

УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

Д.М. БЕЗМАТЕРНЫХ

**ЗООБЕНТОС РАВНИННЫХ ПРИТОКОВ
ВЕРХНЕЙ ОБИ**

Ответственный редактор
кандидат биологических наук, доцент В.В. Кириллов



Барнаул

Издательство Алтайского
государственного университета
2008

УДК 574.577
Б 398

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор *И.В. Стебаев*;
кандидат биологических наук *Т.Л. Ясюченя*

Ответственный редактор:

кандидат биологических наук, доцент *В.В. Кириллов*

Б 398 Безматерных, Д.М.

Зообентос равнинных притоков Верхней Оби : монография / Д.М. Безматерных ; отв. ред. В.В. Кириллов. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2008. – 186 с.
ISBN 978-5-7904-0809-0

В монографии обобщены результаты многолетних исследований (1996–2003 гг.) сообществ донных беспозвоночных равнинных притоков Верхней Оби: бассейны рек Барнаулки, Большой Черемшанки и нижнего течения Чумыша. Дан обзор изученности речного зообентоса как компонента экосистем и индикатора качества поверхностных вод. Охарактеризованы природные условия района исследования и основные методы изучения сообществ донных беспозвоночных. Приведены оригинальные данные по составу, структуре и функционированию зообентоса как индикатора экологического состояния обследованных притоков. Полученные данные сопоставлены с результатами других исследователей, выявлены особенности зообентоса рек бассейна Оби.

Книга предназначена для гидробиологов, экологов, зоологов, специалистов по охране окружающей среды, преподавателей и студентов вузов.

Библ.: 464 назв., табл. 29, рис. 42.

На обложке рисунок из книги В. Шелфорда (Shelford, 1913)

ISBN 978-5-7904-0809-0

© Безматерных Д.М., 2008

© ИВЭП СО РАН, 2008

© Оформление. Издательство Алтайского государственного университета, 2008

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Зообентос как компонент водных экосистем и индикатор качества поверхностных вод	7
1.1. Биогеохимические функции зообентоса в экосистемах	8
1.2. Зоогеографическое районирование континентальных вод	12
1.3. Особенности зообентоса текучих вод	19
1.4. Зообентос рек бассейна Оби	24
1.5. Систематика и цитогенетика доминанты зообентоса – хирономид	31
1.6. Структурные и функциональные характеристики зообентоса как индикаторы качества поверхностных вод	33
Глава 2. Природные условия района исследований	53
2.1. Бассейн р. Барнаулки	54
2.2. Бассейн р. Большой Черемшанки	61
2.3. Бассейн нижнего течения р. Чумыша	65
Глава 3. Материалы и методы исследований	68
3.1. Материалы	68
3.2. Методы	72
3.2.1. Гидробиологические методы	72
3.2.2. Цитогенетический и морфологический анализ хирономид	74
3.2.3. Определение содержания тяжелых металлов в моллюсках	76
Глава 4. Состав, структура и функционирование зообентоса как индикаторы экологического состояния притоков Верхней Оби	77
4.1. Состав и количественные характеристики зообентоса притоков Верхней Оби	77
4.1.1. Таксономический состав	77
4.1.2. Зоогеографический состав	81
4.1.3. Численность, биомасса и продукция	83
4.2. Цитогенетический, морфологический анализ, систематика, экология и распространение хирономид	90
4.2.1. Цитогенетический анализ	90
4.2.2. Морфологический анализ, систематика, экология и распространение хирономид	102
4.3. Биоиндикация качества вод притоков Верхней Оби по характеристикам зообентоса	108
4.3.1. Биоиндикация по составу и структурным характеристикам зообентоса	109
4.3.2. Содержание тяжелых металлов в моллюсках	116
Глава 5. Особенности зообентоса равнинных притоков Верхней Оби ...	122
Заключение	144
Библиографический список	146
Приложения	175

ВВЕДЕНИЕ

Экосистемы сибирских рек до настоящего времени остаются малоизученными. Имеющихся данных по их водным экосистемам недостаточно для получения целостного представления о формировании и функционировании этих важных водных объектов и прогнозирования их состояния при современном уровне антропогенного воздействия.

Зообентос – один из важнейших элементов экосистем континентальных водоемов и водотоков, однако степень его изученности недостаточна. Это обусловлено в первую очередь многообразием таксономического состава: в пресноводном зообентосе умеренных широт встречаются представители до двадцати классов и десяти типов животных. Для точной идентификации некоторых таксонов зообентоса необходимо использование специальных методов, включая исследование морфологических характеристик на основных стадиях онтогенеза и кариологический анализ (Кикнадзе, Истомина, 2000).

Актуальность изучения зообентоса определяется также и тем, что донные беспозвоночные и их сообщества являются чувствительными индикаторами загрязнения биогенными и токсическими веществами, закисления и эвтрофикации водных объектов. В настоящее время большое значение приобретает использование зообентоса в целях биоиндикации качества вод малых рек, формирующих до 50% суммарного речного стока и 94,7% гидрографической сети России и находящихся в неблагоприятном экологическом состоянии (Ткачев, Булатов, 2002).

Биологические показатели являются общепризнанным элементом системы мониторинга загрязнения поверхностных вод и позволяют определить экологическое состояние и трофический статус водных объектов, оценить качество поверхностных вод как среды обитания организмов, определить совокупный эффект комбинированного действия загрязняющих веществ, локализовать источник загрязнения, установить тип загрязнителей и возникновение вторичного загрязнения вод (Израэль и др., 1979).

В результате проведенных работ определен таксономический и зоогеографический состав зообентоса притоков Верхней Оби. Изучены кариофонды, морфология, систематика и экология природных популяций хирономид – доминанты зообентоса. Определены численность, биомасса и продукция зообентоса на различных по гидрологии, характеру и интенсивности антропогенного воздействия участках течения рек, произведена типизация речных экосистем по биоценоtiche-

ским признакам. Исследована информативность четырех классических, наиболее признанных и вошедших в практику мониторинга в Российской Федерации методов биоиндикации качества поверхностных вод по зообентосу (индексы сапробности Пантле и Букка, олигохетный Гуднайта и Уитлея, биотический Вудивисса, видового разнообразия Маргалефа) в условиях юга Западной Сибири. Оценено экологическое состояние изученных водных объектов по составу, структуре и функциональным характеристикам зообентоса, даны рекомендации по применению методов биоиндикации на равнинных реках бассейна Верхней Оби.

В составе зообентоса изученных притоков Верхней Оби определен 171 вид донных беспозвоночных, относящихся к 11 классам. Изучены кариотипы семи массовых видов хирономид, выявлены два вида хирономид, ранее не описанные для Алтайского края и России. Установлено, что состав и структуру донных сообществ исследованных равнинных рек бассейна Верхней Оби определяют хирономиды, моллюски и кольчатые черви, среди которых преобладают широко распространенные в Палеарктике и Голарктике виды. Таксономическая структура зообентоса рек Барнаулки, Большой Черемшанки и Чумыша наиболее сходна с таковой притоков Средней Оби и Средней Волги. По составу, структуре и функционированию донных сообществ выявлено колебание уровня загрязненности воды на различных участках этих рек от низкого до очень высокого.

Полученные результаты могут быть использованы для экологического нормирования воздействий, разработки водоохраных мероприятий и прогноза использования малых и средних рек Верхней Оби, а также могут стать методической основой для создания системы мониторинга экологического состояния разнотипных рек бассейна Верхней Оби.

Данная монография предназначена для экологов, гидробиологов, специалистов по охране окружающей среды, преподавателей и студентов вузов, а также может быть использована в качестве учебного пособия по специальностям «гидробиология» и «экология».

Автор выражает искреннюю благодарность своим коллегам из Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук: к.б.н. В.В. Кириллову, к.б.н. Г.И. Тушковой, к.б.н. Л.В. Яныгиной, к.х.н. Е.И. Третьяковой, к.т.н. А.Н. Эйрих, М.И. Ковешникову, Е.Н. Крыловой, О.В. Эйдукайтене; из Института цитологии и генетики СО РАН: д.б.н. И.И. Кикнадзе, к.б.н. А.Г. Истоминой, к.б.н. М.Т. Сиирин; из Алтайского государственного универ-

ситета: д.б.н. Г.Н. Мисейко, к.б.н. М.М. Силантьевой; из Алтайского филиала Госрыбцентра: д.б.н. Л.В. Весниной и к.б.н. В.П. Соловову; из Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова: к.т.н. Л.Н. Бельдеевой, за методическую и практическую помощь в сборе и анализе материалов, обсуждение результатов работы. Также автор выражает огромную благодарность д.б.н. И.В. Стебаеву (Новосибирский государственный университет), к.б.н. Т.Л. Ясючене (Томский государственный университет), д.б.н. А.Ю. Харитонову и к.б.н. Л.В. Петрожицкой (Институт систематики и экологии животных СО РАН) за внимательное прочтение и критический анализ рукописи.

Глава 1. ЗООБЕНТОС КАК КОМПОНЕНТ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Бентос, по определению В.И. Жадина (1950), представляет собой экологическую группу организмов, характеризующихся связью с дном водных объектов как субстратом, на котором (эпибентос) или внутри которого (эндобентос) организмы проводят свою жизнь. Большинство исследователей, например В.И. Жадин (1950), Ф.Д. Мордухай-Болтовской (1975), Н.А. Березина (1984), О.М. Кожова (1987), W. Lampert & U. Sommer (2007), рассматривают перифитон (организмы, обитающие на различных предметах, находящихся в воде) как разновидность бентоса, некоторые – как отдельную жизненную форму (Константинов, 1979; Зимбалевская, 1981; Скальская, 2002). По степени подвижности зообентонтов различают формы вагильные (бродячие), седентарные (лежащие на грунте без перемещений), сессильные (прикрепленные), закапывающиеся и сверлящие. По размерному признаку выделяют организмы микробентоса (<0,1 мм), мезо(мейо)бентоса (0,1–2 мм) и макробентоса (>2 мм) (Константинов, 1979).

Донное население различных грунтов в разных зонах водоема часто считают биоценозами. Возможно, однако, что такие системы не следует приравнивать к настоящим биоценозам, а считать более мелкими подразделениями. Массу воды, находящуюся над данным типом грунта, не следует относить к той же локальной экосистеме: во всяком случае, границы биотопов в ней не соответствуют границам грунтов. Некоторые авторы для разных грунтов одной зоны пользуются выражением «станции» как подразделения биотопа. Поскольку понятие «биоценоз» (=сообщество) предполагает взаимосвязь между организмами и между ними и неживой средой, то существование этой связи обычно трудно доказать, многие авторы предпочитают говорить о «группировках», или «комплексах», бентоса (как и планктона) (Зенкевич, 1963). Тем не менее в отечественной научной литературе по отношению к бентосу по-прежнему чаще используют термины «биоценоз» и «сообщество».

По мнению Ф.Д. Мордухая-Болтовского (1975), зообентос, в противоположность планктону, в пределах одной зоны водного объекта обнаруживает значительную неоднородность, образуя несколько, иногда много биоценозов. Состав и обилие бентоса зависят от многих факторов, из которых наибольшее значение имеют глубина, подвижность воды, колебания уровня, характер грунта, зарастаемость. Биото-

пы биоценозов бентоса обычно определяют как участки с однородными на всем протяжении грунтами, лежащие в пределах одной вертикальной (глубинной) зоны. В прибрежье возможно выделение верхних горизонтов, обсыхающих (или промерзающих) при понижениях уровня, население которых вследствие этого беднее (состоит только из видов, выносящих временное обсыхание дна). В таких водоемах зону обнажения дна (непостоянного затопления) целесообразно подразделять еще на горизонты верхний (собственно обсыхающий, обнажающийся еще летом) и нижний (покрываемый льдом, но с непромерзающими грунтами). Каждый из них может считаться особым биотопом и отличается от другого характером бентоса. В реках и речных водохранилищах литораль называют рипалью, сублитораль, или склон, – субрипалью, ложе – медиалью.

Сублитораль (субрипаль) и профундаль по условиям обитания для бентоса отличаются не так сильно, как литораль от глубже лежащих частей. Обе зоны лишены подводной растительности, в естественных водоемах не подвергаются обнажению дна, и здесь биотопы определяются в основном характером грунта. Механический состав грунта зависит преимущественно от гидродинамических условий, в основном, течения, размывающего илистые отложения (на отмелях, лежащих вдали от берегов, возможен также размыв волнением). Состав и количество бентоса сильно изменяется вместе с изменением характера грунта, причем при переходе к грунтам совершенно иного типа, например от мягких илистых к каменистым или плотным искусственным субстратам, может произойти почти полная смена всего состава населения беспозвоночных. Эта зависимость бентоса от грунта привела к особой терминологии биоценоза, и отдельные бентические виды делятся по предпочитаемому ими грунту на литофильные (обитатели камней и других твердых субстратов), гипнофильные (обитающие на торфянистых грунтах), фитофильные (живущие на макрофитах), псаммофильные (обитатели песков), пелофильные (обитатели илов) и промежуточные между ними псаммопелофильные (Митропольский, Мордухай-Болтовской, 1975).

1.1. Биогеохимические функции зообентоса в экосистемах

В.И. Вернадский (1993) выделял девять основных биогеохимических функций живого вещества в биосфере: 1) газовую; 2) кислородную; 3) окислительную; 4) кальциевую; 5) восстановительную; 6) концентрационную; 7) разрушения органических соединений; 8) восстановительного разложения органических соединений; 9) метаболизма и

дыхания организмов. Существуют также варианты их группировки в пять основных функций, причем со значительными вариациями (Перельман, 1977; Лапо, 1979; Войткевич, Вронский, 1996). Мы будем придерживаться первой, классической схемы, по которой непосредственно к организмам зообентоса в большей степени можно отнести четыре функции: газовую, кальциевую, концентрационную, метаболизма и дыхания. В работах В.И. Вернадского (1989) имеются выводы о значительной геохимической роли донных «живых пленок» в гидросфере.

Газовая функция. В.И. Вернадский (1993) не раз указывал на то, что все газы биосферы теснейшим образом связаны с жизнью, создаются биогенным путем и им же изменяются. Хотя можно различить здесь ряд отдельных функций, в общем эффект жизни в газовом режиме биосферы так велик, что всю совокупность газовых реакций живых веществ можно выделить в единое целое, как самостоятельную функцию.

Поскольку большинство зообентонтов являются гетеротрофами, то основная их газовая функция заключается в потреблении кислорода и выработке углекислого газа. Газовая функция зообентоса во всей биосфере не столь очевидна, но в пределах конкретного водоема его роль в формировании состава растворенных в воде газов более значима. Более существенна газовая функция зообентоса для кислородного режима заморных водоемов. При этом донные животные, более приспособленные к дефициту кислорода, во время заморы страдают меньше, чем пелагические, и продолжают свою жизнедеятельность после заморных явлений (Константинов, 1979).

Кальциевая функция. Под этой функцией В.И. Вернадский (1993) понимал выделение кальция в виде чистых солей (простых и сложных) – углекислых, щавелекислых, фосфорнокислых (апатитов) и т.п. Он же отмечал большое значение морских животных (кораллов, иглокожих, мшанок, плеченогих и др.) (Вернадский, 1989). Из организмов пресноводного зообентоса эту функцию активно осуществляют простейшие (корненожки), ракообразные и моллюски (Жизнь пресных вод., 1940–1950). Их значение в образовании кальциевых осадочных пород не столь велико, как у морских беспозвоночных, но в пределах небольшого водоема вклад в круговорот кальция может быть определяющим.

Концентрационная функция – скопление отдельных элементов из их рассеяния в окружающей среде. Это характерно для углерода, основного биоэлемента, и для очень многих других элементов. Все

разнообразие концентрационных функций сводится к двум большим группам: концентрационные функции I и II рода.

Концентрационные функции I рода – живым веществом из окружающей среды захватываются те химические элементы, соединения которых встречаются в теле всех без исключения живых организмов (водород, углерод, азот, кислород, натрий, магний, алюминий, кремний, фосфор, сера, хлор, калий, кальций, железо – всего 14 элементов). Роль в круговороте этих элементов у организмов зообентоса в общем такая же, как у всех живых существ, но встречаются и организмы-концентраторы, например, многие губки накапливают кремний, моллюски – кальций, ракообразные – медь, мшанки – магний (Зернов, 1934; Березина, 1984).

Концентрационные функции II рода – наблюдается концентрация определенных химических элементов, которые могут в других организмах не встречаться. Особенно велико значение зообентонтов как концентраторов II рода в круговороте тяжелых металлов. Многие донные животные, особенно моллюски, являются макроконцентраторами тяжелых металлов, что способствует их накоплению в организмах, стоящих выше в пищевой пирамиде. Данное обстоятельство способствует использованию моллюсков в качестве перспективных аккумулятивных индикаторов загрязнения морских и пресноводных экосистем тяжелыми металлами, особенно ртутью, которая может вызывать серьезные случаи отравления как при непосредственном использовании моллюсков в пищу, так и при использовании в пищу животных бентофагов (Христофорова, 1989; Никаноров, Жулидов, 1991; Курамшина, 1997). Некоторые зообентонты способны в значительных количествах накапливать элементы, находящиеся в окружающей среде в крайне низких концентрациях, например, содержание ванадия в голотуриях (иглокожие) может быть до одного миллиона раз больше, чем в окружающей их воде (Орлов, Безуглова, 2000).

Функция метаболизма и дыхания организмов связана с поглощением кислорода и воды, с выделением углекислого газа, с миграцией органических элементов (Вернадский, 1993).

Вклад зообентоса в общий круговорот органического вещества и энергии в бигидроценозе можно оценить по его доле в общей продукции биоценоза и потоке энергии, проходящем через него. Так, по расчетам А.Ф. Алимова (2000), доля зообентоса в валовой продукции озер составляет 0,002–0,071, водохранилищ – 0,08, поток энергии через него – 0,015–0,164 для озер и 0,27 для водохранилищ.

Продукция зообентоса обычно в 5–10 раз ниже, чем зоопланктона, что связано с низкими Р/В-коэффициентами у донных животных,

но в неглубоких водоемах (1,9–2,3 м) она достигает 86% всей продукции первичных консументов (Lindegaard, 1994). Эффективность ассимиляции потребляемой пищи для донных беспозвоночных составляет в среднем 20, 50 и 60% для детритофагов, альгофагов и хищников соответственно (Dall et al., 1993). Для средней полосы России величина продукции для различных моллюсков, олигохет и личинок хирономид равна соответственно 0,3–1,5, 3–4 и 4–5 г/м². Суммарная продукция зообентоса может различаться в сотни раз, обычно достигая несколько десятков грамм на 1 м² (Константинов, 1979).

Поток энергии в донных биоценозах почти в 10 раз, а в планктонных – в 35 раз превышает среднюю биомассу биоценозов. При этом удельный поток в биоценозах зоопланктона в 3,5 раза выше, чем зообентоса (Алимов, 1989).

В водных экосистемах зообентос играет важную роль в круговороте органических веществ между донными отложениями и водными массами. Для Учинского водохранилища отмечено, что хирономиды-фильтраторы за сутки могут профильтровать 1/720 объема водохранилища, а моллюски дрейссены еще больше – 1/45, при этом в воде содержится 2,2–2,4 мг/л взвеси, на 10,76% состоящей из органических веществ (Львова и др., 1980). Время фильтрации всего объема различных водоемов моллюсками-фильтраторами оценивается в 2,1–5,8 дней, а для рек 0,3–10 м³ над 1 м² за сутки (Остроумов, 2002, 2006).

Кроме того, зообентос играет важную роль в перемешивании грунтов в водных объектах, особенно в распределении в них органического вещества и окислительно-восстановительных условий. Особая роль в этом принадлежит грунтофагам и роющим животным (например малощетинковым червям), которые могут существенно менять структуру донных осадков на глубине до трех метров (Константинов, 1979; Вернадский, 1989).

Уникальна роль зообентоса в возврате органики из водоемов на сушу. Так, выявлена роль бентосных организмов в удалении азота и фосфора из донных отложений (Мартынова, 1985). Например, вместе с имаго хирономид выносятся из озер Вашингтон, Мендота, Балатон от 0,9 до 6,3%, из Саратовского, Рыбинского, Можайского водохранилищ – от 0,7 до 15% азота, от 0,6 до 12 и от 0,1 до 3,6% фосфора соответственно от количества, накопленного на дне этих водоемов (Алимов, 2000). Возможен антропогенный путь возврата биогенных элементов, накопленных в зообентосе, на сушу, через аквакультуру и добычу водных беспозвоночных: ракообразных и моллюсков, добыча которых в мире неуклонно растет (Евстигнеев и др., 1997; Орлов, Безуголова, 2000).

Потоки информации. В последнее время, в связи с развитием таких новых научных направлений, как информатика, кибернетика и синергетика, стал актуальным вопрос о такой функции живого вещества, как производство, перенос и накопление информации в экосистемах. По данным А.Ф. Алимова (2000), поток информации, проходящей через донные сообщества, рассчитанный по потоку фосфат-ионов, составляет от 0,5 (оз. Арахлей) до 152,5 бит/м²*сезон (р. Ижора). Срок хранения информации зообентосом определяется характерным временем жизни его организмов, которое достигает 10 лет и более (крупные двустворчатые моллюски).

Таким образом, донные беспозвоночные являются важным элементом водных экосистем. Они имеют существенное значение в биохимическом круговороте многих элементов в водных экосистемах, например, биогенов, кальция, кремния и тяжелых металлов. Уникально их значение в возвращении биогенных элементов из водной среды в наземную, через имаго амфибиотических насекомых. Они выполняют важную функцию трансформации органического вещества в системе «толща воды – донные отложения», что обуславливает их важную роль в самоочищении водных объектов. Донные беспозвоночные регулируют газовый режим и механический состав грунтов водных объектов, являются одним из основных звеньев хранения и передачи информации в водных экосистемах.

1.2. Зоогеографическое районирование континентальных вод

Еще в XIX в. все животное население суши исследователи разделяли на три зоогеографических области (царства): 1) Мегаетя (Арктогея) – Северная Америка, Евразия, Африка с Аравийским полуостровом, Индия и Индокитай; 2) Нотогея – Австралия, Океания и Новая Зеландия; 3) Неогетя – Южная и Центральная Америка, включая Антильские острова. Более дробные системы значительно отличаются у разных исследователей (Пузанов, 1938; Бобринский, Гладков, 1961; Нейл, 1973; Леме, 1976; Мордкович, 2005).

В настоящее время можно считать классической систему, разработанную с учетом распространения наземных беспозвоночных и растений, по которой Земля делится на пять зоогеографических областей: Голарктическую, Палеотропическую, Австралийскую, Неотропическую и Антарктическую. Голарктика делится на Палеарктику (Евразия без Индии, Исландия, Канарские острова, Корея, Япония и Северная Африка) и Неарктику (Северная Америка с Гренландией) (Мюллер, 1988).

Также разработана единая для флоры и фауны биофилотическая система, включающая девять царств (Второв, Дроздов, 2001): Ориентальное, Эфиопское, Мадагаскарское, Капское, Австралийское, Антарктическое, Неотропическое, Неарктическое, Палеарктическое. Палеарктика разделяется на семь областей: Европейскую, Ангарскую, Средиземноморскую, Сахаро-Синдскую, Ирано-Туранскую, Центрально-Азиатскую, Восточно-Азиатскую. Причем граница между Европейской (или традиционно называемой Западно-Палеарктической) и Ангарской (Восточно-Палеарктической) областями проходит по руслу р. Енисея.

Первое зоогеографическое районирование земного шара на материале по амфибиотическим насекомым (ручейникам) было выполнено А.В. Мартыновым (Мартынов, 1924; цит. по: Леванидова, 1982). Схема, предложенная А.В. Мартыновым, резко отличается от традиционных зоогеографических карт, выполненных на орнито-терiologicalических материалах. Наиболее необычно разделение «Северной зоны» на два царства: Европейско-Сонорское и Ангарско-Американское, содержащее две области – Ангарскую и Американскую (рис. 1). Кроме того, распространение ручейников демонстрирует нарушение зональности, характерное для ареалов большинства наземных насекомых Палеарктики.

Зоогеографическую систему распространения амфибиотических насекомых продолжил развивать Б.Ф. Бельшев (Бельшев, 1973; Бельшев, Харитонов, 1981) на основании изучения фауны стрекоз (рис. 2). Эта система имеет промежуточные характеристики между системами, основанными на распространении наземных животных и истинных гидробионтов. Согласно этой системе Бореальное царство (практически все северное полушарие) делится на две области: северную – Голарктическую и южную – Субголарктическую. Голарктика разделена на пять подобластей: Канадскую, Европейскую, Европейско-Азиатскую, Монголо-Казахскую и Сибирскую. При этом бассейн Оби в большей своей части находится на территории Европейско-Азиатской подобласти, истоки Оби частично входят в Монголо-Казахскую подобласть и с востока бассейн граничит с Сибирской подобластью. Б.Ф. Бельшев (1974) приводит также подробную схему зоогеографического районирования Верхнего Приобья (рис. 3). Согласно этой схеме Приобье располагается на территории трех подобластей Голарктики со следующими провинциями и их участками: Сибирская подобласть (южная провинция с кузнецким горно-таежным и восточноалтайским участком); Монголо-Казахстанская подобласть (монгольская провинция – высокогорный чуйский участок); Европейско-Сибирская подобласть (лесная провинция с нарымским участком; лесостепная провинция с барабинским, кузнецким степным, причумышским степным, кулундинским, горноалтайским и ачинским участком).

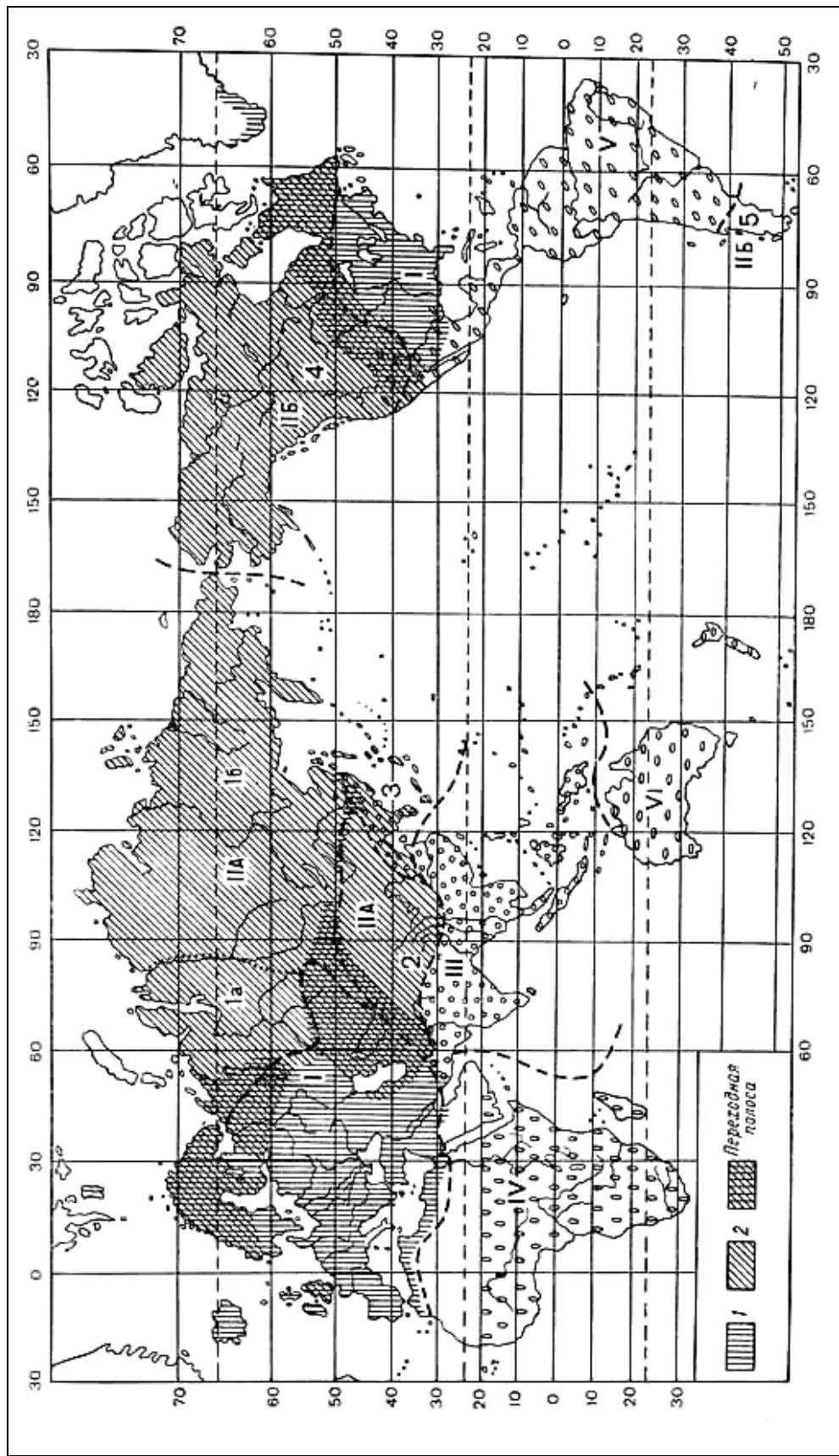


Рис. 1. Карта географического распространения ручейников (Мартынов, 1924; цит. по: Леванидова, 1982):

I – Европейско-Сонорское царство; II – Ангарско-Американское царство; IIIA – Ангарская область; 1 – Сибирская подобласть, 1a – Западно-Сибирский округ, 1б – Восточно-Сибирский округ, 2 – Центральнo-Азиатская подобласть, 3 – Китайско-Японская под-область; IIБ – Американская область; 4 – Юконо-Колорадская подобласть, 5 – Патагонская подобласть

Система зоогеографического районирования по распространению хирономид до настоящего времени не разработана и находится на стадии формирования, определены лишь основные закономерности распределения и пути расселения родов и видов (Saether, 2000).

Первую систему зоогеографического районирования континентальных вод бывшего СССР и сопредельных стран на основании изучения распространения истинных гидробионтов (в отличие от амфибионтов) – пресноводных и солоноватоводных рыб и рыбообразных предложил Л.С. Берг (1949). Он разделил Голарктическую область на следующие подобласти: Циркумполярную (Ледовитоморская провинция с Европейским и Сибирским округами, Тихоокеанская с Анадырским и Охотско-Камчатским округами); Байкальскую; Средиземноморскую (Балтийская провинция с Рейнским и Невским округами, Понто-Каспийско-Аральская с Черноморским, Каспийским и Аральским округами, Иранская и Туркестанская провинции); Нагорноазиатскую (Западно-Монгольская, Балхашская, Таримская и Тибетская провинции). Эту систему районирования в общем виде приняли для основных групп истинных гидробионтов: для моллюсков – В.И. Жадин (1952), пиявок – Е.И. Лукин (1976), олигохет – О.В. Чекановская (1962).

Наиболее разработана в дальнейшем была зоогеография моллюсков, которую развил и детализировал В.Я. Старобогатов (Старобогатов, 1970; Kruglov, Starobogotov, 1993a) (рис. 4). В его понимании Обской бассейн в большей своей части располагается на территории Европейско-Сибирской подобласти Палеарктики, только самая южная часть бассейна (Алтайская провинция) заходит на Восточно-Сибирскую подобласть. И.К. Лопатин (1989) эту систему, вместе с системой Л.С. Берга, рассматривает как основу зоогеографии континентальных вод.

Синтетическую зоогеографическую систему распространения гидробионтов (с учетом многих таксонов) предложил П. Банареску (цит. по: Saether, 2000). По его системе Палеарктика делится на Европейско-Средиземноморскую, Сибирскую, Байкальскую и Монгольскую подобласти, причем Японские острова относятся к Китайско-Индийской области.

В настоящее время среди специалистов принята общая система, близкая к классическим традициям зоогеографии суши, в соответствии с которой континентальная гидрофауна подразделяется на следующие регионы (Valian et al., 2008): Палеарктический, Неарктический, Неотропический, Афротропический, Восточный (Индия и Юго-Восточная Азия), Австралийский, Тихоокеанский островной и Антарктический.

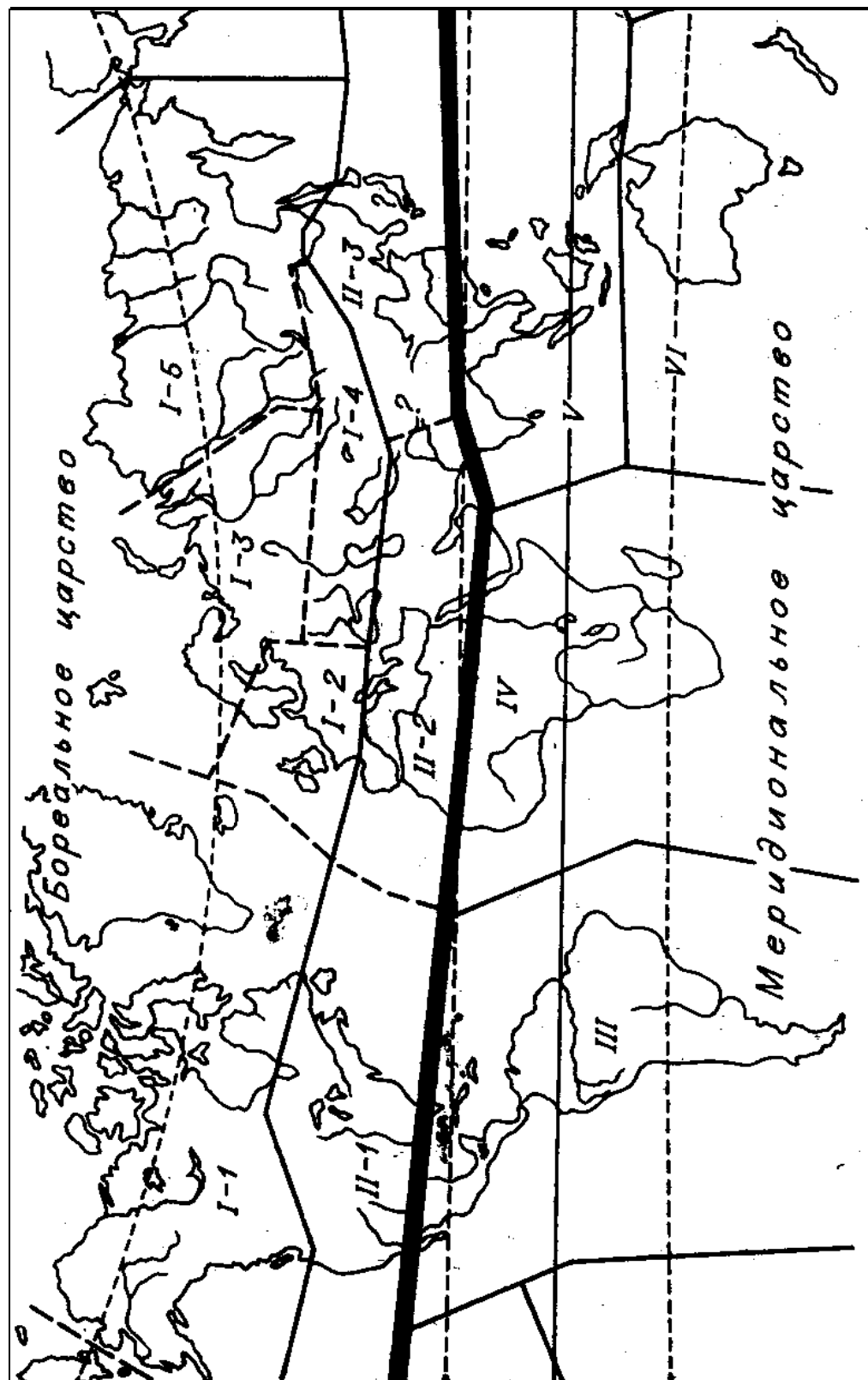


Рис. 2. Схема зоогеографического районирования земного шара на основании распространения стрекот (по Бельшеву, 1973):

Бореальное царство: 1 – Голарктическая область (подобласти: 1 – Канадская, 2 – Европейско-Азиатская, 3 – Европейско-Азиатская, 4 – Монголо-Казахская, 5 – Сибирская); II – Субголарктическая область (подобласти: 1 – Сонорская, 2 – Средиземноморская, 3 – Маньчжурская); Меридиональное царство: III – Неотропическая; IV – Эфиопская; V – Ориентальная; VI – Австралийская

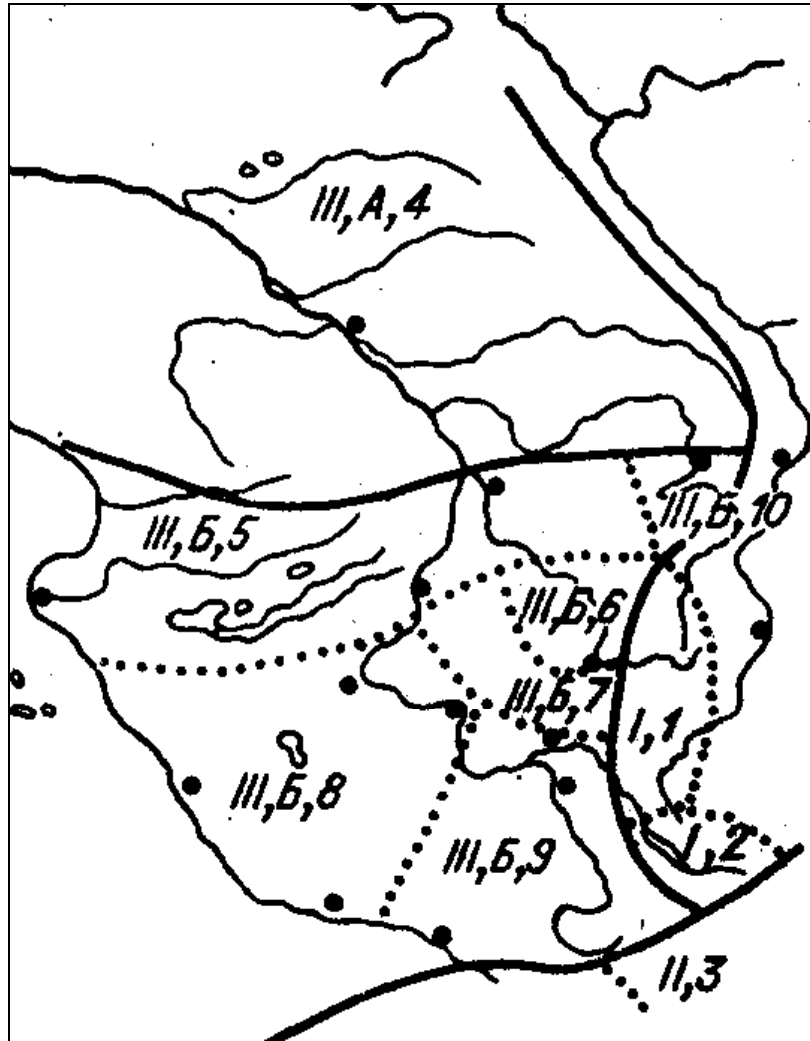


Рис. 3. Схема зоогеографического районирования Верхнего Приобья (по Бельшеву, 1974):

I – Сибирская подобласть (южная провинция, енисейская подпровинция): *I,1* – кузнецкий горно-таежный и *I,2* – восточноалтайский участки;

II – Монголо-Казахстанская подобласть (монгольская провинция): *II,3* – высокогорный (чуйский участок);

III – Европейско-Сибирская подобласть: *A* – лесная провинция: *III, A, 4* – нарымский участок; *B* – лесостепная провинция: *III, B, 5* – барабинский, *III, B, 6* – кузнецкий степной, *III, B, 7* – причумышский степной, *III, B, 8* – кулундинский, *III, B, 9* – горноалтайский, *III, B, 10* – ачинский участки

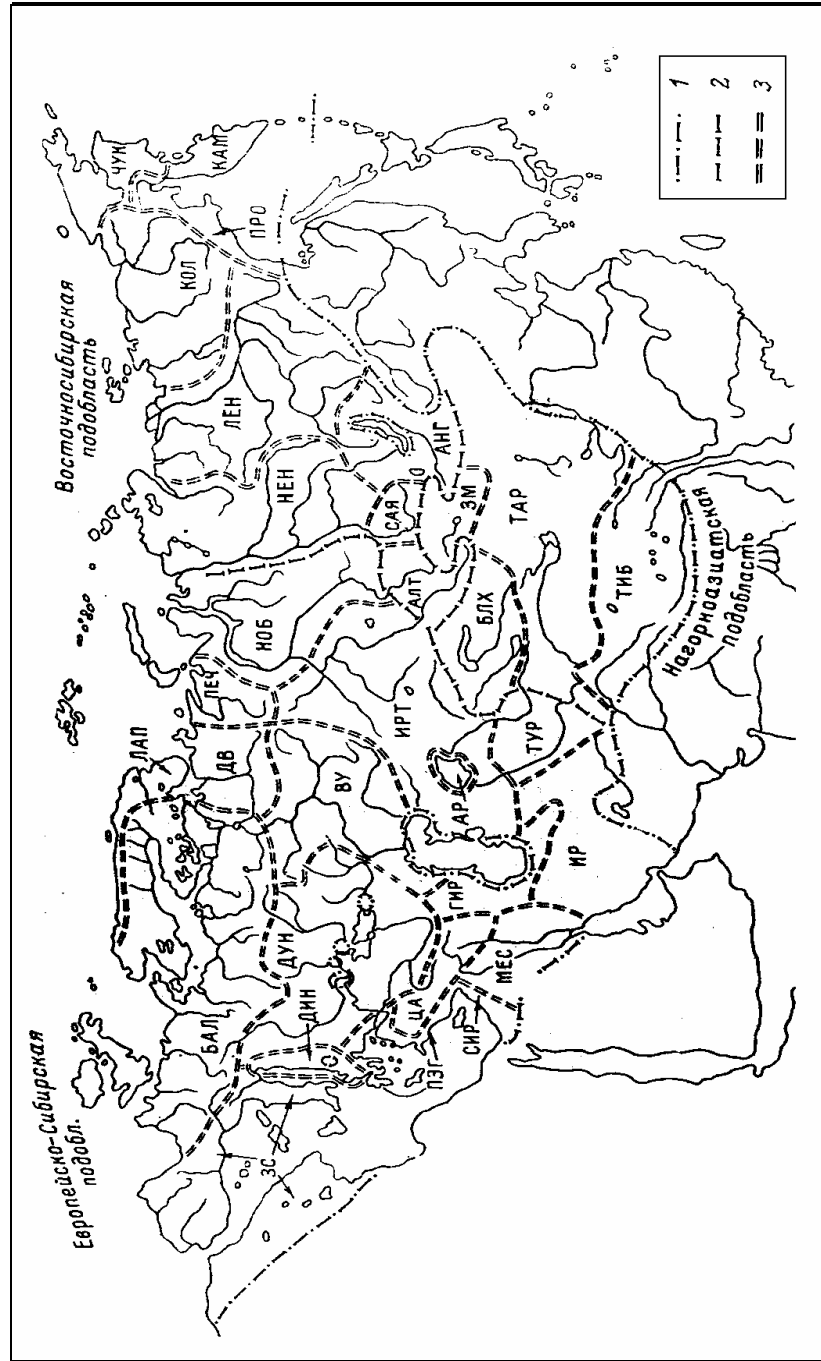


Рис. 4. Зоогеографическое районирование Палеарктической области на основании распространения моллюсков (по Старобогатову, 1970):

Провинции¹: *Европейско-Сибирской подобласти*: АР – Аральская, БАЛ – Балтийская, ВУ – Волго-Уральская, ГИР – Гирканская, ДВ – Двинская, ДИН – Динарская, ДУН – Дунайско-Донская, ЗС – Западноевропейская, ИР – Иранская, ИРТ – Иртышская, ИРМ – Иртышская, ЛАП – Лапландская, МЕС – Месопотамская, НОБ – Нижнеанатолийская, ПЕЧ – Печорская, ПЭГ – Приэгейская, СИР – Сирийская, ТУР – Туркестанская, ЦА – Центральноазиатская; *Нагорноазиатской подобласти*: БЛХ – Балхашская, ЗМ – Западномонгольская, ТАР – Таримская, ТИБ – Тибетская; *Восточносибирской подобласти*: АЛТ – Алтайская, АНГ – Ангарская, КАМ – Камчатская, КОЛ – Кольмская, ЛЕН – Ленская, НЕН – Нижнеенисейская, ПРО – Приохотская, САЯ – Саянская, ЧУК – Чукотская;

Границы: 1 – области; 2 – подобласти; 3 – провинции

¹ Написание дано в соответствии с первоисточником (см.: Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. – Л.: Наука, 1970. – 372 с.). – *Прим. авт.*

Важно подчеркнуть, что зоогеография водных беспозвоночных до настоящего времени слабо разработана. Предложено несколько различных вариантов зоогеографического деления континентальных водоемов на крупные зоогеографические территории (царства, области, подобласти), но еще не существует общепризнанной устоявшейся системы. География более мелких фаунистических группировок (например, в бассейне Оби) разработана еще слабее. Не определено точное положение границ Восточно-, Западно-Палеарктических и Нагорно-Азиатских фаунистических комплексов относительно бассейна Верхней Оби. Тем не менее выявлены основные принципы расселения гидробионтов и их отличие от географии наземной фауны, которое заключается в преобладании бассейнового принципа, в отличие от принципа зональности, характерного для наземных животных.

