

*На правах рукописи*

НЕПОКРЫТЫХ

Анна Владимировна

ЭНДЕМИЧНЫЕ РУЧЕЙНИКИ (TRICHOPTERA) ОЗЕРА БАЙКАЛ –  
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И БИОЛОГИЯ

03.00.18 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата биологических наук

Иркутск – 2009

Работа выполнена в лаборатории биологии водных беспозвоночных  
Лимнологического института СО РАН

**Научный руководитель**

кандидат биологических наук,  
Рожкова Наталья Анатольевна

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук,  
Тесленко Валентина Александровна

доктор биологических наук,  
Скальская Ираида Александровна

**Ведущая организация**

Санкт-Петербургский государственный  
университет

Защита состоится “3” ноября 2009 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, тел. (4232) 310905, факс. (4232) 310900. Электронный адрес: [inmarbio@mail.primorye.ru](mailto:inmarbio@mail.primorye.ru)

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

Автореферат разослан «25» сентября 2009 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Е.Е. Костина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** При небольшом видовом разнообразии эндемичные ручейники являются массовыми представителями бентоса открытой каменистой литорали озера Байкал (до 3000 экз./м<sup>2</sup>) и составляют важное звено в пищевой цепи экосистемы. Потребляя в основном бактерии и микроводоросли, они служат в свою очередь, одним из существенных компонентов питания многих рыб и ряда других водных и околоводных позвоночных. Несмотря на то, что первая публикация об эндемичных ручейниках озера Байкал появилась в начале XX века (Martynov, 1914), многие вопросы, касающиеся структуры их популяций, сезонных изменений биомассы и численности, продолжительности жизненных циклов и распределения до сих пор остаются недостаточно изученными или совсем не затронутыми исследованиями. Данные по биологии и экологии ручейников ограничиваются сведениями о глубинах обитания личинок шести видов (Бебутова, 1941) и сроках вылета имаго (Меншуткина, 1986). Роль ручейников в биоценозах озера рассматривалась только на уровне группы (Каплина, 1970; Каплина, 1974 а, б; Кравцова и др., 2003 а, б; Левашкевич и др., 2006 и др.).

Общеизвестна роль ручейников в качестве индикаторов степени загрязнения водоёмов. Всё возрастающая антропогенная нагрузка на экосистему Байкала, прежде всего, влияет на литораль озера, что позволяет говорить о необходимости всесторонних исследований экологии и биологии ручейников – одной из доминирующих групп бентоса.

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является изучение биологии и особенностей распределения эндемичных видов ручейников в литорали озера Байкал. Для достижения цели были определены следующие задачи:

1. Исследовать жизненный цикл (продолжительность развития личинок, время окукливания и вылета имаго и т.д.) на примере массового эндемичного вида *Baicalina bellicosa* Martynov, 1914.
2. Определить возрастную структуру популяции *B. bellicosa*.
3. Проследить сезонную и межгодовую динамику плотности поселения и биомассы ручейников.
4. Оценить роль эндемичных ручейников в бентосе литорали озера Байкал.
5. Провести анализ распространения ручейников по всему озеру.
6. Выявить особенности распределения массовых видов в зависимости от глубины и типа грунта.

**Научная новизна.** Впервые исследован жизненный цикл байкальского эндемичного ручейника *Baicalina bellicosa*, установлена его продолжительность,

определены структура популяции и размерно-весовые характеристики возрастных групп. Проанализированы видовой состав, сезонная динамика численности и биомассы, сроки вылета имаго эндемичных ручейников на литорали Южного Байкала мыс Берёзовый – бухта Большие Коты. Изучены особенности географического распространения и составлены кадастровые карты эндемичных ручейников озера Байкал. Выявлены основные закономерности распределения водных стадий эндемичных ручейников в зависимости от глубины и типа грунта.

**Личный вклад автора.** Автор принимал непосредственное участие в сборе материала, разборе бентосных проб, видовой идентификации ручейников, постановке и проведение экспериментов, постановке цели и задач исследования, анализе результатов и формулировании выводов и обобщений.

**Теоретическая и практическая значимость.** Данные по распространению, биотопическому распределению эндемичных видов ручейников важны при разработке и проведении мониторинга за состоянием мелководной литорали озера Байкал. Результаты исследований жизненного цикла, и размерно-весовых характеристик популяции личинок *B. bellicosa* могут быть использованы при комплексной оценке биологических ресурсов бентосных сообществ. Полученные значения динамики количественных показателей личинок эндемичных ручейников послужат основой для экологического прогнозирования. Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе, курсах гидробиологии, энтомологии и байкаловедения.

**Апробация работы.** Материалы диссертации представлены в виде тезисов и стендовых докладов на Всероссийской конференции „Современные проблемы гидробиологии Сибири” (Томск, 2001); на III международном симпозиуме, посвящённом проблеме видообразования в Древних озёрах (Иркутск, 2002); на VII научной конференции по тематической картографии „Картографическое и геоинформационное обеспечение управления региональным развитием” (Иркутск, 2002); на региональной научно-практической конференции „Структура и функционирование экосистем Байкальского региона” (Улан-Удэ, 2002); на II международной научной конференции „Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды” (Минск, 2003); на Всероссийской конференции молодых учёных “Экология в современном мире: взгляд научной молодёжи” (Улан-Удэ, 2007); на объединённом Гидробиологическом, Экологическом и Ихтиологическом семинаре ИБМ ДВО РАН (Владивосток, 2007); на региональной научно – практической конференции

“Развитие жизни в процессе абиотических изменений на земле” (п. Листвянка Иркутская обл., 2008).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, приложения и списка литературы (145 источников, из них - 67 на иностранных языках). Работа изложена на 113 страницах и проиллюстрирована 39 рисунками и 2 таблицами.

**Благодарности.** Автор бесконечно признателен своему научному руководителю к.б.н. Н.А. Рожковой за сердечную заботу и постоянную помощь в написании диссертации. Также выражает искреннюю благодарность зав. лаб. биологии водных беспозвоночных ЛИН СО РАН д.б.н. О.А. Тимошкину за предоставленную возможность проведения работы и необходимую фотосъёмку объектов исследования. Автор благодарит д.б.н. Т.Я. Ситникову, к.г.н. В.А. Буянтуева, к.б.н. А.А. Широкую, к.б.н. Е.В. Дзюбу, к.б.н. Л.С. Кравцову и всех сотрудников лаборатории биологии водных беспозвоночных ЛИН СО РАН, принимавших участие в сборе материала и обсуждении результатов работы.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНДЕМИЧНЫХ РУЧЕЙНИКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

На основе литературных данных проведён анализ изученности видового состава байкальских эндемичных ручейников (Hagen, 1858, 1864; Martynov, 1914, 1924; Schmid, 1953; Леванидова, 1964; Mey, 1981, 1994; Rozhkova, 1996; Ivanov et Menshutkina, 1996; Рожкова, 2004). Приведены известные данные по биологии и экологии этих насекомых (Бебутова, 1941; Леванидова, 1948, 1964; Меншуткина, 1986). Рассмотрены все публикации, содержащие сведения об особенностях распределения ручейников в озере Байкал (Кожов, 1931, 1947, 1962, 1972; Миклашевская, 1932, 1935; Каплина, 1970, 1974; Lake Baikal., 1998; Кравцова и др., 2003 а, б; Kravtsova et al., 2004). Приведён современный таксономический состав эндемичных ручейников озера.

### **Глава 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **2.1. Общая физико-географическая характеристика озера**

По литературным данным приведена краткая характеристика района

исследований (Кожов, 1972; Вотинцев, 1961; Шимараев, Гранин, 1991; Шимараев, 2001).

