства донных биоценозов; нередко являются доминантной или субдоминантной группой зообентоса. Тем не менее, экология данной группы в озере практически не исследована. Нет данных о вертикальном и горизонтальном распределении видов, особенностях питания и жизненных циклах. В работах по количественному распределению донной фауны Байкала турбеллярий, как правило, относят в разряд “прочих групп”, зачастую сведения о них вообще отсутствуют (Миклашевская, 1932; Кожов, 1962). По существу, нет практически ни одной доступной публикации, в которой содержались бы сведения о численности и биомассе турбеллярий на видовом или родовом уровнях. Наконец, по сравнению с мягкими грунтами, крайне мало сведений о количественных характеристиках по конкретным фаунистическим группам из сообществ каменистой литорали (включая планарий), нет данных о сезонной и многолетней динамике развития этих организмов. Общеизвестно, что планарии являются обитателями чистых вод и не выживают при антропогенном загрязнении. С этой точки зрения изучение видового состава литоральных триклад Байкала как компонента донных сообществ, их экологии (в том числе и особенностей потребления кислорода) весьма своевременны – ведь мелководная зона любого водоема наиболее подвержена влиянию загрязнений. Таким образом, новизна поставленной темы, а также ее научная и практическая значимость несомненны.

**Цели и задачи исследования.** Цель работы – изучение особенностей экологии мелководных микро- и макротурбеллярий Южного Байкала.

Задачи:

1. Изучить видовой состав и динамику качественных и количественных показателей литоральных турбеллярий западного побережья Южного Байкала.
2. Изучить жизненные циклы массовых доминирующих байкальских и общесибирских видов планарий *in vivo* и *in vitro*.
3. Изучить особенности постэмбрионального роста массового литорального вида планарий *Baikalobia guttata* (Gerstfeldt, 1858).
4. Выявить зависимость между линейными размерами и массой тела гигантских глубоководных, а также – обычных мелководных видов планарий.
5. Изучить особенности потребления кислорода массовыми литоральными видами планарий.

**Научная новизна.** В работе содержатся первые для Байкала сведения по сезонной динамике численности и биомассы турбеллярий макро- и мейзообентоса на видовом уровне; на основе экспериментальных и расчетных данных впервые изучена динамика роста и определены продолжительность жизни, интенсивность потребления кислорода, выявлены особенности возрастной структуры популяций доминирующих видов литоральных планарий.

**Личный вклад автора.** Автор принимал личное участие в планировании и проведении основного комплекса исследований, результаты которых представлены в диссертационной работе. Автор принимал непосредственное участие в сборе материала, разборе проб турбеллярий и их видовой идентификации, постановке и проведению экспериментов, постановке цели и задач исследования, анализе результатов и формулировании выводов и обобщений.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные данные о видовом разнообразии и количественных характеристиках на видовом уровне могут быть использованы при мониторинге состояния бентосных сообществ. С помощью рассчитанных кривых, отражающих изменение массы червей при фиксации, можно восстанавливать прижизненную массу червей из старых проб, хранящихся в коллекционных фондах.

**Апробация работы.** Результаты исследований представлены на 5 международных и 2 Всероссийских симпозиумах и конференциях: на Международной конференции «Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами» в Улан-Удэ, 2004 г., на Четвертой Верещагинской байкальской конференции в Иркутске, 2005 г., на Международной конференции, посвященной столетию профессора Г.Г. Винбрега «Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century» в Санкт-Петербурге, на Всероссийской научной конференции «Современные аспекты экологии и экологического образования» в Казани, 2005 г., на Десятом международном симпозиуме по биологии плоских червей «10<sup>th</sup> International Symposium on Flatworm Biology» в г. Иннсбрук (Австрия) в 2006 г., на IX Всероссийском съезде гидробиологического общества в Тольятти, 2006 г., на Международной конференции «Современное состояние биоресурсов» Новосибирск, 2008, Объединенный Гидробиологический, Экологический и Ихтиологический семинар ИБМ ДВО РАН, Владивосток, 2008.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 12 работ (в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах, 2 – в трудах научных конференций), 4 главы в коллективных монографиях приняты в печать.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка цитированной литературы (169 источников, из них 63 – на иностранных языках) и 2 приложений. Работа изложена на 119 страницах, проиллюстрирована 29 рисунками и 8 таблицами.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность своим научным руководителям д.б.н. О.А. Тимошкину и д.г.н. И.Б. Мизандронцеву за постановку темы и постоянную помощь в работе над диссертацией. Сердечная благодарность аквалангистам И.В. Ханаеву, к.б.н. А.Л. Новицкому, к.б.н. А.Б. Купчинскому и К.М. Иванову за сбор бентосных проб, сотрудникам ЛИНа к.б.н. Н.Г. Мельник, к.б.н. Н.Г. Шевелевой, к.б.н. Л.С. Кравцовой, к.б.н. Н.А. Рожковой, к.б.н. И.В. Механиковой, к.б.н. А.А. Широкой и д.б.н. Ситниковой,

сотрудникам ЗИНа д.б.н. С.М. Голубкову и д.б.н. Ю.В. Мамкаеву за предоставленную литературу и консультации, Е.М. Тимошкиной за перевод иностранной литературы, к.б.н. Н.В. Максимовой за помощь при проведении экспериментов, М.М. Пензиной, М.И. Гула, Е.П. Тереза, Ю.П. Сапожниковой, У.О. Колесовой (Иркутский ГУ), А.Г. Порфирьеву (Казанский ГУ) за помощь при сборе материала.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. ЭКОЛОГИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ

В главе содержится обзор литературы, посвященной экологии турбеллярий, включающий такие аспекты как: состав пищи и пищевые стратегии планарий и некоторых крупных «рабдоцелид», изучение аутэкологии, популяционной динамики и фенологии микротурбеллярий озер и прудов Центральной Европы, Японии, изучение жизненных циклов червей; единичные работы посвящены исследованию интенсивности потребления кислорода и вопросам энергетического обмена. Отдельные разделы посвящены анализу современного состояния изученности экологии байкальских турбеллярий, методов количественного учета зообентоса озер и современного состояние изученности количественных характеристик донных биоценозов озера Байкал.

### Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

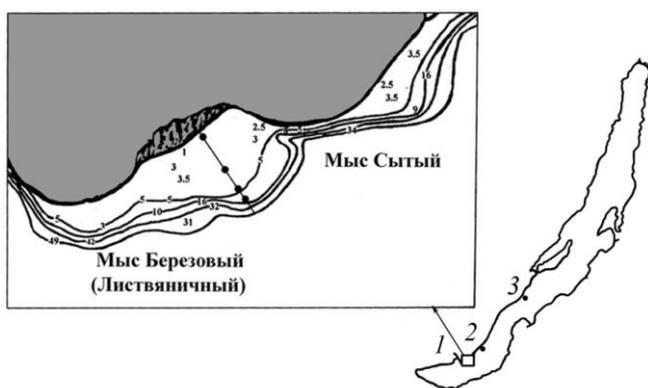


Рис. 1. Карта-схема отбора проб: 1 – междисциплинарный полигон Березовый и центральня трансекта; 2 – зал. Большие Коты; 3 – м. Бирхин.

Основой для диссертационного исследования послужили регулярные количественные сборы, которые проводились на междисциплинарном экологическом полигоне у м. Березовый (западное побережье Южного Байкала) (рис. 1). Для изучения видового состава и количественных характеристик интерстициальных турбеллярий отбирались количественные пробы интерстициальной фауны при помощи рамок площадью  $0,1 \text{ м}^2$ , на трех точках, расположенных на урзе воды, на

расстоянии 1 м и 2 м выше уреза. Пробы отбирались послойно, слои глубиной 5–40 см, в трех повторностях. Для аналогичного исследования литоральных триклад и микротурбеллярий количественные пробы зообентоса были собраны на полигоне в пределах одной станции 2.9 (глубина 3 м, около 290 м от берегового уреза воды; координаты  $51^{\circ}50'41.6''$  и  $104^{\circ}54'10.5''$ ) на однотипном грунте (фацция не окатанных обломков пород) с площади около  $60 \text{ м}^2$ . Пробы (в 10 повторностях) отбирались на протяжении года (2000 – 2001), ежемесячно, с помощью водолазов, учетной рамкой

площадью 0,1 м<sup>2</sup>. Кроме того, в течение 2001 г. отбирались количественные пробы донной фауны с дресвы.

Для изучения вертикального распределения планарий мелководья в 2003–2007 гг. отбирались количественные пробы вдоль стандартных профилей м. Березового, расположенных перпендикулярно береговой линии. Эти пробы отбирались по следующей методике: аквалангист отбирал камни, с которых впоследствии снимались проекции, с помощью которых рассчитывалась площадь. Такой же методикой пользовались при отборе проб у мыса Бирхин.