1.3. Особенности зообентоса текучих вод

По современной эколого-гидрологической классификации текучие воды делят на две большие группы: ритраль и потамаль (Шлес, Botosaneanu, 1963; Леванидова и др., 1989). К ритрали относят примыкающую к роднику часть водотока с каменистым или гравийно-галечным грунтом, высокой скоростью течения, насыщенной кислородом водой и амплитудой среднемесячных температур до 20°C. Самую верхнюю ее часть принято также называть креналью, причем у нее бывают такие разновидности, как реокрен, геокрен и лимнокрен. К потамали относят примыкающую к ритрали нижнюю часть водотока с песчаным, заиленным или илистым грунтом, сравнительно небольшой скоростью течения, амплитудой среднемесячных температур выше 20°C и частыми проявлениями дефицита кислорода (Богатов, 1994). Границы между ритралью и потамалью зависят от климата региона (Иллиес, 1988).

По отношению к продольному распределению организмов все население рек условно делится на ритрон и потамон, что соответствует делению водотоков на зоны ритрали и потамали (Богатов, 1994). Ритрон обычно представлен фито- и зообентосными организмами, занимающими в речных системах донные биогоризонты, а также сообществом рыб, большинство из которых лососевые. Зообентос в зоне кренали и ритрали преимущественно состоит из организмов эпифауны, среди которых важную роль играют личинки амфибиотических насекомых, фауна которых закономерно меняется вниз по течению (рис. 5).

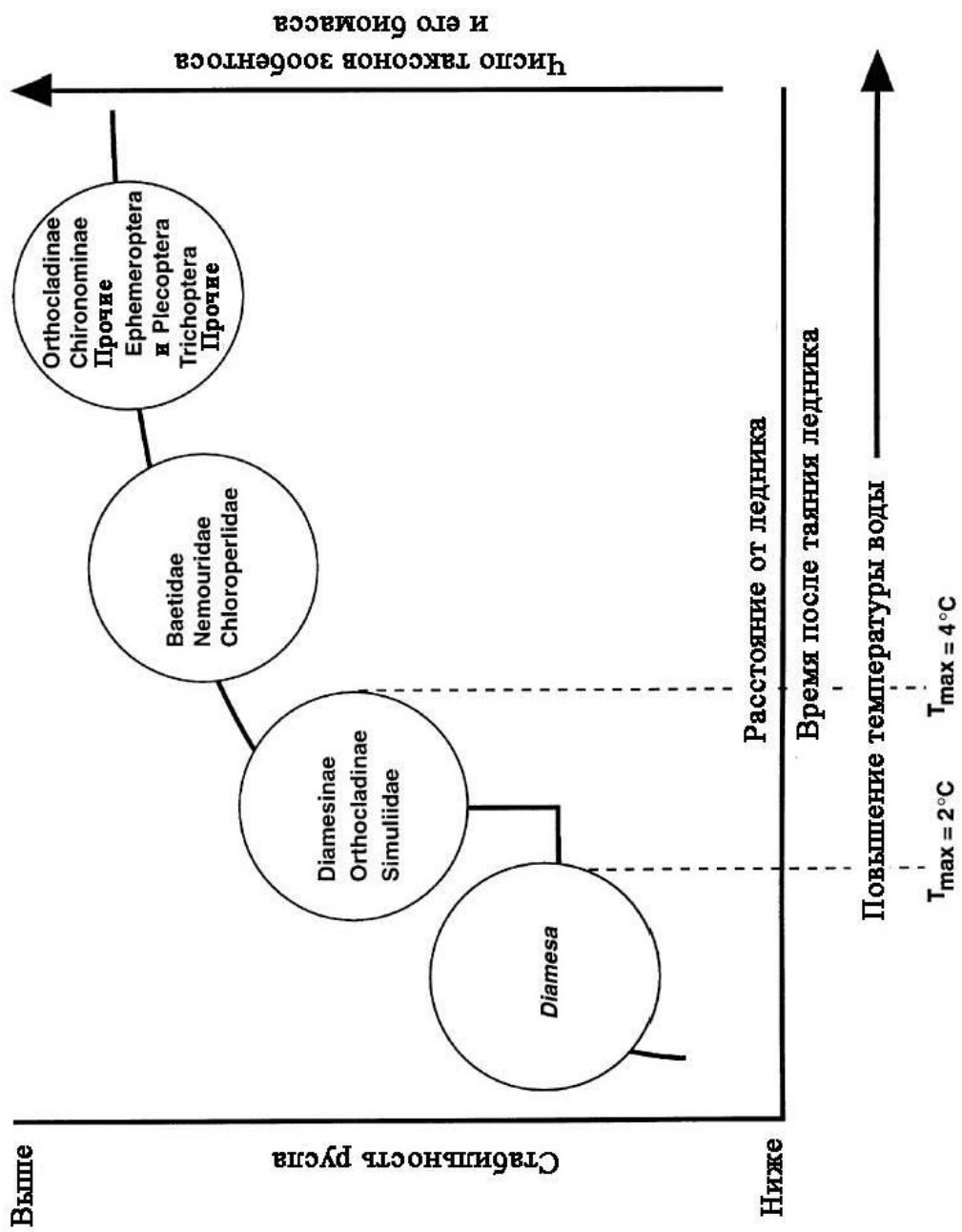


Рис. 5. Концептуальная модель распространения таксонов макробеспозвоночных вдоль по течению в водотоке с ледниковым питанием (по Milner et al., 2001)

Наиболее признанной теорией, объясняющей причины смены сообществ вдоль по течению, является концепция речного континуума (Vannote et al., 1980), которая рассматривает реку как целостную систему, каждый участок которой обусловлен взаимодействием вышележащих, а вся система представляет собой цепь непрерывных взаимообусловленных изменений. Основными факторами, определяющими структуру речного сообщества по ней, являются затенение и мутность воды, с увеличением которых существенно снижается фотосинтез, и сообщества консументов используют преимущественно аллохтонное органическое вещество. Эти показатели и определяют гетеротрофность системы в верховьях и равнинных участках реки и ее автотрофность в среднем течении (рис. 6).

Противоположная теория функционирования речной экосистемы представлена в концепции «динамики пятен» (рефугиумов), по которой рефугиумы располагаются в речной системе случайно и структура сообществ каждого участка реки формируется случайным образом (Townsend, 1989; цит. по: Яныгина, 2006). На практике, как правило, наблюдается сочетание континуальных и дискретных свойств речных экосистем, описанных в этих двух концепциях.

Наибольшее влияние на фаунистический состав зообентоса водотоков оказывают два фактора: скорость течения и стабильность грунта (Жадин, Герд, 1961; Константинов, 1979). Текущая вода содержит больше растворенного кислорода, чем стоячая, но и обитатели текущих вод нуждаются в большем содержании кислорода, чем обитатели стоячих или медленно текущих вод, так как им требуется большая энергия для удержания в потоке. Если их снесет вниз, в стоячие воды, они погибнут от недостатка кислорода.

К морфологическим адаптациям, служащим для удержания организмов потока на субстрате в условиях быстрого течения, относятся (Odum, 1971; цит. по: Spellman, Drinan, 2001; Бродский, 1976):

- уплощенная, гладкая, обтекаемая форма тела (личинки жуков и поденок, нимфы веснянок);
- небольшой размер тела, что позволяет некоторым организмам по толщине не превышать толщину пограничного слоя (мелкие личинки хирономид и поденок);
- прикрепление к устойчивым субстратам: к камням, растениям и другим подводным предметам типа выброшенных шин, бутылок, труб и т.д. (личинки ручейников, губки);
- использование крючков и присосок (личинки мошек и блефароцерид);
- липкая нижняя поверхность (брюхоногие моллюски и планарии);

- паутина и клейкий секрет (личинки мошек, ручейников и хи-рономид);
- балласт (домики многих ручейников, раковины моллюсков);
- положительный реотаксис;
- положительный тигмотаксис: стремление цепляться за по-верхность или держаться в близком контакте с поверхностью (нимфы веснянок).

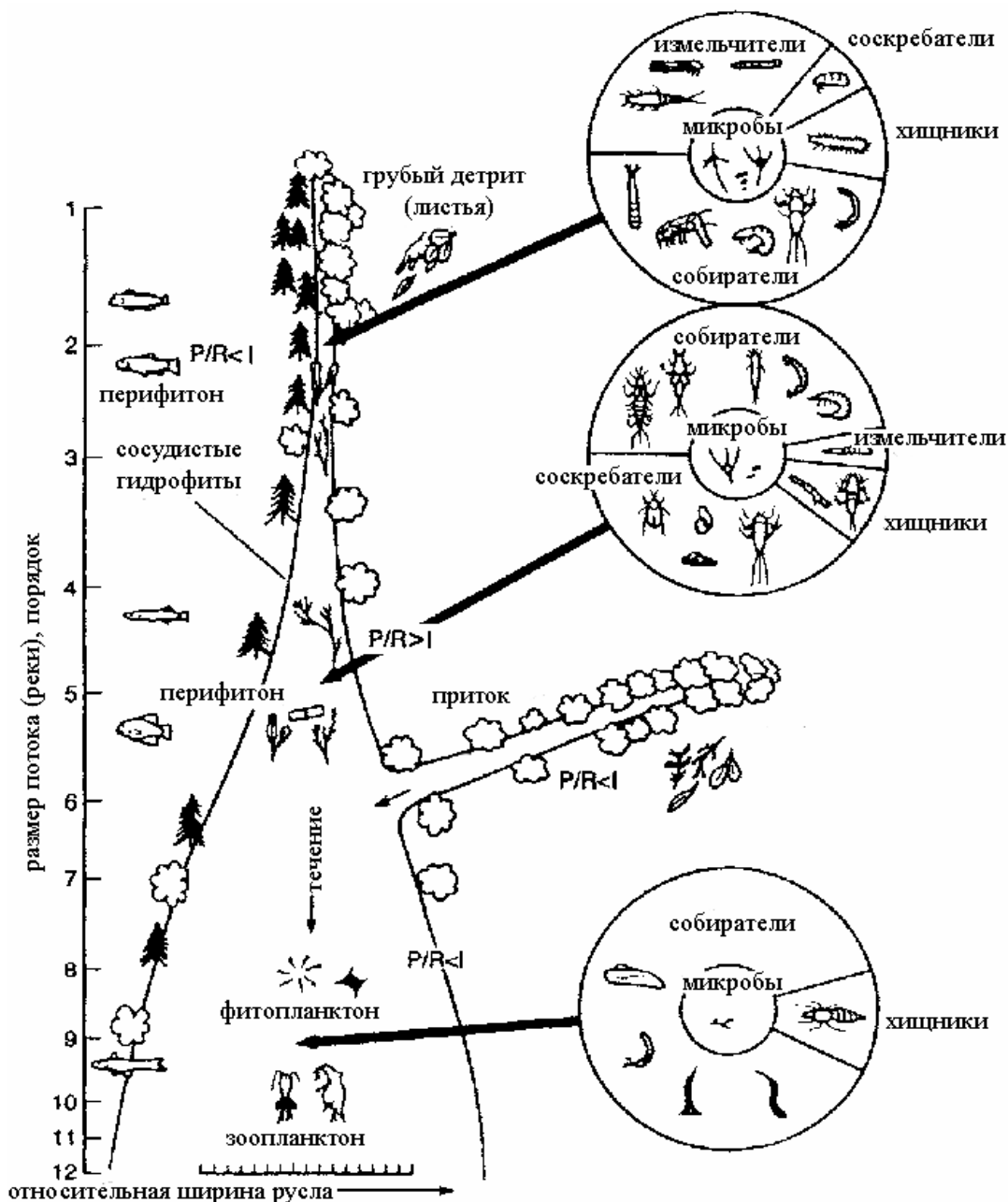


Рис. 6. Диаграммное представление концепции речного континуума (по Cushing, Allan, 2001):

P – продукция органического вещества; R – деструкция (редукция)

В зависимости от субстрата в водотоках развиваются различные реофильные группировки. Литореофильными формами являются губки, ресничные черви, олигохеты, пиявки, большое число видов насекомых, особенно личинок многих мошек, ручейников, поденок и веснянок, некоторые двустворчатые моллюски. Аргиллореофильными являются главным образом роющие личинки поденок и ручейников. К псаммореофилам относятся мелкие (реже – среднего размера) организмы: простейшие, коловратки, нематоды, олигохеты, высшие раки, моллюски. Бентос песчаных грунтов на течении обычно довольно разнообразен таксономически, но количественно беден. Пелореофильные организмы – простейшие, коловратки, нематоды, олигохеты, личинки хирономид и моллюски. Зообентос заиленных грунтов характеризуется высокой биомассой и сравнительно небольшим видовым разнообразием, по типу питания это обычно детритофаги и грунтоеды. Фитореофильные группировки характеризуются высокой биомассой и видовым разнообразием. Своеобразно население глубинных горизонтов грунта (10–30 см) – гипореос, которое часто количественно и качественно богаче поверхности дна (Константинов, 1979; Богатов, 1994).

Распределение бентоса в реках характеризуется закономерным изменением видового состава, численности и биомассы от истоков к устью и от берега к стрежню. Характер этих изменений в реках разного типа и их различных участков неодинаков. В горных реках, где преобладают литореофильные организмы, бентос поперек русла распределяется довольно равномерно как по видовому составу, так и по количеству. В равнинном течении с продвижением к середине русла биомасса организмов бентоса обычно падает, но их численность часто возрастает. Это объясняется тем, что в прибрежье грунты богаче органическим веществом, течение медленнее, и здесь могут существовать сравнительно крупные организмы. С продвижением к стрежню реки удерживаться на течении могут только мелкие формы, прикрепляющиеся к песчинкам, и немногие крупные формы, зарывающиеся в песок. В низовьях равнинных рек в связи с однообразием грунтов распределение бентоса вновь становится более равномерным (Константинов, 1979).

Под влиянием экстремальных природных факторов (паводок, гиперэвтрофикация в результате засухи, промерзание, пересыхание) донное население значительно обедняется или исчезает полностью. Возобновление зообентоса происходит довольно быстро при наличии достаточного количества рефугиумов, число которых обычно увеличивается вниз по течению. Наибольшее значение в восстановлении речного зообентоса после экстремальных природных явлений имеет

способность многих зообентонтов к анабиозу, наличие наземных расселительных стадий амфибиотических насекомых и дрефт (снос). Интенсивность активного дрефта эконосиртона (донных организмов, всплывающих самостоятельно) определяется плотностью населения, его составом, обилием пищи, неблагоприятными условиями среды и биологией вида. Пассивный дрефт эвсиртона (форм, вымываемых из грунта) в основном зависит от скорости течения потока и устойчивости грунта (Богатов, 1989, 2001).

Таким образом, зообентос водотоков в целом необходимо рассматривать в контексте концепции речного континуума. С этой точки зрения состав и структура зообентоса практически непрерывно изменяются вдоль по течению в соответствии с изменяющимися условиями окружающей среды. К тому же для зообентоса водотоков свойственна высокая лабильность его характеристик в связи со значительными колебаниями условий обитания в текущих водах. Тем не менее на определенных участках водотоков с однородными грунтами формируются характерные и достаточно устойчивые донные сообщества.

1.4. Зообентос рек бассейна Оби

По гидробиологическим особенностям основная река бассейна – Обь – выделяется в особый Обский гидробиологический тип. Этот тип по гидрологическим характеристикам совмещает признаки рек кавказского и волжско-днепровского бассейна. Здесь большую роль играют как снеговые осадки, обуславливающие весеннее половодье, так и высокогорное питание, вызывающее летние паводки. Бассейн Оби в настоящее время отражает воздействие трех геологических эпох: южная часть бассейна существует с миоцена, средняя часть с ее болотами образовалась в плейстоцене, северная (тундровая) – продукт ледникового времени. Характерной особенностью Оби, дающей основание считать ее рекой особого типа, является обширное болотное образование в среднем участке, создающее оригинальные условия для гидробионтов (обские заморы). Обь и слагающие ее реки делятся на 5 гидробиологических участков: горный, степной, болотный, тундровый и дельтово-эстуарный (Жадин, Герд, 1961).

История изучения. Первые полномасштабные исследования зообентоса водных экосистем бассейна Оби были проведены экспедициями ВНИОРХ и Зоологического института Академии наук. Экспедиционные исследования ВНИОРХ в середине прошлого века затрагивали в основном Иртыш, среднее и нижнее течение Оби (Иоффе, 1947).

Экспедиции Зоологического института под руководством С.Г. Лепневой в 20–30-х гг. прошлого столетия касались верхней горной части бассейна. Материалы экспедиции в дальнейшем обработали крупнейшие специалисты по отдельным группам беспозвоночных животных. Хиროномид обработала Н.Н. Липина (1949), амфипод – А.В. Мартынов (1930), стрекоз – А.Н. Попова (1933), планарий – Н. Ливанов и З. Забусова (1940). Булыгина А.И. (1949) определила моллюсков, З.С. Бронштейн (1949) – ракушковых рачков, И.И. Малевич (1949) – олигохет, Е.И. Лукин – пиявок, К. Бродский (1930) и О.А. Чернова (1949) – поденок. С.Г. Лепнева (1930, 1933а, б, 1949а, б) идентифицировала ручейников и обобщила гидробиологические данные.

В начале XX в. в Томском университете появилась первая в Западной Сибири научная гидробиологическая школа, но планомерные исследования зообентосных сообществ начались в середине прошлого века под руководством Б.Г. Иоганзена, А.В. Морозова, Е.И. Лукина (Иоганзен, 1948). В настоящее время эта школа объединяет гидробиологов Томского государственного университета, Томского государственного педагогического университета и НИИ биологии и биофизики при ТГУ, их исследованиями были охвачены в основном водные экосистемы Горного Алтая, Верхней и Средней Оби и бассейна р. Томь. В Томске работали специалисты по основным таксономическим группам зообентоса Оби: олигохетам (Залозный, 1973а, б, в, 1979а, б, 1984, 1991, 2001; Залозный и др., 1991; Залозный, Рузанова, 1995; Залозный, Крылова, 1996; Залозный, Симакова, 2001), моллюскам (Иоганзен, 1948, 1950, 1952, 1954; Иоганзен и др., 1958, 1981; Иоганзен, Файзова, 1978, 1979; Гундризер и др., 2000; Долгин и др., 1973; Долгин, 2001), хиროномидам (Круглова, 1949, 1950а, б, 1951; Рузанова, 1978, 1984а, б, 1986а, б, 1996, 1997, 1998).

Другим центром по изучению зообентоса водных экосистем бассейна Оби стал СибрыбНИИпроект (ранее – ВНИОРХ) с отделениями в Тюмени, Новосибирске и Барнауле. В этом институте работали зообентологи Л.А. Благовидова (1963, 1969, 1973а, б, в, 1976), В.С. Юхнева (1970, 1971), Г.Н. Мисейко (Мисейко, 1977, 1978, 1981, 1982, 1983а, б; Мисейко и др., 1986), М.В. Селезнева (Померанцева, Селезнева, 1998; Селезнева, 2001а, б). Их исследованиями были охвачены многие водные объекты: Нижняя и Средняя Обь, Чано-Барабинская и Кулундинская озерные системы, Новосибирское водохранилище и др. С открытием Алтайского университета Г.Н. Мисейко продолжила свои исследования в Барнауле на новых водных объектах: реках Алее, Барнаулке, Чарыше и малых горных водотоках (Мисейко, 1991, 2003; Мисейко, Лагуткина, 1996, 1997; Мисейко, Безматерных, 1998; Мисейко, Гамаюнова, 2001).

Первым в Западной Сибири академическим институтом, начавшим изучать зообентос разнотипных экосистем бассейна Оби, был Биологический институт СО АН (г. Новосибирск), теперь – Институт систематики и экологии животных СО РАН. Среди зообентологов здесь следует отметить Л.Л. Сипко (Сипко, 1981, 1982, 1997, 1998; Сипко, Крыжановский, 1991), работавшую на Чано-Барабинских и Кулундинских системах, Новосибирском водохранилище, а также Б.Ф. Бельшева и А.Ю. Харитонов (Бельшев, 1963, 1973, 1974; Бельшев, Харитонов, 1981) – крупнейших специалистов по стрекозам, и В.Д. Патрушеву (1982) – ведущего специалиста по мошкам Сибири и Дальнего Востока.

В конце 80-х гг. прошлого столетия был организован Институт водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул), где начались активные работы по изучению зообентоса бассейна Верхней Оби. Здесь работают специалисты по олигохетам, ручейникам, хирономидам: Л.В. Руднева (Яныгина), Е.Н. Крылова, М.И. Ковешников, Д.М. Безматерных (Руднева, 1991, 1993а, б, 1995а, б, 1997, 2000; Макаренко, Руднева, 1994; Руднева, Крылова, Ковешников, 1997, 1998; Крылова, 1998, 2000; Безматерных, Мисейко, 1999, 2000; Безматерных, 2001, 2005).

В Западно-Сибирском региональном научно-исследовательском институте Госкомгидромета исследования зообентоса (бассейн рек Томи, Чулыма, Ини, Новосибирское водохранилище) проводили И.В. Степанова, Л.В. Бажина (Степанова, Бажина, 1983; Чайковская и др., 1990; Холикова и др., 1990) и Е.Б. Миронова (1980).

Приоритет в изучении зообентоса уральских притоков р. Оби и ее низовий принадлежит Уральскому отделению АН. Большое значение имеют исследования хирономидолога Г.А. Соколовой (1964, 1970, 1974, 1975, 1989), зообентологов В.Б. Кузиковой, Т.А. Бутаковой, В.М. Садырина (Садырин и др., 1984; Кузикова и др., 1989) и А.С. Лещинской (1962).

Верхнее течение Иртыша изучали гидробиологи из различных научных учреждений С.К. Тютеньков (Тютеньков, 1963; Тютеньков и др., 1970), Л.П. Вакулко (1966), А.А. Салазкин (1968).

Исторический очерк и библиографию по итогам 300-летнего изучения гидробиоценозов (в том числе зообентоса) Западной Сибири можно найти в монографии А.Н. Гундризера с соавторами (1982).

Зообентос основных участков Оби. В *верховьях Оби* донная фауна группируется в несколько биоценозов: каменистого прибрежья, глинистого берега, каменисто-песчаного, глинисто-песчаного, песчаного и песчано-илистого грунтов. Биоценоз каменистого прибрежья (литореофильный) встречается на исследованном участке Оби редко,

в нем были обнаружены личинки мошек и некоторых поденок, а также единичные афелохиры. Биоценоз глинистого побережья (аргилло-реофильный) не содержит роющих форм, здесь обитают личинки поденок и ручейников, свойственные каменистому дну. На смешанных грунтах (каменисто-песчаном и глинисто-песчаном) также найдены фрагменты литореофильного биоценоза: личинки упомянутых насекомых, клопы, бокоплав и моллюски. На песчаном и песчано-илистом дне настоящие псаммореофилы не обнаружены, но здесь обитают роющие личинки поденок, несколько видов горошинок, шаровки и личинки хирономид, свойственные илистым грунтам (Иоганзен и др., 1981). Основную часть биомассы бентоса рек бассейна Катуня составляют личинки ручейников; в притоках Телецкого озера – гаммариды (Руднева и др., 1997, 1998). Ранние этапы и итоги изучения гидробиоценозов Верхней Оби освещены в статье А.Н. Гундризера и Б.Г. Иоганзена (1969).

Исследования зообентоса рек *равнинной части Верхней Оби* немногочисленны. По данным Л.В. Рудневой (Кириллов и др., 1996, 1997), бентосные животные обнаружены в 62% проб; частота встречаемости хирономид составила 50%. Г.П. Романова (1949а, б, 1963) отмечает, что ниже по Оби донная фауна становится более однообразной, численность и биомасса ее более высокие на илистом грунте (численность свыше 400 экз./м², биомасса 0,4 г/м²), на песчаном же грунте биомасса не превышает 0,04 г/м².

В зообентосе *русла Средней Оби* отмечено обитание 125 видов животных из 13 таксономических групп (Гундризер и др., 2000): гидры, мерметиды, олигохеты, моллюски, личинки веснянок, поденок, ручейников и двукрылых (мокрецов, мошек, хаборусов и хирономид). Преобладают личинки хирономид и олигохеты.

Богаче зообентос *в затонах Средней Оби*, здесь численность беспозвоночных (малощетинковых червей, личинок хирономид и моллюсков) достигает до 2 тыс. экз./м², а биомасса – до 16,3 г/м². В пойменных протоках и озерах биомасса донной фауны временами превышает 20 г/м². Замечено, что наиболее высока остаточная биомасса в тех водоемах, куда меньше проникают рыбы (Иоганзен и др., 1981).

В низовьях Оби господствующие по величине занимаемой площади псаммореофильные и пелореофильные биоценозы, так же как и в русле Средней Оби, характеризуются небольшими величинами биомассы (0,013–0,23 г/м²), хотя попадаются пятна илистого дна с биомассой до 27 г/м² (Иоффе, 1947; Кузикова и др., 1989). Средняя летняя биомасса зообентоса составила 3,4 г/м², численность – 177 г/м² (Долгин и др., 1973).

Лещинская А.С. (1962) приводит для низовьев Оби и Обской губы 41 вид донных беспозвоночных: 1 – кишечнополостных (*Hydra* sp.), 1 – круглых червей, 3 – олигохет (*Ptyodrilus hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Lumbriculus variegatus*), 1 – пиявок (*Glossiphonia heteroclita*), 9 – моллюсков (из семейств Sphaeriidae, Valvatidae, Lymnaeidae), 13 – ракообразных (из отрядов Phyllopora, Isopoda, Amphipoda, Schizopoda, Cumacea), 13 – хирономид (из родов Chironomus, Stictochironomus, Cryptochironomus, Allochironomus, Procladius, Prodiamesa, Tanytarsus). В малых водоемах Нижней Оби в видовом составе преобладают хирономиды (44 из 82 видов зообентоса) и моллюски (11 видов), остальные таксоны содержат 1–5 видов (Лаврентьева и др., 2001).

В дельте Оби фауна имеет в общем речной характер, но здесь обитают также эстуарные формы – морской таракан, реликтовые мизиды, гаммаракант и др. Биомасса донной фауны в дельтовых водоемах колеблется от 0,6 до 37,7 г/м² (Лещинская, 1962; Юхнева, 1971).

Н.А. Залозный (1984) приводит обобщенные данные по количественному развитию бентоса в разнотипных водных объектах всего бассейна Оби (табл. 1).

Таблица 1

Количество и биомасса зообентоса бассейна Оби (по Залозному, 1984)

Тип водоема	Обилие, экз./м ²		Биомасса, г/м ²	
	мин.-макс.	средн.	мин.-макс.	средн.
Речные воды	420–2160	1290	1,2–32,2	16,8
Придаточные водоемы	630–2680	1655	5,2–41,8	23,5
Пойменные водоемы	990–9040	5015	3,4–62,7	33,0
Непойменные озера	360–1930	1145	0,8–7,6	4,1
Болота	80–730	405	0,2–2,3	1,7
Всего	80–9040	1902	0,2–62,7	15,8

Из таблицы видно, что абсолютные показатели развития зообентоса в разных местах обитания меняются в сотни раз, а средние показатели в 10 раз. Это говорит о больших экологических различиях в условиях обитания зообентоса бассейна р. Оби.

Зообентос отдельных притоков. Фауна бентосных беспозвоночных горных водотоков бассейна р. Катунь наиболее полно была исследована Л.В. Рудневой (1991, 1993а, б, 1995а, б, 1997). В своих работах она отмечает, что бентофауна водотоков Алтая представлена 106 таксонами. Основная часть видов зообентоса относится к амфибиотическим насекомым (двукрылые – 56, поденки – 19, ручейники – 17, веснянки – 12). Исследованные водотоки Горного Алтая типологически представляют собой ритраль. Фауна донных беспозвоночных

рек значительно различается по таксономической структуре. Видовая представленность зообентоса увеличивается в ряду водотоков Ярлы-Амры (11) – Чибитка (25) – Чуя (32) – Катунь (42). Наибольшее количество видов отмечено в реке Чемал (78).

По данным Г.Н. Мисейко и Л.В. Лагуткиной (1996, 1997), в зообентосе двух малых горных рек *бассейна р. Биш – Чапша и Оклюзень* – обнаружено 26 форм зообентонтов, относящихся к двум типам: плоские черви (планарии) и членистоногие. В р. Чапша найдено 18, в р. Оклюзень – 14 форм. В р. Чапша членистоногие представлены двумя классами: ракообразные и насекомые. Среди ракообразных: гаммариды – 1 вид, насекомых – 16 видов, из них 6 видов ручейников, 5 – поденок, 2 – стрекоз, 3 – двукрылых, 1 – веснянок. В р. Оклюзень обнаружены ракообразные (гаммариды – 1 вид) и насекомые (12 видов: ручейники – 6, поденки и хирономиды – по 3 вида).

По данным Л.В. Рудневой (Кириллов и др., 1993), в *бассейне р. Алей* обитает 48 видов хирономид, 1 – мокрецов, 5 – ручейников, 2 – поденок, 3 – стрекоз и 1 вид гаммарид. Причем в самом русле р. Алей, выше Гилевского водохранилища, отмечено только 7 видов животных (в основном Chironominae). Доминировал *Paratendipes* sp., субдоминировала – *Ephemera* sp.

Зообентос нижнего течения р. Томи и ее притоков (малых рек Ушайки, Басандайки, Тугояковки) изучали сотрудники ТГУ и НИИББ (Залозный, 1973в; Рузанова, 1996; Залозный, Шаманцова, 1998, 1999; Петлина, Залозный, Бочарова, 2000; Петлина, Юракова, Залозный и др., 2000). Было установлено, что в бентосе Нижней Томи и ее притоков первое место по распространению и обилию занимают олигохеты, второе – личинки хирономид, после них следуют моллюски и пиявки.

Зообентос Верхней Томи представлен в основном малощетинковыми червями – трубочниками и брюхоногими моллюсками – прудовиками и катушками, меньшее значение имели личинки насекомых: поденок и комаров-звонцов. Также отмечены личинки стрекоз и двустворчатые моллюски – беззубки, шаровки и горошинки (Ковешников, Крылова, 2001; Ядренкина, Ермолаева, Безматерных, 2006).

Сведения о зообентосе бассейна *р. Чулым* можно найти в работах Е.И. Глазыриной с соавт. (1980) и Т.С. Чайковской с соавт. (1984, 1990). Общий список зообентонтов бассейна Чулыма включает 195 видов донных животных. Наибольшим таксономическим разнообразием отличаются личинки хирономид (38,5% от общего числа видов), моллюски (33,8%) и олигохеты (9,2%). По видовому разнообразию лидируют придаточные водоемы – 135 видов животных. В пойменных водоемах отмечается 126, в речных – 118, в непойменных озерах – 60 видов беспозвоночных.

В бассейне р. Кети отмечено 16 групп зообентоса (Рузанова, 1983). В русле р. Кети встречены нематоды, олигохеты, пиявки, ручейники, мокрецы, хирономиды, хаборусы, моллюски. По численности преобладают личинки хирономид; ведущие виды – *Chironomus obtusidens* и *Procladius ferrugineus*. В биомассе доминируют моллюски, олигохеты играют второстепенную роль.

Основные таксоны зообентоса водных экосистем бассейна Оби. Наибольшее значение по количеству и таксономическому разнообразию зообентоса водных экосистем бассейна Оби имеют кольчатые черви, моллюски и личинки хирономид (Иоффе, 1947; Иоганзен и др., 1981; Залозный, 1984).

Кольчатые черви (пиявки и олигохеты) являются важным составным элементом многих водных экосистем Западной Сибири. Основу западносибирского комплекса червей составляют олигохеты (*Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Spirosperma ferox*, *Lumbriculus variegatus*) и пиявки (*Erpobdella octoculata*, *Glossiphonia complanata*). В биоценозах различных типов водоемов обилие олигохет варьируется от 10 до 4340 экз./м² и более при биомассе от 0,02 до 9,2 г/м², что составляет около 12,5–75,9% общей численности и от 2,0 до 25,0% общей биомассы донной фауны гидробионтов, а пиявок – от 1,1 до 4,0% общей численности и от 5,3 до 60% общей биомассы зообентоса (Залозный, 1973а, б, 1979а, б).

Наиболее полно исследована *фауна моллюсков* Средней Оби и Томского Приобья. В реках бассейна Средней Оби обитает около 20 видов моллюсков, преобладают рода *Anodonta* и *Pisidium*. Общая численность моллюсков в речных водах достигает 375 экз./м², или более чем 20% численности бентоса. В придаточных водоемах обитает свыше 40 видов моллюсков, преобладают *Valvata*, *Anadonta* и *Pisidium*, их численность еще больше – 575 экз./м², или около 50% всего бентоса. Пойменные озера характеризуются наибольшим видовым разнообразием (более 50 видов), преобладают *Lymnaea*, *Valvata*, *Planorbarius*, *Planorbis*, *Anisus* и *Euglesa*. Меньше представлены моллюски в непойменных озерах: 27 видов, биомасса 125 экз./м², до 80% всего бентоса (Иоганзен и др., 1981). Это значительно больше, чем в озерах Горного Алтая, где представленность моллюсков гораздо меньше – 1,30–2,63 г/м² (Вершинин и др., 1979). В Нижней Оби отмечено 11 видов моллюсков, преобладают *Sphaerium*, *Pisidium*, *Euglesa*, их численность и биомасса колеблется от 0 до 1 тыс. экз./м² – 0,09 г/м² (Кузикова и др., 1989). Подробная библиография по моллюскам Сибири приведена в книге М.В. Винарского (2004).

Фауна хирономид бассейна Оби, по данным А.И. Рузановой (1984а), представлена в основном пелофильными (82 формы) и фито-

фильными (47 форм) комплексами. Реофильный комплекс хирономид включает 36 форм. В небольшом количестве встречена литофильная фауна (около 10 форм). Остальные имеют широкий экологический спектр. По количеству наиболее богато представлены личинки хирономид в придаточной и пойменной системах бассейнов Оби и Иртыша, а также в водохранилищах и материковых озерах эвтрофного типа. Наибольшее видовое разнообразие личинок хирономид отмечено в речных водоемах – свыше 130 видов и форм. Практически все данные о видовом составе хирономид в зообентосе бассейна Оби получены на основании изучения морфологии личинок и куколок. Определение многих форм было возможно до групп видов, реже привлекались данные по морфологии имаго. Кариологический анализ видов хирономид проводят в Институте цитологии и генетики СО РАН (Кикнадзе, Истомина, 2000).

Необходимо отметить, что, несмотря на довольно длительный период и большой объем исследований, данных о составе, структуре и особенно функционировании зообентоса бассейна Оби недостаточно. Поверхностно изучены некоторые крупные водные объекты, а сведения о зообентосе средних и малых водотоков зачастую отрывочны. Ситуацию осложняет также слабая изученность таксономического состава ведущей группы зообентоса – личинок двукрылых, точная видовая идентификация многих видов которых возможна только с привлечением цитогенетических методик. Тем не менее в настоящее время установлены некоторые закономерности состава и структуры зообентоса на различных участках р. Оби. В верховьях, в горных водотоках в зообентосе по видовому обилию, численности и биомассе доминируют амфибиотические насекомые (двукрылые, поденки, ручейники, веснянки). Для равнинных водотоков характерно доминирование трех главных групп – личинок хирономид, моллюсков и олигохет.

1.5. Систематика и цитогенетика доминанты зообентоса – хирономид

Хирономиды (комары-звонцы) составляют 25% видового разнообразия фауны пресноводных донных беспозвоночных Европы (Шилова, 1986). Они встречаются повсеместно, являются важным кормовым объектом для рыбного хозяйства и чувствительными биоиндикаторами в водоемах (Балушкина, 1989; Johnson, 1995).

Как известно (Bauer, 1935, 1945; Acton, 1955; Keyl, 1961; Кикнадзе и др., 1991, 1996), хирономиды имеют одни из самых крупных в природе политенных хромосом (до 32768n у хирономуса). По сравнению с обычными метафазными, они достигают гигантских размеров.

Такие хромосомы можно найти у двукрылых в слюнных железах, мальпигиевых сосудах и других тканях. Они постоянно находятся в интерфазном состоянии, и многие участки хромосом обладают функциональной активностью (Кикнадзе, 1972; Чубарева, Петрова, 1982).

Впервые гигантские хромосомы хирономид стали изучать в целях кариосистематики (Bauer, 1935, 1945), затем для выявления генетического полиморфизма популяций в естественных и экспериментальных условиях (Acton, 1955). Особенности кариотипа являются важным систематическим признаком (Keyl, 1961; Кикнадзе и др., 1991). Каждая из гигантских хромосом кариотипа хирономид четко может быть идентифицирована по длине и по характерному рисунку дисков.

Кариологический анализ, помимо точной идентификации видов, позволяет также одновременно оценивать хромосомный полиморфизм вида и, соответственно, судить о состоянии генетического аппарата отдельных особей и популяций. Наличие данных об уровне хромосомного полиморфизма в природных популяциях является точкой отсчета при экологическом мониторинге в условиях антропогенного загрязнения (Кикнадзе и др., 1996).

Известно, что личинки хирономид легче, чем другие водные организмы, накапливают тяжелые металлы и другие вещества внутри своего тела благодаря высокой проницаемости их покровов. Кроме того, они постоянно обитают в донных отложениях, концентрирующих радионуклиды и тяжелые металлы, строят свои домики из этих отложений и, следовательно, постоянно подвергаются воздействию загрязнителей (Кикнадзе и др., 1996). Поэтому они являются чувствительными индикаторами загрязнения водоемов (Тодераш, 1984; Балущкина, 1989).

Установлено, что в водоемах, где есть сильное антропогенное воздействие, возрастает степень гетерозиготизации популяций и увеличение числа особей с В-хромосомами. У хирономид, обитающих в условиях, близких к экстремальным, наблюдается снижение функциональной активности хромосом и увеличение степени конденсации хромонем. При этом имеется четыре возможных пути адаптации популяций на хромосомном уровне – инверсионный, геномный полиморфизм, изменение количества гетерохроматина и физиологической активности (Белянина и др., 1981; Michailova, Mettinen, 2000; Michailova et al., 1996, 2000, 2001).

В качестве модельных видов для цитогенетического мониторинга на Алтае И.И. Кикнадзе с соавт. (1993а) рекомендовали *Glyptotendipes glaucus* и *Lipiniella moderata*. По их мнению, среди обнаруженных видов следует обратить особое внимание на *L. moderata* и *Chi-*

Chironomus novosibiricus, кариотипы которых описаны недавно, ареал и хромосомный полиморфизм не известны. На Алтае эти виды оказались массовыми.