## 2.2. Краткая геоморфологическая характеристика района мыс Берёзовый – бухта Большие Коты

Для района мыс Берёзовый – бухта Большие Коты приведена краткая геоморфологическая характеристика профилей 1-6 (рис. 1), составленная по дневникам отбора проб и публикациям (Кравцова, Карабанов и др., 2003 а; Потёмкина и др., 2005). Приведена таблица характеристик грунтов мест отбора проб.

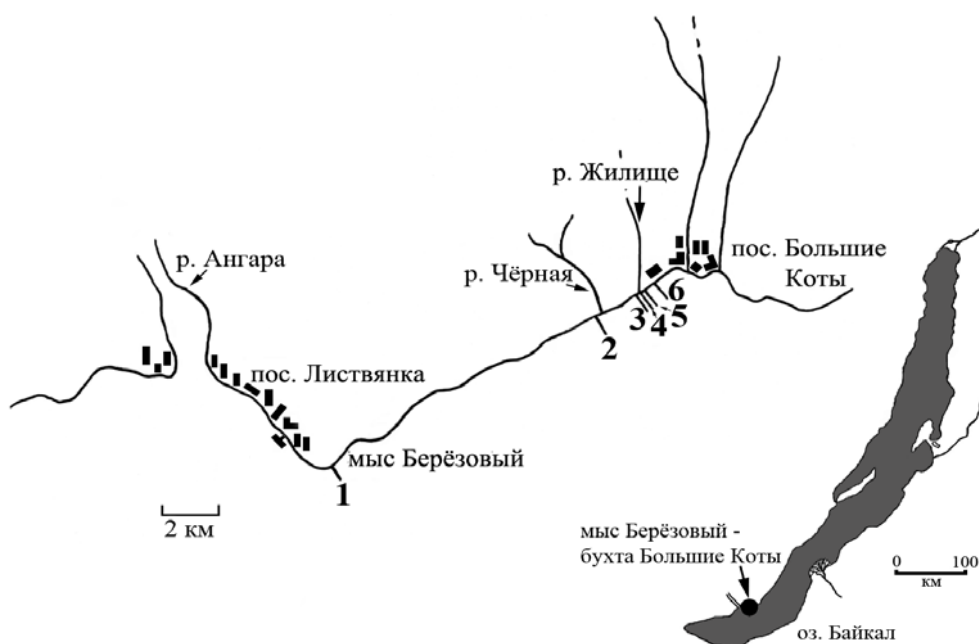


Рис. 1. Карта-схема расположения бентосных профилей в районе мыс Берёзовый – бухта Большие Коты (1-6).

## Глава 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

### 3.1. Материал

Основные данные получены при анализе личинок и куколок ручейников из количественных бентосных проб, отобранных сотрудниками лаборатории водных беспозвоночных Лимнологического института СО РАН (ЛИН СО РАН) при участии автора, на междисциплинарном полигоне у мыса Берёзового (Южный Байкал) в 2000-2002 гг. Отбор проб осуществляли ежемесячно, одновременно собирали живой материал (кладки, личинок, куколок, имаго) для экспериментальных работ. Во время Кругобайкальской экспедиции (под руководством О.А. Тимошкина) 15-21 июня 2002 г. автором собраны имаго и личинки на 22 станциях, расположенных в разных районах озера Байкал. Кроме

того определены личинки ручейников, собранные к.б.н. А.А. Широкой в 16 пунктах мелководий озера (8-19 июля 2002 г).

В 2007 г. проведены сборы и наблюдения за летом имаго, подсчёты имаго и их кладок на модельных площадках: в г. Слюдянка (с 28 апреля по 30 июня), на восьмидесятом километре Кругобайкальской железной дороги (5-7 июня) и в бух. Большие Коты (22-29 июня). Для анализа сроков лёта имаго ручейников использованы архивные данные сборов и определений И.М. Леванидовой, Т.В. Меншуткиной и Н.А. Рожковой. Распределение ручейников по глубинам и грунтам рассматривали по данным количественных проб, собранных сотрудниками ЛИИ СО РАН и Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете в бухте Большие Коты в сентябре 1988 г. на пяти разрезах и проб, отобранных в августе 2003 г. сотрудниками ЛИИ СО РАН у мыса Берёзового на одном разрезе.

В работе деление года на сезоны проведено по Г.С. Каплиной (1974): осень – с октября по декабрь; зима – с января по март; весна – апрель, май; лето – с июня по сентябрь.

Автором проанализировано более 4000 экземпляров личинок ручейников, из них для 2900 экз. проведена оценка размерно-весовых характеристик. Обработано 205 бентосных проб, из них 180 количественных. Определено 4800 имаго ручейников. Объектами экспериментов послужили 90 куколок, 20 имаго (с побережья озера), 141 личинка, 17 кладок (из них 7 полученные в лаборатории).

### **3.2. Методы сбора и консервирования**

Количественные пробы с глубины 3 м и более собраны аквалангистами совком из рамки площадью 0.1 м<sup>2</sup>. Параллельно измеряли температуру воды у дна. Плотность отложенных кладок ручейников на отдельных валунах оценивали на 0.1 м<sup>2</sup>, на более мелком субстрате (галёк, булыжниках) - с помощью наложения рамки с площадью захвата 0.25 м<sup>2</sup>.

Количественные сборы имаго проведены в разных районах оз. Байкал на различной удалённости от кромки берега с площадок (1 м<sup>2</sup>). В 2007 г. в районе набережной г. Слюдянка в 1 м от уреза воды вели сбор с учетной площадки (1 м<sup>2</sup>) в течение всего периода лёта ручейников 1 раз в 2-3 дня в период с 12<sup>00</sup> до 14<sup>00</sup> часов.

Обработка, фиксация личинок и куколок ручейников проведены общепринятыми в гидробиологии методами (Жадин, 1956; Методические рекомендации..., 1984).

### **3.3. Методы определения размерно-весовых характеристик и возрастных групп личинок**

Число возрастных групп личинок *B. bellicosa* установили методом статистической обработки результатов измерений ширины головной капсулы (Блохина, Рожкова 2001; Blokhina et al., 2006; Непокрытых, Рожкова, 2007). Для этого в течение года ежемесячно из 3-4 проб измеряли личинок. За начальную точку отсчёта приняты характеристики новорожденных личинок *B. bellicosa*. Морфометрические показатели снимали при помощи стандартного окуляр-микрометра бинокулярного микроскопа МБС-10. Личинок взвешивали на электронных весах ИВ-200 (Япония). Результаты измерений в каждой выборке размещены в классы с частотой 0.05 мм. Статистическая обработка данных проведена с помощью пакетов программ Statistica 6.0, Excel 97.

### **3.4. Методы изучения распределения личинок ручейников**

На основании собственных сборов 2002-2007 гг., коллекционных материалов ЛИН СО РАН и Зоологического института РАН, литературным данным о распространении 14 видов эндемичных ручейников озера Байкал составлены кадастровые карты (по 115 точкам отбора проб). Для создания картограмм к кадастру ручейников была использована ГИС программа GIS Map Info Professional 5/5.

Для оценки структуры таксоценоза ручейников использовали классификацию А.М. Чельцова-Бebutова (Воронов, 1963), где доминанты составляют 15% и более, субдоминанты 5.0-14.9%, второстепенные виды 0.1-4.9%, третьестепенные виды менее 0.1% общей численности.

### **3.5. Экспериментальные исследования**

У эндемичного вида *B. bellicosa* изучали морфологию кладок, сроки размножения, продолжительность эмбриогенеза, продолжительность и особенности постэмбрионального развития. Проводили наблюдения за спариванием, откладкой яиц имаго ручейников, выходом из яиц личинок и их развитием как в естественных условиях на побережье озера, так и в лаборатории за пойманными с этих же территорий особями.