Для изучения динамики роста планарии *B. guttata* в лабораторных условиях культивировались коконы и вылупившиеся черви. Они содержались в холодильнике, в стеклянных или пластиковых контейнерах, при естественном освещении. Воду в контейнерах меняли 2 раза в неделю, раз в неделю червей кормили живым кормом – олигохетой-трубочником *Tubifex tubifex* Müller. Измерения червей проводились с интервалом 5–10 суток в течение 4 месяцев по 5 параметрам: длина, ширина тела, длина глотки, расстояние от заднего конца глотки до заднего конца тела и количество глаз. Измерения проводились по цифровым фотографиям спокойно ползущих червей, сделанных в стеклянной чашке Петри, на фоне миллиметровки. Результаты измерений длины планарий наносились на графики, которые анализировались с помощью программы Microsoft Excel.

Для изучения жизненных циклов нами осуществлялись круглогодичные сборы червей 2 видов *B. guttata* и *Ph. sibirica*. *B. guttata* и их кладки отбирались ежемесячно в течение периода открытой воды 2005 и 2006 годов в прибрежной зоне, с глубины 30–70 см, пади Жилище (зал. Б. Коты) и истоке р. Ангары. Параллельно проводился сбор червей *Ph. sibirica* в ручье, впадающем в р. Б. Коты, р. Жилище. В лабораторных условиях измерялись длина тела и масса каждой особи. После чего данные анализировались с помощью программы Microsoft Excel.

Материал по глубоководным трикладам для анализа соотношения линейных размеров триклад и массы их тел был собран во время периодических глубоководных тралений, проводившихся во всех трех котловинах озера (сборы О.А. Тимошкина разных лет). Анализ был проведен на фиксированном материале, для чего измерялись длина, ширина, высота и масса тела следующих видов гигантских абиссальных планарий *Rimacephalus pulvinar* (Grube, 1872), *Rimacephalus arecepta* Porfirieva, 1969, *Sorocelis hepatizon* (Grube, 1872), а также мелких литоральных триклад *Baikalobia variegata* (Korotneff, 1912) и *Baikalobia copulatrix* (Korotneff, 1912). Планарии объединялись в размерные группы, средние показатели размеров в группе наносились на график, полученная таким образом кривая аппроксимировалась аллометрическим уравнением.

Для исследования изменения массы планарий при фиксации в растворе этанола отбирались особи 4 видов, примерно равной длины (*Bdellocephala baikalensis* (Н. Sabussov 1903) – 6 экз., *B. copulatrix* – 19 экз., *B. guttata* – 18 экз., *B. variegata* – 12 экз., *Ph. sibirica* – 160 экз.). Объем фиксирующей жидкости во всех пробах был одинаков, составлял 10 мл, жидкость не менялась в течение всего

эксперимента. В начале эксперимента определялась суммарная масса живых червей каждого вида, после чего черви фиксировались 70 % этанолом. Повторные взвешивания проводились с интервалом один раз в 1–2 недели в течение первых двух месяцев. По результатам измерений составлялись графики и выводились формулы, описывающие процесс изменения массы тела червей.

Экспериментальные исследования особенностей потребления кислорода планарий проводили в лабораторных условиях в течение августа 2005 г. и июля 2006 г. Концентрацию кислорода и температуру воды измеряли при помощи портативного прибора YSI Environmental “DO 200” (США) в изолированных от поступления атмосферного кислорода пластиковых емкостях с электромешалкой оригинальной конструкции. В опытах при температурах воды от 8 до 23°C изучали дыхание представителей 4 видов пресноводных триклад. В установку одновременно помещали от 4 до 10 экземпляров *B. angarensis*, 10–30 *B. variegata*, 50–300 *B. guttata*, 100–600 *Ph. sibirica*. Для экспериментов использовали адаптированную по температуре питьевую бутилированную воду Байкала. Опыты сопровождалось контрольными измерениями. Объем воды в установке составлял 0,59, 3,39 и 2,27 л. Продолжительность опытов составляла 8–24 ч, показания прибора регистрировались раз в 30 мин. Всего было проведено 14 экспериментов.

Всего было собрано и обработано 292 фиксированных проб, содержащих 5628 особей (из них – 4312 планарий, и 1316 – микротурбеллярий) и 43 пробы живых червей содержащих 3512 особей, приготовлено 345 тотальных препаратов для видовой идентификации.

### **Глава 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТУРБЕЛЛЯРИЙ МЕЛКОВОДНОЙ ПЛАТФОРМЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

#### **3.1. Видовой состав и количественные характеристики интерстициальных турбеллярий зоны пляжа**

В зоне пляжа были найдены представители 9 форм, 6 из них были определены до вида, 1 – до рода. Проринхида *G. interstitialis* – наиболее многочисленный представитель ресничных червей в сообществе, присутствовавший в течение всего периода наблюдений (октябрь 2000 – май 2001 гг.), и доминировавший по численности и биомассе. Наибольшая численность была отмечена 9.10.2000 – 1430 экз. / м<sup>2</sup> на участке пляжа 1 м выше уреза воды, биомасса при этом равнялась 20,2 мг / м<sup>2</sup>. Калипторинхии *Opisthocystis curvistylus* Timoshkin, 1986 встречены в зоне пляжа в небольших количествах в зоне 1 м выше уреза воды и на урезе. Максимальная численность 10 экз. / м<sup>2</sup>, биомасса 0,7 мг / м<sup>2</sup>. *Opisthocystis sabussovi* Timoshkin, 1986 и *Opisthocystis angarensis* (Sibirjakova, 1929) встречались в грунте пляжа в 2 м выше уреза, численность и биомасса их были также невелики (*O. sabussovi* – 10 экз. / м<sup>2</sup>, 0,1 мг / м<sup>2</sup>; *O. angarensis* – 10 экз. / м<sup>2</sup>, 0,3 мг / м<sup>2</sup>). *Mariareuterella baekmanae* (Timoshkin, 1986) встречался в сборах одиножды, численность – 10 экз. / м<sup>2</sup>, биомасса - 0,3 мг / м<sup>2</sup>. Неполовозрелый экземпляр

планарии *Papiloplana* sp. был найден на расстоянии 1 м выше уреза воды (биомасса – 29,7 мг/м<sup>2</sup>). Также в пляжевой зоне встречаются *R. gibsoni* (численность–10 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 0,7 мг/м<sup>2</sup>) и представители отряда Proseriata (10 экз. / м<sup>2</sup>, 19,2 мг/м<sup>2</sup>).

### 3.2. Распределение и количественные характеристики литоральных микротурбеллярий

В литорали на полигоне у м. Березовый на глубине 3 м на каменистом грунте нами было обнаружено 22 вида микротурбеллярий, принадлежащих к 2 отрядам: Macrostomida и Neorhabdocoela. Как показали результаты исследований, численность и биомасса червей на протяжении года претерпевали значительные колебания.

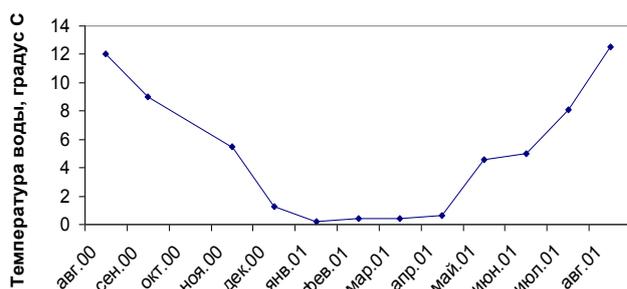


Рис. 2. Динамика температуры воды на глубине 3 м, полигона Березовый, станция 2.9.

Нами выяснено, что наибольшая численность и биомасса микротурбеллярий отмечена в марте 2001 г. (1800 экз. / м<sup>2</sup>; 23,48 мг / м<sup>2</sup>), также велики эти показатели в мае 2001 г (718 экз./м<sup>2</sup>; 18,72 мг / м<sup>2</sup>). Четко выраженной взаимосвязи между динамикой численности (биомассы) микротурбеллярий и температурой воды установлено не было (рис. 2, 3).

Общепринято, что мелководная платформа открытого Байкала – зона безраздельного господства и доминирования эндемичных организмов. Нами

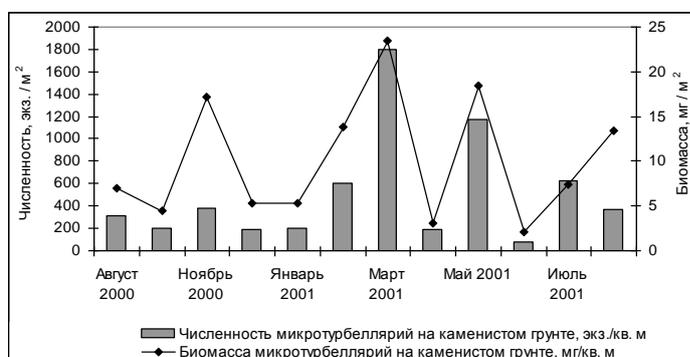


Рис. 3. Динамика численности и биомассы микротурбеллярий на каменистых грунтах полигона у мыса Березовый, гл. 3 м, станция 2,9.