Систематика хирономид в настоящее время – интенсивно развивающаяся область энтомологии. В последнее время она получила новый импульс в развитии после внедрения методов кариосистематики и открытия видов-близнецов, хорошо различающихся по кариотипам и плохо по морфологии. Общепризнано, что достоверное и полное описание видов хирономид невозможно без изучения всех стадий развития (личинка, куколка, имаго) и кариотипа (Шилова, 1986).

Если ранее систематика хирономид осложнялась разрозненностью определительных систем для преимагинальных стадий развития, изучавшихся гидробиологами, и имагинальных стадий, изучавшихся энтомологами, то в настоящее время проблемой является сопоставление данных систематиков-морфологов и систематиков-цитологов. Остро эти проблемы стоят и для рода *Chironomus*, для которого известно более 60 видов на территории бывшего Советского Союза и более 100 для Голарктики (Шобанов и др., 1996; Шилова, Шобанов, 1996). Значительная часть этих видов не имеет описания всех стадий развития и кариотипа, недостаточно исследована их экология.

1.6. Структурные и функциональные характеристики зообентоса как индикаторы качества поверхностных вод

Применяемые в настоящее время методы физического и химического анализа не могут дать полной оценки воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду. Во-первых, эти методы отражают ситуацию непосредственно в период взятия проб, биологический же метод позволяет обнаружить экологические эффекты воздействия на водоем за предшествующий времени анализа период. Во-вторых, невозможно определять все известные и искать неизвестные факторы загрязнения воды. Биологические системы реагируют на все виды загрязнений независимо от их природы и дают интегральную характеристику качества воды как среды обитания (Макрушин, 1974). Поэтому для комплексной оценки экологического состояния водоемов, водотоков и их водосборных бассейнов, находящихся под воздействием целого комплекса разнообразных природных и антропогенных факторов, необходимо использование методов, наиболее полно отражающих качество окружающей природной среды.

Гидробиологические показатели являются важнейшим элементом системы контроля загрязнения поверхностных вод и позволяют определить экологическое состояние водных объектов, оценить каче-

ство поверхностных вод как среды обитания организмов, определить совокупный эффект комбинированного действия загрязняющих веществ, локализовать источник загрязнения во времени и пространстве, определить трофические свойства воды, тип загрязнения, установить возникновение вторичного загрязнения вод. Биоиндикационные исследования проводят с использованием характеристик различных водных сообществ, из которых на практике чаще используют фитопланктон, зоопланктон и зообентос (Израэль и др., 1979; Wetzel, Likens, 2000).

Показатели развития зообентоса являются обязательным компонентом гидробиологического мониторинга (Абакумов, Бубнова, 1979). Зообентос отличается стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени, поэтому он является удобным объектом для наблюдений за антропогенной сукцессией водных экосистем и процессами самоочищения воды. В состав зообентоса входят наиболее долгоживущие гидробионты – моллюски и олигохеты, продолжительность жизни которых достигает нескольких лет, причем на их долю приходится большая доля биомассы зообентоса на многих водоемах и водотоках. Такие долгоживущие компоненты биоты являются хорошими индикаторами хронического загрязнения и устойчивости экосистемы (Макрушин, 1974б; Абакумов, Качалова, 1981; Баканов, 2000; Безматерных, 2004, 2007).

Можно выделить следующие основные направления биоиндикации по структурным характеристикам зообентоса (Безматерных и др., 2006): 1) выявление видов-индикаторов сапробности (или толерантных/интолерантных к загрязнению); 2) индикация по соотношению числа видов, или численности, или биомассы крупных таксонов – олигохет, моллюсков, ракообразных, отрядов насекомых, подсемейств хирономид и пр.; 3) индикация по соотношению трофических групп; 4) оценка уровня таксономического разнообразия; 5) расчет биотических индексов; 6) обобщенная оценка по комплексу характеристик сообществ; 7) сравнение с характеристиками сообществ эталонных участков.

Ряд указанных выше методов получили широкое применение в природоохранных ведомствах стран бывшего Совета экономической взаимопомощи (СЭВ), ЕС и США. Именно по структурным характеристикам зообентоса предложено наибольшее количество методов биоиндикации (Унифицированные методы..., 1990; Кимстач, 1993; Mandaville, 2002). В СССР и позднее в России (Руководство..., 1992) они также были утверждены к применению.

При оценке загрязнения водных объектов по зообентосу во многих случаях дает надежные результаты использование в качестве индикаторов более крупных таксонов, чем виды. Между оксифильными

личинками насекомых и пелофильными олигохетами наблюдается обратная взаимосвязь. Поэтому надежными показателями качества воды являются соотношение обилия указанных групп зообентоса к суммарному обилию всех донных животных на единицу площади. Особенно хорошие результаты при этом получаются для малых рек (Мисейко и др., 2001).

С помощью организмов зообентоса в последнее время индицируют актуальное в некоторых регионах антропогенное закисление вод. Первым признаком закисления вод является исчезновение из донной фауны бокоплава *Gammarus lacustris*, моллюсков *Lymnaea*, *Gyraulus* и *Valvatidae*, поденок семейств *Baetidae*, *Caenidae*, *Metretopidae*. Водяные ослики, личинки двукрылых, вислокрылок, стрекоз, поденок *Leptophlebiae*, веснянок *Nemoura*, ручейников *Phryganeidae*, *Polycentropidae*, жуки *Dytiscidae*, водяные клопы, малощетинковые черви – частые представители обедненной фауны макрозообентоса в воде с рН ниже 5 (Моисеенко, Яковлев, 1990).

Среди общих закономерностей изменения структуры зообентоса под влиянием сильного антропогенного загрязнения можно отметить уменьшение численности и биомассы большинства таксономических групп зообентоса (вплоть до полного исчезновения ряда таксонов), уменьшение его видового разнообразия (Константинов, 1967).

Кроме достоинств имеются и существенные недостатки использования зообентоса как биоиндикатора (табл. 2).

Таблица 2

Преимущества и недостатки использования макрозообентоса как биоиндикатора (по Resh, 1995; цит. по: Семенченко, 2004)

Преимущества	Недостатки
<ol style="list-style-type: none"> 1. Зообентонты широко распространены во всех типах пресных вод. 2. Большое число видов предполагает широкий спектр ответов на нарушения. 3. Сидячий характер жизни позволяет проводить пространственный анализ влияния нарушений. 3. Длинные жизненные циклы позволяют получать результаты влияния регулярного или неустойчивого воздействия, т.е. исследовать во временном аспекте. 4. Отбор качественных проб и их анализ хорошо развиты и могут быть выполнены с использованием простого и недорогого оборудования. 5. Таксономия многих групп известна, и доступны ключи для идентификации видов. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Требуется большое количество проб для осуществления достаточной выборки, что может оказаться дорогостоящим. 2. Факторы, воздействующие не прямым образом на качество воды, могут влиять на распределение и изобилие организмов. 3. Сезонные колебания могут усложнять интерпретацию и сравнение данных. 4. Явление дрефта может вносить существенный вклад в распределение организмов.

Преимущества	Недостатки
<p>6. Существует много методов анализа данных для сообществ.</p> <p>7. Известны реакции многих видов на различные типы загрязнений.</p> <p>8. Макробеспозвоночные хорошо подходят для экспериментального изучения нарушений.</p> <p>9. Развиваются биохимические и физиологические методы оценки реакции организмов на различного рода нарушения.</p>	<p>5. Слишком много методов используется для анализа.</p> <p>6. Для некоторых групп неизвестна таксономия.</p> <p>7. Макрозообентос не чувствителен к некоторым загрязнениям (болезнетворными организмами и некоторыми загрязняющими веществами).</p>

Система сапробности Кольквитца-Марссона и ее модификации

Разработанная Р. Кольквитцем и М. Марссоном в 1908 г. система нашла широкое применение и считается сегодня классической (Макрушин, 1974б, в). В ее основу положен принцип, отражающий отношение гидробионтов к кислороду, т.е. их оксифильность. Они предложили водоемы и водотоки или их отдельные зоны в зависимости от степени загрязнения органическими веществами разделить на поли-, мезо(α и β)- и олигосапробные.

Полисапробные воды характеризуются почти полным отсутствием свободного кислорода, значительным количеством сероводорода и углекислого газа вследствие восстановительного характера биохимических процессов. Они содержат большое количество неразложившихся высокомолекулярных соединений – белков, углеводов. Население таких вод бедно в видовом отношении, но зато отдельные виды развиваются в громадном количестве, например олигохеты *Tubifex tubifex*. Из других представителей типичны бесцветные жгутиконосцы *Bodo utrinum*, *Oikomonas mutabilis*, инфузории *Paramecium putrinum*, *Vorticella putrina*, личинки мухи *Eristalis tenax*, синезеленые водоросли *Oscillatoria putrida*.

Мезосапробные воды имеют две подгруппы:

α (альфа)-мезосапробные воды содержат аммиак, amino- и амидокислоты, кислорода больше, чем в предыдущей зоне. Здесь типичны некоторые диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли (*Oscillatoria*, *Phormidium*), простейшие *Euglena viridis*, *Stentor coeruleus*, моллюски *Sphaerium corneum*, рачок *Asellus aquaticus*, личинки двукрылых *Chironomus*, нетребовательные к кислороду виды рыб. α -мезосапробы характерны для полей орошения.

β (бета)-мезосапробные воды содержат много кислорода, нередко перенасыщены им. Преобладают продукты минерализации белка – нитраты, нитриты. Видовое разнообразие β -мезосапробов выше, чем в предыдущей группе, но численность и биомасса ниже. Харак-

терны здесь диатомовые *Melosira varians*, *Diatoma* и *Navicula*, зеленые *Spirogyra crassa*, *Cladophora*. Из животных разнообразны губки, мшанки, моллюски, ракообразные, рыбы.

Олигосапробные воды – практически чистые воды, содержание органических веществ незначительно. Число сапрофитных бактерий не более 1 тыс./мл, кислорода избыток. Для олигосапробных вод характерно большое видовое разнообразие. Встречаются некоторые диатомовые водоросли; обычные представители из животных: моллюск *Dreissena*, рачок *Bythotrephes*, реофильные личинки поденок, ручейников, рыбы стерлядь, форель, гольян.

Совершенствуясь в течение многих лет со времени создания, система Кольквитца-Марссона стала наиболее детально разработанной среди систем биологического анализа (рис. 7). Тем не менее система несвободна от ряда присущих ей недостатков. Поскольку многие индикаторы сапробности приводятся для Средней Европы, даже в европейской части нашей страны система должна применяться с поправками, для конкретного водного объекта должны составляться свои региональные списки видов-индикаторов. Для Сибири и Дальнего Востока В.И. Жадин и А.Г. Родина (*Жизнь пресных вод.*, 1950) считали ее малопригодной. Система может давать разные результаты на быстро текущих реках и стоячих водоемах. В настоящее время уже разработаны, уточнены и разработаны индикаторные группы организмов для р. Ангара (Кожова, Акиншина, 1979) и ряда других водных объектов.

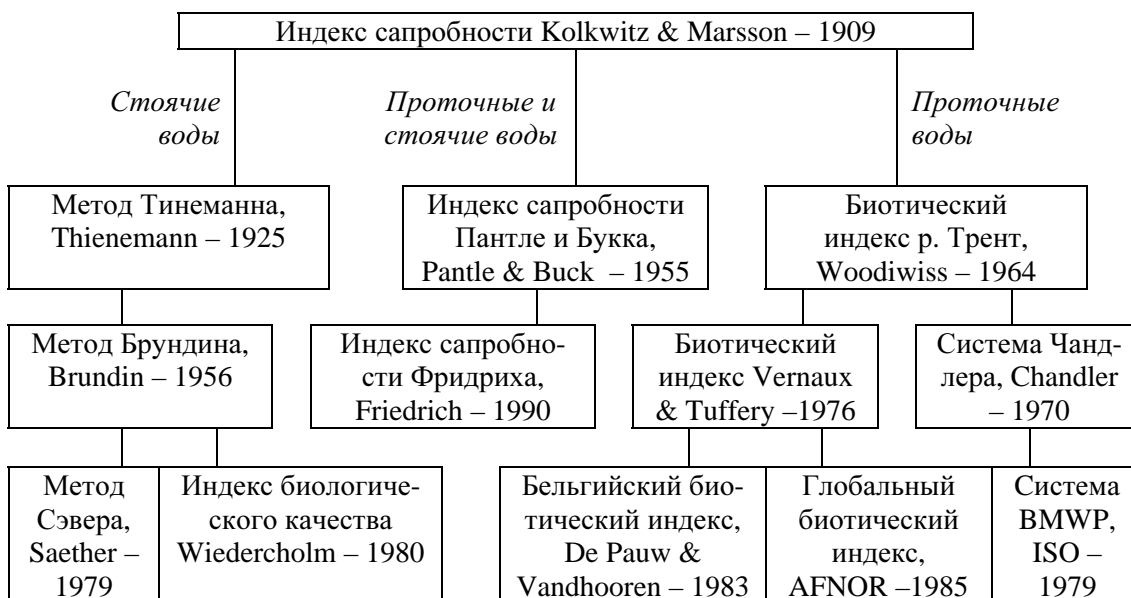


Рис. 7. История развития системы Кольквитца-Марссона и ее модификаций (по Jonson, 1995)

Методы определения уровня сапробности

Метод Кнеппа. Результаты биологического анализа, представленные в виде списков-индикаторов, Г. Кнепп (Knöpp, 1954) предложил представить графически. Количество встреченных в пробе особей видов-индикаторов он оценивает по 7-балльной системе (1 – единично, 2 – мало, 3 – от мало до средне, 4 – средне, 5 – от средне до много, 6 – много, 7 – массово). Раздельно подсчитывают суммы баллов олигосапробов, β -, α -мезосапробов и полисапробов. Найденные суммы откладывают по оси ординат, причем суммы баллов олигосапробов и β -мезосапробов приняты за положительные, а α -мезосапробов и полисапробов за отрицательные величины. По оси абсцисс откладывают расстояние между станциями. В результате соединения соответствующих точек прямыми получается фигура, состоящая из четырех частей, где для каждой станции видно соотношение видов-индикаторов. Отмечают и кривую «центра тяжести», показывающую средний балл (среднюю сапробность) исследованных участков вод. Полученный график назван Кнеппом «биологическим разрезом качества воды». Метод Кнеппа позволяет оценить среднюю сапробность водного объекта и облегчает понимание результатов биологического анализа.

Головин С. (Макрушин, 1974б) предложил иной графический метод определения сапробности. Система координат разбита на 4 сектора (по числу ступеней сапробности), в полученных секторах строятся гистограммы количества индикаторов сапробности в пробе. По правилу сложения векторов определяется вектор средней сапробности пробы.

Метод Пантле и Букка и его модификации

Количественную оценку качества вод с применением математических расчетов предложили Р. Пантле и Х. Букк в виде индекса сапробности (S) (Pantle, Buck, 1955):

$$S = \sum s \cdot h / \sum h,$$

где s – индикаторная значимость вида; h – относительная численность вида.

Индикаторная значимость (s) олигосапробов принята за 1, β -мезосапробов – 2, α -мезосапробов – 3 и полисапробов – 4. Относительное количество особей (h) высчитывается так: случайные находки – 1, частая встречаемость – 3 и массовое развитие – 5 баллов. В полисапробной зоне индекс равен 4–3,5, в α -мезосапробной – 3,5–2,5, в β -мезосапробной – 2,5–1,5, в олигосапробной – 1,5–1,0.

Позднее многие авторы вносили усовершенствования в метод, предложенный Р. Пантле и Х. Букком, отметим наиболее важные из них. М. Зелинка и П. Марван (Макрушин, 1974б) предложили учитывать сапробную валентность вида. В. Сладечек (Сладечек, 1967; Sladeček, 1973) в продолжение к этому ввел в формулу величину индекса сапробности, вычисленную с учетом сапробной валентности организма. Ротшайн (Макрушин, 1974б) предложил индекс, при расчете которого учитывается сапробная валентность и индикаторный вес вида. Предложенные методы расчетов относительно более сложны в расчетах и в настоящее время мало применяются (кроме модификации В. Сладечека) (Баканов, 2000). Для некоторых из них показана возможность упрощения (Тодераш, 1984).

В.К. Шитиков с соавт. (2003) выявил существенные математические недостатки описанных выше методов расчетов индекса сапробности, которые приводят к сильному смещению прогноза в диапазон индекса от 2 до 3. Поскольку для вариационных рядов обилия бентосных организмов наиболее характерно логнормальное распределение, они предложили для расчета индекса предварительно логарифмировать численности особей в пробе, что должно обеспечивать более корректное вычисление индикаторных валентностей.

Система Вудивисса (биотический индекс р. Трент) и ее модификации

Система Ф. Вудивисса (1977) позволяет оценивать степень загрязнения по видовому разнообразию и показательному значению таксонов в биотических индексах, которая определяется по специальной таблице (табл. 3).

Величина биотического индекса зависит от числа присутствующих «групп» и их видового разнообразия. Например, если на станции обнаружено от двух до пяти групп, среди них есть только один вид веснянок, биотический индекс будет равен 6. Если при таком же числе «групп» население составлено исключительно тубифицидами и красными личинками хирономид, то он будет равен 2. Количество особей разных «групп» здесь не принимается во внимание. По системе Ф. Вудивисса биотический индекс принимает значение от 0 до 10. Он тем меньше, чем выше степень загрязнения. Индекс, равный 5 и ниже, указывает на выраженное загрязнение.

В отличие от системы Кольквитца-Марссона, система Ф. Вудивисса более проста в применении, может использоваться персоналом средней квалификации. Система предназначена в основном для оценки загрязнения бытовыми стоками.

Таблица 3

Классификация биологических проб по Ф. Вудивиссу (1977)

«Группы», присутствующие в пробе	Общее число «групп»				
	0–1	2–5	6–10	11–15	>16
	биотический индекс				
Присутствуют веснянки: больше одного вида	–	7	8	9	10
	–	6	7	8	9
Присутствуют поденки: больше одного вида ¹	–	6	7	8	9
	–	5	6	7	8
Присутствуют ручейники: больше одного вида ²	–	5	6	7	8
	4	4	5	6	7
Присутствует гаммарус	3	4	5	6	7
Присутствует водяной ослик	2	3	4	5	6
Присутствуют тубифициды и/или красные личинки хирономид	1	2	3	4	–
Все вышеназванные «группы» отсутствуют, могут быть некоторые нетребовательные к кислороду виды, например, <i>Eristalis tenax</i>	0	1	2	–	–

Примечания: 1 – исключая *Baetis rodani* (поденка); 2 – включая *Baetis rodani*.

Система Вудивисса модифицировалась и расширялась разными авторами (Макрушин, 1974б). Дж. Верно и Г. Тюффри модифицировали ее применительно к рекам Франции. Дж. Чандлер предложил учитывать при определении индекса загрязнения только количество особей, собранных за 5 минут лова. Самые чистые воды по его методу имеют индекс загрязнения от 100 и выше, самые грязные – до 0. На основе системы Ф. Вудивисса разработан и применяется как самостоятельный метод Бельгийский биотический индекс, который сам уже имеет ряд модификаций (Bervoets et al., 1989; Metcalfe, 1989; Jonson, 1995; DePauw, 2001).

Существенным ограничением индекса Ф. Вудивисса считается недопустимость его использования на глубинах более 2 м (Дзюбан, Слободчиков, 1981), хотя на водохранилищах эту глубину можно увеличить до 7 м.

Известен ряд модификаций индекса Ф. Вудивисса для различных регионов бывшего СССР: для Средней Волги (Пшеницына, 1986), рек Карелии, Средней Азии (Методические указания., 1989), Восточной Сибири (Скопцова, 1981), Восточного Казахстана (Евсеева, Кушникова, 2005).

Достаточно полный обзор биотических индексов, используемых для экологического мониторинга в США, Великобритании, ЕС, Австралии и Канады, приведен в монографии В.П. Семенченко (2004).

Индикация по соотношению крупных таксонов

Д.Е. Кинг и Р.С. Балл (King, Ball, 1964) для биоиндикации предлагают использовать индекс i – соотношение веса олигохет и веса насекомых:

$$i = \text{вес насекомых} / \text{вес олигохет}.$$

Величина индекса уменьшается по мере загрязнения. При сильном загрязнении $i=0:1$, в чистой реке – до 612:1.

Хорошие результаты дает «олигохетный» индекс С.Л. Гуднайта и Л.С. Уитлея (Goodnight, Whitley, 1961) по соотношению доли олигохет и других организмов зообентоса. Они предложили следующие индикаторные показатели: река в хорошем состоянии – олигохет менее 60% от общего числа всех донных организмов; река в сомнительном состоянии – олигохет 60–80%; река тяжело загрязнена – олигохет более 80%.

Для водотоков Восточной Сибири, где высока численность гаммарид, например для Ангары, приемлема оценка загрязнения вод по процентному содержанию олигохет и гаммарид без определения видового состава, а также с поправкой по видовому составу гаммарид (Зиновьев, 1987). В.П. Зиновьев отмечает, что при применении индекса необходимо делать поправку на скорость течения. Высокая скорость течения завывает индекс в сторону меньшей загрязненности, а застойные участки реки – в сторону большей загрязненности.

Индекс И.К. Тодераша вычисляется по отношению численности олигохет к численности хирономид. В чистых водах индекс не превышает 1, в загрязненных – возрастает (Экологические проблемы..., 2001).

Большое количество индексов, основанных на соотношении численности, биомассы или числа видов крупных таксонов, используется природоохранными ведомствами (ЕРА) США (Семенченко, 2004). К ним относятся следующие показатели:

EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera – поденки, веснянки и ручейники) – этот показатель характеризует количество видов этих трех отрядов насекомых в выборке.

EPT^a – аналогичный показатель, но характеризует не количество видов, а обилие, т.е. среднее количество особей на пробу.

EPT/EPTC^a – характеризует отношение обилия Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera к обилию этих групп вместе с личинками семейства Chironomidae (Diptera) в выборке.

ЕРТО (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata) – этот показатель характеризует количество видов этих четырех отрядов насекомых в выборке (Odonata – стрекозы).

ЕРТО^а – показатель, аналогичный предыдущему, но характеризует обилие данных таксонов.

С^а – обилие личинок семейства Chironomidae в пробе.

Кроме того могут использоваться следующие метрики:

- общая численность Ephemeroptera;
- общая численность Trichoptera;
- общая численность Diptera;
- доля Ephemeroptera;
- доля Trichoptera;
- доля трибы Tanytarsini;
- доля других (не насекомых) видов;
- доля интолерантных организмов;
- общая численность ЕРТ (поденки, веснянки и ручейники).

Всего в Северной Америке применяется около 50 подобных метрик (Klemm et al., 2003). В таблице 4 показано, как меняются некоторые из этих показателей при увеличении загрязнения воды.

Таблица 4

Некоторые метрики, используемые для биоиндикации в США
(по Royer et al., 2001)

Метрика	Реакция на загрязнение
1. Число выявленных таксонов	понижается
2. Относительное обилие доминирующих таксонов	повышается
3. Относительное обилие олигохет	повышается
4. Относительное обилие пиявок	повышается
5. Относительное обилие брюхоногих моллюсков	повышается
6. Относительное обилие амфипод	повышается
7. Относительное обилие хирономид	повышается
8. Относительное обилие Elmidae (Coleoptera)	понижается
9. Относительное обилие Hydropsychidae (Trichoptera)	повышается

Индикация по отдельным таксономическим группам

Олигохеты. Гидробиологи давно используют олигохет в качестве биоиндикаторов. Отмечено, что обычно немногочисленные в чистых гидробиоценозах, они развиваются в местах спуска бытовых вод в огромном количестве. Поэтому массовое развитие олигохет даже без точного определения до вида расценивается как показатель органического загрязнения.

Для оз. Мичиган дают следующие цифры для оценки по олигохетам уровня органического загрязнения (Макрушин, 1974б): слабое загрязнение – 100–999 экз./м²; среднее загрязнение – 1000–5000 экз./м²; тяжелое загрязнение – более 5000 экз./м².

Р. Цанер (Макрушин, 1974б) считает олигохет сем. Tubificidae классическими индикаторами загрязнения в Боденском озере и использует для этого отношение численности видов *Tubifex tubifex* к численности видов р. *Limnodrilus* и дает следующую таблицу (табл. 5).

Таблица 5

Плотности олигохет, характеризующие разные степени загрязнения (по Макрушину, 1974б)

Класс чистоты воды	Количество, тыс.экз./м ²	
	<i>Tubifex tubifex</i>	<i>Limnodrilus sp.</i>
1–2	0,1–1	0,1–2
2–3	1–2	2–10
3	2–10	10–50
3–4	10–50	50–100
4	50–100 и более	более 100

Имеются данные, указывающие на малую информативность индекса Гуднайта и Уитлея в случае загрязнения вод тяжелыми металлами, которые угнетают сообщество олигохет (Макрушин, 1974б).

Э.А. Пареле (1974) предложила и другой способ индикации по одной лишь группе олигохет, по отношению численности тубифицид к численности всех олигохет. Причем метод Гуднайта и Уитлея был более пригоден для быстро текущих участков рек Латвии, а способ Пареле – для участков с медленным течением. Шкала, предложенная Э.А. Пареле, включает четыре градации степени загрязнения в пределах значения коэффициента от 0,3 до 1,0. Метод успешно применяется на малых реках Крыма (Биоиндикация..., 1986).

Для оценки состояния внутренних вод Европейского Севера был предложен индекс J_s , отражающий отношение массовых и устойчивых в разной степени к загрязнению видов олигохет к общему составу фауны олигохет (Попченко, Резанов, 1987; Попченко, 1988):

$$J_s = (N_t + N_h + N_f) / N_o,$$

где J_s – индекс сапробности олигохет; N_t – средняя численность *T. tubifex*; N_h – средняя численность *L. hoffmeisteri*; N_f – средняя численность *Spirosperma ferox*; N_o – средняя численность всех олигохет в бентосе.

По значению J_s выделены четыре градации качества воды: $J_s = 0,9–1,0$ – сильно загрязненные; $J_s = 0,5–0,89$ – загрязненные;

$J_s = 0,30-0,49$ – слабо загрязненные; $J_s < 0,30$ – чистые и относительно чистые.

Для Европейского Севера В.И. Попченко (1994) дает список видов олигохет – индикаторов качества воды. Как следует из этого списка, далеко не все виды олигохет являются показателем загрязнения, есть среди них и олигосапробы (наидиды, стилирии и др.).

Данные о роли олигохет в индикации загрязнения довольно многочисленны, начиная с 60-х гг. XX в. и до более современных. Т.Д. Слепухина (1983) и Т.Э. Тимм (1987) представляют подробный анализ литературы по использованию олигохет в целях индикации. О.М. Кожова и Т.В. Акиншина (1979) предложили экспресс-метод для определения доли *T. tubifex* и *Limnodrilus* sp. в зообентосе.

Моллюски. Моллюски давно привлекают внимание специалистов по биомониторингу удобством препаровки и хранения, высокими коэффициентами накопления загрязняющих агентов, в частности тяжелых металлов и радионуклидов.

Уступая по числу видов насекомым, моллюски часто доминируют среди донных организмов по численности и особенно по биомассе. Однако, имея толстые створки раковин (двустворчатые) или плотно закрывающиеся крышечки (живородки, затворки, битинии), моллюски относительно более защищены и менее чувствительны к загрязнению, чем другие бентонты. Более чувствительны к загрязнению моллюски-фильтраторы, к которым относятся все двустворчатые моллюски. Показано, что крупные двустворчатые моллюски встречаются в водах удовлетворительной чистоты, мелкие двустворчатые – в загрязненных водах (Экосистемы водоемов..., 1997). Предложен индекс относительной численности двустворчатых моллюсков в зообентосе. Он возрастает с повышением качества воды (Экологические проблемы..., 2001).

П.В. Бедова и Б.И. Колупаев (1998) для биоиндикации предложили использовать соотношение численности или числа видов брюхоногих и двустворчатых моллюсков. Гастроподы, по их мнению, более устойчивы к дефициту кислорода и большой мутности воды в силу особенностей дыхательной системы. Для двустворчатых моллюсков вышеприведенные факторы во многом являются лимитирующими.

Моллюски живородки *Viviparus* sp., *Contectiana* sp., прудовики *Lymnaea stagnalis*, *L. fragilis*, катушки *Planorbarius* sp., перловицы *Unio* sp., беззубки *Anodonta* sp., *Colletopterum* sp., дрейссены *Dreissena polymorpha*, *D. bugensis* были использованы в качестве биоиндикаторов загрязнения радионуклидами в водохранилищах Днепровского каскада, в предустьевых участках рек, в местных водоемах, подвергшихся аварии на Чернобыльской АЭС. Проводилась β -радиометрия

раковин, γ -спектроскопия раковин и тел животных, ряд химических и биохимических анализов. Прямая β -радиометрия раковин моллюсков рекомендована в качестве наиболее удобного экспресс-метода оценки уровня загрязнения (Францевич, Паньков, 1995).

Известно, что моллюски являются чувствительным объектом для биомониторинга антропогенного загрязнения пресных и морских вод тяжелыми металлами (Phillips, 1977; Бурдин и др., 1979; Христофорова, 1989; Никаноров, Жулидов, 1991; Курамшина, 1997).

Ракообразные. Показателем хороших кислородных условий в воде является обилие гаммарид в зообентосе (Зиновьев, 1987). Для биоиндикации предложено использовать отношение численности гаммарид к численности олигохет.

Личинки хирономид и других насекомых. Личинки хирономид – основной компонент зообентоса. Они составляют 25% видового разнообразия зообентоса Европы (Шилова, 1986).

Личинки хирономид постоянно и долго обитают в донных отложениях, концентрирующих радионуклиды и тяжелые металлы, строят жилые домики из них и долговременно подвергаются воздействию загрязнителей (Кикнадзе, Истомина, Гундерина и др., 1993). Они имеют тонкие легкопроницаемые покровы тела. Все это делает их чувствительными индикаторами загрязнения. Значение хирономид в биоиндикации отражено в многочисленных литературных источниках (Константинов, 1969б; Балуткина, 1976, 1989; Raddum, Saether, 1981; Тодераш, 1984; Извекова и др., 1996; Зинченко, 1998).

Под влиянием загрязнения в большинстве случаев идет снижение числа видов и изменения в видовом составе хирономид. Изменяются показатели численности и соотношения между разными группами личинок хирономид. Е.В. Балуткиной (1976) предложен индекс K , по которому можно судить о степени загрязнения водоема по соотношению численности трех подсемейств семейства Chironomidae: п/с Tanypodinae (устойчивы к загрязнению), п/с Orthoclaadiinae (требовательны к кислороду, не выносят загрязнения), п/с Chironominae (занимают промежуточное положение):

$$K = \frac{L_t + 1/2L_{ch}}{L_o},$$

где $L=N+10$; N – относительная численность всех видов данного подсемейства в процентах от общей численности хирономид; L_t – относительная численность видов п/с Tanypodinae; L_{ch} – относительная численность видов п/с Chironominae; L_o – относительная численность видов п/с Orthoclaadiinae.

Для расчета индекса K эмпирически подобрано $N+10$. Второе слагаемое 10 ограничивает пределы возможных значений K . Индикаторное значение п/с Chironominae снижено вдвое на том основании, что количество хирономид при загрязнении менее показательнее, чем значение других подсемейств. Так, в чистых водах относительная численность ортокладиин приближается к 100% (без учета зарослевых форм), в загрязненных водах относительная численность таниподин стремится к 100%. Индекс колеблется в пределах 0,136–11,5.

Нижний предел 0,136–1,08 характеризует водоем как чистый, где хирономиды представлены только ортокладиинами. Верхний предел 9,0–11,5 индицирует водоем как очень грязный, где хирономиды представлены только таниподинами. Соответственно индексы $K=1,08–6,6$ и $K=6,5–9,0$ характеризуют водоем как слабозагрязненный и загрязненный. Значение K более 9,0 может показывать нарастающее загрязнение.

Метод Е.В. Балускиной достаточно хорошо согласуется с другими биологическими данными и биотическими индексами, но достоверен только при большом количестве хирономид. Большим преимуществом метода является то, что расчет его не требует определения видового состава личинок хирономид и оценки индикаторного значения отдельных видов хирономид.

Большой интерес представляет использование хирономид как палеоиндикаторов состояния водных экосистем по их остаткам в донных отложениях водных объектов. Подробные и показательные исследования на эту тему проведены на Кольском полуострове (Ильяшук, Ильяшук, 2004; Pyashuk, Pyashuk, 2001).

Следует учитывать, что смена доминирующих подсемейств хирономид характерна для естественных условий больших рек без антропогенного загрязнения. Такая смена таксонов (Diamesinae – Orthocladiinae – Prodiamesinae – Tanytarsini – Tanypodinae – Chironominae) происходит в результате изменения условий среды вниз по течению (Lindgaard, Brodersen, 1995).

В целях биоиндикации антропогенных воздействий (в основном токсикантов) используют морфологический анализ личинок хирономид. Для этого учитывают морфологические отклонения в развитии личинок (уродства, асимметрии), в основном связанные с ротовым аппаратом: ментум, мандибулы и премандибулы, а также антеннами (Bisthoven et al., 1995; Pettigrove et al., 1995).

Другие личинки насекомых также служат хорошими биоиндикаторами качества вод. Давно известно, что личинки веснянок, многие оксифильные личинки поденок и ручейников свидетельствуют о чистоте воды (Макрушин, 1974б).

Прочие организмы. *Простейших* в зообентосе для биоиндикации используют наряду с планктонными формами, но такие работы немногочисленны. Так, для бассейна р. Волги (Куйбышевское, Саратовское, Волгоградское водохранилища) всего выявлено 210 видов инфузорий, из них 102 вида индикатора сапробности, в том числе 27 исключительно бентосные виды (Жариков, 1994).

Критерием оценки качества вод по составу *нематод* следует считать соотношение числа сецернентов (из отр. Rhabditida и Diplogasterida) и числа аденофорей (Цалолихин, 1976). В такой оценке существенно то, что она не требует знания конкретных видов и практически не зависит от географического пункта исследования. Если в пробах обнаружены виды родов *Pelodera*, *Diplogasterius*, *Paroigolaimella*, то можно считать, что водоем загрязнен разлагающейся органикой. Также в очагах загрязнения происходит вспышка численности нематод (1–2 вида сецернентов) до миллиона и более особей на 1 м² (Гагарин, 2001).

Пиявки относятся к второстепенным индикаторам вследствие их невысокого видового разнообразия, небольшой численности и биомассы. Плоские пиявки индицируют загрязненную воду, червеобразные при отсутствии плоских – грязную (Пшеницына, 1986; Экосистемы..., 1997).

Биоиндикация по трофической структуре

Показателем состояния водных экосистем и качества воды может быть трофическая структура зообентоса в условиях антропогенных воздействий. В классификации трофической структуры зообентоса учитывают способ питания и преобладающий состав потребляемой пищи.

Наиболее разработанной на сегодня считается классификация Камминза (Cummins, 1973), основанная на учете функциональной роли (механизмов питания и состава пищи) бентосных насекомых в водотоках. Классификация учитывает 4 группы: размельчители, собиратели, соскребатели и хищники.

Подробную классификацию для бентосных и нектобентосных организмов водных объектов субарктического региона (северо-восточная часть Феноскандии) предложил В.А. Яковлев (2000). Он выделил 6 трофических групп по способу питания: грунтозаглатыватели, собиратели детритофаги и факультативные фильтраторы, облигатные собиратели-фильтраторы, соскребатели, размельчители, активные хищники. На основе многолетнего материала (1978–1996 гг.) автором рассмотрены особенности формирования трофической структуры бентофауны в зависимости от вида антропогенного воздействия.

Показано, что при токсификации и ацидификации в сообществах увеличивается доля хищников. Эвтрофирование и термофикация ведут к уменьшению доли хищников и росту удельного веса собирателей-глотателей, грунтозаглатывателей, а в литоральных сообществах – размельчителей и фильтраторов. Установлена перспективность исследования относительной биомассы хищников в сообществах для идентификации антропогенного процесса, оценки состояния экосистем и качества вод.

На основании трофической структуры сообществ Т.Е. Павлюк с соавт. (Pavluk et al., 2000; Павлюк, бай де Фате, 2006) предложен Индекс Трофической Комплектности (ИТК), разработанный как индикатор функционирования речной экосистемы и доказавший в дальнейшем эффективность и на остальных типах водных экосистем. В основе ИТК лежит оригинальная трофическая классификация макрозообентоса. Индекс показывает функциональную полноту экосистемы, реализацию всех трофических связей и экологических ниш.

В американской системе Rapid Bioassessment Protocols (RBPs) в целях биоиндикации используется ряд метрик, основанных на трофической структуре (Ohio EPA, 1990; цит. по: Семенченко, 2004):

Метрика	Реакция на загрязнение
– соскребатели / фильтраторы (собиратели)	уменьшение
– настоящие хищники / общая численность функциональных групп	изменчива
– генералисты / общая численность функциональных групп	увеличение
– фильтраторы (собиратели) / общая численность функциональных групп	изменчива

Биоиндикация по видовому разнообразию

В настоящее время при биологическом контроле качества вод широко применяются различные индексы, характеризующие биологическое разнообразие. При тех или иных воздействиях на сообщество происходит перестройка его структуры. Если воздействие достаточно сильное, то изменения в сообществе видны по динамике его видового состава. Однако часто необходимо фиксировать более тонкие изменения в экосистеме, на более ранних стадиях выявлять реакцию сообществ на ухудшение условий среды. При небольших воздействиях в сообществе происходят изменения в количественных соотношениях между численностями различных видов. Доминант может стать субдоминантом или редким видом, вместо одного доминанта их может стать несколько и т.д. Детальный анализ этих изменений можно сде-

вать лишь с переходом на количественный уровень оценки. Лучший путь количественной оценки структуры сообществ – определение индексов биологического разнообразия. Вместе с тем само понятие «биологическое разнообразие» сложно и многогранно (Чернов, 1991). В настоящее время предложено более 20 индексов, в связи с чем перед исследователями встает проблема выбора необходимого показателя.

Индекс видового разнообразия в совокупности с другими биологическими показателями качества среды отражает не только число видов, но и их выравненность, сбалансированность, что возможно только в нормально функционирующих экосистемах. Могут быть использованы индексы, предложенные разными авторами.

Часто видовое разнообразие определяется индексом Маргалефа (Margalef, 1964): $d=(S-1)/\ln n$, где S – число видов; $\ln n$ – натуральный логарифм числа особей.

Индекс d принимает максимальное значение, если все особи принадлежат к разным видам ($S=n$), и равен 0, когда все особи принадлежат к одному виду ($S=1$). Подобные индексы, оценивающие число видов, рассчитанное на единицу площади, принято называть индексами видового богатства (Нецветаев, 2000).

Большинство современных исследователей считают наиболее оптимальным индекс Шеннона (Терещенко и др., 1994). Он предложен еще в 1963 г. для оценки степени структурированности биоценозов как степень упорядоченности (информированности) системы (Шеннон, 1963; Shanon, Weaver, 1963):

$$H = -\sum_i n_i / N \log(n_i / N),$$

где H – индекс Шеннона (видовой разнообразие в битах); n_i – количество элементов i данной группы (число особей каждого вида во всех пробах); N – общее количество элементов в биоценозе (общая численность особей всех видов во всех пробах). Под количеством элементов можно понимать численность особей, их биомассу и любые другие характеристики групп. Индекс Шеннона в загрязненных водах – менее 1, в чистых – 2–3 (Константинов, 1979).

Как отмечает А.А. Протасов (2002), на практике возможно унимодальное изменение видового разнообразия в градиенте повышения трофности и загрязнения. Разнообразие может быть мало как в олиготрофных условиях, достаточно чистой среде, так и в сильно загрязненной. При формальном подходе такое распределение делает крайне затруднительными оценки качества среды, так как значения индекса разнообразия могут быть равными в совершенно различных условиях. Следует учитывать не только количественные, но и качественные характеристики, так как в различных условиях представлены разные ви-

ды. Также необходимо принимать во внимание структуру самого разнообразия, за счет чего – богатства или выравненности – происходит снижение разнообразия.

Мерой загрязненности водной среды может служить индекс сходства двух сообществ гидробионтов, обнаруженных на загрязненном и на условно чистом («контрольном», или «фоновом») участках. Подобные индексы также именуют индексами β -разнообразия (Максимов, Житина, 1997). Наиболее часто употребляемые индексы сходства можно разделить на две группы (Максимов, 1984). Одна из них объединяет показатели, учитывающие только число видов в одном из сообществ a , число видов из сообщества b и число видов c , общих для сравниваемых сообществ. К числу таких относятся индексы (Макрушин, 1974б): Жаккара – $K=c/(a+b-c)$; Серенсена – $K=2c/(a+b)$; Маунтфорда – $K = \frac{2c}{2ab - (a+b)c}$.

Среди индексов первой группы наиболее информативны индексы Жаккара и Серенсена.

Вторая группа объединяет индексы, при расчете которых учитывается в той или иной форме обилие каждого из видов в обоих сообществах. Наиболее употребительны среди них индексы Шорыгина и В.Д. Федорова (Константинов, 1969б; Максимов, 1984).

Индекс Шорыгина: $K = \sum_i \min(p_{i1}, p_{i2})$, где $\min(p_{i1}, p_{i2})$ – меньшее из двух относительных обилий (по численности или биомассе) в сравниваемых сообществах.

Индекс Федорова: $K = \frac{\sum_i (n_{i1} - n_{i2})}{\sum_i \max(n_{i1}, n_{i2})}$, где $\max(n_{i1}, n_{i2})$ – максимальное из двух значений численности в сравниваемых сообществах.

Наибольшая чувствительность по отношению к видовому различию двух сравниваемых сообществ отмечена В.Н. Максимовым (1984) для индекса В.Д. Федорова.

Биоиндикация трофического статуса водного объекта

Кроме общепризнанных параметров, таких как численность и биомасса зообентоса (или отдельных его таксонов – олигохет и хиромид) (Китаев, 1986; Оксийук и др., 1994), для биоиндикации трофности используют и ряд вышеописанных методов (Triverdy, 1988): биотические индексы (Вудивисса и Бика), олигохетные индексы (Гуднайта и Уитлей, Кинга и Балла), индексы видового разнообразия (Шеннона, Одума, Маргалефа). Кроме того, составлены списки видов с указанием трофности мест их обитания, предложена таблица для оп-

ределения трофности водоемов по доминирующим таксонам обитающих в них хириноид (Saether, 1975, 1979).