Личинок, поднятых со дна аквалангистами, помещали в термос с байкальской водой и доставляли в лабораторию в течение 2-3 часов, где их размещали в пластиковые контейнеры ёмкостью 0.5-3 л по 1-6 особей из расчёта 0.5 л на один экземпляр. Личинок содержали в холодильной установке – типа “витрина” с прозрачной дверцей камеры, температуру воды поддерживали до 6-7 °С и постоянно аэрировали. Воду в садках частично заменяли свежей байкальской не



реже одного раза в неделю. Песок для строительства домиков новорожденным личинкам калибровали по размеру песчинок в домиках у новорожденных личинок в природе. Для питания использовали обрастания с камней, поднятых аквалангистами на полигоне.

Продолжительность эмбрионального развития ручейников рассчитывали в градусоднях, умножая время эмбриогенеза (в днях) на среднюю температуру воды в Байкале и в экспериментальных условиях за период развития.

Для получения кладок, вышедших из воды имаго ручейников, аккуратно помещали в контейнеры, затянутые марлей и доставляли в лабораторию. Где в трёхлитровый садок на дно опускали камень, добавляли немного воды, веточки кустарника и помещали самца и самку.

## **Глава 4. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ И ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ *BAICALINA BELLICOSA***

### **4.1. Исследования жизненных циклов у насекомых**

В разделе рассмотрена история исследований жизненных циклов насекомых. Приведён обзор имеющихся публикаций о жизненных циклах ручейников (Siltala, 1907; Nielsen, 1942, 1948; Рубаненковой, 1965; Леванидовой, 1969; Вшивковой, 1977; Malicky, 1981; Кочариной, 1986; Dixon, 1992; Harding, 1998; Голубков, 2000 и др.).

В 2000 г. автором начаты специальные исследования жизненного цикла байкальского эндемичного вида *B. bellicosa* – широко распространённого и массового вида на каменистой литорали Южного Байкала.

### **4.2. Кладка**

Кладка представляет собой более или менее округлые комочки, прозрачные или желтовато-коричневые, содержащие 300-400 яиц. На побережье озера кладки ручейников могут встречаться на камнях большими скоплениями с плотностью до 1000 кладок на 0.1 м<sup>2</sup>.

Яйца *B. bellicosa* имеют шаровидную форму, диаметром 0.32-0.33 мм. Цветовой спектр наружной оболочки яйца от желтовато-коричневого до желтовато-оливкового. Яйца заключены в желатиноподобный матрикс, который набухает при поглощении воды.

Самки предпочитают откладывать яйца в местах с меньшим влиянием прибоя и прямых солнечных лучей. Наибольшее скопление кладок на крупных валунах, скалах приходится на стороны северо-запад, северо-восток, меньше на юго-западе и их практически не бывает с юго-восточной стороны. Период откладки яиц может

быть продолжительным либо коротким, что определяет возрастную структуру популяции вида.

В экспериментальных условиях, приближённых к естественным, сроки инкубации в холодильных камерах при средней температуре  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$  от момента откладки составляют 30-35 дней (210-245 градусодней). Средняя температура воды в озере на глубине 3 м в июне–июле была  $+6.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3. Развитие личинки

В результате ежемесячных измерений ширины головной капсулы в течение года, получены данные всего возрастного ряда личинок и построены гистограммы вариационных распределений исследуемого признака по месяцам и суммарная годовая гистограмма (рис. 2). После каждой линьки ширина головной капсулы увеличивается на 0.05 мм. Установлено, что в течение личиночной стадии *B. bellicosa* претерпевает 17-19 линек.

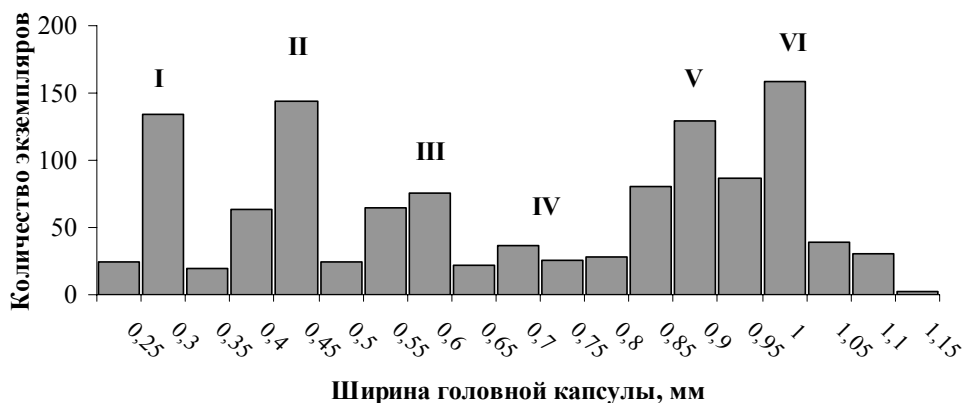


Рис. 2. Размерный состав популяции личинок *B. bellicosa* у м. Берёзового за период с сентября 2000 г. по август 2001 г. Римскими цифрами обозначены размерные группы.

При анализе данных измерений ширины головной капсулы выделено 6 возрастных групп личинок.

В первую размерную группу вошли новорожденные личинки с шириной головной капсулы 0.2–0.3 мм. Максимальные размеры ширины головной капсулы достигают – 1.15 мм (табл. 1).

Количество линек в каждой возрастной группе отличается. Начало перехода личинок в другой возраст растягивается в среднем на три месяца, что связано с растянутостью лёта имаго, температурными условиями инкубаций яиц в летние месяцы, разными температурными условиями в период роста.

Размерно – весовые характеристики *B. bellicosa*

Возрастные группы	Ширина головной капсулы, мм	Масса тела, мг	Длина тела, мм
	M±m (min-max)	M±m (min-max)	M±m (min-max)
I	0.25±0.05 (0.2-0.3)	0.22±0.1 (0.1-1)	1.8±0.32 (1.3-2.75)
II	0.4±0.05 (0.35-0.45)	0.75±0.5 (0.1-1.85)	2.6±0.73 (1.7-4.7)
III	0.58±0.06 (0.5-0.65)	2.23±1.6 (1-6.2)	4.3±1.3 (2.8-7)
IV	0.73±0.04 (0.7-0.75)	3.9±2.0 (2-7.2)	5.6±1.14 (3.7-7.5)
V	0.88±0.1 (0.8-0.95)	16.93±4.12 (10-26)	8.14±1.6 (5.9-11.5)
VI	1.08±0.06 (1-1.15)	22.1±6 (13-38)	9.5±1.6 (8.25-11.75)

Примечание: M – среднее значение, ±m – стандартная ошибка среднего значения.

#### 4.4. Развитие куколки

Линька личинок *B. bellicosa* на куколку продолжается с начала декабря до середины февраля. В экспериментальных условиях линька на куколку прошла практически одновременно у всех участвующих в эксперименте особей к середине декабря. Фаза куколки продолжается 5.5-6 месяцев.

#### 4.5. Имаго

Анализ многолетних наблюдений показал, что сроки начала лёта имаго *B. bellicosa* колеблются в пределах с 12 мая по 18 июня, а окончания – с 22 июня по 9 июля. Продолжительность лёта меняется в разные годы от 13 до 32 дней. После спаривания самка откладывает кладку через трое суток.

#### 4.6. Возрастная структура популяции

Популяция *B. bellicosa* Южного Байкала в зависимости от сезона представлена разными фазами развития насекомого, а из-за продолжительного жизненного цикла – особями нескольких поколений. Выход личинок из яиц начинается в конце июня – начале июля. Новорожденные личинки (I возрастная группа) в летние месяцы находятся на мелководье (1.5 – 2 м). Максимальное их количество отмечено в сентябре на глубине 2-5 м, когда они составляют половину всей популяции (рис. 3). В январе плотность личинок этой группы резко падает (10%), а к концу мая они исчезают. Личинки, отродившиеся в июне, уже в сентябре линяют на вторую возрастную группу, а вышедшие из яиц в более поздние сроки задерживаются в

первой возрастной группе до весны. Рост личинок первой и второй возрастных групп совпадает с понижением температуры в водоёме до  $+0.2-0.5$  °С, в результате чего происходит их более длительное развитие.