*baektanae*, эти черви присутствуют в течение всего года, но наибольшей численности достигали в марте 2001 г. – 192 экз. / м<sup>2</sup> (биомасса 1,76 мг / м<sup>2</sup>), а биомассы – в ноябре 2000 г. – 5,56 мг / м<sup>2</sup>, при численности 56 экз. / м<sup>2</sup>. Столь же многочисленными оказались *Rhynchokarlingia tetrastylus* (Timoshkin, 1986) – 80 экз./м<sup>2</sup> (май 2001); при этом биомасса их достигала 1,13 мг / м<sup>2</sup>.

На песчано-гравийном грунте (дресва) нами было обнаружено 28 видов микротурбеллярий. Наибольшая их численность наблюдалась в июле – 1030 экз. / м<sup>2</sup>

(биомасса – 35,8 мг / м<sup>2</sup>), а самый высокий показатель биомассы – в августе – 49,85 мг / м<sup>2</sup> (при численности 550 экз. / м<sup>2</sup>) (рис. 4). Весеннего пика численности, который наблюдался на каменистом грунте, нами обнаружено не было. Как и на каменистом грунте, доминантными видами являются *G. hermaphroditus*, численность и биомасса которого была особенно велика в июле – 180 экз./ м<sup>2</sup>; 2,4 мг / м<sup>2</sup> соответственно и представители видов рода *Opisthocystis*, наибольшая численность которых наблюдалась в сентябре – 380 экз. / м<sup>2</sup> (биомасса – 4,6 мг / м<sup>2</sup>).

Следует отметить, что на древесине и каменистом грунте видовой состав микротурбеллярий значительно различается: число видов рода *Opisthocystis* на каменистом субстрате значительно больше (11), чем на древесине (6). Кроме того, представители родов *Cohenella*, *Coulterella* и *Riedelella* отмечены нами только на древесине.

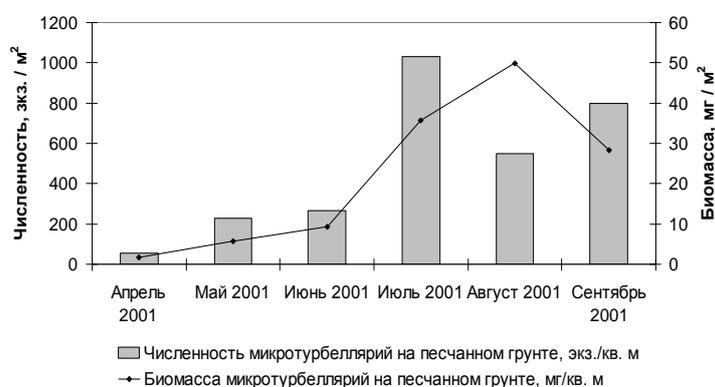


Рис. 4. Динамика численности и биомассы микротурбеллярий на гравийно-песчанном грунте полигона у мыса Березовый, гл. Зм.

В результате анализа проб мейзообентоса, собранного на станции 2.9 полигона Березовый за период 2000 – 2001 гг. нами выяснено, что наиболее многочисленными представителями мейзообентоса каменистого грунта мелководной платформы являются остракоды (39%), нематоды (36%) и гарпактициды (13%) (Шевелева и др., ориг.). Доля кладоцер, тардиград и циклопов в общей численности мейзообентоса на указанных грунтах не превышала 2%. Следовательно, микротурбеллярии в озере Байкал относятся к одной из доминирующих по численности групп мейзообентоса, занимая 3–4 место.

Сезонные колебания численности микротурбеллярий коррелируют с колебаниями численности других групп мейзообентоса. Максимум развития мейзообентоса (представленного, в основном, нематодами, коловратками и копеподами) пришелся на весну – первую половину лета (Соловьева, 2004). Известно, что в весенний период (апрель – июнь) и в конце лета (август - сентябрь) наблюдается массовое развитие планктонных водорослей (Антипова, Кожов, 1953, Кожов, 1962), отмирающие клетки которых в массе оседают на дно, создавая благоприятные условия для развития бактерий, простейших и других микроскопических организмов. Все это в свою очередь, приводит к массовому

В результате анализа проб нами впервые выяснено, что микротурбеллярии в разные сезоны года на каменистом грунте мелководной платформы Южного Байкала составляют от 1,5 до 13,4% (в среднем – 7,9%) численности всего мейзообентоса. На древесине микротурбеллярии еще более многочисленны и составляют от 4,8 до 23% (в среднем – 12,2%) общей численности

развитию нематод, ракообразных, и других мейобентосных животных, включая микротурбеллярий, являющихся хищниками. Этим и может быть обусловлена связь между пиками развития фитопланктона и мейзообентоса.

### 3.3. Распределение и количественные характеристики литоральных планарий на станции 2.9 полигона Березовый (по данным метода учетных рамок)

По результатам круглогодичных наблюдений в мелководной зоне на глубине 3 м (станция 2.9) у мыса Березовый (материал 2000–2001 гг.) отмечены 16 видов триклад, принадлежащих 5 родам и 6 форм планарий, видовую принадлежность которых установить не удалось, а также представители отряда Prorhynchida –

*Geocentrophora porfirievae* (Timoshkin et Sabrovskaja, 1984).

Наибольшая численность планарий отмечена в мае 2001 г. – 206 экз. / м<sup>2</sup> (биомасса – 969,5 мг / м<sup>2</sup>), самый высокий показатель биомассы – в августе 2001 г. – 2283,1 мг / м<sup>2</sup> при численности 200 экз. / м<sup>2</sup>. Самая низкая численность (64 экз. / м<sup>2</sup>) и биомасса (195,4 мг / м<sup>2</sup>) триклад отмечалась в августе 2000 г. В

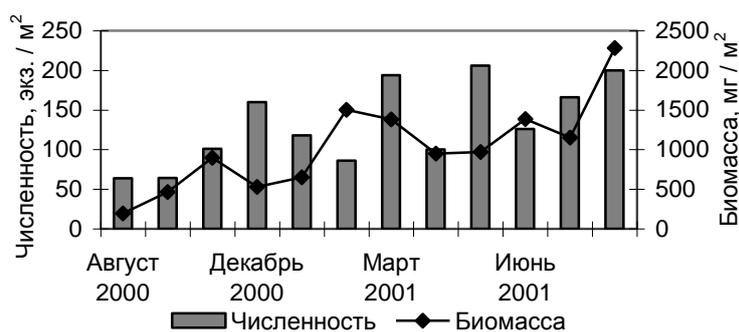


Рис. 5. Динамика численности и биомассы планарий на полигоне у мыса Березовый, глубина 3 м.

течение периода исследований наблюдается тенденция увеличения биомассы триклад с августа 2000 г. к августу 2001 г. (рис. 5).

Зимне-весенний (февраль – март) пик биомассы червей может быть связан с наступлением половозрелости перед массовой откладкой коконов, происходящей летом. Низкая биомасса и отсутствие кладок в августе 2000 г. свидетельствуют о преобладании молоди червей в это время, что может быть связано с тем, что продолжительность жизни планарий этих видов также может равняться или превышать 2 года. Почти не вызывает сомнений, что продолжительность жизни более крупных или одинаковых по размерам «родственников» – представителей того же рода *Baikalobia* (*B. variegata*, *B. copulatrix*), к тому же, обитающих в несравненно более стабильных условиях среды, окажется сопоставимой с двухлетним жизненным циклом развития *B. guttata*. Следовательно, такую же ситуацию можно будет наблюдать в дальнейшем с периодичностью один раз в 2–3 года. Колебания численности и биомассы планарий прямой связи с температурой придонной воды также не обнаруживают (рис. 2, 5).

Нами выявлено, что видовой состав червей на протяжении года оказался почти постоянным; как правило, представители таких массовых видов, как *B. copulatrix*, *B. variegata*, *Papilloplana leucocephala* (Sabussov, 1903), *Armillia livanovi* (Sabussov, 1903) и *Archicotylus stringulatus* (Korotneff, 1912) присутствовали во всех сборах, и составляли основную их часть. Черви других видов были малочисленны и

появлялись в сборах эпизодически. Оказалось, что довольно крупная и медлительная планария *B. variegata* является безусловным видом-доминантом и наиболее многочисленным представителем триклад в данном биотопе: особи этого вида отмечались в течение всего года, численность колебалась от 7 экз. / м<sup>2</sup> (декабрь 2000 г.) до 68 экз. / м<sup>2</sup> (август 2001 г.) (рис. 8). Кроме того, эти черви доминировали и по биомассе. В феврале 2001 г. биомасса *B. variegata* достигала 1340,8 мг / м<sup>2</sup> (при численности 28 экз. / м<sup>2</sup>), что составляет 89% от общей биомассы планарий в этом месяце.