Комбинированные индексы экологического состояния

Данный метод заключается в интегрировании различных гидробиологических и/или гидрохимических показателей путем перевода их значений на единую универсальную шкалу. Примером таких индексов является предложенный А.И. Бакановым (1997, 2000) комбинированный индекс состояния сообщества (*КИСС*), который включает в себя среднюю сапробность (*СС*), олигохетный индекс Пареле (*ОИП*), биомассу зообентоса (*В*), численность (*Н*), видовое разнообразие по Шеннону (*Н*) и число видов (*С*):

$$КИСС = (2СС + 1,5ОИП + 1,5В + Н + Н + С) / 8,$$

причем в формулу входят не абсолютные значения, а их ранги. Сходные подходы в ранжировании гидробиологических и гидрохимических данных предлагает Т.Д. Зинченко с соавт. (2000). Комбинированные индексы использует А.К. Матковский (1996) для оценки нефтяного загрязнения.

Подробный обзор интегральных критериев, использующих для оценки состояния экосистем различные показатели, изложен в книге В.К. Шитикова с соавт. (2003).

Метод выявления экологических модуляций (модификаций)

Важным показателем изменения состояния экосистем под влиянием антропогенных факторов является перестройка их структуры и метаболизма.

В условиях загрязнения может идти как увеличение интенсивности метаболизма (метаболический прогресс), так и уменьшение (метаболический регресс). Эти изменения структуры сообществ В.А. Абакумов (Руководство..., 1992) предложил называть модуляциями, или модификациями. Метод экологических модификаций включает следующие градации состояния экосистем по мере усиления антропогенного воздействия: *фоновое состояние* – возможны перестройки структуры, не ведущие к ее усложнению или упрощению (смена доминантных видов, изменение видового состава); может происходить некоторое увеличение интенсивности метаболизма; *состояние антропогенного экологического напряжения* – выражается в увеличении разнообразия сообществ (увеличение общего числа видов, усложнение межвидовых отношений, временной структуры, пищевых цепей); *состояние антропогенного экологического регресса* – уменьшение разнообразия и пространственно-временной гетерогенности, упрощение меж-

видовых отношений, временной структуры, трофических цепей; *состояние антропогенного метаболического регресса* – снижение интенсивности метаболизма биоценоза.

Таким образом, рассмотренные способы биологического анализа и оценки качества вод с применением различных биологических индексов по структуре, составу и функционированию зообентоса достаточно разнообразны, имеют свои преимущества и недостатки. Единой общепризнанной системы биологического контроля качества вод в настоящее время не существует. Для каждого конкретного региона (водного объекта) и конкретной ситуации должны быть выбраны наиболее подходящие индексы с тем, чтобы обеспечить достаточно высокую точность полученных данных и оперативность их получения.

Глава 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Обь – река в Западной Сибири, является одной из крупнейших рек земного шара. Образуется слиянием Катуня и Бии на Алтае. Впадает в Обскую губу Карского моря, образуя дельту. Длина реки – 3650 км (от истока Иртыша – 5570 км), площадь бассейна – 2990 тыс. км² (активная – 2469). В среднем и нижнем течениях типично равнинная река с малыми уклонами (в среднем 0,04‰) и широкой долиной, достигающей местами нескольких десятков километров. Половодье – с апреля до июля в верховьях и до сентября в низовьях. Средний расход воды – 12700 м³/с; наибольший – 42 800 м³/с. Являясь первой среди рек России по площади водосбора, Обь по своей водоносности уступает Енисею и Лене. Это объясняется тем, что в бассейн Оби включаются обширные внутренние бессточные пространства степной и лесостепной зон, расположенные главным образом в бассейне Иртыша. Бассейн Оби включает 161455 рек общей длиной 738866 км, густота речной сети – 0,25 км/км² (Соколов, 1952; Доманицкий и др., 1971).

Обь принято делить на следующие участки: верховье (от истоков Бии и Катуня до их слияния), Верхняя Обь (от слияния Бии и Катуня до Новосибирского водохранилища), Средняя Обь (от Новосибирского водохранилища до устья Иртыша) и Нижняя Обь (от впадения Иртыша до Обской Губы). До строительства Новосибирской ГЭС границей Верхней и Средней Оби считали устье Томи (Жадин, Герд, 1961; Стебаев и др., 1993).

В соответствии с классификацией речных систем Сибири по их величине (Корытный, 2001) в Обь-Иртышском бассейне выделено: одна крупнейшая речная система IX порядка – весь бассейн Оби; 3 крупнейшие системы VIII порядка – Иртыш, Чулым, Кеть; 13 больших систем VII порядка; 74 средние системы VI порядка; 354 малых систем V порядка и 1587 малых систем IV порядка (табл. 6).

В качестве объектов изучения нами выбраны три притока в равнинной части Верхней Оби разного размерного класса: малая река Большая Черемшанка, средняя – Барнаулка, большая – Чумыш (рис. 8). Так как р. Чумыш является достаточно крупным водным объектом и в своем верхнем течении имеет горный характер, нами была изучено только его нижнее течение. Реками очень малого класса являются притоки Барнаулки – реки Пивоварка, Власиха, Землянуха и др.

Общая физико-географическая характеристика и библиография по району исследований приведена в многочисленных работах (Ресурсы..., 1962; Розен, 1970; Винокуров, 1980; Литература..., 1986; Ви-

нокуров и др., 1988; Демин, 1993; Ревякин и др., 1995; Рассыпнов, 2000).

Таблица 6

Классификация речных систем Сибири (по Корытному, 2001)

Класс	Порядок	Площадь водосбора, тыс. км ²	Длина главной реки, км	Средний многолетний расход в устье, м ³ /с
Крупнейшие	IX	> 2000	> 3000	> 10000
	VIII	200–2000	1000–3000	1000–10000
Большие	VII	20–200	200–1000	100–1000
Средние	VI,	2–20	50–200	От 10–20 до 100
Малые	IV, V	0,2–2	20–50	От 2–5 до 10–20
Очень малые	I, II, III	< 0,2	< 20	< 2-5

2.1. Бассейн р. Барнаулки

Река Барнаулка впадает в Обь слева у г. Барнаула и имеет протяженность около 200 км, относится по своей длине и площади бассейна к средним рекам, но по расходу воды и социально-экономическому значению ее можно отнести к малым (Вендров, Коронкевич, Субботин, 1981). Площадь бассейна составляет 5720 км², в том числе действующая – 4500 км². В контур бассейна входят территория г. Барнаула и 8 административных районов Алтайского края.

Бассейн р. Барнаулки по физико-географическому районированию относится к Западно-Сибирской стране, Верхнеобской провинции, Приобской левобережной подпровинции, Горькоозерному, Касмалинскому и Барнаульскому районам (Николаев, 1986).

Рельеф. Современная долина реки расположена в ложбине древнего стока. На большей своей части река течет по центру реликтового соснового бора. В верхней части долину образует ряд вытянутых котловин, в которых расположено до 10 проточных озер (Занин, 1958).

Климат. Бассейн р. Барнаулки расположен в зоне континентального климата с неустойчивым и недостаточным количеством атмосферных осадков (320 мм в год), со значительными колебаниями температуры в течение года (до 88°С) и суток (до 22°С). Низкие температуры зимой и высокие летом связаны с преобладанием здесь малооблачной антициклональной погоды. Зимой такая погода способствует сильному выхолаживанию приземного слоя воздуха, а летом – интенсивному прогреванию (Сляднев, Фельдман, 1958).

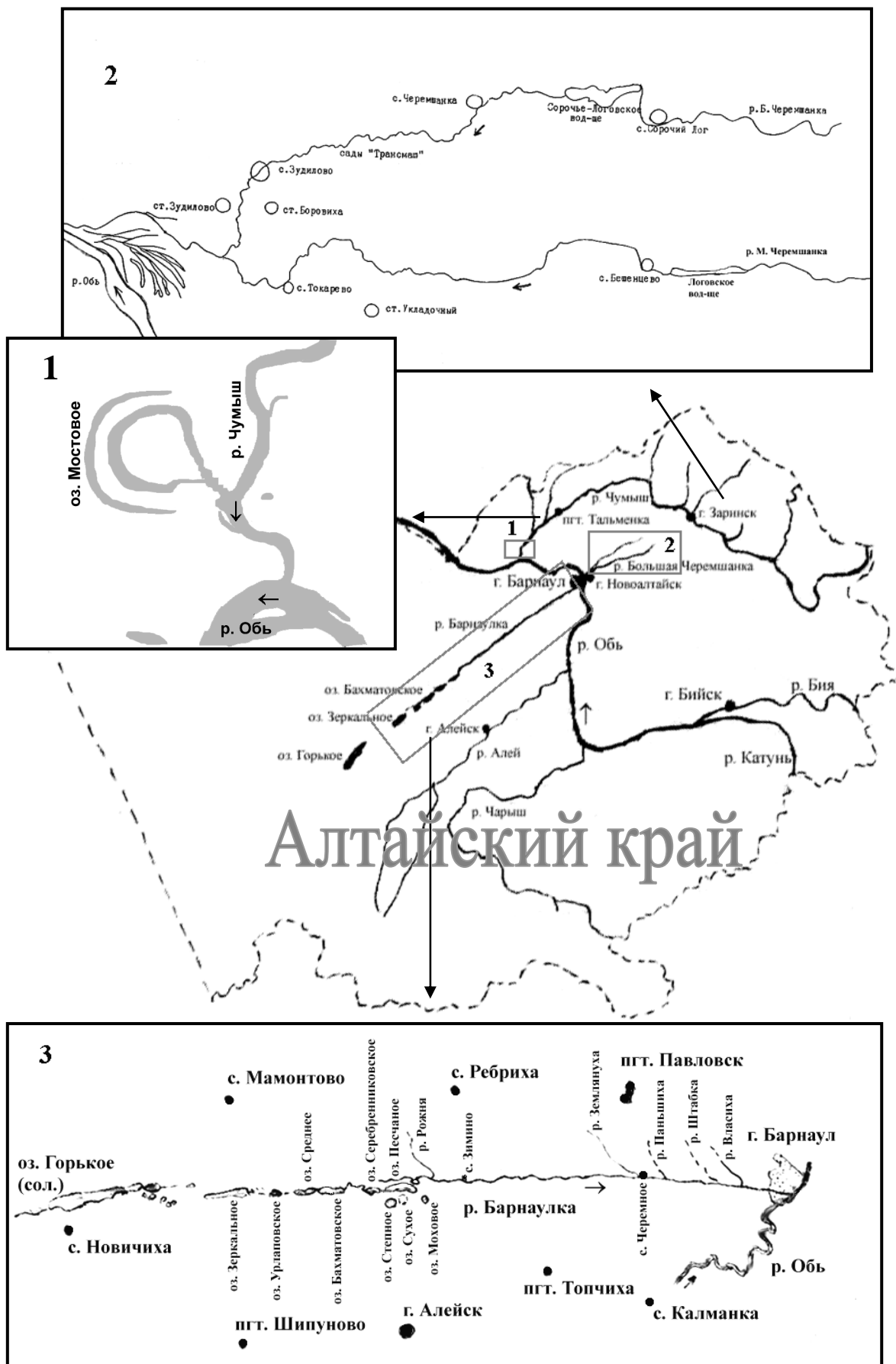


Рис. 8. Карта-схема расположения объектов исследования

Гидрология. В научной литературе по-разному оценивают истоки реки. В сводке «Ресурсы поверхностных вод...» (1962) указано, что река Барнаулка берет начало из оз. Зеркального, ее длина 207 км (с оз. Зеркальным – 222 км). По современным данным (Силантьева, Золотов, Жихарева и др., 2000), истоками реки следует считать лесные озёра, расположенные в центре бора возле сёл Песчаное и Ворониha, таким образом, река стала короче на 40 километров.

В начале XX в. р. Барнаулка имела 14 притоков первого порядка. Строительство на всех притоках реки дамб, земляных плотин и другая деятельность человека привели к тому, что река практически лишилась всех своих притоков. Наблюдения последних лет (1997–1998 гг.) показали, что ни один приток, кроме рек Пивоварки и Влaсиxи, не имеет сообщения с рекой уже с начала июня, в летний период все они распадаются на фрагменты, а 4 притока полностью исчезли: р. Мохнатушка, руч. Визельный, р. Колывань, Тихая Речка (Силантьева и др., 1998).

В 2000 г., по данным В.П. Галахова (Темерев и др., 2001), расход воды у г. Барнаула (150 м ниже устья р. Пивоварки) колебался от 0,39 м³/сек (14 марта) до 7,35 м³/сек (12 апреля), а скорость течения – от 0,34 м/сек (5 октября) до 0,91 м/сек (12 апреля). Питание р. Барнаулки осуществляется за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. Значительные запасы воды скапливаются в мелких озерах и болотцах, прилегающих к пойме реки, мощную подпитку которым дают проточные озера.

Характерной особенностью гидрологического режима степных озер Алтайского края, в том числе озер бассейна р. Барнаулки, является неустойчивость уровня воды. При внутривековых изменениях гидрометеорологического режима типа циклов Брикнера, продолжительность которых составляет немногим более 30 лет (Максимов, 1989), уровень озер периодически падает, что особенно сильно сказывается на мелководных озерах. В регрессивной фазе обводненности озера-блюдца мелеют, минерализуются, их площадь сокращается.

Гидрохимия. В период весеннего половодья минерализация воды в русле р. Барнаулки может составлять 200–400 мг/л, летом увеличивается до 600–700 мг/л. Жесткость воды в течение года изменяется от 2 до 6 мг-экв/л (вода мягкая и умеренно жесткая). Ионный состав воды характеризуется выраженным преобладанием гидрокарбонатов, кальция и натрия.

По солевому составу Барнаульские озёра относятся к группе среднеминерализованных озёр хлоридно-сульфатно-карбонатного типов (Иванова, 1962). Гидрохимическая характеристика озер и реки приводится в таблицах 7–8.

Таблица 7

Гидрохимические характеристики р. Барнаулки в 1958 и 1999 гг.

Гидрохимические показатели	1958 г. (Ресурсы..., 1962)	1999 г., период открытой воды (Третьякова, 2000)
Минерализация, мг/л	200–400 (весеннее половодье) 600–700 (летом)	160–900
Жесткость воды, мг-экв/л	2–6	1,90–5,80
НСО ₃ ⁻ , %	43–40	69
Са ⁺⁺ , %	22–20	51
Na ⁺ , %	20–18	...
Общая характеристика воды	хорошая питьевая, летом – удовлетворительная питьевая	грязная

Таблица 8

Гидрохимическая характеристика Барнаульских озер
(по Ивановой, 1962)

Гидрохимические показатели	Серебрен- никовское	Среднее	Бахматов- ское	Зеркаль- ное
Цветность в градусах	30	30	40	20
Кислород, мг/л (поверхность/дно)	2,9/2,4	–	3,1/2,3	–
Сероводород, мг/л (поверхность/дно)	0,4/1,3	–	0,8/1,9	–
рН	6,6	6,5	6,8	6,7
Щелочность, мг-экв/л.	7,4	18,2	7,6	8,2
Карбонатная жесткость в градусах	20,72	–	21,28	22,96
Хлориды, мг хлора/л	120	100	306	122
Сульфаты, мг/л	-	45,1	46,1	–
Общая жесткость в градусах	19,2	28,1	23,5	36,8
Са, мг/л	64	92	90	76
Mg, мг/л	92	136	104	208
Бихроматная окисляе- мость, мгО/л	–	–	64	–
Взвешенные вещества, мг/л	–	322	1380	–

Ежегодно в январе-феврале наблюдается дефицит растворённого в воде кислорода, а в начале марта заморы охватывают всю акваторию водоёмов. Суточное потребление кислорода на окислительные процессы, по данным наблюдений Алтайской озерно-речной лабора-

тории за 1984–1985 гг., в озере Зеркальном составляет 0,22 мг/л, а в оз. Бахматовском – 0,18 мг/л (Силантьева, Золотов, Жихарева, 2000).

Антропогенное воздействие. В бассейне реки расположено около 36 сельскохозяйственных предприятий, 6 лесхозов, 16 лесничеств. Из предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции в бассейне реки работает Черемновский сахарный завод, использующий воду из реки для технологического процесса. В 1983 г. в контуре бассейна находилось 103 населенных пункта с населением более 60 тысяч человек (без учета г. Барнаула). Около 63% площади водосбора распаханно (Силантьева, Золотов, Жихарева, 2000).

Почвы. Почвенный покров Барнаульской ложбины древнего стока представлен в основном дерново-подзолистыми почвами, формирующимися на древнеаллювиальных песках ложбин древнего стока. Материнскими породами для почв служат тонко- и среднезернистые рыхлые пески. Грунтовые воды залегают близко – на глубине 2–4 м (Базилевич, Розанов, 1958).

Большая часть сосновых лесов, в том числе и Барнаульского бора, приурочена к почвам песчаного, супесчаного, иногда суглинистого состава, однородным по строению, бедным органическими веществами, сухим и бесструктурным, с незначительной влагоемкостью, но большой водо- и воздухопроницаемостью. Они рано оттаивают весной, быстро начинают нагреваться и быстро остывают. На буграх и дюнах почвы иногда недоразвиты, маломощны, однородны или слоисты; на плоских вершинах валов и пологих склонах встречаются почвы с признаками оподзоливания.

Растительность. На большей своей части река течет по центру реликтового соснового бора, в понижениях встречаются березово-осиновые колки и кустарники (Силантьева, Золотов, Жихарева, 2000).

В ленточных борах распространены две формации: формация соснового леса и формация березово-соснового леса. Сосновые леса как формация широко распространены и разнообразны по составу ассоциаций, представленных рядами групп от наиболее ксерофитных лишайниковых до мезофитных травянистых. Березово-сосновые леса распространены меньше, чаще являются производными, встречаются по понижениям. В основном приурочены к населенным пунктам и окраинам леса. Характерно небольшое развитие болотообразовательных процессов, затухающих к югу.

Фитопланктон. Романов Р.Е. и Соловьева М.В. (2000) указывают для р. Барнаулки 254 вида фитопланктона. Преобладают зеленые (Chlorophyta) и диатомовые (Bacillariophyta) водоросли (210 видов), что является характерной чертой голарктических рек.

Экологический анализ выявил преобладание stenothermic теплолюбивых видов (68,7%), 22% видов являются эвритермными, 8% – stenothermic холодолюбивыми и 1,6% – виды, развивающиеся при умеренных температурах (+12–17°C).

Основу фитопланктона реки составляют факультативные планктеры, т.е. виды, существование которых возможно как в планктоне, так и в бентосе и перифитоне. Большая часть водорослей, обитающих в реке, относится к космополитам (48%), тогда как роль бореальных видов снижена (22%). По количеству видов весной и осенью преобладают диатомовые водоросли, а летом – зеленые, из них хлорококковые (*Chlorococcales*) самые многочисленны.

Анализ сезонной динамики биомассы фитопланктона показал, что ранней весной биомасса растет медленно, затем в конце весны начинается её интенсивный рост. В середине лета величина биомассы достигает своего максимума, а осенью наблюдается её резкое падение.

Зоопланктон. В 1995–1999 гг. в зоопланктоне р. Барнаулки было зарегистрировано 114 видов беспозвоночных животных. Микрозоопланктон реки представлен, в основном, инфузориями – 74 вида из 9 классов: *Karyorelictea* – 2, *Heterotrichea* – 5, *Hypotrichea* – 16, *Oligotrichea* – 8, *Colpodea* – 4, *Litostomatea* – 13, *Phyllopharyngea* – 3, *Nassophorea* – 3 и *Oligohymenophorea* – 20 (Эйдукайтене, 2000). Кроме инфузорий в зоопланктоне также отмечены бесцветные жгутиконосцы, солнечники и амёбы.

В микрозоопланктоне наибольшее количество видов инфузорий отмечено в классах *Oligohymenophorea* и *Hypotrichea*. Представители класса *Oligohymenophorea* – это как типично планктонные виды, так и прикрепленные виды инфузорий, а представители *Hypotrichea* – типично бентосные виды. Наличие бентосных и прикрепленных видов инфузорий в планктоне – характерное явление для мелководных рек.

По частоте встречаемости в пробах (57% проб) доминантом был вид *Coleps hirtus* (Nitzsch). Увеличение численности этого вида свидетельствует о повышении степени сапробности водоема. Также отмечено, что в олиготрофных водоемах этот вид никогда не бывает массовым.

В 1997 г. в мезозоопланктоне обнаружено: коловраток (*Rotatoria*) – 16 видов, веслоногих рачков (*Copepoda*) – 9 и ветвистоусых рачков (*Cladocera*) – 15 (Безматерных и др., 2000). Из коловраток доминировала *Asplanchna priodonta* Gosse (удельный вес в численности мезозоопланктона – 10,8%), реже встречались *Brachionus calyciflorus* Pallas и *B. quadridentatus* Hermann (3,75 и 2,06% соответственно). Среди веслоногих наибольшего развития достигали *Mesocyclops leuckarti* Claus и *Eucyclops denticulata* Fisch. (0,65 и 0,2%). Доминирующим ви-

дом в мезозоопланктоне в целом и среди ветвистоусых в частности была *Moina macroscopa* Straus (79,04%), меньше была численность *Bosmina longirostris* O.F. Müller и *Alona affinis* Leydig (2,78 и 0,14%).

Веснина Л.В. (Водоёмы..., 1999) указывает, что зоопланктон верховьев Оби ротаторного типа и характерен как для всего ее русла, так и для главных притоков (Алея, Чумыша, Касмалы, Барнаулки). По ее данным, коловратки составляют 73,5% видов мезозоопланктона верховой Оби и 47,6% в р. Барнаулке. В Барнаулке доля коловраток не превышала 34,5% видового состава мезозоопланктона.

Общая численность микрозоопланктона за исследованный период колебалась от 160 до 3060 тыс.экз./м³, численность мезозоопланктона от 34 экз./м³ до 218 тыс. экз./м³. Весной, в мае, количество инфузорий заметно больше количества мезозоопланктона, и биомасса также превышает биомассу мезозоопланктона. Летом наблюдается совершенно другая картина: численность инфузорий резко падает, и повышается численность мезозоопланктона. К концу лета и осенью численность инфузорий снова заметно повышается, что связано с сокращением численности мезозоопланктона.

Самая высокая численность инфузорий за исследованный период (2448 тыс.экз./м³) была отмечена на станции Лесной пруд. На трех других станциях численность была ниже и мало отличалась на различных участках: Борзовая Заимка – 1554 тыс.экз./м³, пр-т. Социалистический – 1696 тыс.экз./м³ и устье – 1423 тыс.экз./м³.

Биомасса микрозоопланктона и мезозоопланктона по датам изменялась так же, как и численность. По станциям отбора проб доля инфузорий в биомассе зоопланктона р. Барнаулки менялась от 97% (Борзовая Заимка) до 31% (пр-т. Социалистический), при росте суммарной биомассы зоопланктона от истоков к устью.

Ихтиофауна. По данным А.В. Савоськина и В.Б. Журавлева (2000), современный состав ихтиофауны р. Барнаулки представлен 9 видами, относящимися к 4 семействам: щуковые (Esoxidae), карповые (Cyprinidae), вьюновые (Gobiidae), окуневые (Percidae). В основном русле реки встречаются пескарь, щиповка, щука и плотва. Золотой карась, линь и озёрный голяк отмечены только в пойменных водоёмах. Серебряный карась и окунь населяют как русловые, так и пойменные биотопы. Все виды являются представителями аборигенной ихтиофауны. К наиболее редким видам отнесена щиповка сибирская (обычный вид ещё в середине 70-х гг. XX в.). В 1997 г. она не была отмечена в составе ихтиоценоза. Вероятная причина сокращения численности этого вида заключается в ухудшении качества воды и условий обитания. Резко сократилось количество щуки, хотя ещё в 1984 г. по преобладающему составу ихтиофауны р. Барнаулку относили к плот-

вично-щучьей реке. Сильное загрязнение воды в устье реки создаёт непроходимый порог для обских рыб. На формирование ихтиофауны нижнего участка реки большое влияние оказывает водохранилище (Лесной пруд) в черте Барнаула (площадь 50 га), где отмечено увеличение видового разнообразия и ихтиомассы.

Среднее течение реки более бедно в видовом отношении. Обычными здесь являются плотва и пескарь, щука встречается редко. Верхний участок бассейна реки представлен в основном проточными, непроточными и бессточными озёрами, поэтому для этого участка реки характерно формирование ихтиоценоза, представители которого адаптированы к экстремальным условиям существования. Ввиду высоких адаптивных возможностей здесь наиболее многочисленными являются два вида карася (золотой и серебряный). Окунь в верхнем участке отмечен только для оз. Горькое-Перешеечное, где он появляется периодически, так как при зимних заморах погибает в первую очередь (Савоськин, Журавлев, 2000).

2.2. Бассейн р. Большой Черемшанки

Река Б. Черемшанка – правый приток р. Оби. Она впадает в протоку Старая Обь в 13 км от её устья. Если принять за исток левую составляющую – р. Зудилиху, общая длина водотока – 62 км, площадь водосбора – 717 км² (Ресурсы., 1962).

Бассейн большей части течения р. Малой Черемшанки располагается на юго-западных отрогах Бийско-Чумышской возвышенности, а бассейн устьевое участка пролегает в пойменной долине р. Оби. По физико-географическому районированию Алтайского края бассейн включен в Черемшанский район Заобской правобережной лесолугово-степной подпровинции, которая, в свою очередь, относится к Верхнеобской лесостепной провинции (Николаев, 1975).

Рельеф. В районе Бийско-Чумышской возвышенности рельеф холмисто-увалистый, расчлененность балочно-лощинной сетью значительная. Склоны балок хорошо задернованы и имеют крутизну 9–15°, местами залесены (Бурлаков и др., 1988). Пойма реки низкая, плоская, шириной 200–300 м. В зависимости от места расположения русла, пойма переходит с одного берега на другой, т.е. то правобережная, то левобережная. Местами пойма сужается за счёт образования надпойменных террас. Вблизи устья пойма реки совмещена с обской поймой.

Климат. Климат континентальный с холодной длинной малоснежной зимой и коротким летом. Средняя продолжительность безморозного периода – 127 дней, а в годы с наиболее теплым летом она

возрастает до 159 дней. Средняя годовая температура $+0,7^{\circ}\text{C}$. Средняя температура воздуха июня, июля и августа – около $+20^{\circ}\text{C}$, а декабря и января $-16-18^{\circ}\text{C}$. Максимальная температура воздуха наблюдается в июле ($+40^{\circ}\text{C}$), минимальная – в январе (в отдельные годы до $-40-45^{\circ}\text{C}$). Средняя сумма осадков – 450 мм (Географические..., 1988).

Гидрология. Истоки р. Б. Черемшанка расположены на юго-западных отрогах Бийско-Чумышской возвышенности на высотах 300–305 м. Географическим истоком реки принята р. Зудилиха, берущая начало в 3 км юго-восточнее с. Новомоношкино Заринского района. Истоки р. Б. Черемшанки, правой составляющей водотока, расположены северо-восточнее с. Инюшево, также в Заринском районе. Средний уклон р. Б. Черемшанки $1,5\text{‰}$. Главный приток – р. Малая Черемшанка, впадает слева на расстоянии 2 км от устья р. Б. Черемшанки. Длина реки – 54 км, площадь водосбора – 281 км^2 . Истоки реки расположены вблизи ст. Шпагино (Веснина и др., 2002).

Русло реки извилистое, V-образного типа. Ширина русла – 4–12 м в межень и 10–40 м в период весеннего паводка. Берега русла суглинистые, местами обрывистые и эродлируемые. Дно реки на перекатах глинистое, местами песчаное, твердое. Плесы редкие и небольших размеров, дно в них твердое, но максимальные глубины могут быть частично заиленными. Скорости течения в межень на перекатах в среднем течении – от 0,4 до 1 м/сек, в плесах – до 0,1–0,2 м/сек, в низовьях реки – не более 0,1 м/сек. В зоне подпора от р. Оби снижается скорость течения, происходит выпадение осадков, донные грунты – илистые.

Основным источником питания рек Малая Черемшанка и Большая Черемшанка являются талые воды, дополнительно водоток подпитывается грунтовыми водами за счет многочисленных родников и летних осадков. Осенью водность реки Б. Черемшанки несколько увеличивается при сработке Сорочье-Логовского водохранилища (Веснина, Соловов, 1997).

Гидрохимия. Химические и физические свойства воды р. Б. Черемшанки характеризуются следующими показателями (табл. 9): увеличением общей минерализации воды вниз по течению реки; нейтральной реакцией воды (7,6–7,7) с некоторым сдвигом в щелочную сторону; увеличением вниз по течению показателей щелочности с 2,4 до 3,6 мг-экв/л и жесткости с 2,2 до 3,4 мг-экв/л. Вода реки гидрокарбонатного класса, кальциевой группы. Перманганатная окисляемость свидетельствует о слабой загрязненности водотока, который согласно ГОСТ 17.1.02.04-77 может быть отнесен к чистым, олигосапробным. Перед выходом на пойму р. Оби показатель окисляемости увеличивается до 15,6 мгО/л, что свидетельствует о наличии источников загряз-

нения на участке нижнего течения реки, который следует отнести к слабозагрязненным, т.е. мезосапробным водотокам. Отмечено снижение прозрачности воды вниз по течению с 80 до 50 см по диску Секки (Веснина и др., 2002).

Таблица 9

Химический состав воды р. Б. Черемшанки (Веснина и др., 2002)

Показатели	Минимум	Максимум	В среднем
Прокаленный остаток, мг/ дм ³	70,0	101,0	88,8
Сухой остаток, мг/ дм ³	144,0	209,0	185,0
БПК ₅ , мг/ дм ³	–	–	2,97
Хлориды, мг/ дм ³	5,0	6,0	5,7
Сульфаты, мг/ дм ³	10,0	12,0	11,3
Ca ²⁺ , мг-экв./дм ³	24,0	41,0	34,9
Mg ²⁺ , мг-экв./дм ³	12,1	17,0	14,6
Na ⁺ , мг-экв./дм ³	12,6	21,2	15,3
Окисляемость (ПО), мгО ₂ /дм ³	9,6	15,4	10,8
pH	7,6	7,7	7,7
Щелочность, мг-экв/дм ³	2,4	3,6	3,2

Антропогенное воздействие. Бассейн р. Б. Черемшанки в настоящее время является местом активной сельскохозяйственной деятельности и рекреации (Веснина и др., 2002). В контуре бассейна: г. Новоалтайск с пригородами – до 70 тыс. человек, крупные села Сорочий Лог, Зудилово, Черемшанка (по 5 тыс. жителей) и ряд других более мелких населенных пунктов. Уровень распаханности земель в бассейнах двух рек – до 75%, развита система садоводческих товариществ (до 10% площади бассейна).

Почвы. Почвенный покров представлен выщелоченными черноземами, в верхней части – оподзоленные лесные, в долинах – лугово-черноземные. В пределах бассейна Малой Черемшанки по направлению к Бийско-Чумышской возвышенности возрастают площади, занятые черноземами выщелоченными. Этот подтип черноземов характеризуется тем, что материнскими породами служат лессовидные пылеватые суглинки (Базилевич, Розанов, 1959).

В лесостепи черноземы выщелоченные, в основном средне- и тяжелосуглинистые, на террасах р. Оби – легкосуглинистые (Бурлаков, Татаринцев, Рассыпнов, 1988). По пониженным формам рельефа на террасах реки располагаются лугово-черноземные почвы, которые по своим морфологическим признакам напоминают черноземы.

Растительность. Растительный покров бассейна характерен для лесостепи. Луговые степи, в прошлом покрывавшие пологие склоны и выровненные участки водоразделов с выщелоченными и оподзолен-

ными черноземами, в настоящее время целиком распаханы. Целинные участки степей сохранились лишь на склонах южной экспозиции с маломощным почвенным покровом. На участках, подвергающихся интенсивному выпасу, развиваются настоящие ковыльно-тонконоговые степи с низким и разреженным травянистым покровом. Основу травянистого покрова таких степей составляют: ковыль волосатик, тонконог стройный, тимофеевка степная, осоки, люцерна желтая, эспарцет (Силантьева, Безматерных, Жихарева и др., 2000).

Другим основным элементом ландшафтов являются березовые и осиновые леса, располагающиеся по водоразделам и верхним частям их склонов, а также по северным склонам различных депрессий. В нижнем течении реки на надпойменных обских террасах встречаются сосновые боры. Луговая растительность представлена овсяницевыми лугами и вторичными вейниковыми лугами. В долине реки Оби на обширных пространствах поймы развиваются формации полевицевых, овсяницевых, вейниковых и осоковых пойменных лугов. Среди макрофитов отмечено 18 видов сосудистых растений. Наиболее развиты макрофиты в Сорочье-Логовском водохранилище, где они образуют бордюрный тип зарастания. В заводях встречаются: гречиха земноводная, гидрилла мутовчатая, пузырчатка обыкновенная, кувшинка чисто-белая, кубышка желтая и др. (Веснина и др., 2002).

Фитопланктон. По данным Р.Е. Романова (Веснина и др., 2002), в 1999 г. фитопланктоне верхнего течения р. Б. Черемшанки (окрестности с. Инюшево) преобладали диатомовые водоросли. Зеленые, синезеленые и эвгленовые были немногочисленны и характеризовались незначительным видовым разнообразием. Осенью 1999 г. нижний участок Сорочье-Логовского водохранилища имел следы «цветения» воды, которое вызывалось, главным образом, синезелеными водорослями *Anabaena scheremetieviae* Elenk. et varietas и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs с незначительным участием *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Brèb. В 1995 г. «цветение» воды Сорочье-Логовского водохранилища не отмечалось (Веснина, Соловов, 1997). В нижнем течении реки заметно увеличивается доля в фитопланктоне зеленых и синезеленых водорослей (Веснина и др., 2002).

Зоопланктон р. Б. Черемшанки, по данным Л.В. Весниной (Водоемы..., 1999), представлен 20 видами, из них коловратки – 11 видов, ветвистоусые – 7, веслоногие – 2 вида. По численности из них доминируют в основном коловратки и один вид из клadoцер: *Asplanchna priodonta* Gosse, *Brachionus calyciflorus* Pallas, *B. diversicornis* Daday, *B. quadridentatus* Hermann, *Keratella cochlearis* (Gosse), *K. quadrata* Müller.

Ихтиофауна. По данным В.П. Соловова (Веснина и др., 2002), фауна рыб р. Б. Черемшанки представлена видами, характерными для

р. Оби, и по зоогеографическому районированию Б.Г. Иоганзена (1948) относится к Обско-Чулымскому участку. По эколого-ихтиологической классификации это типичный плотвично-окуневый водоток, основными видами являются плотва, окунь, ерш, лещ, язь, голянь, карась, щука.

2.3. Бассейн нижнего течения р. Чумыша

Чумыш – правый приток Оби, площадь бассейна – 23,9 тыс. км², длина – 644 км, средний расход воды – 134 м³/с (пост Тальменка) (Атлас., 1978). Бассейн нижнего течения р. Чумыша расположен в равнинной лесостепной части Алтайского края.

Рельеф. Согласно геоморфологическому районированию Г.В. Занина (1958), по типу рельефа нижняя часть бассейна Чумыша относится к району аккумулятивных равнин на мощных рыхлых неогеновых и четвертичных отложениях, к двум геоморфологическим областям: долине р. Чумыша (пойма и низкие надпойменные террасы) и древней аллювиальной песчаной террасе р. Оби.

Климат, как и на всей равнинной территории правобережья р. Оби, отличается морозной многоснежной зимой и жарким летом. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом – 150 дней. Средняя дата первого мороза осенью – 24 сентября, последнего мороза весной – 18 мая. Продолжительность безморозного периода – 120 дней; 125 дней в году среднесуточная температура выше +10°С (Сляднев, Фельдман, 1958).

Среднее годовое количество осадков составляет 380 мм, причем за май-июль выпадает 140 мм осадков. Коэффициент увлажнения равен 0,4. Более 30 дней в году наблюдается туман. Для долины р. Чумыша характерно близкое залегание грунтовых вод (0,5–3 м).

Гидрология. Питание реки осуществляется за счет грунтового (29% в годовом стоке), снегового (54%) и дождевого (17%) питания. Река покрывается льдом – 5–10 ноября, очищается ото льда – 20–25 апреля. На апрель-май приходится максимальный сток: в апреле – 26% от годового, в мае – 38%. Продолжительность половодья в среднем составляет 64 дня (Атлас., 1978).

Гидрохимия. Вода реки слабоминерализованная, гидрокарбонатного класса, кальциевой группы. Чумыш, наряду с некоторыми другими реками Алтайского края, отличается наибольшей для Западной Сибири мутностью воды (средняя мутность – 730,6 г/м³). Средний расход взвешенных наносов – 97,9 кг/сек., сток взвешенных наносов за год составляет 3,1 млн т (Кеммерих и др., 1963).

Антропогенное воздействие. Нижнее течение р. Чумыша приходится на территорию комплексного природного заказника «Усть-Чумышский», где уровень антропогенного воздействия минимален, но на состояние экосистемы реки могут оказывать влияние источники загрязнения, расположенные выше по течению.

Почвы. Почвенный покров неоднороден, в пойме р. Чумыша распространены пойменные луговые почвы, по механическому составу средне- и легкосуглинистые песчанистые на аллювиальных слоистых суглинках, реже песках и супесях. Под сосновыми лесами залегают дерново-слабоподзолистые и фрагментарно темно-серые лесные почвы, по механическому составу легкосуглинистые песчанистые (Базилевич, Розанов, 1959).

Растительность. По данным М.М. Силантьевой и О.Н. Жихаревой (Силантьева и др., 2002), основу растительного покрова нижней части бассейна составляют лесные сообщества, представленные сосновыми лесами, а также пойменные и связанные с ними болотные и луговые сообщества.

Флора представлена 310 видами высших сосудистых растений, относящихся к 191 роду и 67 семействам. К числу охраняемых видов принадлежат 5 видов, занесенных в Красную книгу Алтайского края, 2 из них являются ресурсными. Доля синантропных видов невелика (17 видов), что свидетельствует о хорошей сохранности существующих флористических комплексов.

Фитопланктон. По данным Е.Ю. Митрофановой (Силантьева и др., 2002), в фитопланктоне бассейна нижнего течения р. Чумыша выявлено 107 видов водорослей из 8 отделов: Cyanophyta – 17 видов, Chrysophyta – 2, Bacillariophyta – 24, Xanthophyta – 1, Cryptophyta – 1, Dinophyta – 3, Euglenophyta – 5 и Chlorophyta – 54 вида. По числу видов в общем списке водорослей наибольшего разнообразия достигают зеленые водоросли, большинство из которых принадлежат к порядку Chlorococcales, истинным планктерам.

Лидирующей группой в суммарной численности фитопланктона в сумме в р. Чумыше были зеленые водоросли, в биомассе – эвгленовые. Состав и количественные показатели обследованного фитопланктона реки и пойменного озера являются типичными для подобных водотоков и водоемов равнинной части бореальной области.

Зоопланктон. По данным Д.М. Безматерных (Силантьева и др., 2002), основу зоопланктонных сообществ заказника по количественному развитию составляли ветвистоусые рачки (Cladocera). На втором месте стояли веслоногие рачки (Copepoda). Менее всего были представлены коловратки (Rotatoria). Из неспецифичных планктонных организмов обнаружены личинки поденок и молодь олигохет, ведущих

на начальных стадиях развития преимущественно планктонный образ жизни.

Ихтиофауна. Фауна рыб приустьевой зоны Чумыша отличается большим видовым разнообразием: здесь встречается 25 видов – почти вся ихтиофауна Алтайского края (Силантьева и др., 2002). Большинство рыб являются ценными промысловыми видами: сибирский осетр, стерлядь, таймень, нельма, щука, сазан, лещ, язь, елец, плотва, золотой и серебряный караси, судак, окунь, налим.

Расположенная в нижнем течении р. Чумыша Усть-Чумышская зимовальная яма, протяженность которой около 3 км, является одним из важнейших мест зимовки Верхней Оби и служит местом концентрации ценных видов рыб (сибирского осетра, стерляди, нельмы), а заливаемая во время весеннего паводка пойма реки представляет собой продуктивные нерестилища для таких видов, как судак, сазан, лещ (Силантьева и др., 2002).

Глава 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Материалы

Бассейн р. Барнаулки. В 1996–2001 гг. пробы зообентоса собирали на 8 мониторинговых станциях на р. Барнаулке (табл. 10, рис. 9) и 7 основных притоках (Рожня, Курья, Бутун, Землянуха, Панышиха, Власиха, Пивоварка), двух малых водохранилищах и 10 озерах бассейна (Бахматовское, Сухое, Песьяное, Лебяжье, Зеркальное, Урлаповское, Среднее, Серебренниковское, Песчаное, Мясково (разовые сборы с целью максимального выявления видового состава)). Было проанализировано более 300 проб зообентоса во время 4 экспедиций и более 40 рейдовых выездов.

Таблица 10

Пункты мониторинговых исследований на р. Барнаулке

Номер станции	Расстояние от устья, км	Место расположения	Грунт
1	87,0	у моста в районе с. Зимино	детрит, ил
2	52,0	у плотины около с. Черемное	заиленный песок
3	13,0	0,2 км ниже пос. Борзовая Заимка	песок
4	9,0	г. Барнаул: 0,05 км ниже Лесного пруда	песок, галька
5	6,0	г. Барнаул: 0,02 км ниже р. Пивоварки	заиленный песок
6	4,5	г. Барнаул: 0,01 км ниже стока АЗА	ил, шлак
7	0,5	г. Барнаул: мост на пр. Социалистическом	ил, детрит
8	0,1	устье, г. Барнаул около Речного вокзала	ил (запах H ₂ S)

Примечание: расстояние станций от устья дано по С.В. Темереву с соавт. (2001).