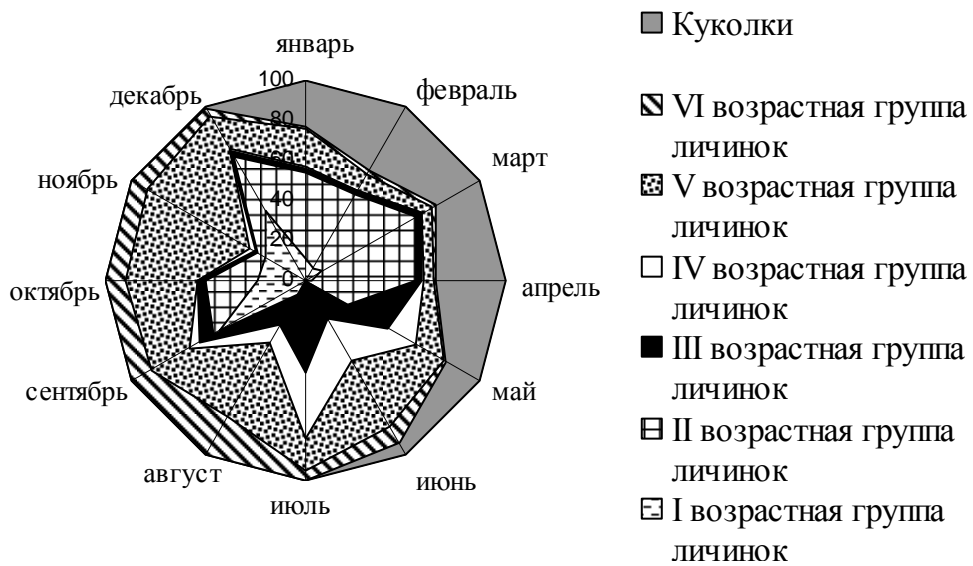


Рис. 3. Размерно-возрастная структура популяции *B. bellicosa* у мыса Берёзовый в 2000-2001 гг.

Развитие личинок третьей и четвёртой возрастных групп в период наблюдений происходило практически одновременно. Личинки третьей возрастной группы появляются в пробах с начала года, их максимальное количество наблюдается в летние месяцы. С возрастанием температуры воды с апреля происходит интенсивный рост личинок III, IV и V возрастных групп, что способствует быстрому переходу в следующий возраст. Личинки начальных размеров V возрастной группы отмечены в августе-сентябре, а личинки максимальных размеров присутствовали весь год. С декабря по май личинки VI возрастной группы составляли 0.8-4% популяции и максимальной плотности достигли в августе (22%). Прикрепление домика личинкой начинается в апреле-мае, т.е. за 6-8 месяцев до начала окукливания. Прикрепляющиеся в апреле – мае личинки по размерным и весовым характеристикам меньше, чем прикрепляющиеся личинки в летний период. Различия составляют до 10 мг в весе и 2 мм в длину, разница ширины головной капсулы находится в крайних пределах измерений внутри возрастной группы. В разные годы, активное прикрепление происходит либо в конце весны, либо в середине лета.

Линька личинок на куколку началась в декабре, в феврале они уже составляли 37% плотности популяции. Часть личинок окукливается из пятой возрастной группы. Личинки возрастных групп с I по V в течение всего года пребывают в

активном состоянии. Прикрепившиеся к камням личинки максимальных размеров V и VI возрастных групп 6-8 месяцев находятся в состоянии предкулолочного покоя (в состоянии диапаузы).

Полученные данные размерно-возрастных характеристик и экспериментальных исследований в лаборатории позволили расшифровать жизненный цикл *B. bellicosa* от яйца до яйца - его продолжительность составляет около трёх лет. Продолжительный жизненный цикл *B. bellicosa*, приводит к одновременному существованию в популяции особей четырёх поколений: трёх предыдущих годов и текущего года (рис. 4).

## **Глава 5. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНДЕМИЧНЫХ РУЧЕЙНИКОВ**

### **5.1. Сезонная динамика количественных показателей водных стадий ручейников**

За период исследований встречаемость ручейников в пробах была 100%. Доля ручейников в общих показателях плотности и биомассы макрозообентоса изменялась в течение года от 14 до 20%. Среднегодовые количественные показатели Trichoptera для мыса Берёзового в 2000-2001 гг. составляли  $1594 \pm 542$  экз./м<sup>2</sup> и  $7.7 \pm 3.3$  г/м<sup>2</sup>, максимальные зарегистрированы в августе 2001 г.  $2555 \pm 524$  экз./м<sup>2</sup> и  $12.4 \pm 2.7$  г/м<sup>2</sup> (рис.5).

В разные сезоны численность и биомасса ручейников на полигоне у мыса Берёзового менялась следующим образом: в осенний период  $1054 \pm 403$  экз./м<sup>2</sup> ( $4.4 \pm 2.3$  г/м<sup>2</sup>), зимний –  $1454 \pm 409$  экз./м<sup>2</sup> ( $5.2 \pm 1.9$  г/м<sup>2</sup>), весенний –  $1333 \pm 708.4$  экз./м<sup>2</sup> ( $6.8 \pm 4.5$  г/м<sup>2</sup>), летний –  $2003 \pm 823$  экз./м<sup>2</sup> ( $10.6 \pm 3.6$  г/м<sup>2</sup>).

Таксоценоз ручейников у м. Берёзового формируют 11 видов, из них в пробах постоянно присутствуют личинки трёх видов: *B. bellicosa*, *Thamastes dipterus*, *Baicalinella foliata* (формируют 95% количественных показателей ручейников). При этом общая биомасса ручейников зависит больше от биомассы *B. bellicosa*, которая отличается более крупными размерами. В течение года на долю *B. bellicosa* приходится 50-80% плотности поселения и 60-90% биомассы ручейников, а на долю *T. dipterus* соответственно 9-47% и 5-40%.