Почти такая же численность была выявлена у *B. copulatrix*, но, вследствие меньших размеров этих червей, их биомасса оказалась значительно ниже – наибольшая в январе 2001 г. – 299,6 мг / м<sup>2</sup> при численности 56 экз. / м<sup>2</sup>. Высокие показатели численности (67 экз. / м<sup>2</sup>) при низкой биомассе (158 мг / м<sup>2</sup>) в декабре 2000 г. могут быть связаны с массовым выходом молодых червей из коконов. Кроме того, в этом месяце *B. copulatrix* были наиболее многочисленны в сборах, они составляли 28,5% от численности всех планарий. Пик численности *P. leucocephala* (68 экз. / м<sup>2</sup>, при небольшой биомассе – 20,25 мг / м<sup>2</sup>) приходится на май. Вероятно, это связано с тем, что именно в этот период может происходить массовый выход молодых *P. leucocephala* из коконов. Численность и биомасса *A. stringulatus* и *A. livanovi* невелика (наибольшая численность *A. livanovi* отмечена в марте 2001 г. – 44 экз. / м<sup>2</sup>, биомасса – 69,4 мг / м<sup>2</sup>, *A. stringulatus* – наибольшая численность и биомасса в мае 2001 г. – 55 экз. / м<sup>2</sup> и 48,5 мг / м<sup>2</sup> соответственно), но эти черви присутствуют в пробах на протяжении всего года. Остальные черви, вероятно, не

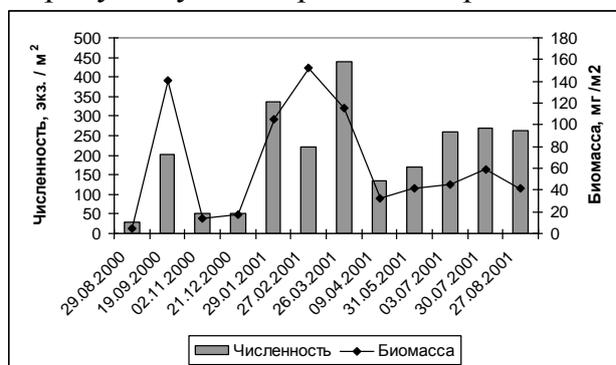


Рис. 6. Динамика численности и биомассы *Geocentrophora porfirievae* на полигоне Березовый, гл. 3 м. их численность может достигать 348 экз. / м<sup>2</sup> (апрель 2001 г.), биомасса этих червей невелика – 115 мг / м<sup>2</sup>. В течение года показатели численности и биомассы этих червей сильно колеблются (рис. 6).

являются постоянными обитателями на этой глубине. Так, пик численности планарий в августе 2001 года связан с появлением крупных *B. angarensis* (биомасса 926, 4 мг / м<sup>2</sup>, численность – 12 экз. / м<sup>2</sup>), которые в это время поднимаются к урезу воды для откладки коконов, и в мелководье обычно встречаются только летом.

Проринхида *G. porfirievae* – самая многочисленная турбеллярия на глубине 3 м,

их численность может достигать 348 экз. / м<sup>2</sup> (апрель 2001 г.), биомасса этих червей невелика – 115 мг / м<sup>2</sup>. В течение года показатели численности и биомассы этих червей сильно колеблются (рис. 6).

### 3.4. Вертикальное распределение триклад западного побережья Байкала (по данным количественных профилей)

В литорали у мыса Бирхин (Средний Байкал) нами отмечены 11 видов планарий и 13 видов – у мыса Березовый.

В литорали у мыса Березовый планарии распределены не равномерно: наибольшая численность и биомасса наблюдается на глубине 3–5 м (станции 2,9–5,0), здесь же отмечено наибольшее количество видов. Анализ проб показал, что с увеличением глубины численность и биомасса планарий снижается, равно как и количество видов: на глубине 1,5–2,2 м встречается от 4 до 6 видов, на глубине 3–6 м – 7–9 видов, на глубине 12–15 м – 6 видов (рис. 7, 8).

Как видно на рисунках 7 и 8, численность и биомасса планарий на полигоне у мыса

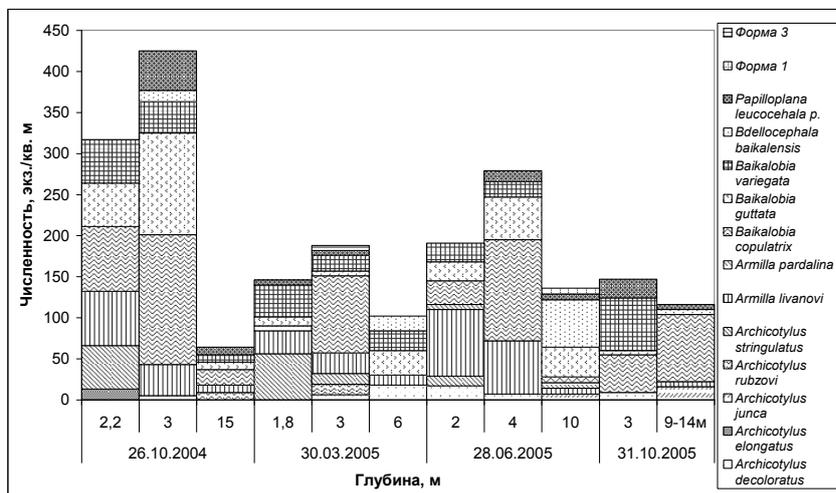


Рис. 7. Динамика численности планарий на разных глубинах полигона Березовый в 2004 – 2005 гг.

Березовый сильно колеблется в зависимости от сезонов года, возрастает летом и снижается к осени. Кроме того, обращает на себя внимание тенденция к снижению количественных показателей планарий на глубинах 3–4 м от октября 2004 г. к октябрю 2005 г., хотя на глубинах 9–15 м их численность и биомасса, наоборот, возрастают. Это можно объяснить влиянием абиотических факторов, а также различиями в жизненных циклах доминирующих видов.

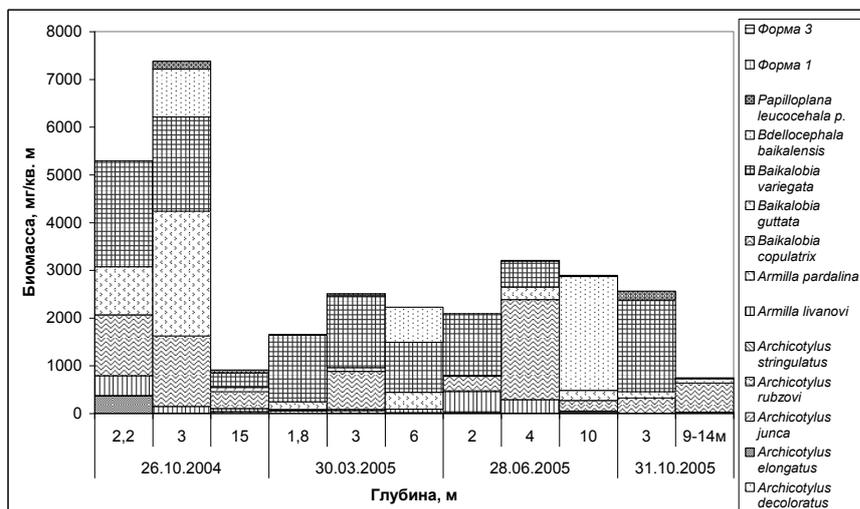


Рис. 8. Динамика биомассы планарий на разных глубинах полигона у мыса Березовый в 2004 – 2005 гг.

Например, у *A. livanovi* и *B. variegata* наибольшая численность и биомасса отмечены на глубинах 1,8–2,2 м; с увеличением глубины эти показатели снижаются.

В результате анализа проб 2004–2005 гг. было установлено, что в зоне пляжа, на глубине 0.5 м, доминирует *B. guttata*. Причем, численность и биомасса этих

численность и биомасса триклад на разных глубинах зависит от развития доминирующих видов, например такие виды как *B. copulatrix*, *B. variegata*, *B. guttata* ssp. и *A. livanovi* многочисленны на всех трех точках отбора проб. Но, как правило, у каждого из этих видов численность и биомасса распределяется по глубинам не равномерно.