В 1997 г. с целью точной видовой идентификации произведено выведение куколок и имаго двух видов хирономид (*Chironomus acutiventris*, *C. singulatus*), сделаны постоянные морфологические препараты. Исследованы кариотипы 7 видов хирономид (*C. acutiventris*, *C. novosibiricus*, *C. obtusidens*, *Endochironomus albipennis*, *E. tendens*, *Glyptotendipes glaucus*, *Lipiniella moderata*).

Для индикации загрязнения тяжелыми металлами было проанализировано их содержание в двух видах брюхоногих моллюсков: *Lymnaea stagnalis* L. и *L. ovata* Drap. Моллюски были собраны 13.08.1999 г. на 5 точках на р. Барнаулке (точки 1–5, в точках 6–8 моллюски отсутствовали) параллельно с отбором проб воды, донных отложений и растений для этих же целей (табл. 10). В 2002 г. было собрано 25 проб имаго насекомых для уточнения определения некоторых видов.

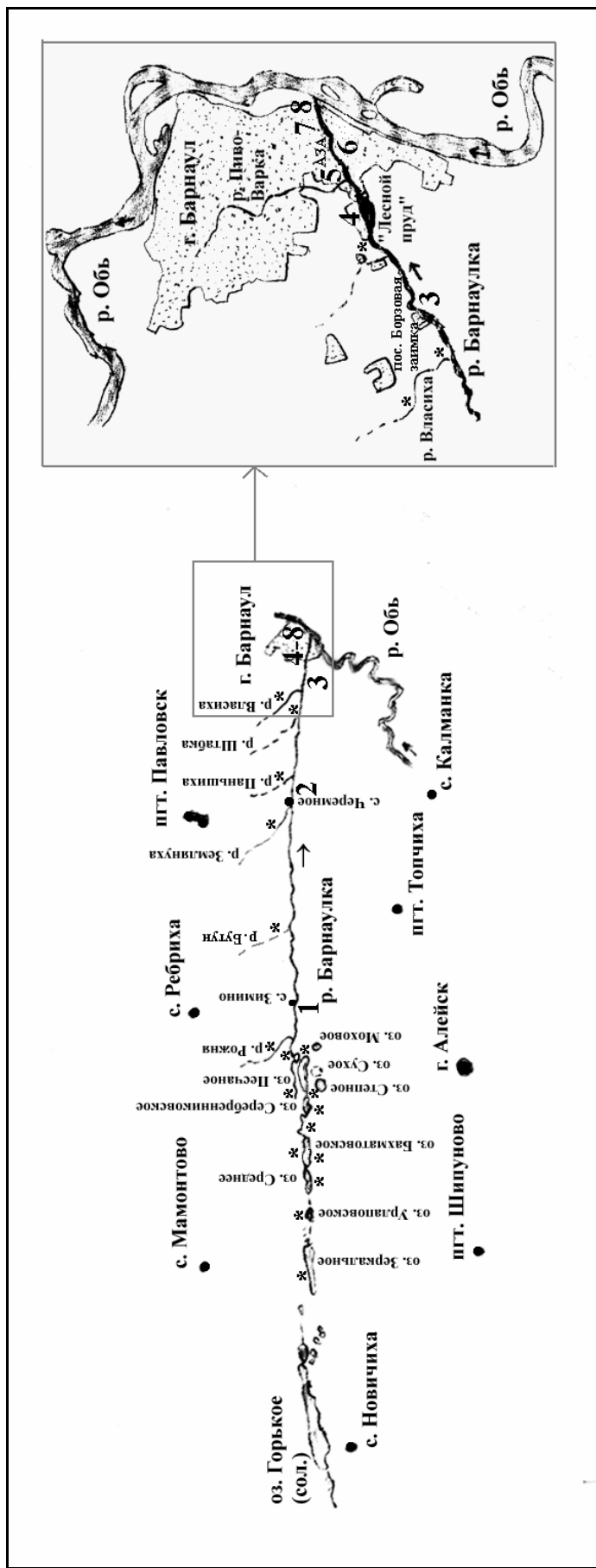


Рис. 9. Карта-схема пунктов отбора проб в бассейне р. Барнаулки:

1-8 – пункты мониторинговых исследований; * – места разовых фаунистических сборов

Кроме того, летом-осенью 2003 г. было дополнительно отобрано 5 проб на р. Барнаулке, 32 пробы зообентоса на 9 озерах трех природных подзон в верховьях р. Барнаулки: засушливой степи (Вавилон, Песьяное, Горькое), умеренно-засушливой степи (Шуракша, Зеркальное) и лесостепи (Бахматовское, Степное, Сухое, Песчаное). Так как озера засушливой степи непосредственной связи с речной системой не имеют, их видовые списки в анализе не использовали.

Бассейн р. Большой Черемшанки. В 1999 г. во время двух экспедиций на р. Б. Черемшанку, ее притоки (М. Черемшанку, Зудилиху, ручей в с. Инюшово) и Сорочье-Логовское водохранилище было собрано 30 проб зообентоса (рис. 10).

Бассейн нижнего течения р. Чумыша. Во время двух экспедиций летом и осенью 2001 г. отобрано 20 проб зообентоса и отловлено 14 проб имаго амфибиотических насекомых. Было исследовано русло Чумыша, протока и 3 небольших пойменных водоема на территории Усть-Чумышского комплексного заказника (рис. 11).

Всего за 1996–2003 гг. обследовано 35 водных объектов в бассейнах Барнаулки, Большой Черемшанки и Чумыша: одна большая, одна средняя, 11 малых рек, а также 21 водоем (рис. 8). Отобрано и проанализировано 393 пробы зообентоса (250 количественных и 143 качественных), 39 проб имаго амфибиотических насекомых, изучены кариотипы 7 видов хирономид, исследованы три стадии жизненного цикла двух видов хирономид, отобраны пробы на содержание тяжелых металлов в брюхоногих моллюсках (*Lymnaea stagnalis* и *L. ovata*) на 5 участках р. Барнаулки.

В 1996 г. было собрано 32 пробы зообентоса, в 1997 г. – 91 проба, в 1998 г. – 74, в 1999 г. – 63, в 2000 г. – 52, в 2001 г. – 76, в 2003 г. – 37 проб. Анализ кариотипов хирономид и выведение имаго проводили в 1997 г., сбор моллюсков для анализа тяжелых металлов – в 1999 г. Все пробы имаго собраны в 2001 г.

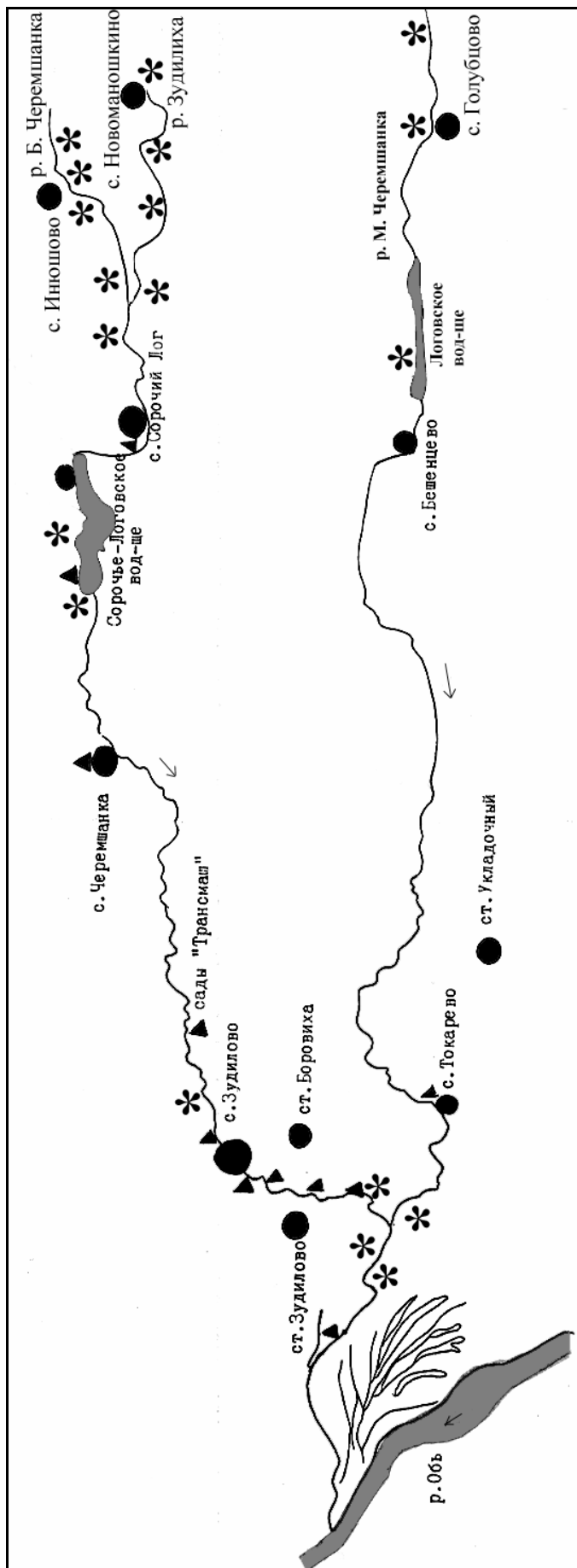


Рис. 10. Карта-схема пунктов отбора проб в бассейне р. Большой Черемшанки:

● – места отбора проб; ▲ – свалки мусора

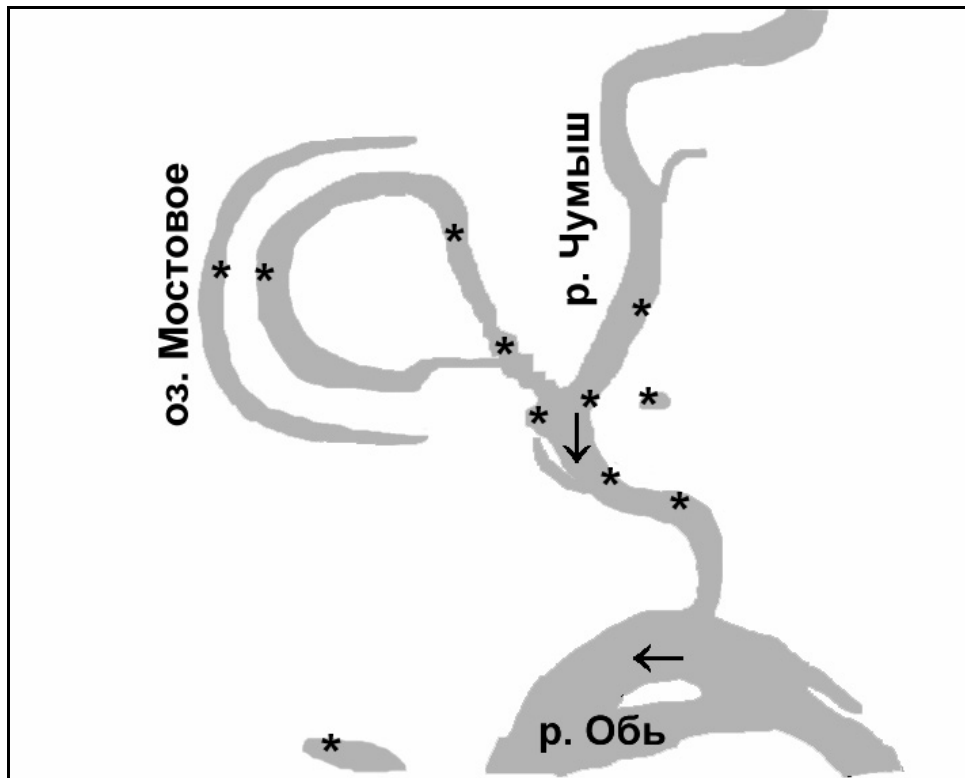


Рис. 11. Карта-схема пунктов отбора проб в бассейне нижнего течения р. Чумыша: * – пункты отбора проб

3.2. Методы

3.2.1. Гидробиологические методы

Отбор проб. Материал для исследований собирали и обрабатывали по стандартным гидробиологическим методикам (Руководство..., 1992). Зообентос собирали различными методами: качественные сборы проводили сачком или скребком, количественные сборы – дночерпателем Петерсона с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$ или штанговым дночерпателем ГР 91-000 ТО, в ряде случаев на мелководье и плотных грунтах производили отбор проб скребком. Для более полного учета видового состава водоема применяли ручной сбор: собирали и осматривали губок, мшанок, прибрежные камни, древесные остатки и макрофиты.

Грунт, извлеченный дночерпателем, переносили в промывалку из редкого газа (№25), отмытую часть пробы с оставшимися организмами перекладывали в кюветы. Пробы просматривали по частям, выбирали обнаруженные в ней организмы, переносили их в пробирки или бутылки и фиксировали 4%-м формалином.

Обработку проб проводили в лаборатории. Качественный состав организмов определяли при просмотре их под лупой или микроскопом МБС-10. Крупные организмы взвешивали на технических весах, а мелкие – на торсионных ВТ-500. Определение материала проводили по ряду пособий – общих: «Определитель пресноводных беспозвоночных России» (1992–2001), «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР» (1977), «Жизнь пресных вод» (1940) и специальных пособий: Р.В. Андреевой (1990), Б.Ф. Бельшева (1963, 1973), Я.А. Бирштейна (1951), В.М. Глухой (1979), В.И. Жадина (1952), С.Г. Лепневой (1964, 1966). Е.И. Лукина (1976), Е.А. Маркарченко (1985), В.Я. Панкратовой (1970, 1977, 1983), А.П. Стадниченко (1990), П.В. Тузовского (1990), О.В. Чекановской (1962), Н.Д. Круглова и Я.И. Старобогатова (Kruglov, Starobogatov, 1993а, б), Т. Wiederholm (1983).

Сбор имаго амфибиотических насекомых производили энтомологическим сачком, методом кошения в траве и активного лова. Определение насекомых проводили по «Определителю насекомых...» (1964–1970), Б.Ф. Бельшеву (1963, 1973), Т. Wiederholm (1986, 1989).

Определение продукции. В настоящее время предложено очень много различных методов определения вторичной продукции зообентоса, которые можно разделить на три основные схемы (Константинов, 1979; Методические рекомендации..., 1984). К первой из них относятся расчеты изменения биомассы за определенный период времени и элимированной биомассы, впервые предложенные П. Бойсен-Йенсеном в 1919 г. Этот метод дает наиболее точные результаты при линейной функции роста особей популяции, но при этом весьма трудоемок.

Ко второй схеме относятся методы, оценивающие продукцию как разность между скоростью ассимиляции и диссимиляции. Теоретически наиболее точная, она практически пока не используется из-за трудности определения ассимиляции.

К третьей схеме, наиболее употребительной, относятся способы расчета, основанные на использовании данных о росте особей и возрастной структуре популяции. Для расчетов необходимо предварительно выполнить исследование величины суточных приростов особей данного размера, далее вычисляют сумму приростов особей за весь срок наблюдения.

Нами использован метод приближенной оценки продукции зообентоса, являющийся одним из вариантов третьей схемы.

Продукцию популяций всех групп зообентоса рассчитывали с использованием величин удельной продукции за сутки (Заика, 1983; Методические рекомендации..., 1984; Каменев, 1987, 1993). Так, для

олигохет удельная продукция за сутки была принята равной 0,03, пиявок – 0,02, моллюсков сфериид – 0,004, гастропод – 0,02, личинок поденок, ручейников, стрекоз – 0,027, хищных личинок хирономид – 0,040, мирных личинок хирономид – 0,035.

Количество продукции (P) за определенное время (Δt) может быть получено как произведение удельной продукции C_b на среднюю за это время биомассу популяции \bar{B} . Рассчитанные за отдельные отрезки времени величины суммируют и получают продукцию за весь рассматриваемый период, что может быть записано как

$$P = \int_{t_1}^{t_2} C_b (\Delta t) \bar{B} = \bar{B} \int_{t_1}^{t_2} C_b (t) \Delta t .$$

Приняты следующие показатели энергоемкости групп бентоса (кДж/г сырого вещества): олигохеты – 4,18; моллюски (с раковиной) – 1,47; поденки – 3,83; стрекозы – 3,38; ручейники – 4,13; клопы, жуки, хирономиды – 2,63.

В каждом биоценозе различались два трофических уровня – нехищные (мирные) и хищные животные. К последним отнесены пиявки, стрекозы, жуки, клопы и некоторые хирономиды. Усвояемость пищи хищным бентосом принята равной 0,8. Продукцию биоценоза (P_{δ}) рассчитывали как сумму продукции мирных (P_m) и хищных (P_x) животных за вычетом рациона (C_x) по формуле (Алимов, 1989):

$$P_{\delta} = P_m + P_x - C_x .$$

3.2.2. Цитогенетический и морфологический анализ хирономид

Для цитогенетического анализа личинок фиксировали в смеси этанола и ледяной уксусной кислоты (3:1) и хранили в холодильнике. Каждую пробу сопровождали этикеткой.

Прежде чем приступить к препарированию личинок и приготовлению «морфологического» препарата, из грудного отдела извлекали слюнные железы, необходимые для приготовления цитологических препаратов. Затем личинку промывали в воде, отделяли задний конец тела (с VI брюшного сегмента) и клали его на брюшную сторону или боком на предметное стекло в каплю жидкости Фора-Берлезе, а головную капсулу нижней стороной вверх помещали на то же стекло в другую каплю. Затем каждую каплю накрывали покровным стеклом (Кикнадзе и др., 1991).

Разные авторы предлагают различные методики окраски хромосом. Одни из них советуют производить окраску всей личинки полностью (Чубарева, Петрова, 1982), а другие – только отдельно выделен-

ных слюнных желез (Кикнадзе и др., 1991). Мы придерживались второй методики.

При кариологическом анализе наиболее часто применяют ацет-орсеиновый метод приготовления давленных препаратов, хотя крайне желательно использовать его в сочетании с фазовым контрастом, который позволяет локализовать ядрышки и кольца Бальбиани.

Изолированные фиксированные органы помещали в каплю 45%-й уксусной кислоты, затем замещали ее раствором ацет-орсеина. Окраску продолжали 10–20 минут. Затем препарат отмывали 45%-й уксусной кислотой, потом последовательно 15-, 25- и 50%-й молочной кислотой по 1–2 минуты. Готовили временный препарат.

Наиболее хорошо система картирования политенных хромосом разработана для рода *Chironomus* (Keyl, 1961). Согласно ей хромосомы обозначаются римскими цифрами I, II, III, IV в соответствии с их длиной, а плечи хромосом буквами A, B, C, D, E, F, G. В роде *Chironomus* гомология плеч практически у всех видов легко устанавливается по рисунку дисков, хотя сочетание плеч в хромосомах меняется у разных видов. При картировании плеч хромосом в качестве стандарта используется рисунок дисков *C. piger*. Это правило необходимо соблюдать при описании кариотипов новых или ранее не изученных видов.

При картировании политенных хромосом в других родах необходимо исходить из этого же принципа, несмотря на то, что такой высокой гомологии рисунка дисков хромосомных плеч, как в роде *Chironomus*, у представителей других родов не наблюдается. Хромосому условно подразделяют на определенное число участков, используя в качестве границ участков наиболее характерные («маркерные») диски.

Для точного таксономического определения важнейшей группы зообентоса – хирономид – необходимо выведение куколок и имаго. По методике А.И. Шиловой (1966, 1976) с этой целью отбирали личинок, близких к окукливанию, с вздувшимися грудными сегментами (иногда куколок). Таких личинок рассаживали по одной в сосуды емкостью 30 мл (пробирки) с небольшим слоем чистой воды. Сосуд сверху закрывали колпачком из ваты.

Личинок подкармливали гидролизатом дрожжей, ежедневно меняли воду. Пищу вносили небольшими порциями 1–2 раза в день. При воспитании личинок учитывали характер их местообитания, старались поддерживать температуру того водоема, из которого они выловлены.

Вылетевших комаров сразу отсаживали в отдельные пробирки, пока они малоподвижны, но фиксировали их спустя 5–6 часов, после того как они окрепнут и приобретут свойственную им окраску. Шкур-

ки личинки, куколки и вылетевшего комара помещали в 70%-й спирт и снабжали этикеткой, содержащей данные о месте и времени сбора, а также указывали его личиночную форму и прижизненную окраску комара. Морфологические препараты делали в жидкости Фора-Берлезе (Панкратова, 1983).

3.2.3. Определение содержания тяжелых металлов в моллюсках

Собранных моллюсков не фиксировали, в течение суток доставляли в лабораторию и замораживали для хранения. Моллюсков измельчали вместе с раковиной и анализировали в сыром виде по обычной методике (Никаноров, Жулидов, 1991). Анализы проводили в Химико-аналитическом центре ИВЭП СО РАН (к.т.н. А.Н. Эйрих).

Определение тяжелых металлов во всех видах проб проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии: Cu, Fe, Mn, Zn – с использованием пламенной атомизации (прибор ASS-1N, пламя: ацетилен-воздух), Cd, Co, Pb – электротермической атомизацией (прибор AAS-30).

Глава 4. СОСТАВ, СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЗООБЕНТОСА КАК ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИТОКОВ ВЕРХНЕЙ ОБИ

4.1. Состав и количественные характеристики зообентоса притоков Верхней Оби

4.1.1. Таксономический состав

Бассейн р. Барнаулки. В зообентосе р. Барнаулки, ее притоков (реки Рожня, Курья, Бутун, Землянуха, Панышиха, Власиха, Пивоварка) и связанных с ней озер (Бахматовское, Сухое, Песьяное, Лебяжье, Зеркальное, Урлаповское, Среднее, Серебренниковское, Песчаное, Мясково) за период исследования с 1996 по 2001 г. обнаружено 115 видов гидробионтов из 11 классов. Из них губок, гидроидных полипов, нематод и мшанок – по одному виду, малощетинковых червей – 9, пиявок – 5, двустворчатых моллюсков – 6, брюхоногих – 16, ракообразных – 5, паукообразных – 2, насекомых – 68 видов (Безматерных, Эйдукайтене, 2003). Наибольшим видовым разнообразием в зообентосе р. Барнаулки отличались насекомые (62% видов), моллюски (19%) и кольчатые черви (13%). Полный таксономический список зообентоса реки приведен в приложении 1.

Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались отряды жесткокрылых (7 видов), полужесткокрылых (8 видов) и двукрылых (39 видов, из них хирономид 29 видов).

В русле р. Барнаулки обнаружено 75 видов зообентонтов, в озерах – 33, притоках – 35. Результаты подсчетов сходства фаун (индекс Шорыгина по численности видов) различных участков р. Барнаулки представлены в таблице 11. На основании полученных результатов, нижнее течение р. Барнаулки можно разделить на два участка: первый – от пос. Борзовая Заимка до Лесного пруда (за пределами г. Барнаула), второй – от Лесного пруда до Социалистического проспекта (в пределах г. Барнаула). В пределах выделенных участков отмечено высокое сходство населения станций между собой и резкое отличие от населения станций пробоотбора другого участка. По характеру видового состава фауна реки потомафильная (характерная для равнинных рек), реофильных видов обнаружено не было.

Сходство видового состава зообентоса различных участков
р. Барнаулки в 1997 г., %

Станции отбора проб	Пос. Борзовая Заимка	Выше Лесного пруда	Ниже устья р. Пивоварки	Ниже стока «АЗА»	Пр-т Социалистический	Устье
Пос. Борзовая Заимка	–	72	18	7	21	7
Выше Лесного пруда	72	–	19	13	26	7
Ниже устья р. Пивоварки	18	19	–	46	76	6
Ниже стока «АЗА»	7	13	46	–	55	39
Пр-т Социалистический	21	26	76	55	–	16
Устье	7	7	6	39	16	–

В притоках и протоках между озерами выявлено 35 видов зообентоса. Сходство фауны притоков и фауны русла р. Барнаулки невелико (17,7%). В притоках и протоках реки обнаружено 11 видов, из них рачки *Gammarus*, поденка *Baetis* sp., моллюск *Anodonta*, мшанка *Plumatella*, фитофильные хирономиды *Cricotopus bicinctus*, *Endochironomus tendens* – все показатели чистых и слабозагрязненных вод, требующие высокого содержания растворенного в воде кислорода.

В озерах выявлено 33 вида зообентонтов, только здесь найдены: высшие раки *Potastacus leptodactylus*, клопы *Notonecta glauca*, *N. lutea* и водяные жуки *Laccophilus*, *Dytiscus*, *Acilius*, двукрылые *Nilobezzia*, хирономиды *Tanyrus punctipennis*. Коэффициент сходства видового состава различных водных объектов бассейна невысок: река–притоки – 17,7%, река–озера – 27,5%. Доминирующие таксоны в бентофауне озер представлены в приложении 2. Аналогичные данные по зообентосу Барнаульской озерной системы получены в 1931 г. (Благовидова, 1931), тогда были указаны те же ведущие группы зообентоса.

Помимо этих данных известно (Иванова, 1962; Благовидова, 1973б), что бентофауна озер Зеркальное и Бахматовское бедна как в видовом, так и в количественном отношении. Личинки хирономид представлены всего 7–10 формами и не достигают высокой численности, моллюски отсутствуют, в незначительном количестве представлены олигохеты, гаммариды и пиявки. Основу бентоса в обоих озерах составляют личинки *Chaoborus*.

Сравнение зообентоса трех подзон бассейна (засушливой степи, умеренно-засушливой степи и лесостепи) не выявило значимых раз-

личий в составе зообентоса. Из всего многообразия факторов среды в рассматриваемых озерах наиболее значимыми являются степень минерализации, распределение водной растительности и характер зимнего кислородного режима.

Бассейн р. Б. Черемшанки. В зообентосе бассейна р. Б. Черемшанки в 1999 г. отмечено 82 вида беспозвоночных (Безматерных, 2001), в том числе: губок, гидроидных полипов – по одному виду, пиявок, мшанок и двустворчатых моллюсков – по 2 вида, малощетинковых червей и паукообразных – по 4 вида, брюхоногих – 8, насекомых – 58 (из них двукрылых – 34). Полный таксономический список обнаруженных нами видов донных беспозвоночных бассейна приведен в приложении 1. По данным Л.В. Весниной (Веснина и др., 2002), кроме найденных нами видов в зообентосе р. Б. Черемшанки встречаются *Chaoborus* (Diptera) и *Anadonta* (Bivalvia), к сожалению, не определенные до вида. Таким образом, общий список видов донных животных бассейна р. Б. Черемшанки составляет 84 вида.

Наибольшую роль в видовом составе зообентоса р. Б. Черемшанки имели насекомые (69,5% видов), моллюски (13% видов) и кольчатые черви (8%) (рис. 12). Среди насекомых по количеству видов выделялись хирономиды (22 вида), жесткокрылые (7 видов) и полужесткокрылые (6 видов). На всем протяжении реки встречались моллюски *Lymnaea auricularia* и *Euglesa* sp., в некоторых местах наблюдалось массовое развитие *Sphaerium corneum*. Из хирономид наибольшее значение имели ортокладиины рода *Cricotopus* (*C. gr. algarum*, *C. gr. dizonias*, *C. gr. silvestris*), их развитие было приурочено к зарослям макрофитов. Хирономиды в основном были представлены *Glyptotendipes glaucus* и *Polypedilum nubeculosum*. На всем протяжении реки найдены олигохеты *Limnodrilus claparedeanus* и *Tubifex tubifex* (последний имел массовое развитие в местах загрязнения органическими веществами).

Из других групп зообентоса следует отметить мшанок, поденок, клопов и мошек. Массовое развитие мшанок *Plumatella fungosa* было отмечено в акватории Сорочье-Логовского водохранилища на р. Б. Черемшанке. Среди поденок массовым развитием выделялись *Cloen dipterum* и *Potamanthus luteus*. Везде встречался клоп *Nepa cinerea*. В местах с высокой скоростью течения в массовых количествах развивались мошки *Wilhelmia equina* и *Eusimulium aureum*.

По характеру видового состава фауна реки в основном потамофильная (характерная для равнинных рек), реофильных видов обнаружено мало (два вида мошек).

Бассейн нижнего течения р. Чумыша. В фауне донных беспозвоночных бассейна нижнего течения р. Чумыша (Усть-Чумышский заказник) обнаружено 44 вида, относящихся к 5 классам: пиявок, двустворчатых моллюсков и паукообразных – по 2 вида, брюхоногих – 6, насекомых – 32 (Силантьева, Безматерных, Ирисова и др., 2002). Самыми богатыми по видовому составу классами были насекомые (73% видов) и моллюски (19%), кольчатых червей меньше (5%). Среди насекомых самыми представительными отрядами были двукрылые (15 видов, из них 9 видов хирономид), клопы (6 видов) и стрекозы (5 видов).

По характеру видового состава фауна реки потамофильная (характерная для равнинных рек), реофильных видов обнаружено не было.

Всего в зообентосе изученных водных объектов Верхней Оби обнаружен 171 вид гидробионтов, относящихся к 11 классам (см. прил. 1). Наибольшее число видов приходится на класс насекомых – 118 видов (69,4%) из 10 отрядов, а из них наибольшим видовым богатством отличаются двукрылые – 65 видов (38,2% всех видов зообентоса). Среди двукрылых преобладают хирономиды – 43 вида (25,3%). Далее по видовому обилию следуют моллюски – 26 видов (15,3%) и кольчатые черви – 15 видов (8,8% всех видов донных беспозвоночных).

Сравнение видового состава зообентоса изученных бассейнов при помощи индексов Жаккара и Серенсена показало, что наибольшее сходство видового состава наблюдается между бассейнами рек Барнаулка и Б. Черемшанка (табл. 12), что также подтверждается и общим сходством таксономической структуры зообентоса этих бассейнов (рис. 12).

Намного меньше индексы сходства видового состава зообентоса бассейнов р. Б. Черемшанки и нижнего течения р. Чумыша, и наименьшим сходством отличаются бассейны р. Барнаулки и нижнего течения Чумыша.

Таблица 12

Индексы Серенсена (верхняя часть матрицы) и Жаккара (нижняя часть матрицы) различных участков бассейна Верхней Оби

Бассейны	Барнаулки	Б. Черемшанки	Нижнего течения Чумыша
Барнаулки	–	0,43	0,20
Б. Черемшанки	0,27	–	0,24
Нижнего течения Чумыша	0,11	0,14	–

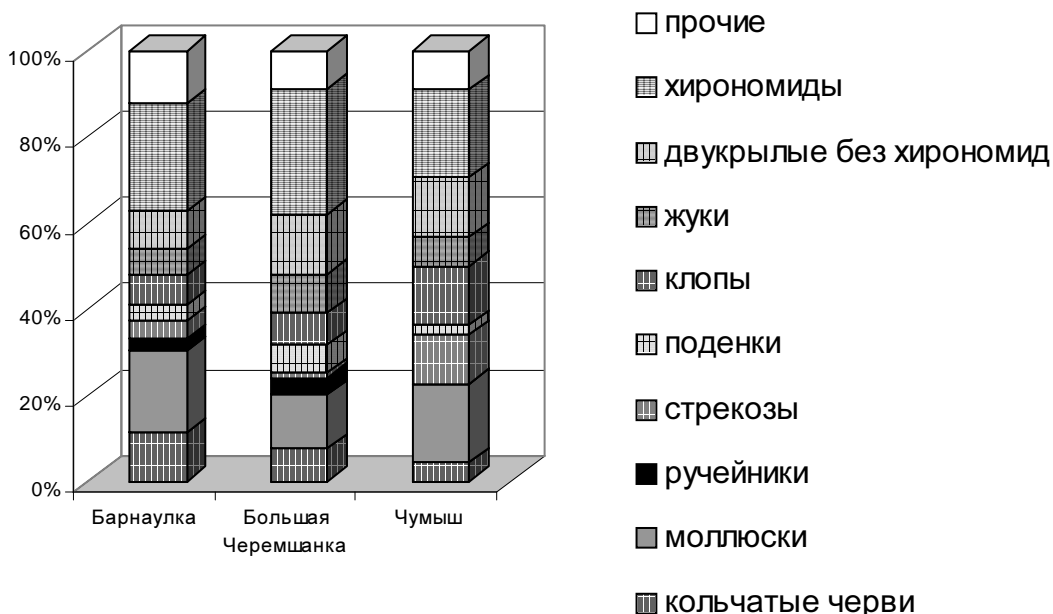


Рис. 12. Доля различных таксонов в видовом составе зообентоса бассейнов рек Барناولки, Б. Черемшанки и нижнего течения Чумыша

4.1.2. Зоогеографический состав

Для определения принадлежности видов к определенным зоогеографическим группировкам были проанализированы литературные данные о характере их ареалов, местах сбора и встречаемости (Жадин, 1952; Чекановская, 1962; Лепнева 1964, 1966; Старобогатов, 1970; Бельшев, 1973–1974; Лукин, 1976; Панкратова, 1970, 1977, 1983; Глухова, 1979; Патрушева, 1982; Стадниченко, 1990; Kruglov, Starobogatov, 1993а, б; Шобанов и др., 1996; Кикнадзе, Истомина, 2000; Определитель..., 1994–2001; Зорина, 2002).

Зоогеографический анализ зообентоса бассейна р. Барناولки показал преобладание транспалеарктических (*Glyptotendipes glaucus*, *Notonecta glauca*) и западно-палеарктических видов (*Endochironomus tendens*, *Tanytus punctipennis*) (рис. 13). Встречались также голарктические виды (*Tubifex tubifex*, *Polypedilum nubeculosum*), к ним относятся 44,8, 33,3 и 19,5% видов соответственно (Безматерных, Эйдукайтене, 2002). На восточно-палеарктические виды и сибирских эндемиков приходится 2,3% видов с установленной зоогеографической принадлежностью: *Chironomus novosibiricus* описан недавно, найден в Западной Сибири, Горном Алтае, Туве и Казахстане (Кикнадзе, Сиирин, Керкис и др., 1993; Кикнадзе, Истомина, 2000), *C. solitus* описан из Восточной Сибири – Иркутское водохр., р. Ангара (Панкратова, 1983), но отмечен и в Западной Сибири – р. Иртыш (Рузанова, 1984а).

Следует отметить, что в отдельных таксонах доминируют разные

зоогеографические группировки. Олигохеты и пиявки представлены в основном голарктами и космополитами (55%), моллюски – западно-палеарктическими (63%) и транспалеарктическими (32%) видами. Среди ракообразных доминируют палеаркты (67%). Среди хирономид больше всего транспалеарктических (44%) и голарктических видов (30%), у прочих насекомых доминируют транспалеарктические (60%) и западно-палеарктические (28%) виды.

В соответствии с новейшими системами зоогеографического районирования (Белышев, Харитонов, 1981; Kruglov, Starobogatov, 1993а, б) бассейн р. Барнаулки может быть отнесен к западной части Палеарктики.

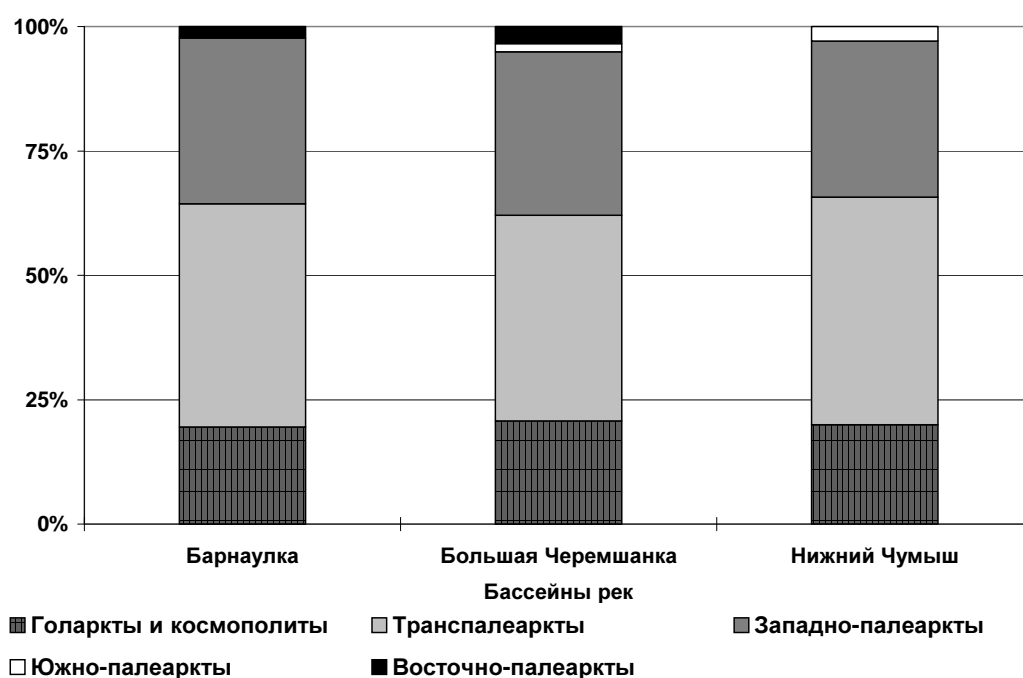


Рис. 13. Зоогеографический спектр зообентоса (% от общего количества видов) бассейнов рек Барнаулки, Б. Черемшанки и нижнего течения Чумыша

Аналогичные данные по зоогеографическому составу зообентоса были нами получены и на другом равнинном притоке Верхней Оби – р. Большой Черемшанке (Безматерных, 2001). Зоогеографический анализ фауны р. Б. Черемшанки показал преобладание транспалеарктических (*Glyptotendipes glaucus*, *Egrobodella octoculata*) и западно-палеарктических видов (*Pentapedilum exectum*, *Ranatra linearis*), но немало и голарктических видов (*Polypedilum nubeculosum*, *Lumbriculus variegatus*), к ним относится 41,4, 32,8 и 20,7% видов соответственно (рис. 13). Встречаются и виды с восточно-палеарктическими ареалами

– 3,4% (*Ceratopsychae nevae* и *Eusimulium aureum*) и азиатским и предгорно-степным ареалом – 1,7% (*Tabanus leleani leleani*).

Среди олигохет и пиявок р. Б. Черемшанки доминировали голаркты и космополиты (83%), среди моллюсков – западно-палеарктические виды (75%). Водные клещи представлены палеарктами и голарктами (по 50% соответственно). Среди хирономид больше всего транспалеарктических (47%) и голарктических (38%) видов, у прочих насекомых доминируют транспалеарктические (49%) и западно-палеарктические виды (38%).

Зоогеографический анализ фауны донных беспозвоночных бассейна нижнего течения р. Чумыша показал преобладание палеарктических видов (43,9%), западно-палеарктических (32,8%) и голарктических (20,0%) видов, отмечены виды с южно-палеарктическим ареалом (*Dicranomyia autumnalis*), восточно-палеарктических видов не обнаружено (рис. 13).

Среди пиявок р. Чумыша отмечены только голаркты, среди моллюсков доминировали западно-палеарктические виды (66%). Из хирономид больше всего транспалеарктических видов (42%), у прочих насекомых доминируют также транспалеаркты (50%).

Таким образом, зоогеографический анализ фауны выявил, что видовой состав зообентоса бассейнов притоков Верхней Оби состоит из широко распространенных в Палеарктике и Голарктике видов, а также видов, характерных для западной части Палеарктики при незначительном различии этих водотоков между собой.

4.1.3. Численность, биомасса и продукция

Бассейн р. Барнаулки. По нашим данным (Безматерных, Эйдукайтене, 2003), наибольшее значение (по численности и биомассе) в зообентосе р. Барнаулки имели хирономиды, моллюски и олигохеты (рис. 14). Из хирономид наибольшее значение имели личинки подсемейства хирономин (*Chironomus acutiventris*, *C. gr. plumosus*), их развитие происходило на заиленных грунтах. Ортокладиины в основном были представлены родом *Cricotopus* (*C. bicinctus*, *C. gr. silvestris*) и встречались в зарослях макрофитов. Везде встречались моллюски *Lymnaea ovata* и *L. stagnalis*, в некоторых местах наблюдается массовое развитие *Planorbis planorbis*. На всем протяжении реки встречались олигохеты *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Tubifex tubifex*, но наиболее обильными они были в местах загрязнения органическими веществами.

Из других таксонов следует отметить насекомых из отрядов стрекоз, поденок, клопов и жуков, их развитие наблюдалось в местах с пониженной скоростью течения. Из стрекоз чаще встречалась *Brachitron*

pratense. Среди поденок массовым развитием выделялись *Cloen dipterum* и *Ephemerella ignita*, среди клопов – *Nepa cinerea* и *Pyocoris cimicoides*. Из жуков следует отметить *Dytiscus circumflexus*.

Исследование численности и биомассы показало, что зообентос был распределен по реке неравномерно. В 2000 г. при полном отсутствии бентоса в большинстве проб, отобранных на грунтах с запахом сероводорода (ниже стока «АЗА» и пр-т Социалистический) наибольшая численность (до 449,8 экз./м²) была отмечена на заиленном песке (с. Черемное), а биомассы (26,9 г/м²) – на грубом детрите (с. Зимино). В черте г. Барнаула (от устья Барнаулки до Лесного пруда) по численности и биомассе доминировали олигохеты, выше по течению по численности доминировали хирономиды, по массе – моллюски (рис. 15). При этом численность и биомасса заметно уменьшались от истоков к устью, что, вероятно, связано с загрязнением реки, которое возрастает в этом направлении (Бельдеева и др., 2000; Михайлов и др., 2000; Третьякова, 2000; Темерев и др., 2001; Долматова и др., 2002).