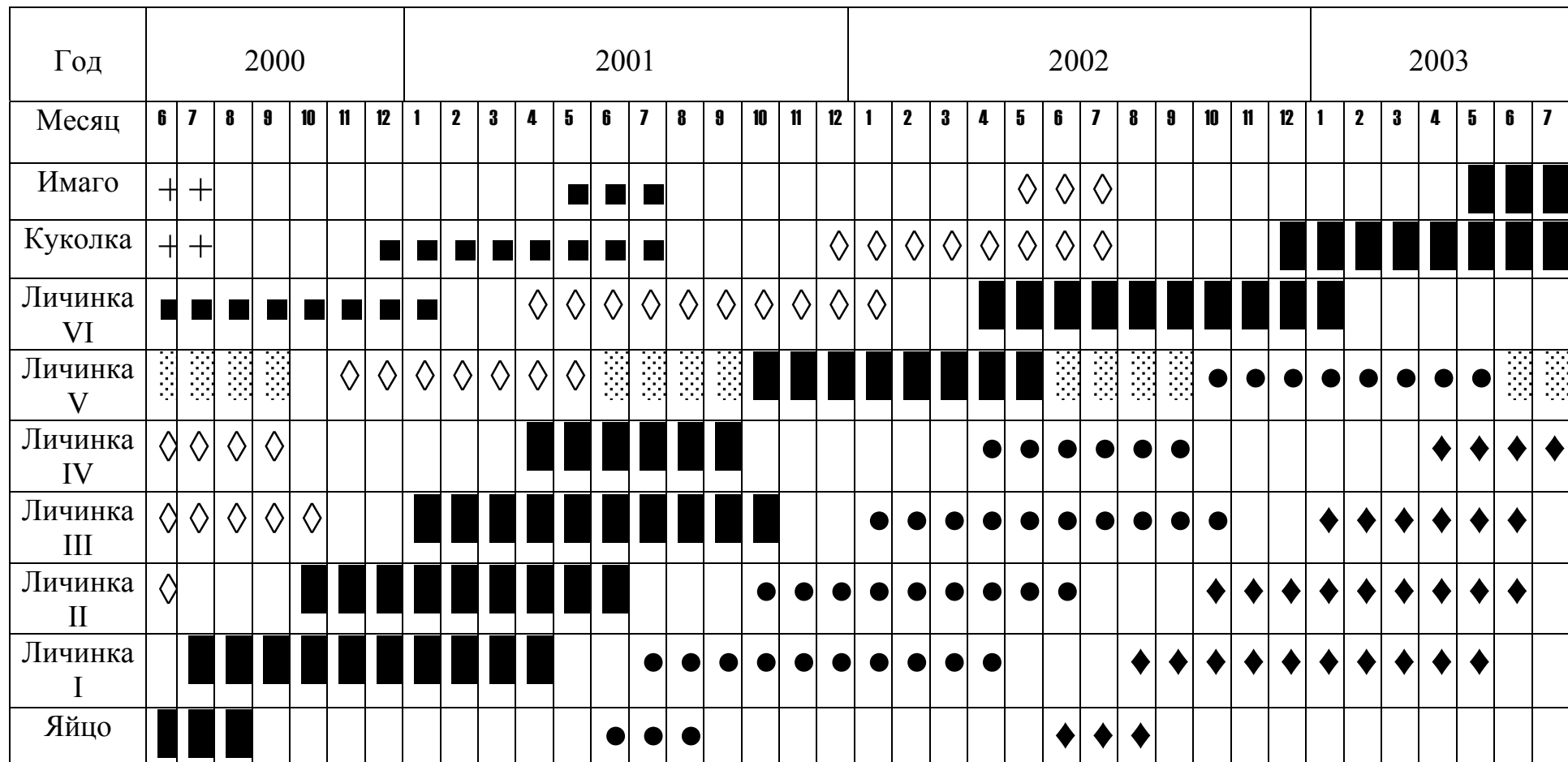


Рис. 4. Фенограмма развития *B. bellicosa*. ◻-период отсутствия смежных генераций; +■◇●◆■ - представители шести разных поколений.

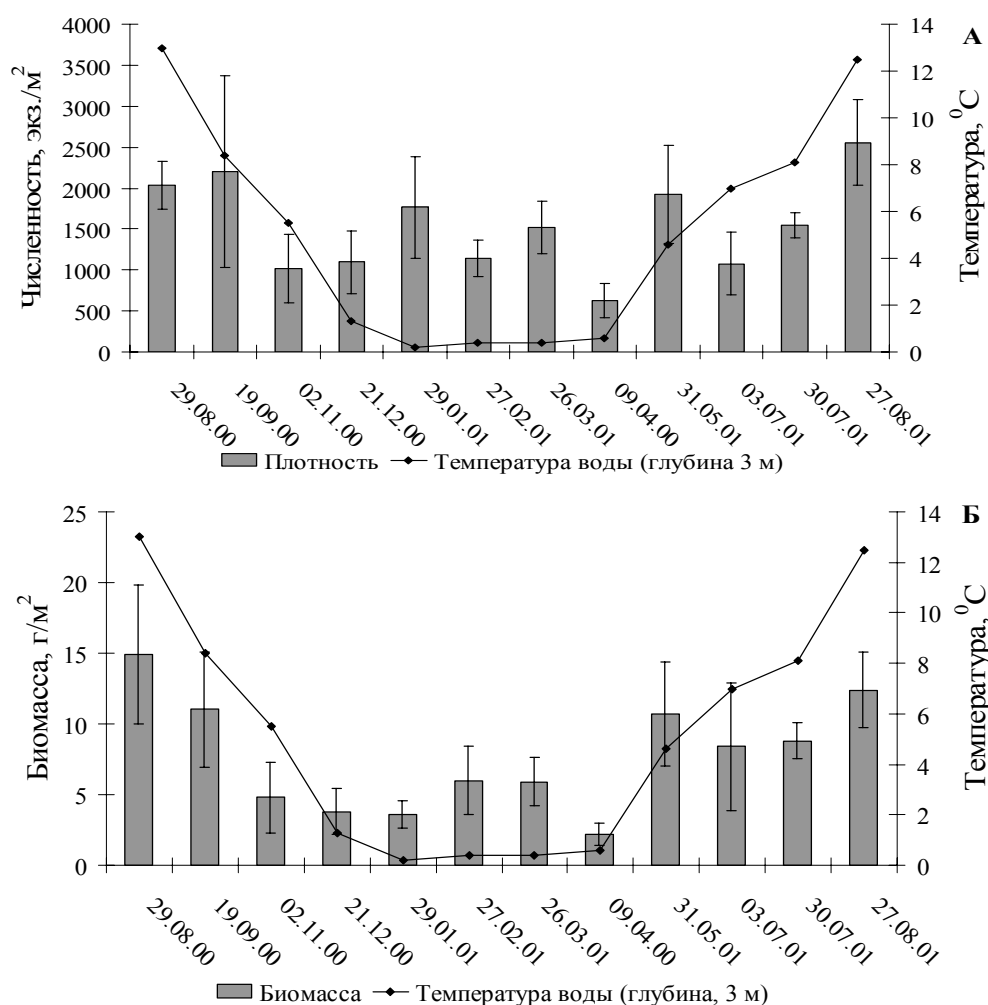


Рис. 5. Динамика количественных показателей ручейников у мыса Берёзовый 2000–2001 гг. на глубине 3 м в зависимости от температуры воды: А – численность, экз./м<sup>2</sup>, Б – биомасса, г/м<sup>2</sup>. Вертикальные линии – 95% доверительный интервал.

## 5.2. Динамика количественных показателей возрастных групп *Baicalina bellicosa*

Количественные характеристики *B. bellicosa* в разное время года зависят от соотношения количественных характеристик возрастных групп разных поколений (рис. 6).

В месяцы с высокой плотностью поселения личинок младших возрастных групп наблюдается относительно не высокая биомасса (осень – зима). В начале зимы биомасса самая низкая за счёт преобладания личинок младших возрастных групп и потере в весе личинок V, VI возрастных групп (апрель не учитывается, т.к. пробы отобраны на другом грунте). Основную биомассу с января по май формируют куколки (более 50%) и личинки V возрастной группы (31%). В конце июля биомасса формируется практически в равных соотношениях – III, IV, V (25–30%) и чуть меньше VI (17.5%) возрастными группами. В августе плотность

популяции личинок может изменяться в несколько раз, что связано с разным сроком отрождения личинок и их миграцией.