червей в период массового размножения (июль–август) могут достигать 843 экз./ м<sup>2</sup>, 8,5 г / м<sup>2</sup>, а максимальная плотность коконов – 892 экз. / м<sup>2</sup>. Соответственно, в период массового выхода червей из коконов плотность планарий может достигать 4217 экз. / м<sup>2</sup> (данные за 2006 г.). Установленные нами количественные показатели обилия этого вида планарий на порядок превышают таковые, полученные ранее (Вейнберг, Камалтынов, 1998). Вероятно, это связано как с различием в глубине отбора проб (у указанных авторов они отбирались в зоне уреза воды), так и сезонными и межгодовыми различиями в развитии вида.

#### **Глава 4. ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ И ДИНАМИКА РОСТА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ БАЙКАЛЬСКИХ ПЛАНАРИЙ В СРАВНЕНИИ С ОБЩЕСИБИРСКИМ ВИДОМ *PHAGOCATA SIBIRICA***

##### **4.1. Динамика роста линейных размеров *Baikalobia guttata***

В процессе наших исследований оказалось, что длина тела молодых червей, вылупившихся из кокона, существенно варьирует и колеблется в пределах 1,68–6,72 мм (в среднем –  $4,04 \pm 1,67$  мм). Чаще всего особи, вылупившиеся из одного кокона, имели разные размеры. Из каждого кокона диаметром 1,2–2,7 мм выходило от 2 до 14 особей (чаще всего – 5). Молодые черви, выходящие из крупных коконов, в среднем длиннее, чем особи из мелких коконов.

По результатам наблюдения за 22 коконами установлена продолжительность развития животных внутри кокона, которая в лабораторных условиях варьирует в пределах 37 – 61 (в среднем  $52 \pm 4,53$ ) суток. Кокон *B. guttata*, отложенные в естественной среде, отличаются от коконов, отложенных в лабораторных условиях, по окраске и размерам: первые имеют больший диаметр (1,4 – 2,3 мм) и черную непрозрачную оболочку, тогда как оболочка «лабораторных» коконов более тонкая, полупрозрачная, красно-коричневого или бурого цвета, а сами коконы не превышают 1,4 мм в диаметре. Причем, со временем, светлая окраска коконов, полученных в эксперименте, почти не меняется (не темнеет). Молодые планарии появляются на свет слабопигментированными, почти прозрачными, и в течение первого месяца приобретают окраску, характерную для взрослых особей.

Ранее считалось, что число глаз *B. guttata* в течение постэмбрионального развития с возрастом увеличивается (Порфирьева, 1977), а по некоторым сведениям (Dyganova, Shakurova, 1993), у представителей рода *Baikalobia*, даже удваивается в течение первых 60 дней жизни. Наши исследования, основанные на большом статистическом материале, не подтверждают этих выводов: количество глаз у отдельно взятой планарии, на протяжении первых четырех месяцев после вылупления, остается постоянным. Оно варьирует в пределах 4–11. Следовательно, этот признак закладывается на ранних стадиях эмбриогенеза, и, после выхода червей из коконов, практически не меняется.

Известно, что триклады – мягкотелые животные, длина тела которых может в определенных пределах колебаться и зависит от степени расправления особей при движении, либо от степени наполнения кишечника (последнее особенно важно для

мелких особей). Несмотря на то, что черви всегда измерялись «на голодный желудок», а в ряде случаев для промеров использовались цифровые фотографии, некоторый разброс значений длины тела все же наблюдался (рис. 9).

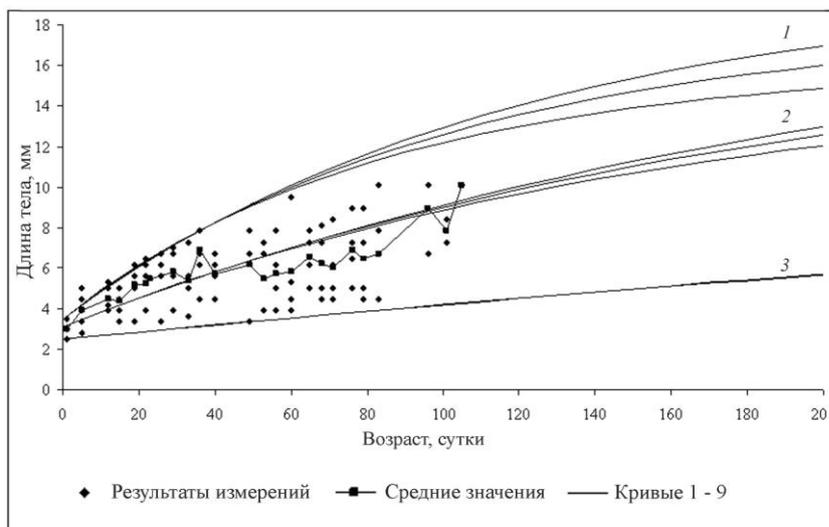


Рис. 9. Кривые роста 5 экземпляров *B. guttata*; кривые 1 – максимальный рост, кривые 2 – средний рост, кривые 3 – минимальный рост.

На фоне общей тенденции увеличения длины животного с возрастом наблюдаются остановки его роста и даже кратковременные заметные уменьшения линейного размера, что может быть сопряжено, вероятно, с незакономерными переходами от экзогенного типа питания к эндогенному, связанному с использованием организмом внутренних запасов питательных веществ. Эти изменения длины тела связаны с количеством потребляемого корма, которое, в свою очередь, зависит от температуры, количества кислорода, и размера пищевых объектов (Константинов, 1979; Монаков, 1998). В связи с этим каждая серия экспериментальных данных по длинам тел планарий, появившихся из одного кокона, усреднялась по всем экземплярам, и средняя кривая аппроксимировалась гладкой монотонной функцией (без экстремумов).

В результате проведенных нами полугодовых экспериментов было выяснено, что характерное среднее время удвоения начального линейного размера *B. guttata* равно 45,5 суток. Анализ кривых роста, полученных для 5 разноразмерных экземпляров *B. guttata* одного потомства, построенных отдельно для крупных, средних и мелких особей (рис. 9), позволяет сделать следующие выводы. Крупные особи могут достигнуть размеров, характерных для половозрелых червей, за 1–1,5 года, черви средних размеров – примерно за два года. Что касается особей с минимальными размерами, то возможность достижения ими половозрелости сомнительна. Возможно даже, что эти особи могут элиминироваться на различных стадиях постэмбрионального развития. Это предположение подтверждается натурными наблюдениями: разброс длины тела половозрелых особей данного вида

Кроме естественных в таких случаях погрешностей, одной из наиболее вероятных причин этому может являться степень переваренности пищи. Тем не менее, общая тенденция к увеличению длины тела в процессе эксперимента сохраняется. За первые 8 недель длина тела червей увеличивается относительно исходной длины в среднем на  $92,12 \pm 16,38\%$ .

невелик и составляет 16–20 мм. Таким образом, минимальная продолжительность жизни червей *B. guttata* может быть предварительно оценена в 1,5–2 года.

Как известно, продолжительность эмбриогенеза у большинства пойкилотермных животных находится в тесной связи с температурой среды. Причем, она всегда сокращается с ростом температуры. Нами обнаружена обратная тенденция. Продолжительность развития червей внутри кокона у видов – эндемиков Байкала длится 37–61 суток у *B. guttata*, 57–64 суток у *A. livanovi* и 32–42 суток у *A. stringulatus* при температуре около 7°C. У пресноводных турбеллярий, обитающих вне Байкала, этот период продолжительнее: например, у *Dugesia bengalensis* (Kawakatsu, 1983) он длится 3–3,5 месяцев (Adithya, Mahapatra, 1990) при температуре воды 18°C, у *Ph. sibirica* – 65–90 дней при температуре воды 7,2°C (наши данные). Причины обнаруженного нами явления пока не выяснены. Возможно, они связаны с особенностями физиологии червей.

Известно, что размеры коконов морских и пресноводных триклад зависят от размеров отложивших их червей (Sluys, 1989; Vreys & Michiels 1995), это справедливо и для байкальских планарий. Например, *B. variegata*, длиной 25–28 мм и шириной 12–13 мм, откладывает коконы диаметром 3,3–4,5 мм, а у мелких *A. stringulatus* (длина – 4–6 мм, ширина – 1,5 мм) диаметр коконов не превышает 1 мм. Количество молодых червей, выходящих из одного кокона, варьирует у каждого вида, например: из коконов планарий рода *Baikalobia* выходит от 2 до 14 особей, из коконов *A. stringulatus* – 3–5.