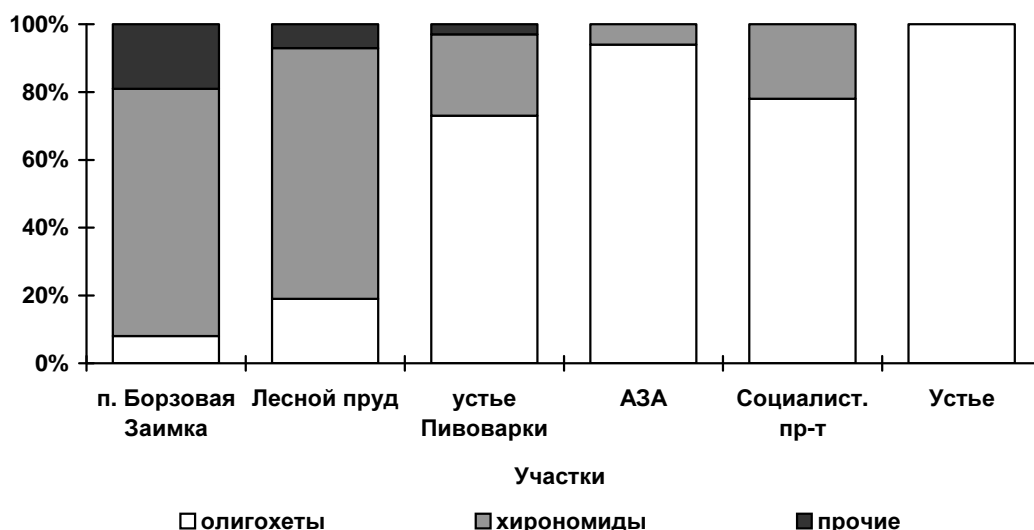


Рис. 14. Относительная численность таксонов зообентоса на разных участках р. Барнаулки в 1997 г.

Из представленных данных (рис. 14) следует, что по уровню развития зообентоса р. Барнаулка в верхнем и среднем течении соответствует мезотрофным и эвтрофным водоемам по шкале С.П. Китаева (1986) в зависимости от типа преобладающего грунта. В нижнем течении развитие зообентоса определяется степенью воздействия неблагоприятных антропогенных факторов. Окончательный вывод о трофическом статусе реки можно сделать только с привлечением данных по уровню развития планктонных сообществ.

В составе зообентоса р. Барнаулки мирные формы почти всегда

преобладали над хищными. Причем прослеживалась тенденция к уменьшению доли хищников вниз по течению в черте города. В верхнем и среднем течении хищные формы (пиявки, жуки, клопы, хирономиды *Cryptochironomus gr. defectus*) составляли 15–30% численности зообентоса, тогда как в черте г. Барнаула полностью доминировали детритоядные формы (тубифициды, хирономиды рода *Chironomus*) – 95–100%. Такое снижение доли хищников в экосистеме часто свидетельствует об усилении антропогенного воздействия (Алимов, 2000). Наблюдаемая перестройка трофической структуры бентосных сообществ четко отражает тенденцию к накоплению в реке органических веществ вниз по течению (см. главу 5).

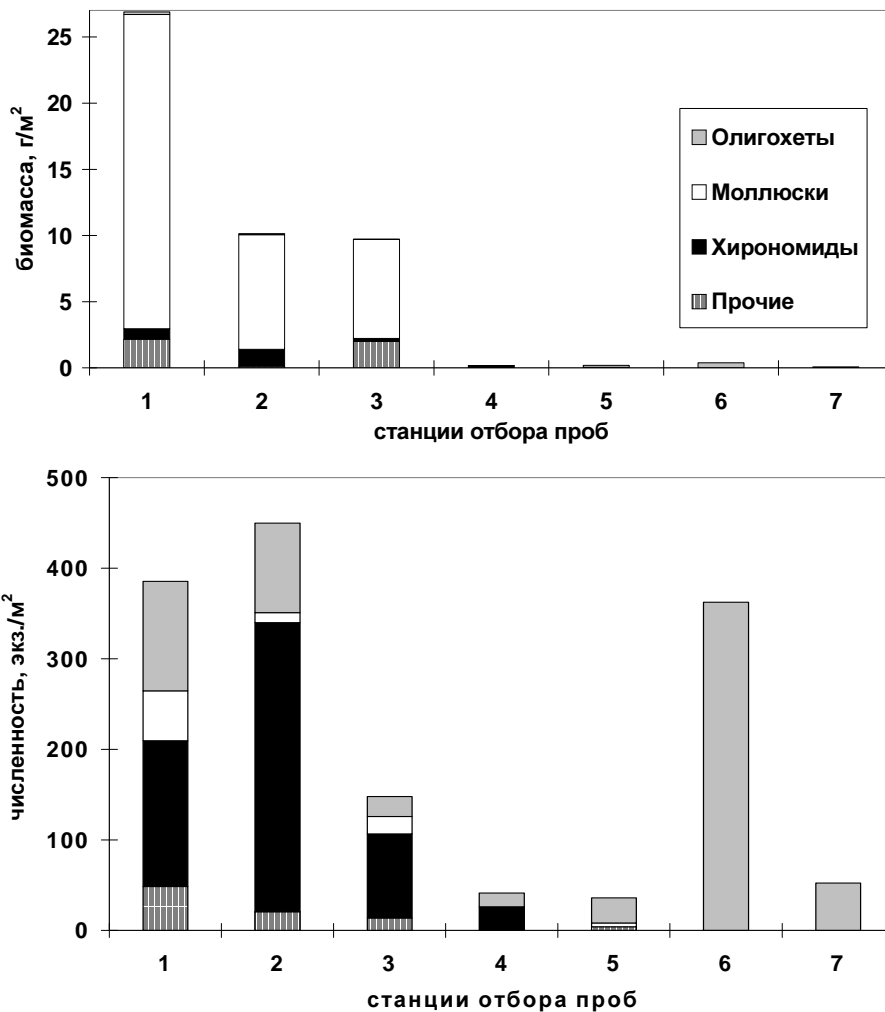


Рис. 15. Средняя (за период апрель-октябрь 2000 г.) биомасса и численность отдельных таксонов зообентоса р. Барнаулки на различных участках реки:

1 – мост в районе с. Зимино; 2 – плотина у с. Черемное; 3 – ниже п. Борзовая Заимка; 4 – г. Барнаул: ниже Лесного пруда (городской пляж); 5 – г. Барнаул: ниже впадения р. Пивоварки; 6 – г. Барнаул: ниже стока «АЗА»; 7 – г. Барнаул: мост на пр-те Социалистическом, «Старый базар»

Продукция зообентоса р. Барнаулки была рассчитана по данным 2000 г. (табл. 13). Величина продукции зообентоса реки за пределами г. Барнаула (27,6–42,81 кДж/м²) в десятки раз превосходила продукцию в черте г. Барнаула (1,11–4,94 кДж/м²). Такую разницу можно объяснить только угнетенным состоянием бентоса в г. Барнауле под влиянием высоких концентраций загрязнителей промышленного и бытового происхождения. Причем в связи с исчезновением прессы хищников в черте г. Барнаула в нижнем течении общая продукция практически равна реальной.

Таблица 13

Продукция зообентоса на различных участках р. Барнаулки за апрель-октябрь 2000 г.

Участки реки	Общая продукция, г/м ²	Рацион хищников, г/м ²	Реальная продукция, г/м ²	Реальная продукция, кДж/м ²
Зимино	25,99	6,35	19,65	42,81
Черемное	13,61	0,20	13,41	33,76
Борзовая Заимка	9,55	0,04	9,50	27,61
Лесной пруд	0,64	0,00	0,64	1,76
р. Пивоварка	0,86	0,01	0,84	3,46
«АЗА»	1,18	0,00	1,18	4,94
Социалист. пр-т	0,26	0,00	0,26	1,11

Из сравнения вклада различных таксонов зообентоса в общую продукцию следует, что ведущими продуцентами в верхнем и среднем течении реки были хирономиды, моллюски и прочие, а в нижнем течении – олигохеты (табл. 14).

Таблица 14

Общая продукция основных таксономических групп зообентоса р. Барнаулки за апрель-октябрь 2000 г., кДж/м²

Участки реки	Олигохеты	Моллюски	Хирономиды	Прочие
Зимино	4,23	17,39	25,74	19,44
Черемное	4,04	6,33	22,46	1,68
Борзовая Заимка	0,38	5,69	3,65	18,07
Лесной пруд	0,19	0,00	1,56	0,00
р. Пивоварка	3,42	0,05	0,00	0,04
«АЗА»	4,94	0,00	0,00	0,00
Социалист. пр-т	1,11	0,00	0,00	0,00

Зообентос рек бассейна р. Барнаулки другими гидробиологами ранее не изучался, однако имеются немногочисленные данные о зообентосе озер в верховьях р. Барнаулки (Иванова, 1962; Благовидова, 1973б). Из опубликованных данных известно, что средняя биомасса

бентоса озер Зеркальное и Бахматовское очень низка: 0,7–2,3 г/м². Озера находятся в депрессивном состоянии в связи с ежегодными зимними заморами, интенсификацией процессов заболачивания и широким распространением жесткой растительности. В 30–40-е гг. XX в., когда озера обводнялись через р. Барнаулку, они характеризовались исключительно высокой биомассой зообентоса – 38–39 г/м².

Биомасса зообентоса озер Барнаульской системы в 2003 г. колебалась от 0,19 г/м² (оз. Зеркальное) до 19,57 г/м² (оз. Бахматовское). Во всех изученных водоемах основу биомассы зообентоса составляли личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*), к обязательным компонентам зообентоса можно также отнести брюхоногих и двустворчатых моллюсков из семейств *Lymnaeidae*, *Planorbidae* и *Pisidiidae*. Кроме того, необходимо отметить малощетинковых червей семейства *Tubificidae* (*Limnodrilus hoffmeisteri*), рачков-бокоплавов (*Gammarus lacustris*), пиявок (*Erpobdella octoculata*), водных клопов (*Illyocoridae*, *Corixidae*, *Notonectidae*) и жуков (*Dytiscidae*), а также личинок ручейников, поденок и стрекоз (см. прилож. 2).

Иванова З.А. (1962) приводит следующие средние значения биомассы зообентоса для озер Бахматовского, Серебренниковского и Песчаного – 8,63, 21,18 и 29,87 г/м² соответственно (табл. 15). По ее данным, наибольшую биомассу на оз. Бахматовском имели моллюски, личинки комаров и бокоплавов; на оз. Серебренниковском – моллюски, пиявки, личинки комаров, поденок и веснянок; на оз. Среднем – моллюски, личинки комаров, пиявки и жуки. Большая доля моллюсков и личинок комаров в биомассе бентоса хорошо согласуется с нашими результатами.

Таблица 15

Соотношение компонентов бентофауны (по группам, % биомассы) в озерах Барнаульской системы, июль-август 1958 г. (по Ивановой, 1962)

Группы организмов	Бахматовское	Серебренниковское	Среднее
Олигохеты	–	0,27	–
Пиявки	3,05	25,44	15,77
Бокоплавов	12,58	2,13	1,67
Жуки	–	–	15,14
Клопы	–	2,54	5,25
Стрекозы	0,70	3,24	–
Ручейники	2,01	2,21	0,09
Поденки и веснянки	–	13,18	1,17
Комары	30,48	18,70	21,63
Моллюски	51,24	32,89	38,26
Прочие	0,24	–	1,08
Средняя биомасса, г/м ²	8,69	21,18	29,87

Бассейн р. Б. Черемшанки. Биомасса зообентоса р. Б. Черемшанки в основном складывалась из хирономид, мелких моллюсков и прочих насекомых (Веснина, Соловов, Безматерных и др., 2002). Меньшее значение имели пиявки и олигохеты (табл. 16).

Таблица 16

Характеристики зообентоса р. Б. Черемшанки

Грунт	Биомасса бентоса, г/м ²		Преобладающие группы, % биомассы
	среднее	колебания	
Заиленный песок	10,8	0,2–23,0	Chironomidae (56,3), Chaoborus (12,1)
Илы	8,0	3,0–18,5	Mollusca (39,4), Hirudinae (23,6)
Песок	4,7	0,6–8,4	Chironomidae (42,4), Oligochaeta (24,6)
В среднем	8,7	0,2–23,0	Chironomidae, Mollusca

Сравнительно бедно донное население на глинистом биотопе, где присутствовало небольшое количество личинок поденок и ручейников. К наиболее продуктивным грунтам относился заиленный песок. Богатое население в зооперифитоне. Исследование зооперифитона на отмершей древесине показало, что на небольшой площади (0,025 м²) находилось 475 бентосных организмов (личинки поденок, ручейников, мошек, хирономид) (Веснина, Соловов, Безматерных и др., 2002).

Данные по биомассе и продукции зообентоса Сорочье-Логовского водохранилища на р. Б. Черемшанке приводят Л.В. Веснина и В.П. Соловов (1997). По их данным, биомасса бентоса в водохранилище составляла 101,0 г/м², а годовая продукция – 1580 т.

По уровню развития зообентоса р. Б. Черемшанку можно отнести к мезотрофному типу, по шкале С.П. Китаева (1986).

Бассейн нижнего течения р. Чумыша. Основу количественного развития зообентосных сообществ этого бассейна составляли брюхоногие моллюски (Gastropoda) и личинки хирономид (Chironomidae). Причем первые доминировали в слабопроточных, а вторые в текущих водах (Силантьева, Безматерных, Ирисова и др., 2002).

Наибольших количественных характеристик зообентос достигал в стоячих и слабопроточных водоемах, причем в более глубоких водоемах развитие зообентоса, по всей вероятности, тормозилось анаэробными условиями, которые наблюдались в придонных слоях воды, зато перифитонные сообщества имели максимальное развитие. Наиболее благоприятные условия для развития зообентоса наблюдались в протоке: благоприятный кислородный режим, отсутствие сильного течения, здесь биомасса бентоса достигала максимальных значений (табл. 17). Доминирующей по биомассе и численности группой зообентоса и в протоке, и в озере являлись брюхоногие моллюски.

По шкале С.П. Китаева (1986), пойменные водоемы по уровню развития зообентоса можно отнести к β -эвтрофному типу (высокая продуктивность), а протоку – к гиперэвтрофному (очень высокая продуктивность). Общепринятой трофической классификации рек не существует, но по шкале С.П. Китаева р. Чумыш можно классифицировать как мезотрофный.

Таблица 17

Численность, биомасса и доминирующие таксоны зообентоса водных экосистем бассейна нижнего течения р. Чумыша в августе-сентябре 2001 г.

Водные экосистемы	Грунт	Численность, тыс. экз./м ² . Биомасса, г/м ²	Доминирующий таксон
Пойменные водоемы	илистый	1,10	Gastropoda
		26,75	Gastropoda
Протока Чумыша	детрит	1,00	Gastropoda
		92,00	Gastropoda
Русло Чумыша	глина	0,00	–
		0,00	
	заиленная глина	0,75	Chironomidae
		0,03	Chironomidae
	детрит	0,20	Chironomidae
		1,00	Gastropoda
заиленный песок	0,50	Chironomidae	
	2,50	Chironomidae	
песок	песок	0,05	Limoniidae
		0,05	Limoniidae

В русле р. Чумыша доминирующей по численности и биомассе группой зообентоса являлись личинки двукрылых (хирономиды и лимонииды). Уровень количественного развития зообентоса очень сильно колебался в зависимости от типа грунта, наиболее продуктивен заиленный песок, на глине развитие зообентоса не наблюдалось. Всего в русле Чумыша можно выделить пять основных типов грунтов, площади, занимаемые ими, не известны, точную характеристику трофического статуса реки можно дать лишь после составления карты распространения грунтов.

Таким образом, наибольшее значение в формировании численности и биомассы бентосных сообществ притоков Верхней Оби имеют хирономиды и моллюски, меньшее – олигохеты. В разных водотоках соотношение численности и биомассы этих трех групп может несколько различаться. Наибольшая биомасса донных сообществ в притоках Верхней Оби наблюдалась на заиленных грунтах и детрите (0,2–34,8 г/м², в среднем 10–15 г/м²), меньшая биомасса зообентоса песка и глины (0–8,4 г/м², в среднем 2–3 г/м²).

По уровню развития зообентоса обследованные притоки Верхней Оби делятся на олиго-мезотрофные (нижнее течение р. Чумыша), мезотрофные (р. Б. Черемшанка) и мезотрофно-эвтрофные (р. Барнаулка).

4.2. Цитогенетический, морфологический анализ, систематика, экология и распространение хирономид

Как было показано ранее, хирономиды составляют 25,3% видового состава зообентоса исследованных нами бассейнов. Они доминируют в численности и биомассе зообентоса, играют существенную роль в биоиндикационных исследованиях.

4.2.1. Цитогенетический анализ

Из 29 видов хирономид, обнаруженных в р. Барнаулке, изучены кариотипы 6 видов: *Endochironomus tendens* Fabricius, *E. albipennis* Meigen, *Lipiniella moderata* Kalugina, *Chironomus acutiventris* Wulker et al., *C. novosibiricus* Kiknadze et al., *Glyptotendipes glaucus* Meigen. Для одного вида – *C. obtusidens* Goetghebuer – была сделана только проверка морфологического определения по кариотипу. Ниже представлены описания кариотипов изученных нами видов, а также оригинальные фотографии кариотипов и некоторых хромосомных перестроек.

Chironomus novosibiricus Kiknadze et al. (рис. 16 и 17)

Описание кариотипа и цитофотокарты впервые были представлены И.И. Кикнадзе, М.Т. Сириным, И.Е. Керкис с соавт. (1993) и М.Т. Сириным (1996). На Алтае этот вид выявлен нами впервые. Первоначально вид описан как *Camptochironomus* sp. № 1 (Кикнадзе и др., 1991). Число хромосом $2n=6$; сочетание плеч АВ, СF, GED (модифицированный цитокомплекс *camptochironomus*); имеет место теломер-теломерное слияние плеч Е и G; хромосомы АВ и СF – метацентрические или слегка субметацентрические; хромосома GED – субметацентрическая; ядрышко одно, локализовано в плече G. Характерной чертой кариотипа является наличие постоянных эктопических спариваний хромосом своими теломерными концами. При этом образуются длинные цепи из соединенных друг с другом хромосом.

Для данного вида характерен высокий уровень хромосомного полиморфизма. Доля личинок, гетерозиготных по инверсиям, равна 89%. Среднее число инверсий на одну особь равно 1,9. Гомо- и гетерозиготные инверсии были обнаружены в 5 из 7 хромосомных плеч. Мономорфными были лишь плечи F и G. Всего выявлено 13 различных последовательностей дисков, образующих 17 генотипических сочетаний. В барнаульских популяциях выявлено 4 типа инверсий (см. рис. 17).



Рис. 16. Кариотип *Chironomus novosibiricus*:
 здесь и далее: **A-G** – плечи хромосом; **→** – центромера; **N** – ядрышко; **BR** – кольца Бальбиани



Рис. 17. Хромосомные перестройки Chironomus novosibiricus:

А – включенная гетерозиготная инверсия в плече E 1.2; **Б** – простая гетерозиготная инверсия в плече E;

В – включенная гетерозиготная инверсия в плече D 1.2; **Г** – микроинверсия в плече B

Ввиду малой известности вида, описанного недавно в Сибири, ниже дана краткая морфологическая характеристика личинки (Кикнадзе, Сиринов, Керкис и др., 1993). Личинки данного вида имеют характерную морфологию, позволяющую легко отличать их от личинок других, симпатричных с ним видов р. *Chironomus* (*C. annularius*, *C. gr. riihimakiensis*) по вентральным отросткам и окраске головной капсулы. Личинки красные, среднего размера (перед окукливанием достигают 11–13 мм), на 11-м сегменте тела имеются две пары вентральных отростков одинаковой длины с округлыми концами, длина второй пары едва достигает середины 12-го сегмента. Латеральные отростки отсутствуют. Головная капсула желтая с коричневым овальным пятном на фронтальном склерите. Вентральная сторона головной капсулы интенсивно окрашена. Гулярный склерит черный вплоть до ментума, к нему примыкают темно-окрашенные полосы. 4-й боковой зубец ментума ниже 5-го зубца. Базальный зубец ментума слабо окрашен.

Chironomus acutiventris Wulker, Ryser et Scholl (рис. 18 и 19)

Кариотип вида впервые был изучен В. Вюлккером с соавт. (Wülker et al., 1983) в популяциях из Германии и Швейцарии. На Алтае этот вид выявлен нами впервые. Кариотип – $2n=8$, сочетание хромосомных плеч: АВ, CD, EF, G (комплекс thummi).

Характерной чертой кариотипа *C. acutiventris* из р. Барнаулки является перетяжка в плече А вблизи центрального района. В дистальной части плеча находится большой пуф. Гомологи плеча G не конъюгируют совсем или конъюгируют частично в дистальном районе, ядрышко находится вблизи центромеры, два кольца Бальбиани (BR) лежат в дистальной части плеча G и отделены от проксимальной его части тонкой перетяжкой (Истомина и др., 1999).

Кариотип сибирского *C. acutiventris* достаточно полиморфный, в р. Барнаулке 74% личинок имели гетерозиготные инверсии с числом инверсий на особь 1,08. Плечи А, В и G оказались мономорфными, в плечах С, D, E и F обнаружены простые и сложные гетеро- и гомозиготные инверсии. Обнаружено 17 последовательностей дисков, из них 6 ранее не встречались в европейских популяциях (Истомина и др., 1999).

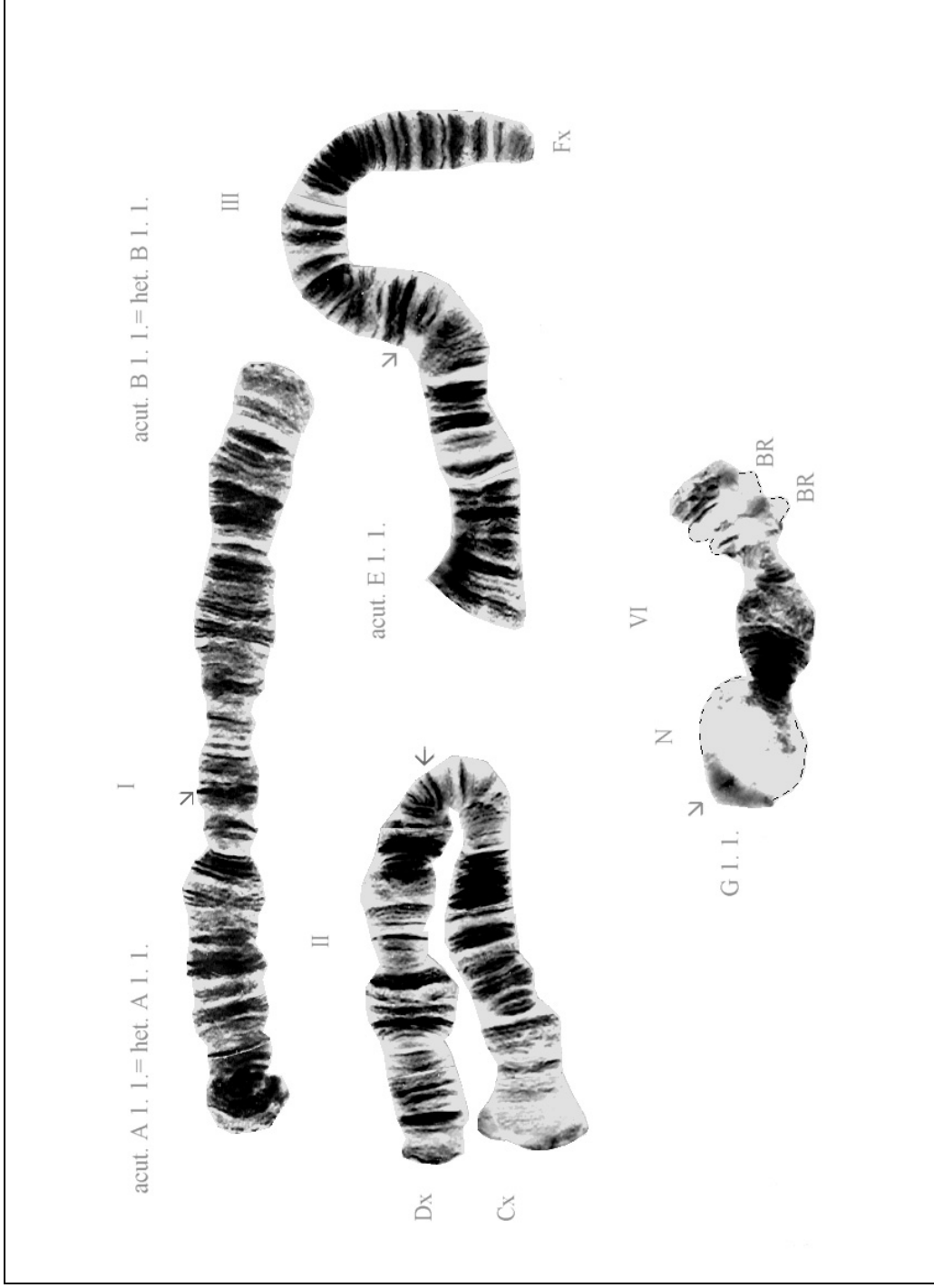


Рис. 18. Кариотип *Chironomus acutiventris acutiventris* (римскими цифрами обозначены номера хромосом, прочие обозначения см. рис. 16)

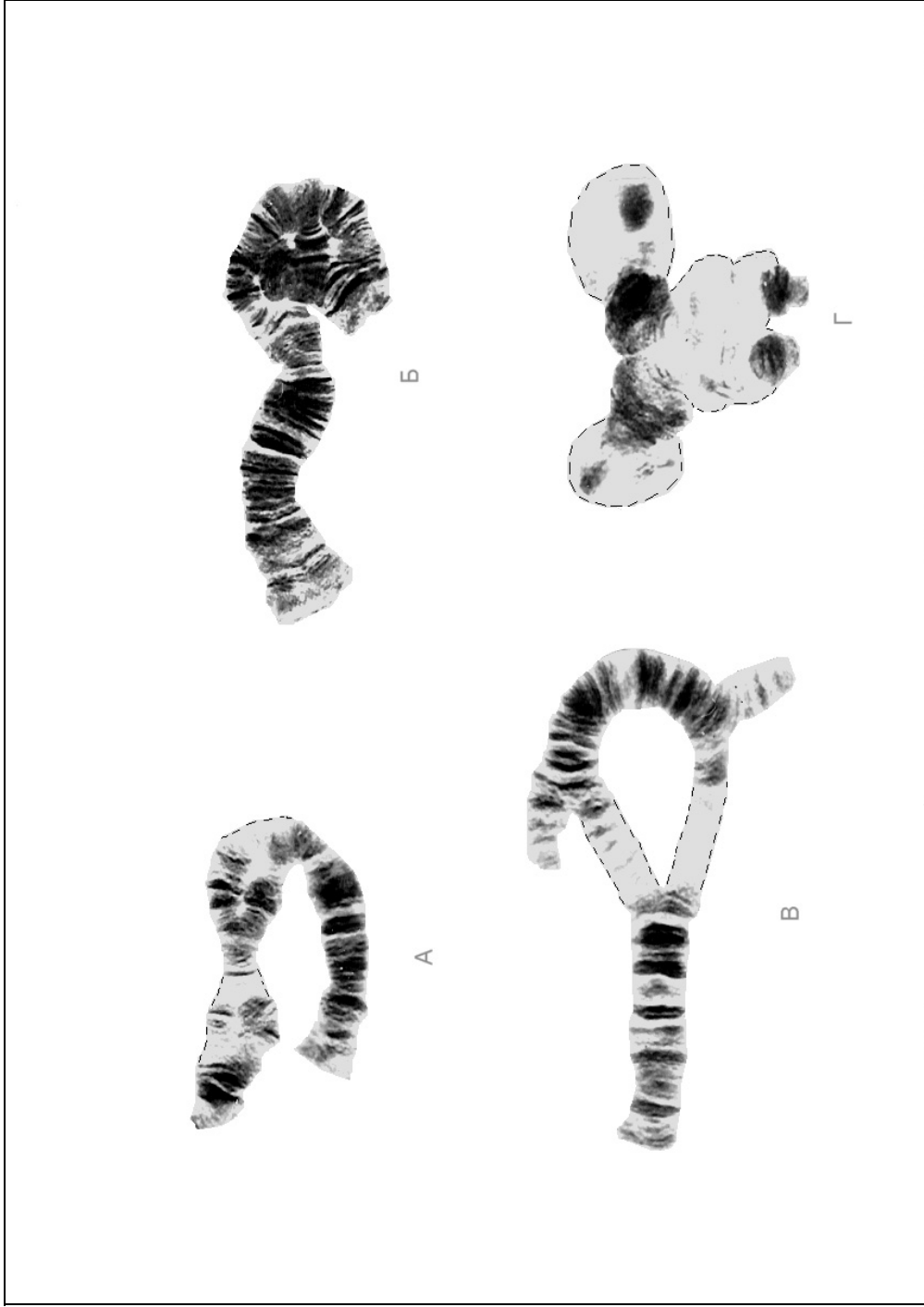


Рис. 19. Хромосомные перестройки *Chironomus acutiventris acutiventris*:

A – включенная гетерозиготная инверсия в плече D, **Б** – сложная гетерозиготная инверсия в плече D; **В** – простая гетерозиготная инверсия в плече F; **Г** – расхождение гомологов в плече G

Endochironomus albipennis Meigen (рис. 20)

Впервые описание кариотипа и цитофотокарты этого вида были представлены С. И. Беляниной (1981), а также П. Михайловой (Michailova, 1987). Диплоидное число хромосом в кариотипе *E. albipennis* редуцировано, $2n=6$. В клетках с политенными хромосомами выявляются три длинных хромосомы примерно равной длины. Согласно П. Михайловой, хромосомные плечи обозначаются у *E. albipennis* следующим образом: хромосома I – плечи A и D, хромосома II – плечи B и C, хромосома III – плечи GE и F. Центромерные районы выражены нечетко. Описано одно ядрышко – в хромосоме I. Однако в хромосоме II близ обоих концов имеются очень крупные пуфы, по морфологии соответствующие ядрышкам. Характерным маркером кариотипа *E. albipennis* могут служить два BR в центре хромосомы I, близко расположенные один к другому. Еще одно BR наблюдается в хромосоме III. Хромосомный полиморфизм детально не изучен.

Endochironomus tendens Fabricius (рис. 21)

Описание кариотипа и фотокарты этого вида впервые были представлены С.И. Беляниной (1978) и Р. Michailova, Р. Gercheva (1982). $2n=6$. Сочетание плеч EF (I), CD (II), AB (III). Соотношение длин хромосом: I=II=III. Все хромосомы метацентрические. Центромерные хромосомы крупные гетерохроматизированные. Ядрышко и кольца Бальбиани во второй хромосоме. Хромосомный полиморфизм высокий. Выявлено более 17 типов хромосомных перестроек. Обнаружены В-хромосомы. Нами хромосомный полиморфизм в р. Барнаулке пока не изучен.

Glyptotendipes glaucus Meigen (рис. 22)

Впервые описание кариотипа, цитофотокарты и сведения о хромосомном полиморфизме вида представлены Г.Н. Мисейко, Б.Х. Минсариновой (1974) и П. Михайловой (Michailova, 1979). Диплоидное число хромосом в кариотипе *G. glaucus* – $2n=8$. В клетках с политенными хромосомами имеются четыре хромосомы, из которых хромосомы I (AB) и II (CD) – длинные, хромосома III (EF) – более короткая и хромосома IV (G) – еще короче. Центромерные районы выражены нечетко. Кариотип полинуклеолярный: наиболее крупное ядрышко находится близ центромерного плеча G, рядом с ним, по-видимому, имеется еще одно ядрышко; в крупных хромосомах также наблюдаются ядрышки, степень развития которых варьирует у разных личинок. Два кольца Бальбиани имеются в средней части плеча G. Все хромосомные плечи оказались полиморфны. Найдено 13 парацентрических инверсий. В барнаульских популяциях хромосомный полиморфизм не изучен.

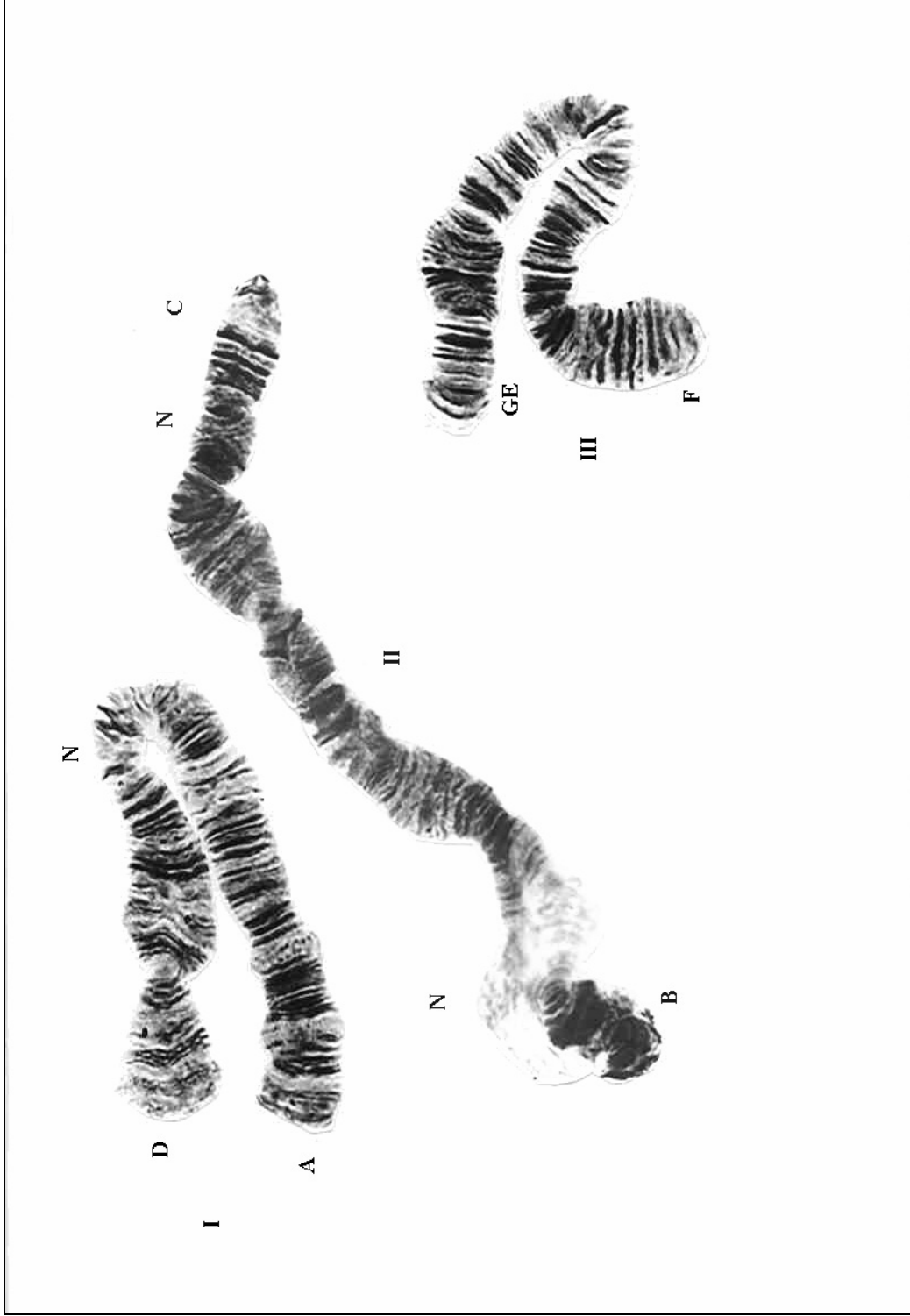


Рис. 20. Кариотип *Endochironomus albireppis* (обозначения см. рис. 16 и 18)

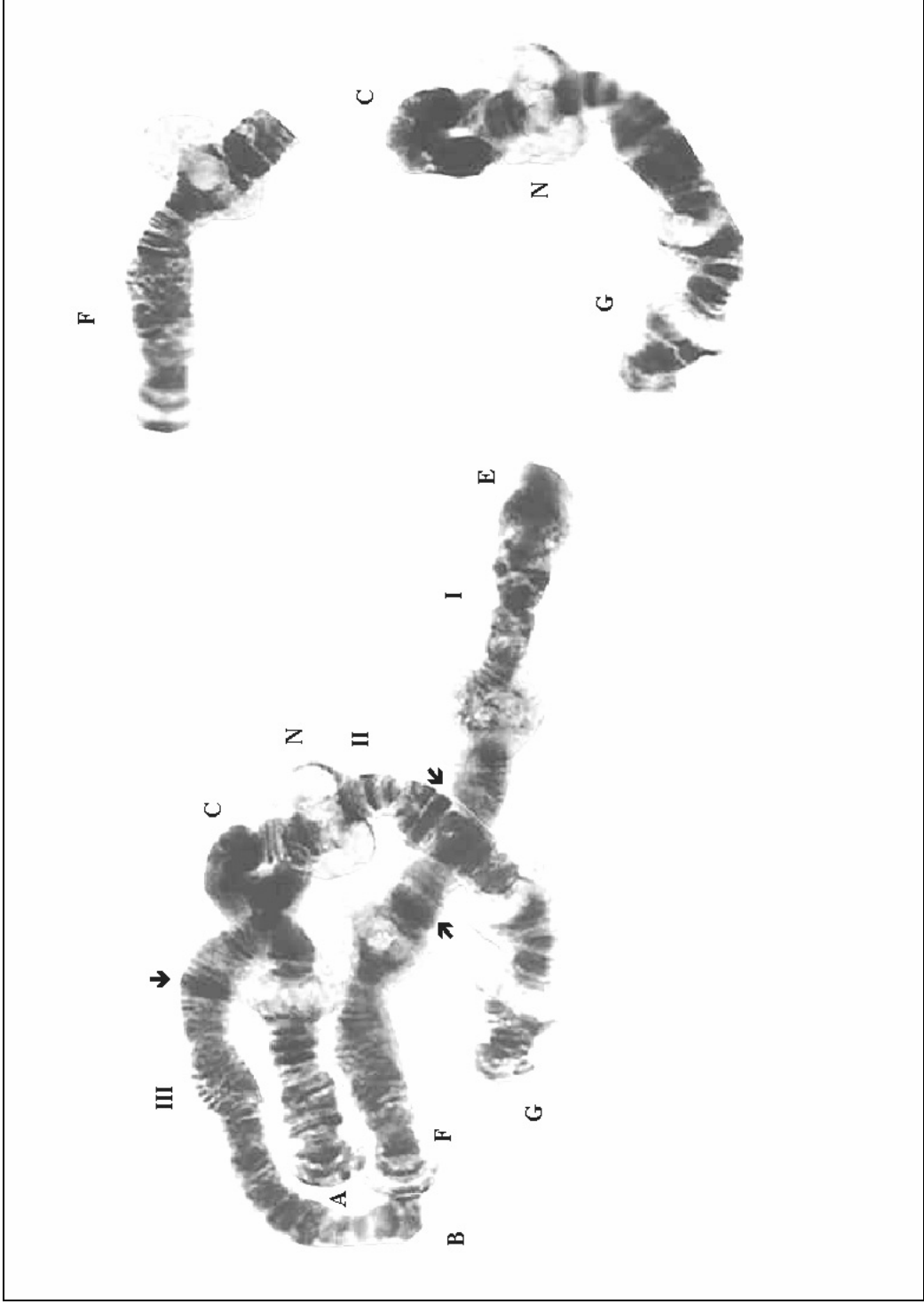


Рис. 21. Кариотип *Endochironomus tendens* (обозначения см. рис. 16 и 18)

Lipiniella moderata Kalugina (рис. 23)

Описание кариотипа и цитофотокарты впервые были представлены И.И. Кикнадзе с соавт. (Кикнадзе и др., 1989; Kiknadze et al., 1989). $2n=4$, метафазные хромосомы представлены парой метацентрических и парой коротких акроцентрических хромосом, две политенные хромосомы в клетках слюнных желез значительно различаются по длине, центромерные районы морфологически не выражены. Ядрышек три: одно в хромосоме I, два в хромосоме II. Колец Бальбиани четыре: одно в хромосоме I, три в хромосоме II, третье развивается только в клетках специальной доли. Уровень хромосомного полиморфизма высок. Перестройки найдены в обеих хромосомах: по одной инверсии в плечах II_L и II_R и два типа инверсий в хромосоме II. В популяциях р. Барнаулки хромосомный полиморфизм пока не изучен.

Ввиду малой известности вида, описанного недавно, ниже даем краткую морфологическую характеристику личинки. Личинка длиной 8–10 мм, розово-красная. Близ задних углов VIII брюшного сегмента пара хорошо развитых вентральных отростков, их длина значительно меньше длины задних подталкивателей и почти равна 1/2 длины сегмента. Голова светло-желтая, вентрально близ затылочного склерита с темным рисунком, меньшего, чем у *L. arenicola* Shilova, размера и чуть слабее выраженным. Клипеус слит с лабрумом и фронтальным склеритом. Между S3 и S4 находится неправильной округлой формы пятно – слабо склеротизированный участок головной капсулы с морщинистой структурой. Личинка отличается от *L. arenicola* меньшими размерами тела и шириной головной капсулы, хорошо развитыми вентральными отростками (Kiknadze et al., 1989; Biro, 2000).

Таким образом, изучение кариотипов массовых видов хирономид позволило уточнить систематическое положение шести видов хирономид. Обнаружены три недавно описанных вида (*C. acutiventris*, *C. novosibiricus* и *L. moderata*), чей ареал еще практически не изучен.