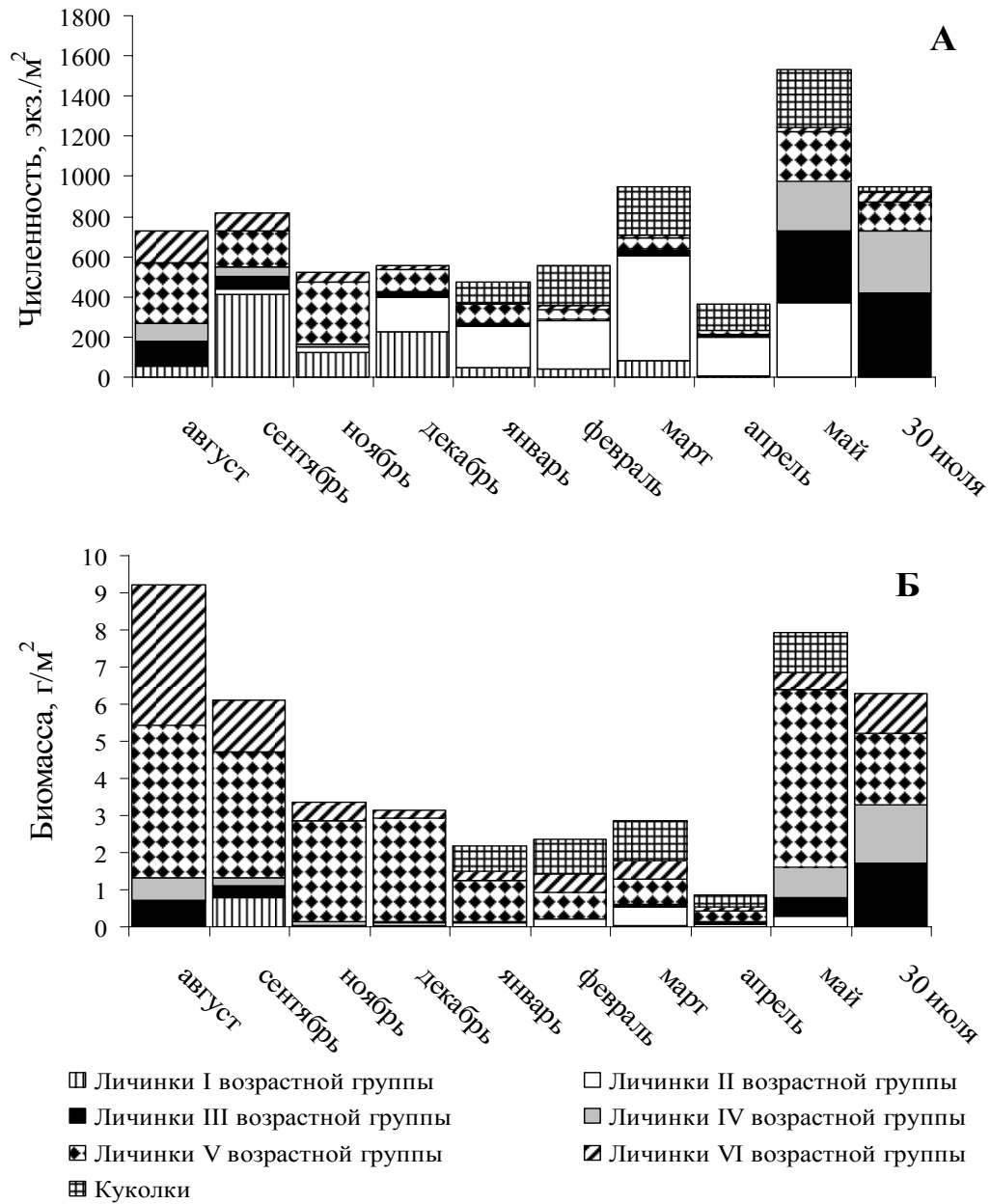


Рис. 6. Соотношение возрастных групп личинок и куколок в популяции *B. bellicosa* у м. Берёзового на глубине 3 м в 2000-2001 гг. **А** – численность, экз./м<sup>2</sup>, **Б** – биомасса, г/м<sup>2</sup>.

На глубине 3 м личинки I возрастной группы появились в августе в количестве  $58 \pm 33.2$  экз./м<sup>2</sup>, а их биомасса не превышала  $0.02 \pm 0.01$  г/м<sup>2</sup>. Уже в сентябре численность личинок I возраста достигла максимума  $413.3 \pm 195.6$  экз./м<sup>2</sup> при биомассе  $0.08 \pm 0.01$  г/м<sup>2</sup>. Максимальные количественные показатели личинок II возрастной группы приходились на март –  $524 \pm 202$  экз./м<sup>2</sup> ( $0.5 \pm 0.2$  г/м<sup>2</sup>), III возрастной группы – численность на май-июль  $385 \pm 101$  экз./м<sup>2</sup>, а их биомасса на



конец июля  $1.5 \pm 0.3$  г/м<sup>2</sup>, IV возрастной группы – на конец июля  $310 \pm 157$  экз./м<sup>2</sup> ( $1.6 \pm 0.64$  г/м<sup>2</sup>), V возрастной группы – на август  $302 \pm 144$  экз./м<sup>2</sup> ( $4.1 \pm 2.4$  г/м<sup>2</sup>). Максимальные показатели личинок VI возрастной группы отмечены в августе  $162 \pm 42$  экз./м<sup>2</sup> ( $3.8 \pm 0.9$  г/м<sup>2</sup>).

### 5.3. Динамика лёта ручейников

Лёт имаго эндемичных ручейников на озере начинается с конца апреля и заканчивается к 10 июля. Обычно наблюдается два пика вылета насекомых. В разных районах озера вылет имаго происходит в разное время и отличается по интенсивности лёта отдельных видов. В 2002 г. (16-18 июня) на побережье о. Большой Ушканий вылет имаго достигал  $9394 \pm 2348$  экз./м<sup>2</sup> (доминировали *Baicalina reducta*, *B. foliata*), у м. Хохе-Шахантуй -  $812 \pm 340$  экз./м<sup>2</sup> (доминировал *Protobaicalina spinosa*), у мыса Ижимей -  $233 \pm 124$  экз./м<sup>2</sup> (летел практически один вид *B. reducta*).

В г. Слюдянка в 2007 г. лёт продолжался с 28 апреля по 23 июня, наиболее интенсивно он проходил 11 июня ( $1975 \pm 630$  экз./м<sup>2</sup>). В сборы попали 6 видов эндемичных имаго. Лёт *B. bellicosa* проходил с 13 мая по 14 июня. В сумме за весь период лёта соотношение полов равно 1:1. На стадии зрелой куколки у *B. bellicosa* в мае 2001 г. у мыса Берёзового соотношение полов было 1.1-1.3♂:1♀.

## Глава 6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНДЕМИЧНЫХ ЛИЧИНОК РУЧЕЙНИКОВ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

### 6.1. Географическое распространение

Составленные с помощью ГИС-программы карты способствовали выявлению некоторых особенностей пространственной структуры распространения ручейников. Большинство эндемичных ручейников (10 видов) распространено по побережью всего озера. Два вида *Protobaicalina tallingi* и *Pseudoradema baicalensis* обитают в северной и средней частях озера до Малого моря включительно. Наибольшее видовое разнообразие отмечено на Ушканьих островах, в Чивыркуйском, Маломорском заливах и южной оконечности Байкала. Такие виды, как *B. bellicosa*, *B. foliata*, *Baicalodes ovalis*, *T. dipterus* встретились более чем в половине мест сборов имаго. Были выявлены слабоизученные в трихоптерологическом отношении районы Байкала, а также районы не затронутые исследованиями.

## 6.2. Распределение личинок ручейников по глубинам и грунтам

В разделе подробно рассмотрена структура и пространственное распределение личинок ручейников в мелководной зоне глубин 0-20 м (на шести профилях) в районе мыс Берёзовый – бухта Большие Коты.