#### 4.2. Жизненные циклы эндемичной *Baikalobia guttata*

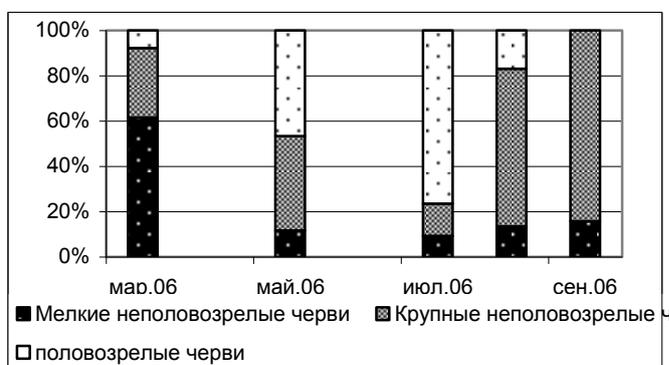


Рис. 10. Соотношение между возрастными группами *B. guttata*.

Установлено, что в зоне уреза черви *B. guttata* образуют многочисленные скопления численностью до 843 экз. / м<sup>2</sup> (август 2005 г). В течение всего года популяция этих червей включает две возрастных группы: молодые черви мелких размеров (длина тела 3,5–7 мм, масса 2–9 мг) и крупные неполовозрелые черви (длиной 7–21 мм, масса 10–25 мг).

Поскольку нами было выяснено, что планарии *B. guttata* достигают половой зрелости в возрасте двух лет, то, скорее всего, мелкие черви – это «приплод» текущего года, а черви крупных размеров – годовалые особи. В основном, популяция состоит из неполовозрелых червей: мелкие неполовозрелые особи составляют в разные сезоны от 9 до 61%, крупные – от 14 до 84%. Доля половозрелых червей в течение года незначительна, и только в июле и она достигает 76% (рис. 10).

К сентябрю количество половозрелых червей резко сокращается. Возможно, после откладки коконов черви гибнут. Кокон *B. guttata* откладывает летом, на глубине 50–70 см, на нижних поверхностях камней.

В лабораторных условиях оплодотворенная особь *B. guttata* откладывает за раз один кокон, но в течение периода размножения делает это неоднократно (до 5 раз), с интервалом в 7–12 суток. Молодые черви вылупляются в течение 37–61 суток после откладки коконов. В естественных условиях этот период, по видимому, короче, так как наибольшее количество коконов наблюдается в июле и августе, а к сентябрю большинство коконов были уже пустыми. Так как коконы имеют различную степень развития, нами выделено 6 условных степеней зрелости содержимого кокона: самая ранняя, когда содержимое кладки имеет вид вязкой белой жидкости (1); эмбрионы (2); сформировавшиеся черви, непигментированные и без глаз (3); бесцветные черви с глазами (4); молодые планарии с коричневой окраской тела (5) и пустые коконы, уже покинутые обитателями (6). Исходя из соотношения стадий развития эмбрионов в коконе пик откладки коконов приходится, скорее всего, на июль, поскольку в июне нами обнаружены коконы в основном на ранних стадиях развития, в июле 68% коконов содержали сформировавшиеся эмбрионы, а в августе около половины всех кладок (45%) содержали червей, и 15% кладок была уже покинута (рис 16). Единичные коконы можно обнаружить в течение всего периода открытой воды.

### **4.3. Жизненные циклы сибирского вида планарий *Phagocata sibirica***

*Ph. sibirica* – единственный вид планарий семейства Planariidae, широко распространенный во всех речках и ручьях, впадающих в Байкал (Ливанов, Забусова, 1940; Тимошкин, Наумова, 2000, 2001), а также – во многих водотоках Сибири (Sluys et al., 2001). Как правило, ручьи, впадающие в Байкал, зимой промерзают до дна, в засушливые сезоны эти водотоки могут полностью пересыхать. В том числе и поэтому *Ph. sibirica* была выбрана в качестве модельного небайкальского вида для сравнения с доминирующими литоральными видами эндемичных планарий, обитающих в совершенно иных, стабильных экологических условиях.

Было выяснено, что в лабораторных условиях продолжительность жизни *Ph. sibirica* может составлять более трех лет. В естественных условиях (перемерзающем на зиму ручье) это маловероятно, так как после вскрытия обследованных нами рек и ручьев крупных половозрелых особей ни разу обнаружено не было. Возможно, черви откладывают коконы перед замерзанием реки, после чего отмирают.

На протяжении эксперимента (2004–2006 гг.) в лабораторных условиях черви откладывали коконы с середины января до середины марта, причем коконы к субстрату (камни, пластиковый контейнер) не прикрепляются. Возможно в естественных условиях черви «зарывают» коконы в ил, так как незакрепленные коконы неизбежно сносило бы течением. Кроме того, при сборах червей с нижней поверхности камней *in vivo* прикрепленных коконов также обнаружено не было.

Продолжительность развития внутри кокона в холодильнике длилась 65–90 суток при температуре 7° С. Из кокона выходит 5–12 (в среднем –  $8 \pm 2,46$ ) молодых особей.

По результатам многочисленных натуральных наблюдений, проведенных в указанный период, выяснено, что популяции из разных местообитаний (2 ручья и 1 речка) состояли, как правило, из червей разных размеров, в большинстве неполовозрелых. Черви, обитающие в хорошо прогреваемом ручье, впадающем в реку Большая Котинка, в среднем крупнее на 42,2 % и на 78,4 % тяжелее червей, обитающих в более холодном и быстром ручье Жилище. В среднем за месяц черви увеличивают свою массу на 12 % (промерено 1048 экземпляров).

### Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНДЕМИЧНЫХ ВИДОВ БАЙКАЛЬСКИХ ПЛАНАРИЙ

Связь между длиной тела ( $l$ ) и массой ( $w$ ) планарии может быть передана уравнением

$$w = ql^b, \quad (1)$$

где  $q$  и  $b$  – константы (Винберг, 1968). По эмпирическим данным были найдены значения  $q$  и  $b$  для некоторых видов планарий оз. Байкал (табл.1).

Таблица 1. Значения констант  $q$  и  $b$  в уравнении (1).

Вид	$q$	$b$
<i>Rimacephalus arecepta</i>	2,6184	1,9103
<i>Rimacephalus pulvinar</i>	0,2973	2,262
<i>Sorocelis hepatizon</i>	0,1874	2,6918
<i>Baikalobia variegata</i>	0,8908	1,5
<i>Baikalobia copulatrix</i>	0,2819	1,5339

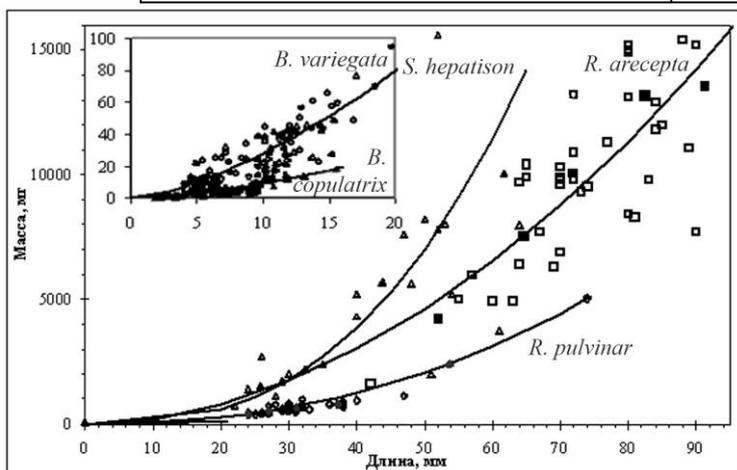


Рис. 11. Графики соотношения длина – масса планарий разных видов [кривые – расчет по уравнению (1); окрашенные маркеры – средние значения по размерным группам, не окрашенные – измеренные значения].

Как показали наши расчеты, данные коэффициенты для каждого отдельно взятого вида оказались постоянными и, следовательно, видоспецифичными. Постоянство коэффициентов означает, как известно, отсутствие существенных изменений формы тела червей в процессе их роста. Из сопоставления зависимостей длины и массы тела разных видов планарий на одном графике (рис. 11) видно, что кривые существенно расходятся:

аппроксимации связей длина-масса литоральных, сравнительно мелкогабаритных видов (см. врезку на рис. 11) имеют заметно меньшую кривизну, чем кривые видов-гигантов. Существенное различие внешнего вида кривых на графике отражает различия в форме тела червей. Так, например, соотношение длины к ширине тела у фиксированных *S. hepatizon* близко к 1, в то время как у *R. arecepta* и *R. pulvinar* оно варьирует в пределах 1:0,29–1:0,6 и 1:0,36–1:0,64 соответственно.

Ранее было установлено, что гигантские планарии Байкала произошли от мелких литоральных форм и являются потомками мелководных планарий, имеющих обычные размеры тела (Кузнецов и др., 1996). Поэтому было бы логично предположить, что формы тела (т.е. – соотношения линейных размеров) при этом не претерпели существенных изменений. Если это предположение было бы верным, то кривая связи между массой и длиной планарий-гигантов являлась бы логичным продолжением аналогичных кривых для мелких форм. Однако, как следует из полученных нами кривых, это предположение не подтверждается: полученные кривые в координатах длина тела – масса у гигантских и обычных планарий существенно расходятся. Это свидетельствует о значительных различиях в особенностях роста, жизненных циклах, и, косвенно – продолжительности жизни у представителей этих двух групп.