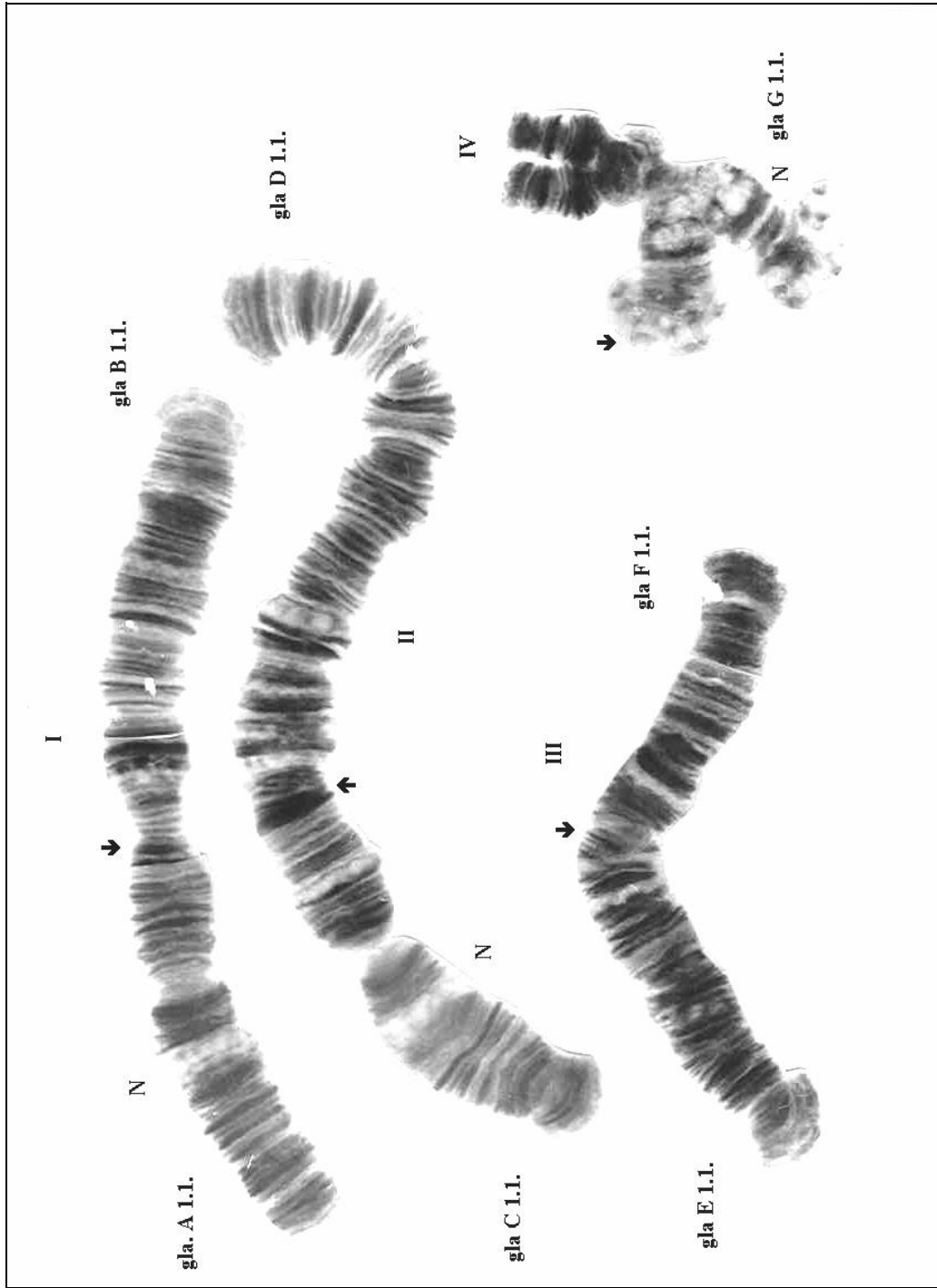


Рис. 22. Кариотип *Glurtotendipres glaucus* (обозначения см. рис. 16 и 18)

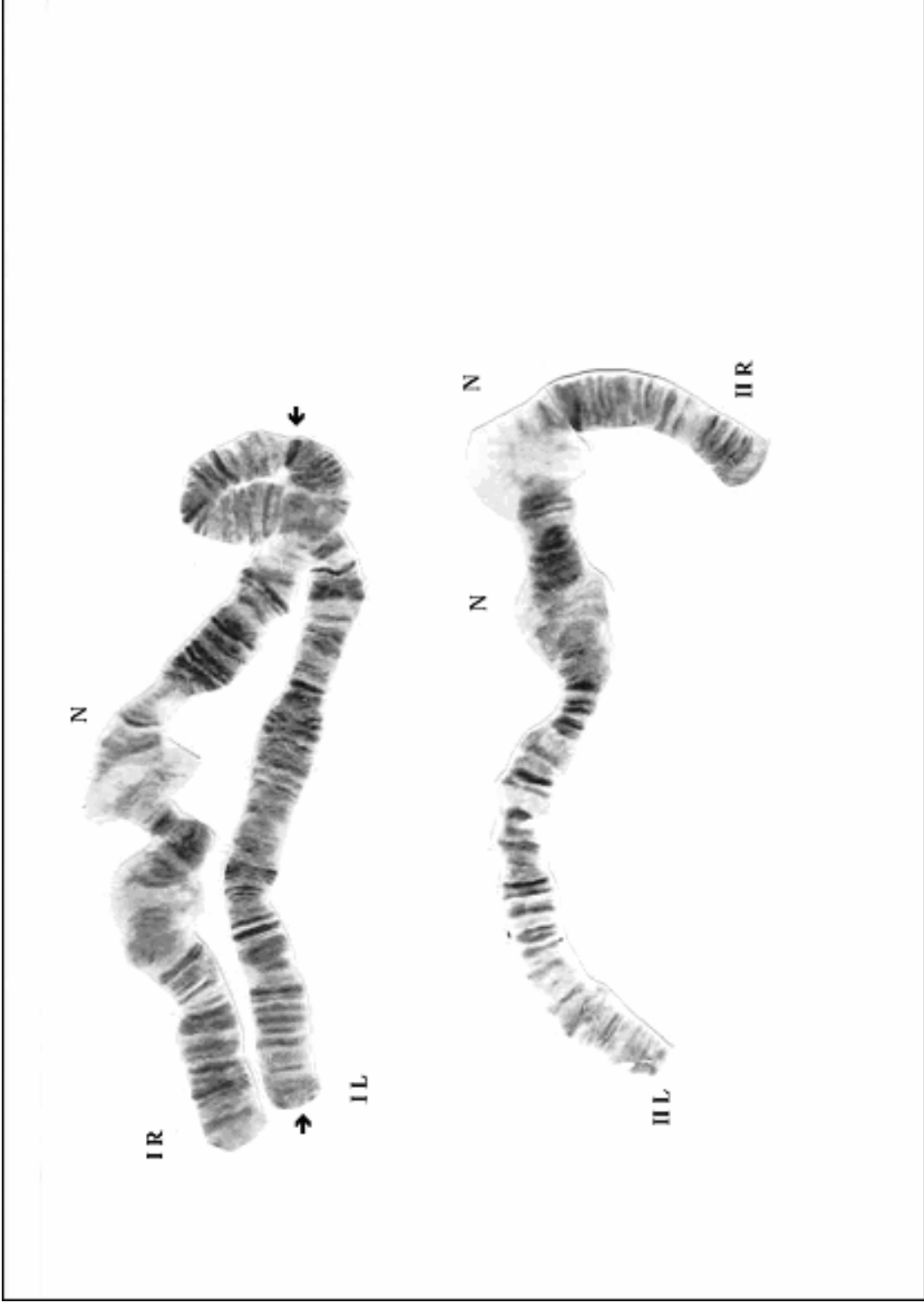


Рис. 23. Кариотип *Liriniella moderata* (обозначения см. рис. 16 и 18)

4.2.2. Морфологический анализ, систематика, экология и распространение хирономид

Анализ морфологии, систематики, экологии и распространения хирономид был проведен на примере группы видов *obtusidens* рода *Chironomus*, оказавшейся массовой в бассейне Верхней Оби (Кикнадзе Истомина, 2000). Кроме того, была изучена морфология куколки и имаго *C. cingulatus*.

Систематика рода *Chironomus* группы *obtusidens*. Одной из групп видов рода *Chironomus*, где в последнее время описаны новые виды, является группа *obtusidens*. В настоящее время группа включает 4 вида: *C. obtusidens* Goetghebuer, 1921, *C. heterodentatus* Konstantinov 1956, *C. sokolovae* Istomina, Siirin, Polukonova, 2000 и *C. acutiventris* Wülker, Ryser, Scholl, 1983, причем последний имеет два подвида – *C. a. acutiventris* и *C. a. bavaricus*, как оказалось, виды этой группы многочисленны в бассейне Верхней Оби и Верхнего Енисея (Сиирин, 1996; Кикнадзе, Истомина, 2000).

Первым описанным видом этой группы является *C. obtusidens* (Goetghebuer, 1921). Много позднее А.С. Константинов (1956) по морфологии трех стадий развития описал другого члена этой группы – *C. heterodentatus*, но западным систематикам этот вид оставался неизвестным и потому считался сомнительным. Позднее В.Ф. Вюлкер с соавт. (Wülker, Ryser, Scholl, 1983) описал *C. acutiventris* по морфологии личинки, имаго и кариотипу, морфология куколки описана не была. Систематический статус *C. heterodentatus* оставался неясным, пока не было сделано новое детальное описание морфологии вида (Полуконова, 1996) и описан его кариотип (Белянина и др., 2000). Последний член этой группы *C. sokolovae* выявлен А.Г. Истоминой с соавт., для него имеется описание кариотипа и всех стадий развития (Истомина и др., 2000).

Ниже дается описание *C. acutiventris acutiventris* p. Барнаулки.

Личинка *C. a. acutiventris* красная, типа *thummi*, формы *fluvialis* с длинными, заостренными латеральными отростками, длина личинок – 10–11 мм. По морфологии личинка очень близка к *C. heterodentatus* и *C. sokolovae*. Сенсила антенны достигает только основания пятого членика. Четвертый зубец мандибулы, хорошо выражен, значительно светлее остальных. Отношение ширины вентроментальных пластинок к их высоте 1:3 (рис. 24).

В барнаульской популяции *C. a. acutiventris* наблюдалось сильное варьирование формы зубцов ментума – от заостренных до округлых (рис. 24, А–Б), что, вероятно, связано как с изменчивостью вида, так и с их возрастом личинки (со временем зубцы, как правило, стираются)

(Истомина и др., 2000). Подобная ситуация наблюдается и с формой зубцов ментума у *C. obtusidens*: по Вюлкеру (Wülker et al., 1983), они заостренные, а по А.И Шиловой (1958) – округлые. В систематике группы *obtusidens* существуют также противоречия в использовании признака длины сенсиллы антенны: по одним данным, у *C. heterodentatus* он заходит за вершину пятого членика (Полуконова, 1996), а по другим – доходит до середины четвертого (Константинов, 1956). Все это затрудняет точную видовую диагностику личинок группы *obtusidens* по морфологическим признакам.

Куколка *C. acutiventris acutiventris* по внешнему виду очень схожа с куколками других видов группы *obtusidens*, но имеется ряд отличительных черт (рис. 25). Индекс анального плавника равен 1, ширина анального плавника – 440 мкм, расстояние между внутренними углами анальных лопастей составляет 1/4 ширины плавника. Шипы VIII тергита темно-коричневые, расщеплены 2–4 зубца, на конце оканчиваются нитями. Шипики заднего угла VIII тергита мелкие, расположены по 2–3. Крючки заднего края II тергита сильно изогнутые, средние крючки имеют хорошо развитый дополнительный зубец у основания.

Самец *C. a. acutiventris*. Морфология имаго самцов из р. Барнаулки (рис. 26) существенно не отличалась от стандартного описания (Wülker et al., 1983). Некоторое отличие наблюдается в характере расположения анально-медиальных щетинок, поле этих щетинок у барнаульских *C. a. acutiventris* вытянуто продольно.

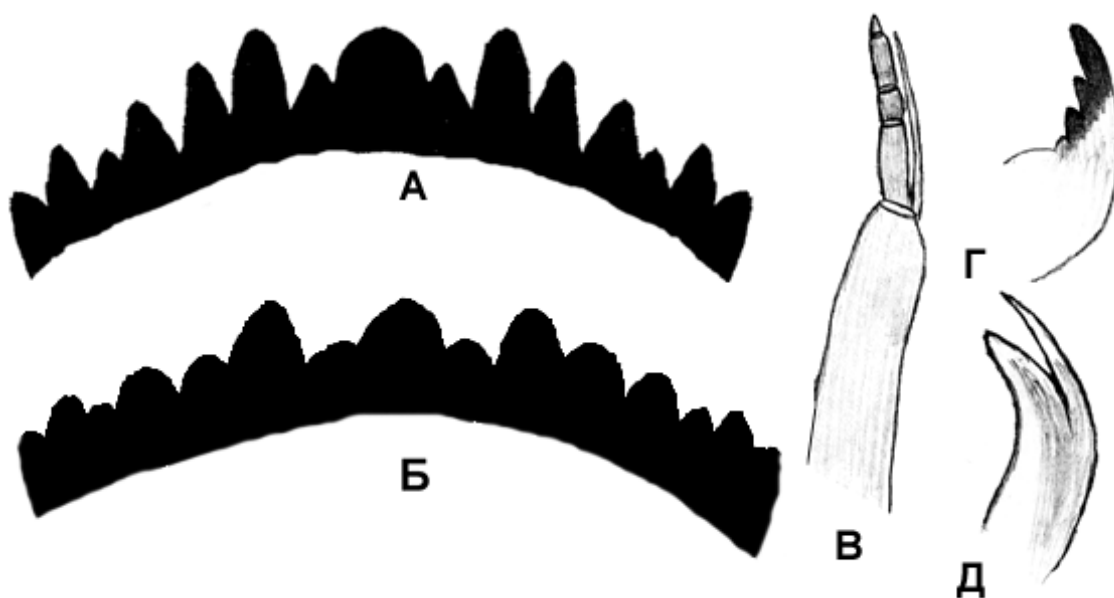


Рис. 24. Детали строения личинки *Chironomus a. acutiventris*: А-Б – варианты строения ментума (А – заостренные зубцы, Б – округлые); В – форма антенны; Г – зубцы мандибулы; Д – зубцы премандибулы

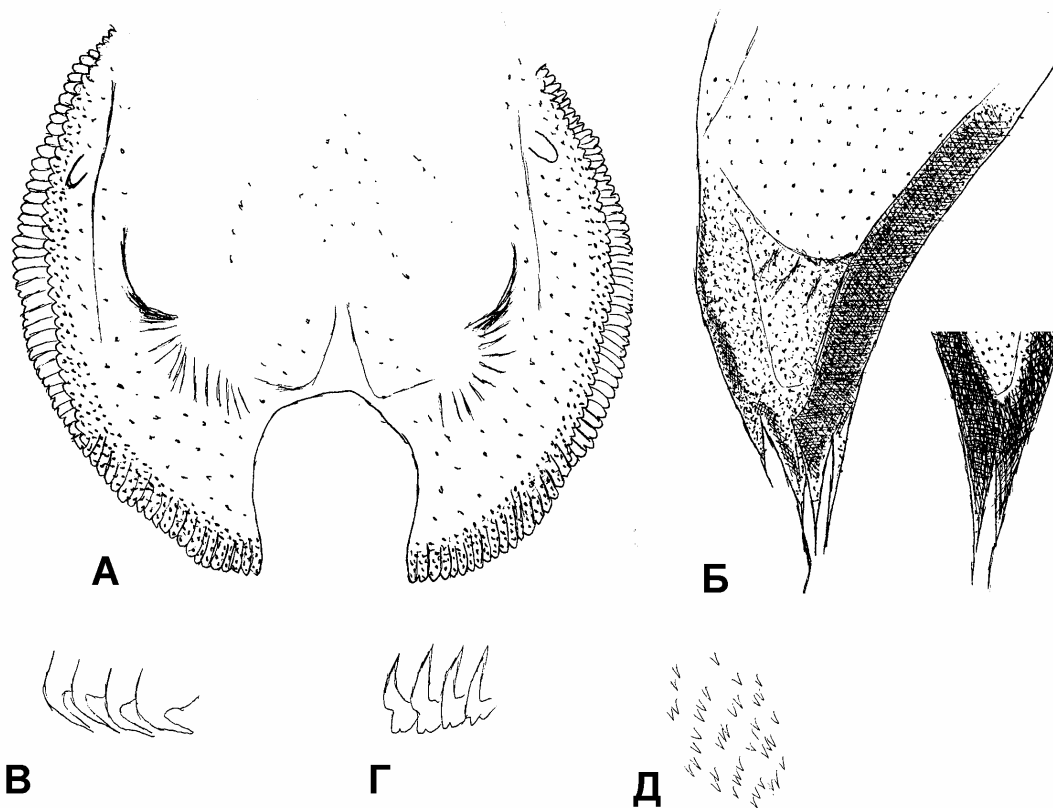


Рис. 25. Детали строения куколки *Chironomus a. acutiventris*:
 А – анальный сегмент; Б – изменчивость шипа заднего угла VIII сегмента брюшка; В – крайние крючки заднего края II тергита; Г – средние крючки заднего края II тергита; Д – шипики заднего угла VII тергита

Кариотип *C. acutiventris* был изучен В. Вюлкером с соавт. (Wülker et al., 1983) в популяциях из Германии и Швейцарии, а также А.Г. Истоминой с соавт. (1999) и Д.М. Безматерных и Г.Н. Мисейко (2000б) в популяциях из р. Барнаулки Алтайского края.

Экология и распространение группы obtusidens рода Chironomus. В бассейне р. Барнаулки *C. a. acutiventris* встречается в среднем, нижнем течении и в притоке (р. Пивоварка) на заиленных грунтах: заиленный песок, реже – черный ил или детрит с примесью ила (Безматерных, Мисейко, 2000а). Наибольшая численность (до 3–8 тыс. экз./м³) и биомасса (до 18–35 г/м³) личинок наблюдалась в заводях на сильно заиленном песке и черном илу. В середине реки на более чистых песках личинки встречались реже, причем, чем менее заиленный был песок, тем меньше было личинок (до полного отсутствия). Кроме р. Барнаулки вид встречается в других районах Сибири (Тыве), а также в Европе (Германии, Швейцарии, Финляндии) (Wülker et al., 1983; Истомина и др., 1999).

В Волгоградском водохранилище личинки *C. heterodontatus* обитают на заиленных грунтах (Мисейко, 1966). Известны особенности роения комаров этого вида: взрослые насекомые встречаются в большом количестве с июня по октябрь, роятся в сумерках в июле-августе и сентябре на высоте 5–8 м (Мисейко, 1965). Вид распространен в Европе (бассейн р. Волги, Саратовская область), вне России не известен (Панкратова, 1983).

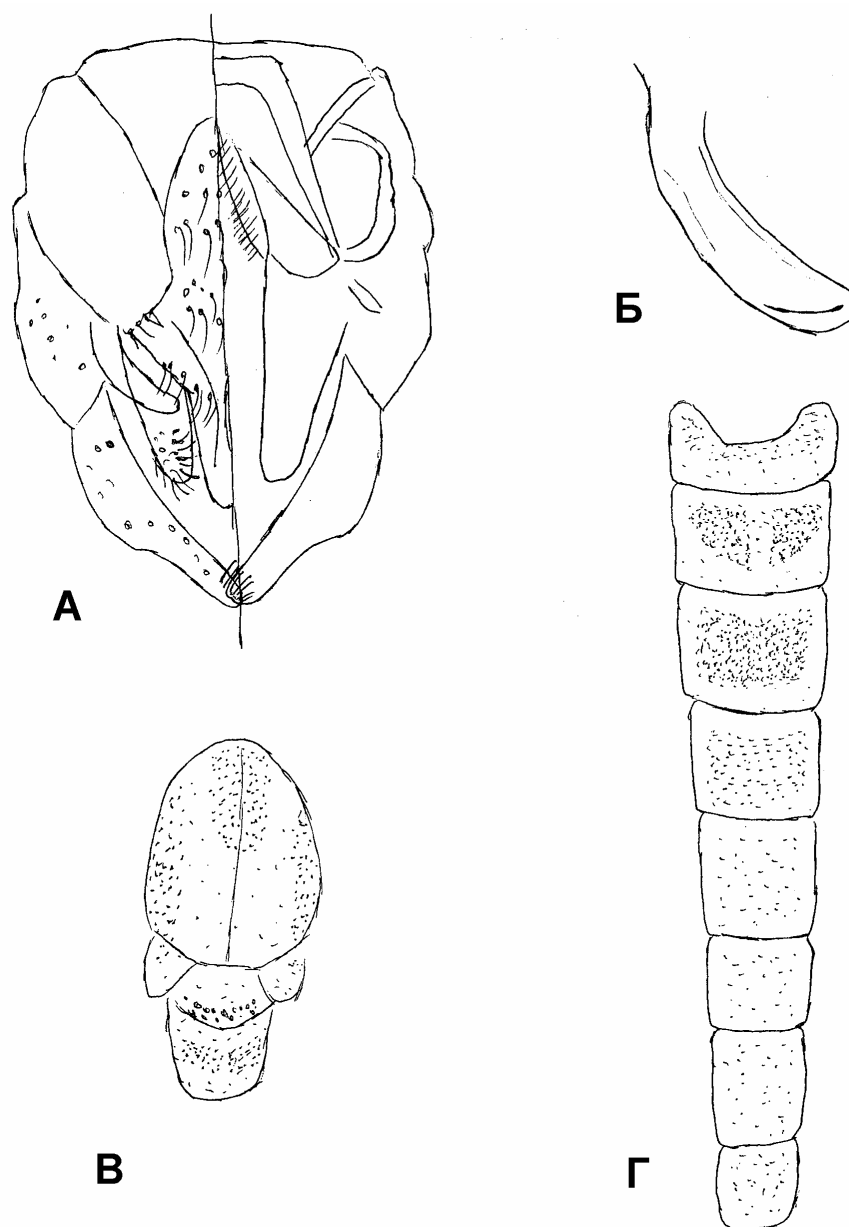


Рис. 26. Детали строения имаго самца *Chironomus a. acutiventris*: А – гениталии самца; Б – верхний (второй) придаток; В – окраска груди; Г – окраска брюшка

Личинки *C. obtusidens* в массе развиваются на илу и заиленном песке мелководий (20–40 см), с низкой скоростью течения (Шилова, 1958; Панкратова, 1983; Рузанова, 1984а) или глинистых, сильно эвтрофированных грунтах луж, болот (Шилова, Гребенюк, 1985). В р. Барнаулке личинки *C. obtusidens* обитают на тех же грунтах, что и *C. acutiventris*, но встречаются в единичных экземплярах. В Волгоградском водохранилище вылет комаров отмечен в июне (Мисейко, 1966). Вид распространен практически во всей Палеарктике, кроме Дальнего Востока (Панкратова, 1983; Зорина, 2002).

Личинки *C. sokolovae* обитают на небольших глубинах (0,2–1,0 м) слабопроточных прибрежных зон открытых водоемов, предпочитают черные илы, обнаружены в Горном Алтае (водохранилище на р. Чемал) и р. Енисей (Истомина и др., 2000; Сиирин, 1996).

Следует отметить, что характерной особенностью видов группы *obtusidens* является общий палеарктический ареал их обитания. Характер предпочитаемых биотопов также сходен – это мелководные, медленно текущие воды, заиленные грунты. Такой диапазон экологических условий обитания, вероятно, связан с общей специфической личиночной формой этих видов – *fluviatilis*. Именно личиночная стадия, наиболее продолжительная из всех стадий жизненного цикла хирономид, в наиболее полной мере отражает биологию конкретного вида. Форма, размеры вентральных и латеральных отростков, цвет личинки (содержание гемоглобина в гемолимфе) являются показателями кислородного режима и солености водоема (Константинов, 1958). По И.К. Тодерашу (1984), личиночные формы могут служить индикаторами сапробного состояния водоема. Вероятно, в данном случае, наличие гемоглобина, длинные заостренные вентральные отростки у личинок формы *fluviatilis* группы *obtusidens* являются приспособлением к илистым и песчано-илистым грунтам.

Морфология *Chironomus cingulatus*. Морфологическое описание личинки *C. cingulatus* Meigen нами не приводится, так как по строению личинка практически не отличалась от стандартных описаний (Панкратова, 1983; Кикнадзе и др., 1991). По результатам выведения, нами представлены рисунки по деталям морфологии куколки и имаго (рис. 27, 28). Поскольку данный вид является широко распространенным и морфологические описания его куколки и имаго достаточно известны (Шилова, 1958; Панкратова, 1983), мы не будем останавливаться подробно. Отметим лишь некоторые особенности в строении анального сегмента. Лопастей анального плавника оказались разделены глубже, чем в классических описаниях, что можно отнести к индивидуальным особенностям данной особи или к региональным особенностям данной популяции (была исследована лишь одна куколка).

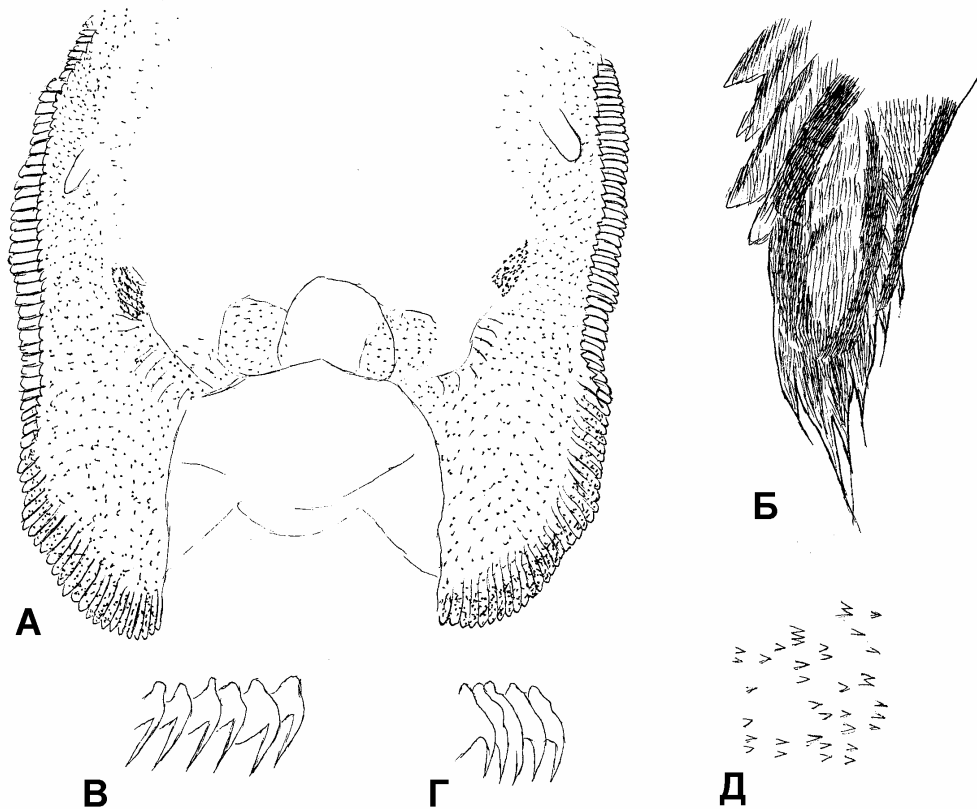


Рис. 27. Детали строения куколки *Chironomus singulatus*:
А – анальный сегмент; **Б** – шип заднего угла VIII сегмента брюшка;
В – крайние крючки заднего края II тергита; **Г** – средние крючки зад-
 ного края II тергита; **Д** – шипики заднего угла VII тергита

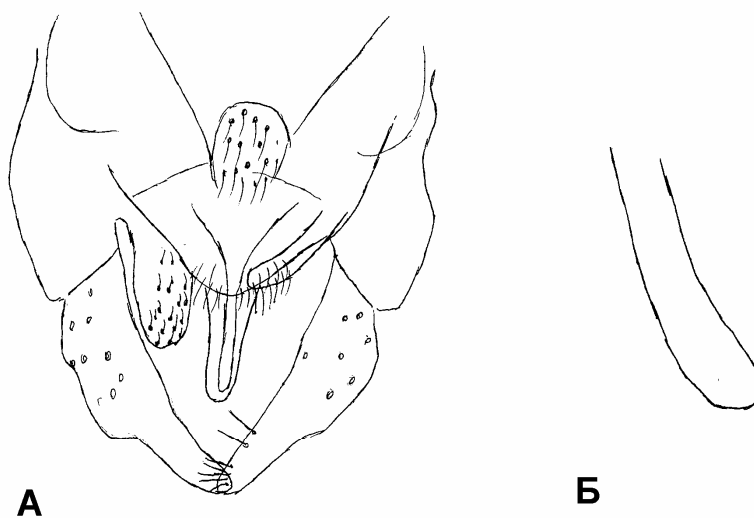


Рис. 28. Детали строения имаго *Chironomus singulatus*:
А – гениталии самца; **Б** – верхний (второй) придаток

Экология и распространение *Chironomus cingulatus*. Как отмечено (Шилова, 1976; Панкратова, 1983), личинки *C. cingulatus* обитают в иле прибрежья стоячих водоемов (прудов, водохранилищ), небольших равнинных водотоках (реках, канавах). В Восточной Европе дициклический лёт комаров растянут с максимумами в мае и августе (Мисейко, 1965; Шилова, 1976). В реках Барнаулке и Б. Черемшанке личинки отмечены единично на илистых грунтах (черный ил с детритом и сильно заиленный песок).

Распространение (Шилова, 1976; Панкратова, 1983; Шилова, Шобанов, 1996): Европа (повсеместно), Восточная Сибирь (Иркутская область), Приморский край, Киргизия (оз. Иссык-Куль). Кроме того, этот вид кариологически идентифицирован в Якутии и Западной Сибири (Кикнадзе, Истомина, 2000). Учитывая указанные нами местонахождения в бассейне Верхней Оби, можно констатировать транспалеарктический характер ареала.

Таким образом, проведенный цитогенетический и морфологический анализ позволил определить точное таксономическое положение некоторых видов хирономид (*Chironomus acutiventris*, *C. cingulatus*, *C. novosibiricus*, *C. obtusidens*, *Endochironomus albipennis*, *E. tendens*, *Glyptotendipes glaucus*, *Lipiniella moderata*), а также выявил ряд особенностей их кариотипов (хромосомные перестройки, полиморфизм), морфологии, экологии и географического распространения.

4.3. Биоиндикация качества вод притоков Верхней Оби по характеристикам зообентоса

Зообентос отличается стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени, поэтому он является удобным объектом для наблюдений за антропогенной сукцессией и процессами самоочищения водных экосистем. В состав зообентоса входят наиболее долгоживущие группы гидробионтов – моллюски и олигохеты, продолжительность жизни которых достигает 6–11 лет, причем на их долю приходится большая доля биомассы зообентоса на многих водоемах и водотоках. Такие долгоживущие компоненты биоты являются хорошими индикаторами хронического загрязнения и устойчивости экосистемы (Методы биоиндикации..., 1989).

Биоиндикацию антропогенного загрязнения вод бассейна Верхней Оби проводили в двух направлениях: по структурным характеристикам зообентоса (в основном отражает уровень загрязнения органическими соединениями и продуктами их распада) и величине аккумуляции гидробионтами тяжелых металлов (отражает уровень загрязнения промышленными стоками).

4.3.1. Биоиндикация по составу и структурным характеристикам зообентоса

Для биологического анализа качества воды по структурным характеристикам зообентоса применены основные подходы в подобного рода исследованиях. Был изучен уровень видового разнообразия (индекс Маргалёфа), выявлены виды-биоиндикаторы (индекс сапробности Пантле и Букка), проведена индикация по соотношению крупных таксонов (олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея) и определен биотический индекс (индекс Вудивисса) (Макрушин, 1974б).

Бассейн р. Барнаулки. Среди обнаруженных 115 форм зообентоса выявлено 29 видов – индикаторов сапробности (табл. 18), в том числе 1 олигосапроб, 1 олиго-ксеносапроб, 3 олиго-β-мезосапроба, 12 β-мезосапробов, 1 α-β-мезосапроб, 5 α-мезосапробов, 1 α-полисапроб, 5 полисапробов (Безматерных, Мисейко, 2000б).

Таблица 18

Список видов – индикаторов сапробности донных беспозвоночных бассейна р. Барнаулки

№	Формы	Сапробность	Река			При-токи	Озера и старицы
			В	С	Н		
1.	<i>Gammarus pulex</i> L. (?)	o-x	-	-	-	+	-
2.	<i>Limnephilus marmoratus</i> Curtis	o	-	+	-	-	-
3.	<i>Ephemerella ignita</i> Poda	o-b	-	-	-	+	-
4.	<i>Cricotopus silvestris</i> Fabr.	o-b	-	+	-	+	+
5.	<i>Paratrichocladius inaequalis</i> Kief.	o-b	-	-	+	-	-
6.	<i>Spongilla lacustris</i> L.	b	+	-	-	-	-
7.	<i>Haemopis sanguisuga</i> L.	b	-	-	+	-	-
8.	<i>Plumatella fungosa</i> Pall.	b	-	-	-	-	+
9.	<i>Planorbis planorbis</i> L.	b	+	+	-	+	+
10.	<i>Lymnaea auricularia</i> L.	b	-	-	-	-	+
11.	<i>L. intermedia</i> Lamarck	b	-	-	+	-	-
12.	<i>L. ovata</i> Draparnaud	b	-	-	-	-	+
13.	<i>L. stagnalis</i> L.	b	+	+	-	-	+
14.	<i>Cloen dipterum</i> L.	b	-	-	-	+	+
15.	<i>Potamanthus luteus</i> L.	b	-	-	+	-	-
16.	<i>Cryptochironomus</i> gr. defectus	b	-	+	-	+	+
17.	<i>Polypedilum nubeculosum</i> Meig.	b	-	+	+	-	+
18.	<i>Tanypus punctipennis</i> Meig.	b-a	-	-	-	-	+
19.	<i>Erpobdella octoculata</i> L.	a	+	+	+	+	+
20.	<i>Sphaerium corneum</i> L.	a	+	-	-	-	-
21.	<i>Lymnaea lagotis</i> Schranck	a	+	+	+	+	+
22.	<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	a	-	+	-	-	-
23.	<i>Chironomus acutiventris</i> Wulker.	a	-	+	+	+	-
24.	<i>C. cingulatus</i> Meig.	a-p	+	+	+	+	+

№	Формы	Са- проб- ность	Река			При- токи	Озера и ста- рицы
			В	С	Н		
25.	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Clap	р	-	+	+	+	+
26.	<i>Tubifex tubifex</i> O. F. Muller	р	-	+	+	-	+
27.	<i>Psectrotanypus sibiricus</i> Tshern.	р	-	-	+	-	-
28.	<i>Ch. gr. plumosus</i>	р	-	-	-	+	+
29.	<i>Glyptotendipes barbipes</i> Staeger	р	-	-	+	-	-

Примечание: В, С, Н – верхнее, среднее, нижнее течения соответственно; о – олигосапроб, b – β-мезосапроб, а – α-мезосапроб, р – полисапроб (сапробность дана по: Жадин, Родина, 1950; Макрушин, 1974а; Скопцова, 1981; Тодераш, 1984; Голубева, 1985; Попченко, 1994а; Извекова и др., 1996).

Большое количество выявленных видов-индикаторов (27% видов зообентоса) позволило с высокой точностью рассчитать индекс сапробности. Полученные результаты подсчета индекса Пантле и Букка по р. Барнаулке представлены на рисунке 29. На обследованном участке р. Барнаулки наименьшее значение он принимал в районе с. Зимино (2), наибольшее – на Социалистическом проспекте и в устье (4). Чем выше индекс сапробности, тем выше содержание в воде разлагающихся органических веществ.

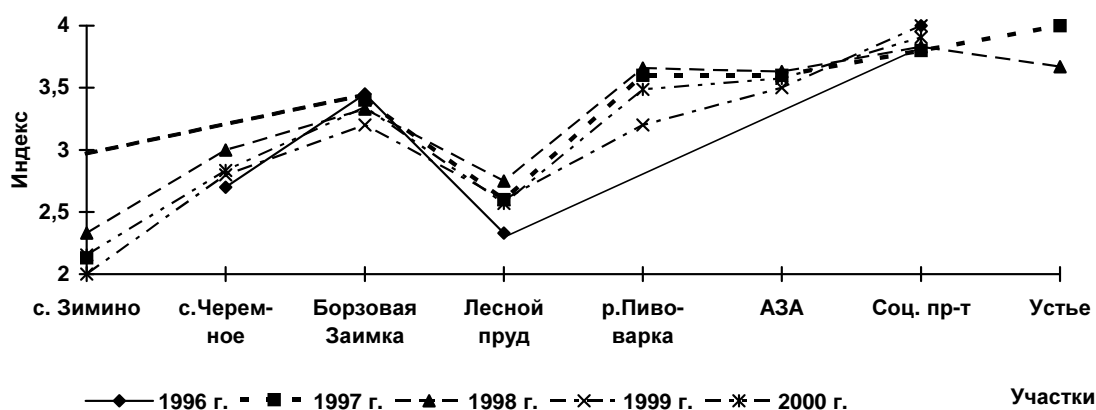


Рис. 29. Средние за период открытой воды значения индекса сапробности Пантле и Букка на различных участках р. Барнаулки в 1996–2000 гг.

Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея позволяет судить о санитарном состоянии водоема по соотношению олигохет и других обитателей дна. Олигохеты, обычно немногочисленные в донных биоценозах, в местах выпуска сточных вод часто развиваются в огромных количествах, поэтому массовое развитие олигохет расценивается как

показатель органического загрязнения водоема. Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея р. Барнаулки колебался в широких пределах (рис. 30). Наибольшим он был ниже впадения р. Пивоварки, что характеризует высокое загрязнение этого участка р. Барнаулки.

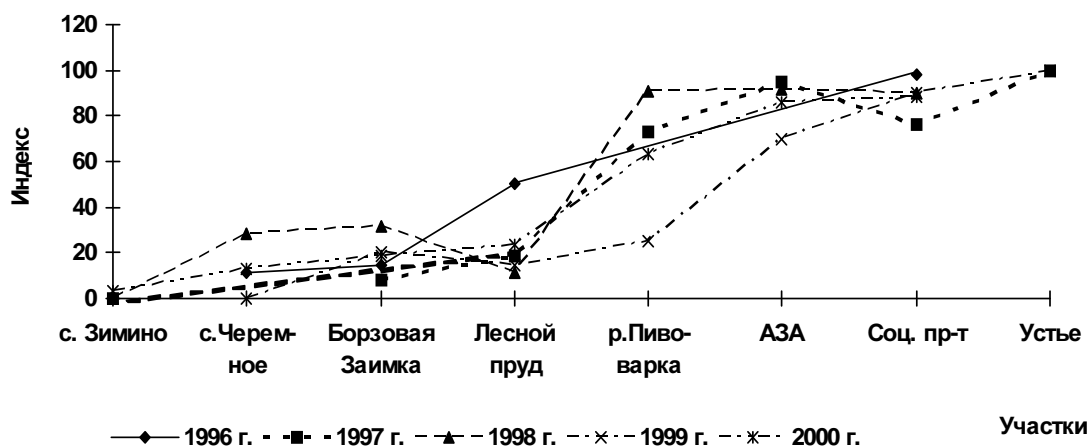


Рис. 30. Средние за период открытой воды значения индекса Гуднайта и Уитлея на различных участках р. Барнаулки в 1996–2000 гг.

Индекс Вудивисса разработан инспекцией р. Трент в Англии. Индекс определяется с помощью специальной таблицы. Его величина зависит от видового разнообразия (числа присутствующих «групп») и от присутствия ключевых индикаторных видов в пробе. Индекс Вудивисса может принимать значения от 0 до 10. Чем выше биотический индекс, тем лучше условия дыхания для обитающих здесь организмов. Индекс Вудивисса на обследованном участке Барнаулки наименьшее значение достигал в устье (0), наибольшее – возле с. Черемное (5). Таким образом, наблюдается тенденция к уменьшению индекса от истоков к устью (рис. 31).

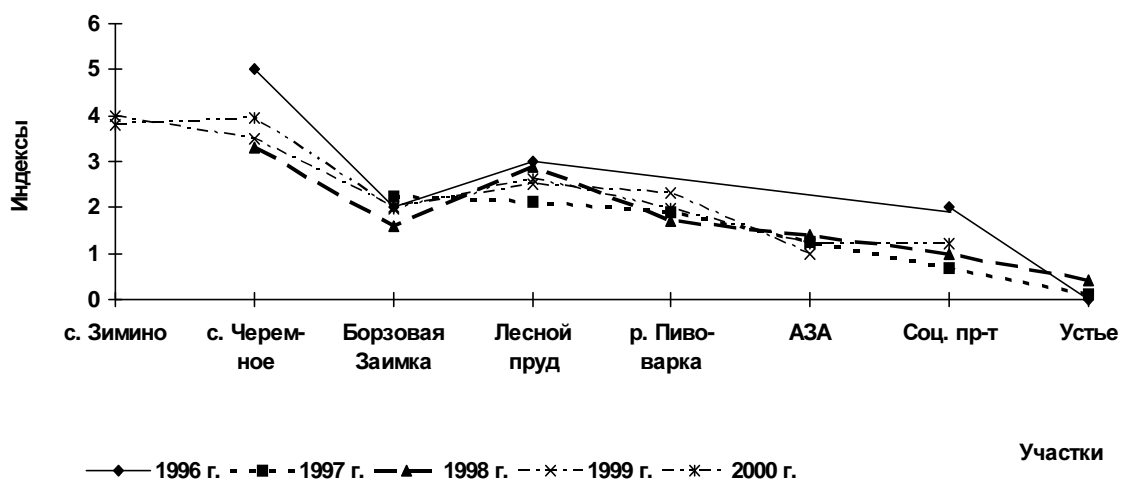


Рис. 31. Средние за период открытой воды значения биотического индекса Вудивисса на различных участках р. Барнаулки в 1996–2000 гг.

Расчет биотического индекса в 2003 г. показал сходные результаты – на различных участках верхнего и среднего течения реки значения индекса колебались от 4 до 6 баллов, это соответствует III и IV классам вод – загрязненные и умеренно загрязненные, по шкале Госкомгидромета (Методические рекомендации..., 1984).

Индекс видового разнообразия Маргалефа предложен, исходя из предположения, что с увеличением уровня загрязнения водоема видовое разнообразие, как правило, падает. Оценка степени загрязнения по видовому разнообразию применима к любым видам загрязнения. Результаты подсчетов индекса для р. Барнаулки за годы исследования представлены на рисунке 32. Как следует из графика, видовое разнообразие меньше в нижнем течении (в районе от «АЗА» до устья), где происходит наибольшее загрязнение реки.