Ручейники встречены на всех точках отбора проб по профилям (рис. 7), расположение которых показано на рис. 1. Профили отличаются друг от друга протяжённостью, уклоном литоральной зоны и распределением грунтов. Личинки ручейников заселяют глубины от 1.5 м (расстояние 13-40 м от берега) за активной зоной прибоя до песчаной полосы, которая проходит вдоль берега на глубинах 3-4 м (40-50 м от берега) и после неё. Песчаная полоса имеет не постоянную ширину и расположение в зависимости от формы рельефа дна, волновых и литодинамических процессов. Количественные показатели личинок возрастают сразу после полосы песка и максимальны на глубинах: 3.8-4.1 м на профиле 1 –  $823.4 \pm 301$  экз./м<sup>2</sup> ( $6.8 \pm 2.9$  г/м<sup>2</sup>), 4-4.8 м на профиле 2 -  $1400 \pm 298$  экз./м<sup>2</sup> ( $5.1 \pm 0.95$  г/м<sup>2</sup>), 4.1 м на профиле 3 –  $1008.7 \pm 278$  экз./м<sup>2</sup> ( $6.2 \pm 2.2$  г/м<sup>2</sup>), 5.2 м на профиле 5 –  $1703.7 \pm 513$  экз./м<sup>2</sup> ( $9.1 \pm 2.3$  г/м<sup>2</sup>), 4.1 м на профиле 6 –  $108.3 \pm 33.4$  экз./м<sup>2</sup> ( $0.8 \pm 0.25$  г/м<sup>2</sup>). На профиле 4 песчаная полоса начинается с глубины 3 м и переходит в песчаное поле до свала, до которого личинки сосредоточены на глубине 1.9 м –  $2605.6 \pm 1450$  экз./м<sup>2</sup> ( $0.9 \pm 0.25$  г/м<sup>2</sup>), второй пик на заиленном песке на глубине 12.5 м формируют личинки *B. foliata* –  $2444.4 \pm 989$  экз./м<sup>2</sup> ( $0.8 \pm 0.13$  г/м<sup>2</sup>). Количественные показатели ручейников уменьшаются по мере увеличения глубины и приближения к свалу. При резком уклоне дна личинки сосредоточены ближе к берегу, близко к свалу они могут селиться на приподнятых формах рельефа. На не однородном грунте видовое разнообразие и плотность поселения ручейников выше средних показателей

Доминирующий вид *B. bellicosa* встречен на всех видах грунта, кроме заиленного песка. Личинки этого вида преобладают на каменистых грунтах, больше всего на многоярусных валунах и на валунах на подложке из гальки с примесью небольшого количества песка, чуть меньше их на обломочном материале и выходах скальных пород. На отдельных погружённых в песок камнях личинки *B. bellicosa* встречены только при близости каменистого грунта. Плотность поселения личинок этого вида резко уменьшалась при наличии даже небольших наносов песка. Максимальные количественные показатели личинок *B. bellicosa* отмечены на глубинах от 2 до 5 м.

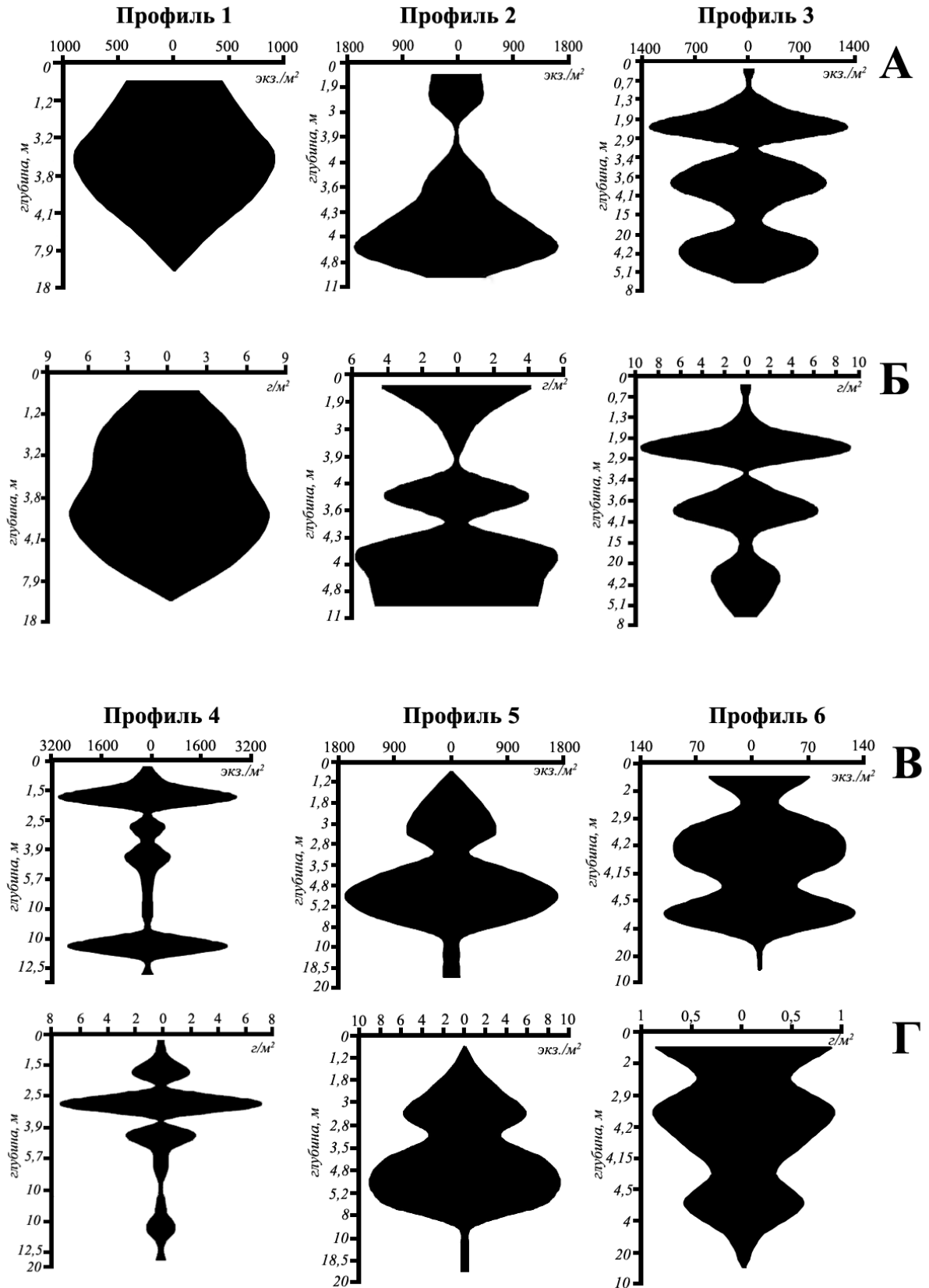


Рис. 7. Распределение численности (А, В – экз./м<sup>2</sup>) и биомассы (Б, Г – г/м<sup>2</sup>) личинок ручейников на мысе Берёзовый – бухта Большие Коты на профилях.

В исследованном районе личинки *T. dipterus* преобладали на глубинах 4-5 м, в местах выхода коренных пород с отдельными обломками и валунами.

Личинки *B. foliata* распределены локально на глубинах от 2 до 20 м. Не зарегистрированы они в зоне прибрежной гальки и многоярусных валунов. Вид предпочитает грунты с примесью песка: участки песка на скальных породах, скальная галька с песком на коренных породах, отдельные валуны с галькой на песке. Максимальное количество их наблюдается на заиленном песке. Крайне редко личинки *B. foliata* встречаются на чистых полях песка.

Личинки *B. ovalis* предпочитают чистые выходы коренные пород с обломками пород и без, на рассматриваемом участке это глубины около 5 м и 8 м.

Максимально личинки *P. spinosa* сосредоточены на глубинах 2-3 м в полосе валунов, валунов с галькой и валунов на песке. На других глубинах личинки встречены единично в основном на каменистых грунтах.

Все возраста личинок предпочитают каменистые грунты: коренные породы с отдельными обломками и грунт из гравия с отдельными валунами с небольшим количеством песка. Личинки младших возрастов избегают чистый песок, заиленные грунты и многоярусные валуны.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что продолжительность жизненного цикла эндемичного байкальского вида *B. bellicosa* составляет три года: эмбриональное развитие личинки длится 30-35 дней, личиночная фаза с диапаузой около 2.5 лет, фаза куколки – около полугода. Продолжительный жизненный цикл этого насекомого приводит к одновременному существованию в популяции особей четырёх поколений: трёх предыдущих годов и текущего.