## **Глава 6. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОТЕРИ МАССЫ ПРИ ФИКСАЦИИ ПЛАНАРИЙ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ЭТАНОЛА**

При количественном описании изменения массы планарий при их фиксации 70 % водным раствором этанола исходим из простого предположения, что скорость уменьшения прижизненной (исходной) массы животных в ходе процесса пропорциональна разности текущего  $M(t)$  и стационарного  $M_{ст}$  (конечного) ее значений:

$$dM/dt = - \alpha [M(t) - M_{ст}] \quad (1)$$

В начальный момент времени

$$M(t) |_{t=0} = M_0 \quad (2)$$

Абсолютное значение скорости изменения массы максимально в начальный момент времени  $t = 0$ . По мере приближения текущего значения массы  $M(t)$  к ее стационарной величине  $M_{ст}$  течение процесса замедляется, т.е.

$$\lim_{M \rightarrow M_{ст}} dM/dt = 0$$

Решение уравнения (1) с начальным условием (2) имеет вид:

$$M(t) = M_{ст} + (M_0 - M_{ст})e^{-\alpha t} \quad (3)$$

Восстановление величины прижизненной массы тела планарии по значению массы фиксированного в растворе этанола материала в момент времени  $t$  проводится по формуле

$$M_0 = M_{ст} + [M(t) - M_{ст}] e^{+\alpha t} \quad , \quad (4)$$

которая следует из выражения (3).

Планарии Байкала, при выдерживании в спирте длительное время (4–6 месяцев), теряют от 50 до 61 % своей массы, речные – до 72 %. Изменения масс протекает с различной скоростью и хорошо описываются экспоненциальными кривыми.

Процесс изменения массы у разных видов планарий протекает неодинаково: у наиболее мелкого речного вида (*Ph. sibirica*) кривая выходит на постоянный уровень уже примерно через 40–50 суток, но при этом масса червей уменьшается почти в 4 раза, у крупных *B. baikalensis* масса уменьшается не столь существенно, и при выходе кривой на постоянный уровень масса фиксированных планарий в два раза меньше массы живых. Кривые потери массы видов рода *Baikalobia* отличаются мало, и разница между массой живых и фиксированных животных различается примерно в 2,5 раза (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты для пересчета масс фиксированных планарий на живой вес

Наименование вида	Коэффициенты	Средняя масса одной живой планарии, мг
<i>Baikalobia copulatrix</i>	2,317	38,5 (n = 19)
<i>Baikalobia guttata</i>	2,51	29,2 (n = 18)
<i>Baikalobia variegata</i>	2,56	57,2 (n = 12)
<i>Bdellocephala baikalensis</i>	2,036	156,1 (n = 6)
<i>Phagocata sibirica</i>	3,553	2,1 (n = 160)

Таким образом, выяснено, что масса планарий фиксированных 70 % этанолом, становится практически стабильной после 2–3 месяцев нахождения в фиксаторе и далее меняется мало. Процесс изменения массы у разных видов подчиняется общей закономерности, но имеет особенности для каждого вида. Масса живых турбеллярий в 2–4 раза больше, чем масса червей, подвергшихся фиксации.

## Глава 7. ДАННЫЕ О ПОТРЕБЛЕНИИ КИСЛОРОДА МАССОВЫМИ ВИДАМИ МЕЛКОВОДНЫХ ПЛАНАРИЙ БАЙКАЛА И ЕГО БАССЕЙНА

Количество кислорода, потребляемого планариями в единицу времени, как и у многих животных, напрямую зависит от температуры среды. Установленный нами температурный оптимум, когда основной обмен у червей наиболее интенсивен, находится в пределах 10–15°C: именно при этих температурах планарии поглощали наибольшее количество кислорода. При значениях температур равных 20°C и выше интенсивность дыхания снижается (табл. 3).

Для того чтобы показатели потребления кислорода, полученные в экспериментах при различных температурах воды, можно было сравнивать, данные пересчитывали на температуру 10°C.

Оказалось, что «средняя» особь *B. angarensis* потребляет  $18.1 \times 10^{-3} \div 27.2 \times 10^{-3}$  мг O<sub>2</sub>/ч, средний экземпляр *B. guttata* – от  $1.5 \times 10^{-3}$  до  $2.1 \times 10^{-3}$  мг O<sub>2</sub>/ч, один

экземпляр *B. variegata* – около  $5.4 \times 10^{-4}$  мг  $O_2$ /ч. Значения  $Q(10^\circ)$  у червей *Ph. sibirica* равны  $4.3 \times 10^{-3} \div 5.3 \times 10^{-3}$  мг  $O_2$ /ч.

Взаимосвязь между энергетическим обменом и индивидуальным весом животных, выраженная степенной функцией, имеет вид

$$Q = MW^{a/b}, \quad (1)$$

где  $Q$  – показатель основного обмена, мг  $O_2$  на экземпляр в час;  $M$  – константа, равная общему обмену животного, вес которого равен единице;  $W$  – индивидуальный вес;  $a/b$  – константа (Винберг, 1983).

Интенсивность обмена, выраженная в мг  $O_2$  / мг сырого веса за 1 ч,

$$Q/W = MW^{-(1-a/b)}. \quad (2)$$

Таблица 3. Потребление кислорода планариями разных видов при  $10^\circ C$

Вид	Средняя масса 1 экз., мг	$n$	Общий обмен, мг $O_2$ /экз/ч	Интенсивность дыхания, мг $O_2$ /мг/ч
<i>B. angarensis</i>	499–950	4–10	$18,1 \times 10^{-3} - 27,210^{-3}$	$2,9 \times 10^{-5} - 3,7 \times 10^{-5}$
<i>B. guttata</i>	9,34–10,54	50–290	$1,5 \times 10^{-3} - 2,1 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-4} - 2,1 \times 10^{-4}$
<i>B. variegata</i>	156,9	10	$5,4 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-4}$
<i>Ph. sibirica</i>	11,58–19,19	50–100	$4,3 \times 10^{-3} - 5,3 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-4} - 5,7 \times 10^{-4}$

Интенсивность дыхания, приведенная к  $10^\circ C$ , у *B. angarensis* меняется в узких пределах  $(2.9 \div 3.7) \times 10^{-5}$  мг  $O_2$  / 1 мг сырой массы / ч, при этом значения констант  $M$  и  $a/b$  равны  $3.70 \times 10^{-4}$  и 0.626, соответственно. Согласно Винбергу (1983), значения константы  $a/b > 0$ , но меньше 1, и, чаще всего, равны 0.6 – 0.9. Интенсивность дыхания у *B. guttata* при  $10^\circ C$  варьирует в пределах  $(1.6 - 2.1) \times 10^{-4}$ , у *B. variegata* –  $3.4 \times 10^{-4}$ , у *Ph. sibirica* –  $(3.7 \div 5.7) \times 10^{-4}$  мг  $O_2$  / 1 мг сырой массы за 1 ч. Эти значения интенсивности обмена, формально приведенные по классической методике к  $20^\circ C$ , сопоставимы с значениями, ранее полученными Камлюк (1974) для байкальских планарий, и не выходят за границы крайних отклонений обмена, хотя были получены разными методами.

Было выяснено, что черви крупных размеров, к которым относятся бделлоцефалы, потребляют кислород в больших количествах, чем мелкие особи, но показатели потребления кислорода на единицу массы у мелких планарий выше (табл. 3). Это вполне закономерно, поскольку турбеллярии, не имея специализированных органов дыхания, получают кислород из воды путем диффузии, через покровы тела, а отношение площади поверхности к массе у мелких животных относительно больше, чем у крупных.

На основании показателей потребления кислорода, полученных при 10°, нами были рассчитаны параметры дыхания планарий в естественных условиях обитания. Установлено, что планарии *B. angarensis* в среднем потребляют 0,5 мг O<sub>2</sub>/экз. за 1 сут, – *B. guttata* 0,04 мг O<sub>2</sub>/экз. за 1 сут, *B. variegata* – 0,11 мг O<sub>2</sub>/экз. за 1 сут и *Ph. sibirica* – 0,09 мг O<sub>2</sub>/экз. за 1 сут.

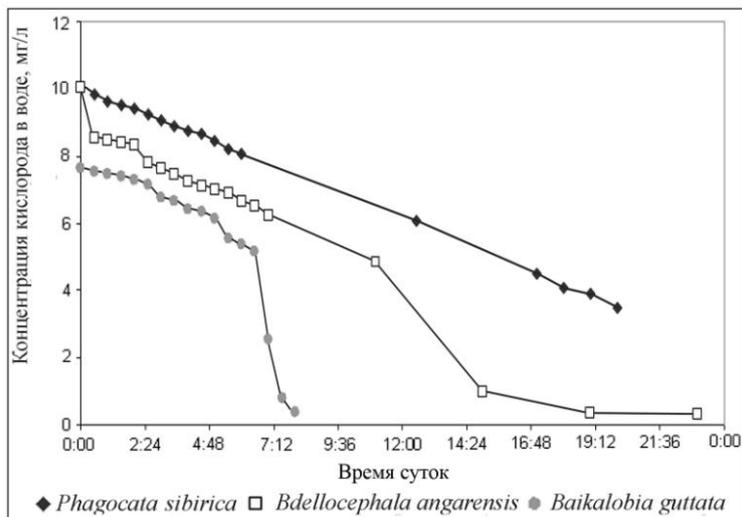


Рис. 12. Изменение концентрации кислорода в воде в суточных экспериментах, при дыхании различными видами планарий

возрастает. Очевидно, это связано с возрастанием активного обмена. При падении концентрации кислорода ниже 1 мг/л обменные процессы угнетаются, после чего черви гибнут.

Для байкальских эндемиков и речного вида планарий было выявлено различие в адаптации к дефициту кислорода. Как видно на рис. 12, при дыхании общесибирских планарий концентрация кислорода в воде линейно уменьшалась во времени от 10 до 3,9 мг O<sub>2</sub>/л. У эндемичных червей наблюдается иная картина: когда концентрация кислорода в воде достигает некоей «критической точки» (примерно 5 мг O<sub>2</sub>/л), потребление его резко

## ВЫВОДЫ

1. В зоне пляжа на полигоне выявлено 6 видов турбеллярий, из которых 4 ранее в зоне пляжа не отмечались. Постоянным обитателем интерстициали пляжа являются эндемики *G. interstitialis* и *O. curvistylus*, остальные виды встречаются единично. Следовательно, интерстициальная фауна Turbellaria байкальских пляжей уже специализирована, но не богата видами.
2. В мелководной зоне полигона отмечены 36 видов микротурбеллярий (4 отряда; 7 родов), среди которых наиболее многочисленны калипторинхии: космополит *G. hermaphroditus* и эндемики *O. angarensis*, *R. tetrastylus*. Из 17 обнаруженных видов макротурбеллярий 1 вид относится к отр. Prorhynchida, остальные – к отр. Tricladida (5 родов). Состав доминирующих видов триклад на протяжении года почти постоянен и представлен *B. copulatrix*, *B. variegata*, *P. leucocephala*, *A. livanovi* и *A. stringulatus*.
3. Впервые показано, что микротурбеллярии являются одной из доминирующих групп мейзообентоса каменистой литорали Байкала, занимая 3–4 место по численности.
4. Выяснено, что наибольшая численность и биомасса мелководных видов триклад каменистой литорали круглогодично наблюдается на глубине 3–5 м,

- здесь же отмечено наибольшее количество видов. С увеличением и уменьшением глубин снижается как численность и биомасса планарий, так и количество видов.
5. На основании 3–4 месячных экспериментов впервые получены кривые роста массовых доминирующих планарий *B. guttata*, с помощью которых оценена минимальная продолжительность их жизни (1,5–2 года).
  6. Экспериментально выяснено, что продолжительность развития червей в коконах у *B. guttata* при 7°C составляет 37–61 суток, что соответствует естественным срокам выхода червей из коконов. Этот срок в среднем на 53% короче, чем продолжительность развития эмбрионов теплолюбивых видов, обитающих при 15–20°C.
  7. Обнаружено, что большая часть популяции *B. guttata* в течение года представлена неполовозрелыми червями; взрослые особи наиболее многочисленны в июле и августе. В этот же период откладываются коконы.
  8. Рассчитанные нами кривые связи длина–масса тела значительно различаются у гигантских планарий и мелких литоральных форм. Это свидетельствует о существенных различиях в особенностях роста, жизненных циклах, и, косвенно – в продолжительности жизни у представителей этих двух групп.
  9. Выявлено различие в адаптациях байкальских эндемиков и речного сибирского вида планарий к дефициту O<sub>2</sub>, потребление которого речными планариями имеет линейный вид, а эндемичные черви увеличивают интенсивность потребления при низких его концентрациях. При падении концентрации O<sub>2</sub> ниже 1 мг / л наступает угнетение обменных процессов, а после – гибель червей.

#### **СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. **Зайцева Е.П.**, Тимошкин О.А., Вейнберг И.В. Видовой состав и количественные характеристики микротурбеллярий сообществ пляжа Южного Байкала. Тезисы Межд. Конф. «Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами», Улан-Удэ, 2004. С. 196 – 197.
2. **Zaytseva E.P.**, Mizandrontsev I.B., Timoshkin O.A. Growth peculiarities of giant and average endemic tricladids of Baikal. In: Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century. Book of abstracts with a brief G.G. Winberg's biography and bibliography. St-Petersburg, 2005. P. 111.
3. **Зайцева Е.П.**, Тимошкин О.А., Мизандронцев И.Б. Особенности динамики размерно-весовых показателей эндемичных видов планарий (*Tricladida Paludicola*) озера Байкал. Современные аспекты экологии и экологического образования. Материалы всероссийской научной конференции. Казань, 2005. С. 215-217.
4. **Zaytseva E.P.**, Mizandrontsev I.B., Timoshkin O.A. Postembryonic development and growth dynamics of *Baikalobia guttata* (Gerstfeldt, 1858) (Plathelminthes): first report on the life history of endemic *Tricladida* from Lake Baikal. *Hydrobiologia*. Vol. 568(S). 2006. P. 239-245.

5. **Zaytseva E.P.**, Timoshkin O.A. Ecology of Tricladida Paludicola (Plathelminthes) from Lake Baikal (East Siberia). 10<sup>th</sup> International Symposium on Flatworm Biology. Innsbruck, Austria, 2006. P. 141.
6. **Зайцева Е.П.**, Тимошкин О.А. Жизненный цикл массовой литоральной планарии *Baikalobia guttata* (Gersfeldt, 1858) (Plathelminthes, Tricladida) – одного из наиболее перспективных видов для мониторинга сообществ мелководной литорали озера Байкал. Бюллетень ВСИЦ СО РАМН № 2 (54), 2007. С. 40–43.
7. **Зайцева Е.П.**, Мизандронцев И.Б., Тимошкин О.А. Закономерности потери массы при фиксации пресноводных свободноживущих ресничных червей (Turbellaria) в водном растворе этанола. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Том. II. Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии. Книга 1. Новосибирск, Наука. 2008. С. 721–724.
8. Порфирьев А.Г., **Зайцева Е.П.**, Тимошкин О.А. Морфология, систематика и особенности экологии *Baikalobia pseudoguttata* sp. nov (Plathelminthes, Turbellaria, Tricladida Paludicola) из озера Байкал. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Том. II. Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии. Книга 1. Новосибирск, Наука. 2008. С. 707–720.
9. Тимошкин О.А., **Зайцева Е.П.**, Гуцол М.В., Тереза Е.П. Новые и малоизученные виды рода *Opisthocystis* Sekera, 1911 (Plathelminthes, Turbellaria, Kalyptorhynchia: Polycystididae) из озера Байкал с предварительными данными об их кариотипах и “On Set Logger” сведениями о придонной температуре воды мелководной зоны Южного Байкала. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Том. II. Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии. Книга 1. Новосибирск, Наука. 2008. С. 725–784.
10. Тимошкин О.А., Рожкова Н.А., **Зайцева Е.П.** Разнообразие и экология свободноживущих ресничных червей (Plathelminthes, Turbellaria) реки Ангары и ее водосборного бассейна с описанием новых видов и новых мест находок видов Kalyptorhynchia (сем. Polycystididae и Rhynchokarlingiidae) байкальского происхождения. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Том. II. Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии. Книга 1. Новосибирск, Наука. 2008. С. 785–790.
11. **Зайцева Е.П.**, Мизандронцев И.Б., Юма М., Тимошкин О.А. Особенности потребления кислорода массовыми видами мелководных планарий (Turbellaria, Tricladida) озера Байкал и водоемов Прибайкалья // Зоол. журн. 2008. Том 87. № 7. С. 771–778.
12. Тимошкин О.А., Гуцол М.В., **Зайцева Е.П.** Эндемичный букет турбеллярий рода *Opisthocystis* Sekera, 1911 (Plathelminthes, Turbellaria, Kalyptorhynchia) в Байкале: еще один пример «взрывной» радиации видов // Материалы международной конференции «Современное состояние биоресурсов» Новосибирск. 2008. С. 92–96.