2. Установлено, что в течение личиночной стадии *B. bellicosa* претерпевает 17-19 линек, в результате которых формируется 6 размерно-возрастных групп. В течение года количественные соотношения между этими группами изменяются. Начало перехода личинок в другой возраст растягивается в среднем на три месяца, это связано с продолжительностью сроков лёта имаго, температурными условиями инкубации яиц в разные летние месяцы, разными температурами воды в период роста личинок. Интенсивный рост личинок происходит в весенне-летний период: личинки полностью проходят через две возрастные группы (третью и четвёртую) и переходят в пятую. Прикрепившиеся к камню личинки максимальных размеров V и VI возрастных групп находятся в

состояние диапаузы, после которой в зимний период происходит метаморфоз в куколку.

3. В состав таксоценоза ручейников в районе м. Берёзовый – бух. Большие Коты входят 12 эндемичных байкальских видов. Доминирующими на глубине трёх метров являются *B. bellicosa* и *T. dipterus*, которые формируют показатели количественного развития таксоценоза в целом. В течение года на долю *B. bellicosa* приходилось 50-80% численности и 60-90% биомассы, а доля *T. dipterus* составляла 9-47% численности и 5-40% биомассы всех видов ручейников.

4. На глубине три метра каменистой литорали максимальные численность 3306 экз./м<sup>2</sup> и биомасса 15 г/м<sup>2</sup> ручейников наблюдаются в конце летнего сезона, когда в массе появляются личинки нового поколения и преобладают личинки старших возрастных групп. Минимальные численность 1054 экз./м<sup>2</sup> и биомасса 4.4 г/м<sup>2</sup> зарегистрированы в осенний период, когда часть личинок мигрирует на отдельные валуны, преобладают личинки новой генерации, а личинки старших возрастов в результате предкулочного покоя имеют меньший вес.

5. Составлены кадастровые карты распределения 12 видов эндемичных ручейников по побережью озера Байкал, из них 10 видов широко распространены по всей каменистой литорали озера, 2 вида (*P. tallingi*, *P. baicalensis*) известны лишь из его северной части. Наибольшее видовое разнообразие ручейников отмечено на Ушканьих островах, в Чивыркуйском, Лиственничном и Маломорском заливах и северной оконечности Байкала.

6. Лёт имаго эндемичных ручейников на озере начинается с конца апреля, заканчивается к 10 июля и зависит от климатических условий. Обычно наблюдается два пика вылета насекомых. В разных районах озера вылет имаго происходит в разное время и отличается по интенсивности лёта у отдельных видов. Продолжительность лёта *B. bellicosa* меняется в разные годы от 13 до 32 дней. Соотношение полов в период лёта близко к 1:1.

7. Установлено, что распределение водных стадий эндемичных ручейников по глубинам в литорали озера (0-20 м) зависит от типа грунта. Личинки ручейников всех возрастов предпочитают каменистые грунты: коренные породы с обломками и валунами, гальку, отдельные валуны с небольшим количеством песка, но избегают илистые грунты. Личинки младших возрастов отсутствуют на чистом песке и многоярусных валунах.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи, опубликованные в научных журналах из списка ВАК:

1. **Непокрытых А.В.**, Рожкова Н.А. К биологии доминирующего эндемичного вида *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera) озера Байкал // Бюлл. ВСНЦ СО РАН. – 2007. – Т. 54. – № 2. – С. 112–113.

2. **Непокрытых А.В.**, Рожкова Н.А. Динамика количественных показателей популяции эндемичных ручейников (Trichoptera, Apataniidae) озера Байкал (Южный Байкал) // Вестник БГСХА им. Филиппова. – 2008 а. - №3 (12). – С. 59-65.

3. **Непокрытых А.В.**, Рожкова Н.А. Возрастная структура популяции эндемичного вида *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera) озера Байкал // Евроазиатский энтомологический журнал. – 2008 б. – Т. 7, Вып. 4. – С. 364-368.

### Статья, опубликованная в международном научном журнале:

4. **Blokhina A.V.**, Rozhkova N.A., Timoshkin O.A. Phenological peculiarities and evolution of *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera, Apataniidae) – an endemic species of lake Baikal // Hydrobiologia. – 2006. – Vol. 568. – P. 103-106.

### Работы, опубликованные в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов:

5. **Блохина А.В. (Непокрытых А.В.)**, Рожкова Н.А. К изучению эндемичного вида *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera) озера Байкал // Современные проблемы гидробиологии Сибири: Тез. докл. Всеросс. конф., Томск, 14-16 нояб. 2001 г. – Томск, 2001. – С. 20-21.

6. **Blochina A.V.**, Rozhkova N.A., Timoshkin O.A. Peculiarities of phenology and development of *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera, Apataniidae) – an endemic species of lake Baikal // Abstract of International Symposium “Ancient lakes: speciation, development in time and space, natural history, SIAL III”, Irkutsk, 2-7 September 2002. – Novosibirsk: “Nauka”, 2002. – P. 23.

7. Buyantuev V.A., **Blockhina A.V.**, Rozhkova N.A. Cadastre chart on caddisfly distribution in lake Baikal // Abstract of International Symposium “Ancient lakes: speciation, development in time and space, natural history, SIAL III”, Irkutsk, 2-7 September 2002. – Novosibirsk: “Nauka”, 2002. – P. 34.

8. Толмачёва Ю.П., Зубина Л.В., Дзюба Е.В., Богданов Б.Э., Рожкова Н.А., **Непокрытых А.В.** Сезонная динамика биологических характеристик и питания

каменной широколобки *Paracottus knerii* (Dybowski, 1874) в литорали Южного Байкала // Структура и функционирование экосистем Байкальского региона: Материалы II междунар. науч. конф., Улан-Удэ, 20-26 окт. 2002 г. – Улан – Удэ, 2002. – С. 41-44.

9. **Непокрытых А.В.**, Буянтуев В.А. Кадастровые карты эндемичных ручейников в озере Байкал // Картографическое и геоинформационное обеспечение управления региональным развитием: Материалы VII науч. конф., 20-22 нояб. 2002 г. – Иркутск: Изд-во ин-т географии СО РАН, 2002. – С.175-177.

10. Максимова Н.В., **Непокрытых А.В.**, Широкая А.А., Рожкова Н.А., Ситникова Т.Я. Гастроподы и ручейники в биоценозах каменистой литорали Южного Байкала // Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Тез. докл. II Междунар. науч. конф., Минск – Нарочь, 22-26 сент. 2003 г. – Минск, 2003. - С. 468-471.

11. **Непокрытых А.В.** Возрастная структура популяции эндемичного вида *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera) озера Байкал // Экология в современном мире: взгляд научной молодёжи: Материалы Всеросс. конф. молод. учёных, Улан-Удэ, 24-27 апр. 2007 г. – Изд-во: ГУЗ РЦМП МЗ РБ, 2007. – С. 192-193.

12. Тимошкин О.А., Сутурин А.Н., Кравцова Л.С., Куликова Н.Н., Мальник В.В., Оболкина Л.А., Шевелёва Н.Г., Рожкова Н.А., Бондаренко Н.А., Парадина Л.Ф., Мельник Н.Г., Слугина З.В., Провиз В.И., Евстигнеева Т.Д., Логачёва Н.Ф., Зайцева Е.П., **Непокрытых А.В.**, Парфёнова В.В., Косторнова Т.Я., Бойко С.М., Пензина М.М., Семитуркина Н.А., Побережная А.Е., Башарина Т.В., Потапская Н.В. Краткие результаты междисциплинарных исследований, проведённых на полигоне Берёзовый (Южный Байкал) за период 2000-2007 гг. с акцентом на разнообразие, продуктивность бентоса мелководной зоны озера и основные факторы их определяющие // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на земле: Доклады науч.- практич. конф., п. Листвянка Иркут. обл., 18-20 марта 2008 г. – Изд-во: СО РАН, 2008. – С. 344-357.