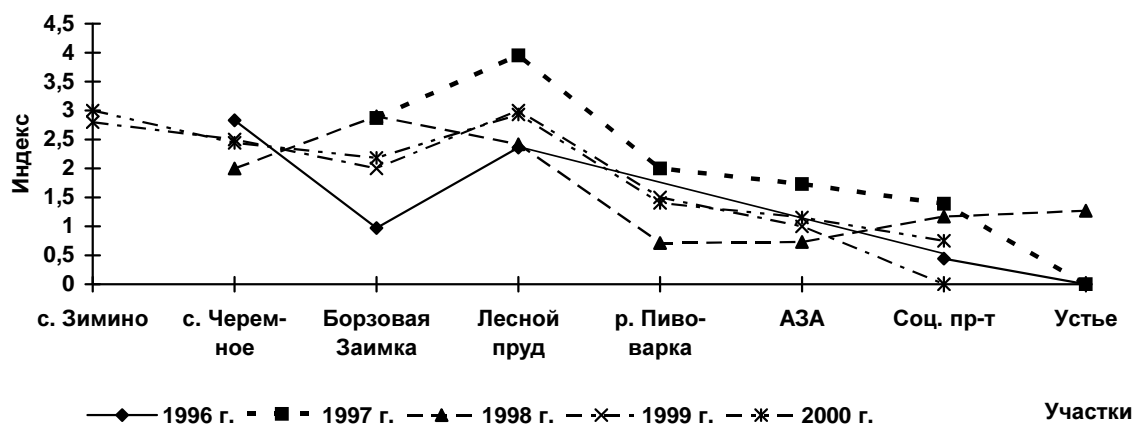


Рис. 32. Средние за период открытой воды значения индекса Маргалефа на различных участках р. Барнаулки в 1996–2000 гг.

Экологические модификации биоценозов. Состояние биоценоза р. Барнаулки в черте города, согласно классификации В.А. Абакумова (Руководство..., 1992), можно охарактеризовать как антропогенный «экологический регресс», что выражается в уменьшении видового разнообразия, упрощении таксономической структуры, сокращении доли хищного бентоса, некотором снижении продуктивности. В самом нижнем течении наблюдается «метаболический регресс» (усиление выраженности всех вышеперечисленных признаков и особенно значительное уменьшение биомассы и продуктивности зообентоса). В то же время состояние биоценозов верхнего и среднего течения характеризуется как «фоновое» с локальными участками антропогенного «экологического напряжения».

Озера бассейна р. Барнаулки. Помимо самой реки, были исследованы ряд озер в истоках р. Барнаулки (табл. 19): в 1996 г. – оз. Бахматовское и оз. Сухое, остальные озера – в 1997 г. Исследованные озе-

ра можно разделить на две группы. К первой группе относятся Урлаповское, Бахматовское, Песьяное, Серебренниковское озера, которые характеризуются как умеренно загрязненные органическими веществами (III класс качества вод, по шкале Госкомгидромета (Методические указания., 1984)). Во вторую группу входят озера: Песчаное, Зеркальное, Сухое, они относятся к разряду загрязненных (IV класс качества вод).

Таблица 19

Биологические индексы для озер бассейна р. Барнаулки в 1996–1997 гг.

Индексы	Урлаповское	Бахматовское	Песьяное	Серебренниковское	Песчаное	Зеркальное	Сухое
Вудивисса	6	6	5	5	3	2	3
Сапробности	3,0	2,1	2,5	2,0	2,4	2,9	3,0
Олигохетный	0	5	0	0	0	0	2
Маргалефа	3,56	2,70	2,33	1,08	2,51	0,71	0,75
Класс вод	2	2	2	2	3	3	3

Анализ собственных и архивных данных не выявил признаков влияния антропогенного загрязнения на биоценозы озер: структурные характеристики зообентоса соответствовали фоновым показателям для озер этой природной зоны. Озера бассейна р. Барнаулки, относящиеся в основном к мезотрофному типу, обладают высоким исходным потенциалом самоочищения, особенно к органическому загрязнению, что при существующих видах сельскохозяйственного воздействия в бассейне делает данные озера достаточно устойчивыми к этому антропогенному фактору.

Бассейн р. Б. Черемшанки. По нашим данным, индекс *Вудивисса* на обследованном участке р. Б. Черемшанки имел наименьшее значение в нижнем течении (3–4 балла – вода низкого качества), наибольшее – в верховьях реки (6–7). Это свидетельствует об увеличении загрязнения от истоков к устью (рис. 33).

Индекс сапробности Пантле и Букка на реке в среднем не превышал двух баллов (вода хорошего качества – β-мезосапробные условия), с минимальных значений в истоках реки (1 – олигосапробная зона) в отдельных местах происходило повышение уровня сапробности до 4 баллов (полисапробные условия), что свидетельствует о сильном загрязнении (рис. 33). Наблюдалась тенденция увеличения уровня сапробности от истоков к устью, это может быть обусловлено как естественным накоплением органики в результате смыва и накопления, так и усилением антропогенного воздействия в ее нижнем течении.

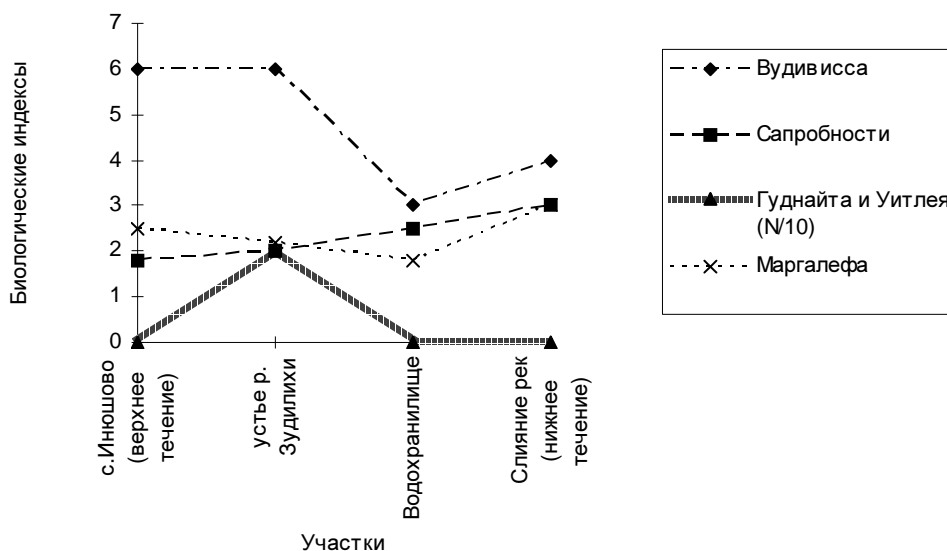


Рис. 33. Биологические индексы на различных участках р. Б. Черемшанка в 1999 г.

Для р. Б. Черемшанки *олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея* обычно не превышал 20%, что говорит о чистоте ее воды (рис. 33). Лишь в отдельных местах, где происходит большое поступление органических веществ, наблюдается резкое увеличение индекса (до 80%).

Индекс видового разнообразия Маргалефа на р. Б. Черемшанке соответствует высокому видовому разнообразию зообентоса, он достигает 3–4 в среднем и верхнем течении (рис. 33). Наименьшие величины (1) видовое разнообразие имеет в районах сильного антропогенного воздействия (вблизи населенных пунктов), где происходит наибольшее загрязнение реки. В истоках р. Малой Черемшанки (приток р. Б. Черемшанки) также встречаются места локального загрязнения, характеризующиеся низким видовым разнообразием – места водопоя крупного рогатого скота и сброса отходов сельского хозяйства.

Состояние экосистемы р. Б. Черемшанки в верхнем и среднем течении, согласно *классификации В.А. Абакумова* (Руководство..., 1992), можно охарактеризовать как «фоновое», в среднем течении с локальными участками «антропогенного экологического напряжения» (увеличение видового разнообразия, усложнение таксономической структуры). Замедленное течение и накопление органических веществ в зоне влияния водохранилища определяет состояние «метаболического прогресса» (увеличение численности и биомассы). В нижнем течении в связи с усилением антропогенного воздействия основным состоянием биоценоза становится «экологический регресс» (уменьшение видового разнообразия, упрощение таксономической структуры, сокращение доли хищного бентоса).

В общем Б. Черемшанка характеризуется как чистая река. Подтверждением этому служат особенности населяющей ее фауны. Во многих местах наблюдается массовое развитие личинок мошек (сем. Simuliidae), которые предпочитают холодные, прозрачные, насыщенные кислородом воды. Лишь в отдельных местах, где происходит поступление органики и застой воды, наблюдалось массовое развитие олигохет и хирономид. Вода Сорочье-Логовского водохранилища на р. Б. Черемшанке также характеризуется хорошим качеством, об этом свидетельствует массовое развитие на инженерных сооружениях плотины мшанок *Plumatella*, которые характеризуют воду как β -мезосапробную.

Бассейн нижнего течения р. Чумыша. Данные, полученные при изучении качества вод бассейна, свидетельствуют об их умеренном загрязнении органическими веществами (III класс качества, по классификации Госкомгидромета), по уровню сапробности это соответствует β -мезосапробной зоне (табл. 20). Значения *индекса Гуднайта и Уитлея* не учитывались, так как при численности олигохет ниже 20% индекс не дает достоверных результатов (Пшеницына, 1986). Применение индекса *Вудивисса* для озерных экосистем также не дает надежных результатов (Дзюбан, Слободчиков, 1981), поэтому для пойменных водоемов этот индекс не рассчитывали.

Индекс Маргалефа показал, что наибольшая степень видового разнообразия наблюдается в русле Чумыша. Несмотря на то, что количество видов, зарегистрированных в русле Чумыша, значительно ниже, чем в протоке и озере, именно здесь наблюдается наибольшее отношение числа видов к общему количеству особей (табл. 20).

Таблица 20

Показатели качества вод по зообентосу водных объектов бассейна нижнего течения р. Чумыша в августе-сентябре 2001 г.

Водные объекты	Индексы				Качество вод
	Маргалефа	Пантле и Букка	Гуднайта и Уитлея	Вудивисса	
Озеро (безымянное)	2,5	2,4	0	–	умеренно загрязненные
Протока	2,1	2,0	0	4	умеренно загрязненные
Русло Чумыша	4,5	2,2	0	4	умеренно загрязненные

Трофическая структура донных сообществ. В составе зообентоса мирные формы (фильтраторы, детритофаги, фитофаги) составляли 91,7 (в протоках) – 90,9% (в русле р. Чумыша) численности. В эко-

системах пойменных водоемов доля мирных форм намного ниже – 46,4%, что свидетельствует об их устойчивости (Алимов, 2000). Из полученных данных следует, что наиболее стабильными экосистемами из изученных являются пойменные водоемы, так как в них доля численности хищных видов достигает 53,6%.

По классификации А.В. Абакумова (Руководство., 1992), все исследованные экосистемы бассейна нижнего течения р. Чумыша можно отнести к «фоновым» (не наблюдается усложнения или упрощения таксономической структуры зообентоса).

Таким образом, произведенные биоиндикационные исследования позволили выявить широкий диапазон уровня загрязненности притоков Верхней Оби. Уровень загрязненности воды органическими веществами в различных участках бассейна менялся от низкого до очень сильного.

По уровню загрязненности исследованный участок р. Барнаулки можно разделить на две части: 1) от с. Борзовая Заимка до Лесного пруда и 2) от Лесного пруда до устья. Первый участок характеризуется по примененным биологическим индексам как умеренно загрязненный (фоновое состояние). В то же время второй участок реки характеризуется увеличением уровня загрязненности от Лесного пруда к устью (сильно загрязненная вода, состояние экологического и метаболического регресса); об этом свидетельствует повышение индекса сапробности Пантле и Букка и олигохетного индекса Гуднайта и Уитлея, понижение биотического индекса Вудивисса и индекса видового разнообразия Маргалефа.

Река Б. Черемшанка в основном характеризуется как чистая («фоновое состояние»). Тем не менее биологические индексы выявили тенденцию увеличения уровня загрязнения р. Б. Черемшанки от истоков к устью, что обусловлено как естественным накоплением органики в результате смыва и накопления («метаболический прогресс»), так и усилением антропогенного воздействия в ее нижнем течении («экологический регресс»). Об этом свидетельствует понижение биотического индекса Вудивисса и повышение уровня сапробности.

Данные, полученные при изучении качества вод в нижнем течении р. Чумыша, свидетельствуют об их умеренном загрязнении органическими веществами («фоновое состояние»), по уровню сапробности это соответствует β -мезосапробной зоне.

4.3.2. Содержание тяжелых металлов в моллюсках

Тяжелые металлы относятся к числу распространенных и весьма токсичных загрязняющих веществ. В то же время тяжелые металлы

как микроэлементы являются неотъемлемой частью живого организма. Основными источниками их поступления в биосферу служат металлургические предприятия, сжигание угля, нефти и различных отходов, производство стекла, минеральных удобрений, цемента, автотранспорт. Отличительная особенность тяжелых металлов как загрязнителей – устойчивость и увеличение их концентрации при переходе по трофическим цепям. В отличие от органических токсикантов – тяжелые металлы практически вечны, так как не разрушаются под действием природных факторов. Их удаление из водоемов и водотоков возможно за счет улетучивания (ртуть) или захоронения в донных осадках (Поведение ртути..., 1989).

В организм гидробионтов тяжелые металлы попадают с пищей или через покровы, последнее наиболее характерно для водных растений. Действие тяжелых металлов проявляется на всех уровнях организации биологических систем – от молекулярно-биохимического до биоценотического. Токсическое действие металлов многозначно. Они являются протоплазматическими ядами для всех живых объектов: грубо нарушают структуры коллоидных систем, денатурируют белки. Даже при незначительных концентрациях тяжелые металлы могут связывать и блокировать активные центры ферментов. Именно эти нарушения нормальной и согласованной работы ферментных систем представляют основной механизм действия токсических веществ. Наиболее исследовано токсическое действие тяжелых металлов на позвоночных (Львова, 1996).

В научной литературе накоплено большое количество данных о распределении тяжелых металлов в различных компонентах водных экосистем (Мур, Рамамурти, 1987; Поведение ртути..., 1989). Активно развивается направление их биомониторинга в пресноводных экосистемах (Никаноров, Жулидов, 1991). Для бассейна Верхней Оби известен ряд работ, касающихся анализа накопления тяжелых металлов в тканях различных сообществ или таксонов гидробионтов: планктона (Леонова, 2001; Леонова и др., 2001), макрофитов (Зарубина, Третьякова, 2000; Третьякова и др., 2000), личинок амфибиотических насекомых (Руднева, 1997) и рыбах (Попов, 1996, 2002; Мисейко, Визер, 2002; Газина, 2005). Имеется ряд работ (Ртуть в реках..., 1990), касающихся распределения ртути в различных компонентах экосистемы р. Катунь.

Определение накопления тяжелых металлов моллюсками в бассейне Верхней Оби ранее не проводили. В то же время известно, что моллюски являются чувствительным объектом для биомониторинга антропогенного загрязнения континентальных вод этими поллютантами (Никаноров, Жулидов, 1991; Курамшина, 1997).

Биология массовых видов моллюсков р. Барнаулки. *Lymnaea stagnalis* (Linne, 1758) – прудовик обыкновенный (большой) и *L. ovata* (Draparnaud, 1774) – прудовик яйцевидный относятся к семейству Lymnaeidae отряду Hygrophila подклассу Pulmonata классу Gastropoda типу Mollusca. Прудовики дышат атмосферным воздухом, гермафродиты, продолжительность жизни – несколько лет (Жадин, 1952).

Прудовик обыкновенный обитает в прибрежной части постоянных (реже – временных) стоячих и слаботекучих водоемов на растительности, распространен в Европе, Северной Азии, Северной Америке. Высота раковины – 40–47 мм, ширина – 23–27 мм. Питается, объедая листья макрофитов и соскабливая налет водорослей, иногда поедает мелких беспозвоночных и трупы, β-мезосапроб. В р. Барнаулке встречается в озерах и верхнем (реже – среднем) течении (Безматерных, Мисейко, 2000а).

Прудовик яйцевидный обитает в постоянных непроточных и медленно текущих, преимущественно крупных водоемах, живет не только в прибрежье, но и в неглубоких котловинах, распространен в Европе и Западной Сибири. Высота раковины – 15–24 мм, ширина – 9–15 мм. Питается, соскабливая налет водорослей и детрит с водных растений и грунта, β-мезосапроб. В р. Барнаулке встречается в озерах, среднем и нижнем течении (Безматерных, Мисейко, 2000а).

По данным большинства исследователей, выраженной видовой специфичности в накоплении тяжелых металлов в семействе Lymnaeidae не обнаружено (Никаноров, Жулидов, 1991), причем многие авторы приводят результаты по их накоплению для семейства в целом, не указывая конкретных видов. Поэтому представляется возможным построить цельный профиль накопления тяжелых металлов на основании их накопления двумя видами моллюсков Lymnaeidae из р. Барнаулки (Безматерных, Третьякова, Эйрих, 2002).

Для анализа накопления ряда тяжелых металлов в трофической цепи сравнивали их концентрацию в моллюсках и их пище (растительных организмах) – основном источнике поступления тяжелых металлов для водных животных (Львова, 1996). Причем *L. stagnalis* сравнивали с *Potamogeton pectinatus* L., а *L. ovata* – с *Cladophora glomerata* (L.) Kütz, в соответствии с их пищевыми предпочтениями. Результаты анализа представлены на рисунке 34. Концентрация тяжелых металлов в растениях и животных, в свою очередь, сравнивалась с их концентрацией в поровых водах (ПВ) – главном источнике поступления тяжелых металлов для растений (через корневую систему для *Potamogeton pectinatus* и из придонного слоя воды для *Cladophora glomerata*) и дополнительным источником для зообентонтов (Папина, 2001). Содержание тяжелых металлов в поровых водах в тысячи раз

превосходило содержание их в проточной воде р. Барнаулки (Третьякова, 2000).

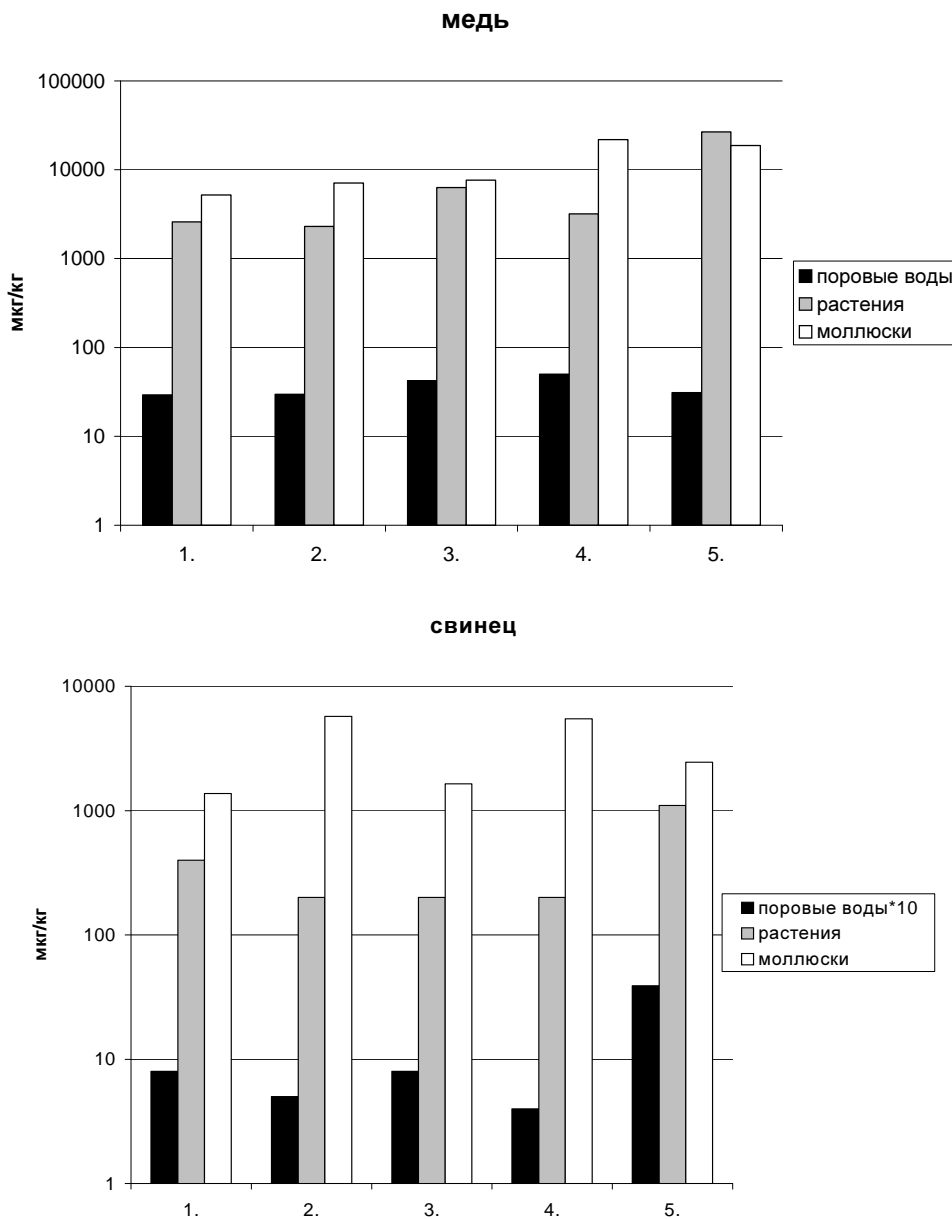


Рис. 34. Содержание тяжелых металлов в поровых водах, растениях *Potamogeton pectinatus* (1–2), *Cladophora glomerata* (3–5) и моллюсках *Lymnaea stagnalis* (1–2), *L. ovata* (3–5) на различных участках р. Барнаулки в 1999 г.:

1 – мост в районе с. Зимино; 2 – плотина у с. Черемное; 3 – ниже п. Борзовая Заимка; 4 – г. Барнаул, ниже Лесного пруда (городской пляж); 5 – г. Барнаул, ниже впадения р. Пивоварки

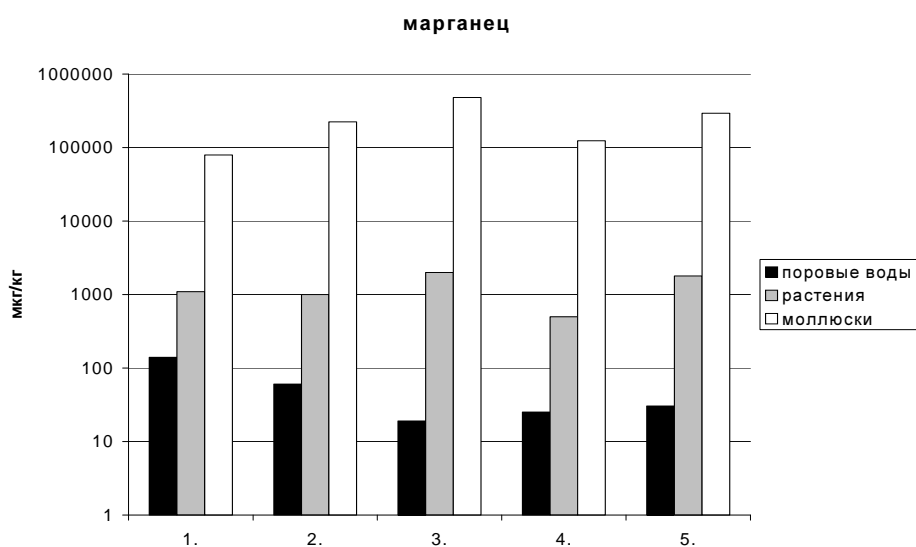
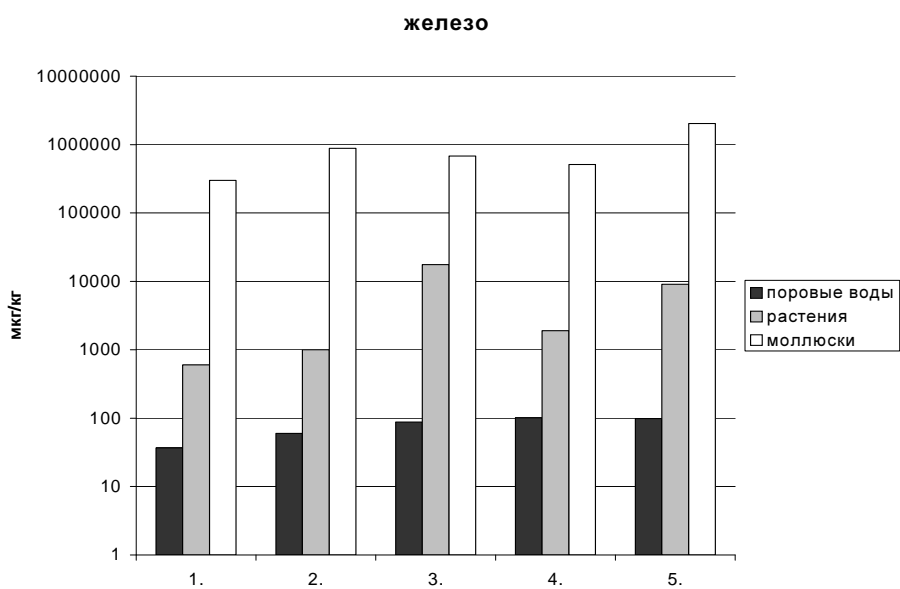
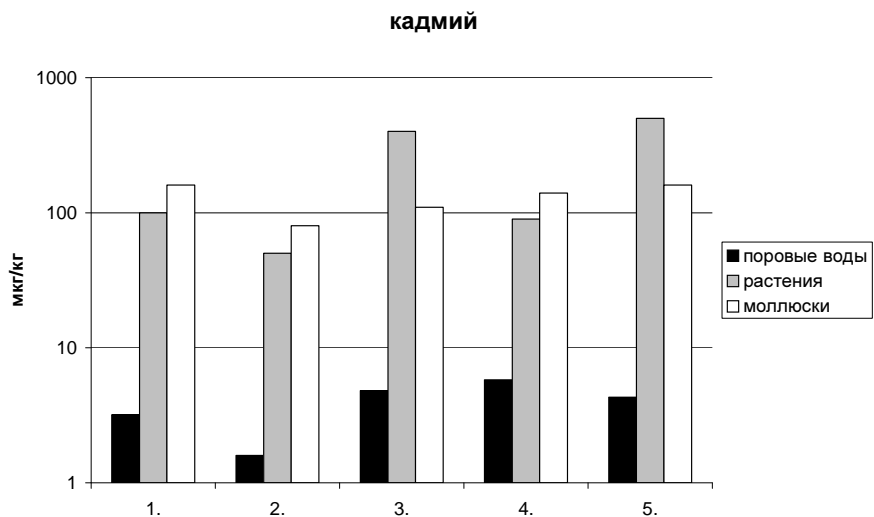


Рис. 34. Продолжение

Концентрации свинца в моллюсках большинства точек отбора проб превышали фоновые (2 – с. Черемное, 4 – Лесной пруд, 5 – ниже впадения р. Пивоварки) или были близки к максимальным (табл. 21). Такое распределение накопления свинца отражает, на наш взгляд, поступление его на водосборный бассейн с выхлопными газами автомобильного транспорта. Содержание меди, кадмия, цинка и марганца в моллюсках р. Барнаулки во всех точках отбора проб (табл. 21) не превышало концентраций в моллюсках малозагрязненных и незагрязненных водных объектах европейской части России, горных потоков Кавказа и Тянь-Шаня (Никаноров, Жулидов, 1991).

Таблица 21

Содержание тяжелых металлов в моллюсках *Lymnaea stagnalis* и *L. ovata* (сухой вес) р. Барнаулки, мкг/г

Точка отбора	Cu	Pb	Cd	Fe	Mn
<i>Lymnaea stagnalis</i>					
1.	5,20	1,37	0,16	301	79,4
2.	7,12	5,75	0,08	884	224
<i>L. ovata</i>					
3.	7,66	1,64	0,11	682	482
4.	21,9	5,47	0,14	512	125
5.	18,9	2,46	0,16	2025	293
Фоновое Lymnaeidae*	3,9–54,6	0,3–1,8	0,11–2,9	283–1125	60,7–785

*по А.М. Никанорову и А.В. Жулидову (1991).

Накопление железа моллюсками р. Барнаулки в большинстве точек отбора проб не отличалось от фоновых показателей, кроме точки 5 (ниже впадения р. Пивоварки), что может быть обусловлено высокой степенью загрязнения реки и ее берегов.

На рисунке 34 хорошо прослеживается тенденция к накоплению свинца, железа и марганца по трофической цепи. Их концентрация превосходила в 207–9215 раз концентрацию в поровых водах и в 61–301 раз в водных растениях. Некоторые исключения наблюдались для кадмия и меди, причем эти исключения, как видно из гистограмм, связаны с максимальными показателями содержания этих металлов в растениях. Вероятно, это свидетельствует о проявлении механизма выведения тяжелых металлов из организма моллюсков в окружающую среду при превышении токсического порога содержания их в пище.

Из результатов исследования можно заключить, что брюхоногие легочные моллюски прудовики (*Lymnaea stagnalis* и *L. ovata*) являются подходящими аккумулятивными индикаторами для биомониторинга антропогенного загрязнения водных экосистем бассейна Верхней Оби тяжелыми металлами, причем наиболее перспективно использовать этих моллюсков для мониторинга их низких и фоновых концентраций (Безматерных, Третьякова, Эйрих, 2002).

Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ЗООБЕНТОСА РАВНИННЫХ ПРИТОКОВ ВЕРХНЕЙ ОБИ

Таксономический состав зообентоса. Фауна донных беспозвоночных исследованных притоков Верхней Оби насчитывает 171 вид гидробионтов. Таксономический состав изученных притоков характеризуется доминированием в зообентосе класса насекомых (118 видов из 10 отрядов), а из насекомых – отряда двукрылых – 65 видов с наибольшим значением хирономид – 43 вида (из них подсемейство *Chironominae* 31 вид). Второе и третье места по видовому богатству занимают моллюски и кольчатые черви соответственно.

Такое распределение видового обилия по таксонам характерно не только для зообентоса других притоков Оби – р. Алея (Мисейко, 1991; Кириллов и др., 1993), р. Издревой (Безматерных, 2005), р. Кети (Рузанова, 1983), р. Томи (Залозный, 1973а, б; Рузанова, 1996; Залозный, Шаманцова, 1998, 1999; Петлина, Залозный, Бочарова, 2000; Петлина, Юракова, Залозный и др., 2000; Ковешников, Крылова, 2002), р. Чулым (Глазырин и др., 1980; Чайковская и др., 1984, 1990; Холикова и др., 1990). То же характерно и для рек Волжского бассейна: малых рек бассейна Средней Волги (Зинченко, Головатюк, 2000) и Горьковского Заволжья (Шахматова и др., 1984), водотоков Правобережного Средневожья (Каменев, 1993), рек Которосль (Березина, 2000), Кама (Алексевина, Гореликова, 1988), а также р. Днепр (Кафтаникова, Мартынова, 1980). Именно эти бассейны наиболее близки по гидробиологическим характеристикам бассейну Оби, в отличие от Восточно-Сибирских и Среднеазиатских бассейнов (Жадин, Герд, 1961).

В то же время наблюдаются резкие отличия бентофауны рек Барнаулки, Б. Черемшанки и Чумыша от бентофауны водотоков соседнего с Обью бассейна р. Енисей. Бентофауна верхнего и среднего течения р. Енисей отличается низкой численностью и биомассой, в основном представлена литореофильными личинками поденок, ручейников, мошек, веснянок, ортокладиин (рис. 35, 36). Это связано с наблюдаемой здесь более высокой скоростью течения и подвижностью грунтов. Вниз по течению бентос становится богаче, появляются олигохеты, бокоплавы, личинки хирономин, мелкие двустворчатые моллюски (Грезе, 1957; Жадин, Герд, 1961; Запекина-Дулькейт, Дулькейт, 1961; Скопцова, 1981; Буянтуев, 1999; Кузнецова, 2000; Буянтуев и др., 2001).

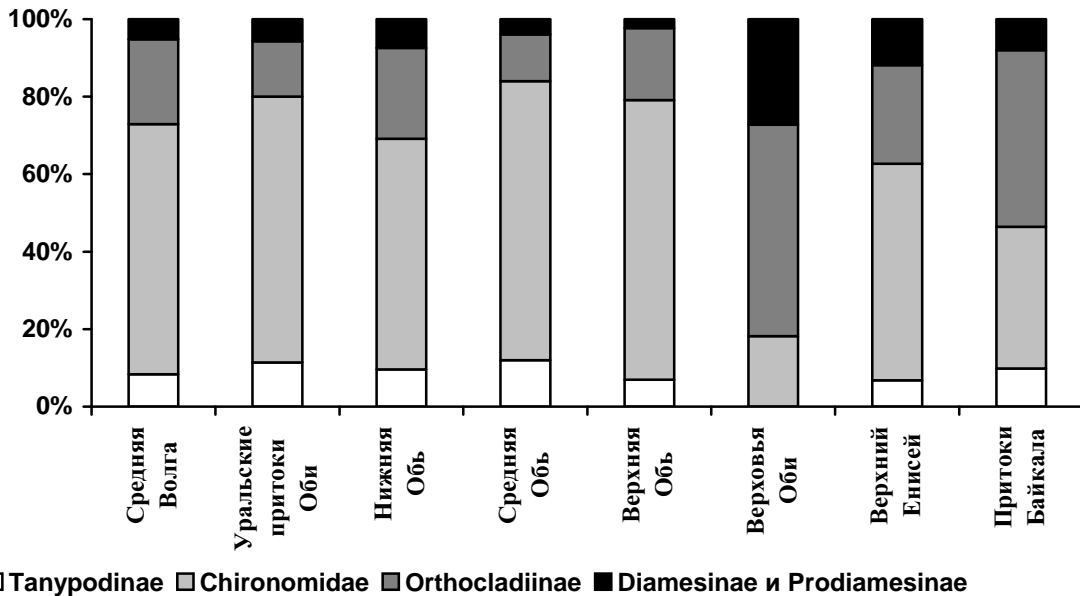


Рис. 35. Доля различных подсемейств в фауне хирономид бассейнов рек России:

Средняя Волга (Каменев, 1993), уральские притоки Оби (Соколова, 1989), Нижняя Обь (Юхнева, 1971), Средняя Обь (Рузанова, 1981, 1984б), Верхняя Обь (Безматерных, 2004а), верховья Оби (Руднева, 1995), Верхний Енисей (Запекина-Дулькейт, Дулькейт, 1961), притоки Байкала (Буянтуев, 1999)

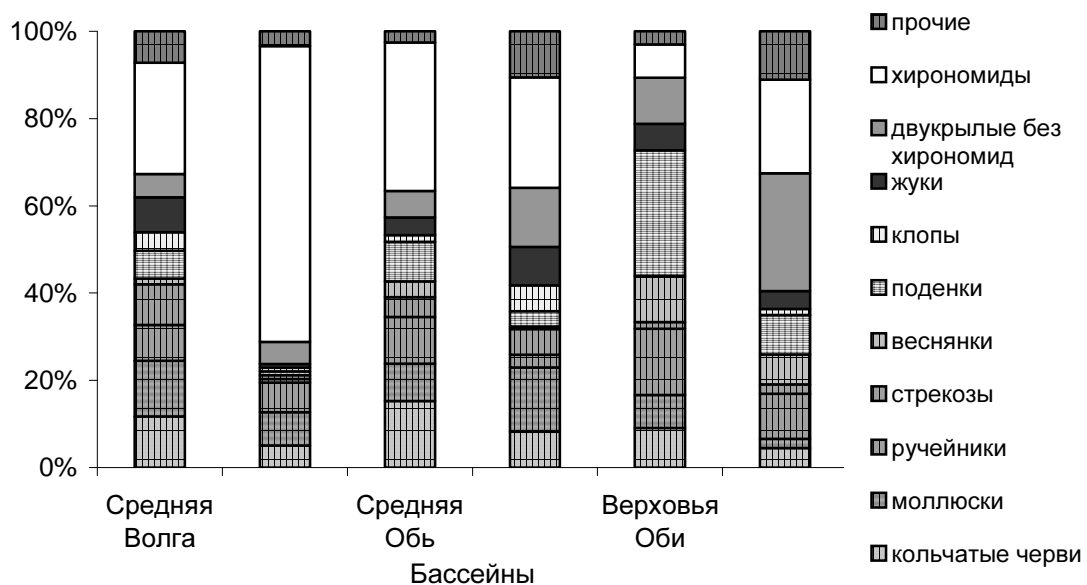


Рис. 36. Доля различных таксонов в фауне донных беспозвоночных бассейнов рек России:

Средняя Волга (Каменев, 1993), Нижняя Обь (Кузикова и др., 1989), Средняя Обь (бассейн р. Чулыма) (Глазырина и др., 1980; Чайковская и др., 1990), Верхняя Обь (Безматерных, 2004а), верховья Оби (Мисейко, Гамаюнова, 2001), Верхний Енисей (Грезе, 1957; Запекина-Дулькейт, Дулькейт, 1961)

Представленные выше данные подтверждают мнение В.И. Жадина и С.В. Герда (1961), которые хотя и выделяют реки бассейна Оби в особый гидробиологический тип, но отмечают, что в гидрологическом отношении они совмещают черты рек Кавказского (горная часть бассейна Оби) и Волжско-Днепровского типа (равнинная часть бассейна).

Зоогеографический анализ фауны донных беспозвоночных. Полученные нами данные указывают на преобладание в фауне донных беспозвоночных равнинных притоков Верхней Оби палеарктических (74,2–78,1%) и голарктических видов (19,5–20,7%), причем из палеарктов преобладают виды с западно-палеарктическим ареалом (31,4–33,3% всей фауны). На долю представителей других фаунистических комплексов приходится не более 1,1–2,2% видов.

Наши результаты согласуются с полученными ранее данными Ц.И. Иоффе (1947), который отмечает, что большинство видов Обь-Иртышского бассейна (в пределах Томской и Тюменской областей) принадлежит к широко распространенным формам, имеющим космополитическое распространение, или к формам, свойственным Европе и Азии. Северные и сибирские виды в фауне бассейна представлены значительно беднее: в списке видов, относящихся к северным формам, названы 16 представителей (из более чем 300). Большинство форм Обь-Иртышского бассейна обычны и для ряда других равнинных рек и стоячих водоемов.

Рузанова А.И. (1984) также указывает, что основная часть хирономид (более 70%), встреченных в водоемах Обь-Иртышского бассейна, широко распространена в Палеарктике. Северная фауна хирономид насчитывает 15 форм, из них две (*Cryptochironomus l. convergentus*, *Chironomus nigrifrons*) встречены только в Сибири. В водоемах Горного Алтая обнаружено 25 эндемичных форм хирономид. Аналогичные данные, подтверждающие близость фауны хирономид равнинной части бассейна Верхней Оби к европейской, получены нами (Безматерных, Мисейко, 1999): 62% видов хирономид палеаркты, 23% – голаркты и только 8% – сибирские.

Патрушева В.Д. (1982) также отмечает, что фауна мошек равнинной части Западной Сибири необычайно бедна и в основном сформирована из видов, широко распространенных в Палеарктике.

Бекетов М.А. (2003) вслед за А.В. Мартыновым (см. рис. 1) показал, что фауна Оби и ее притоков (в пределах Новосибирской области) является пограничной между Западной и Восточной частями Палеарктики.

По данным Н.И. Андреева и М.В. Винарского (2001), большинство видов моллюсков *Lymnaeidae* юга Западной Сибири относится к

представителям европейско-западносибирской и европейско-средне-сибирским групп, что согласуется с выводом Я.И. Старобогатова (1970) о том, что малакофауна Западной Сибири «целиком североевропейская с немногими эндемиками». По мнению В.Н. Долгина (2001), состав малакофауны севера Западной Сибири определяется ее особыми физико-географическими и климатическими условиями, более сходными с Восточной Европой, чем с Восточной Сибирью. Особенностью малакофауны севера Западной Сибири (включая левобережный бассейн и пойму Нижнего Енисея) является преобладание европейских элементов (68,2%), из которых 35,2% – европейско-западносибирские. Восточносибирских элементов в малакофауне севера Западной Сибири значительно меньше. С востока сюда доходит поток моллюсков восточносибирской и сибирской принадлежности (20,6%), небольшая часть из которых распространяется в бассейн р. Печоры. Эндемичность малакофауны севера Западной Сибири выражена слабо.

Сравнивая бентофауну притоков Верхней Оби и двух больших соседних бассейнов – Волжского и Енисейского, можно увидеть, что бентофауна бассейна В. Оби, несмотря на зоогеографическую близость, имеет и существенные отличия от бассейна Волги. Так, в среднем и особенно в нижнем течении р. Волги велика роль представителей каспийской фауны – отдельные виды гаммарид, кумовых ракообразных, моллюсков и др. В среднем и верхнем течении встречаются ледниковые реликты, например моллюск *Ancylus fluviatilis* (Жадин, Герд, 1961; Каменев, 1993). К отличиям енисейской бентофауны можно отнести присутствие юго-восточной фауны (многие амфибиотические насекомые верхнего и среднего течения), сибирских видов и особенно влияние байкальской фауны (полихета *Manajunkia baikalensis*, ряд амфипод) (Тахтеев, 2000).

Для всех исследованных нами рек Верхней Оби характерно высокое видовое разнообразие зообентонтов при низком уровне сходства таксономического состава отдельных рек и бассейнов (особенно горных). Наименьшее сходство видового состава наблюдается между горными и равнинными притоками, в первую очередь определяется различием их гидрологических и гидрофизических характеристик (рис. 37). Всего в реках бассейна Верхней Оби выявлено 323 вида донных беспозвоночных, из них общими для равнинных и горных притоков оказалось только 5 видов. Немаловажно и то, что по предгорьям Алтая проходит граница Восточной и Западной Палеарктики, причем горные водотоки относятся по гидрофауне к восточной, а равнинные – к западной части соответственно (Безматерных, Яныгина, 2006).

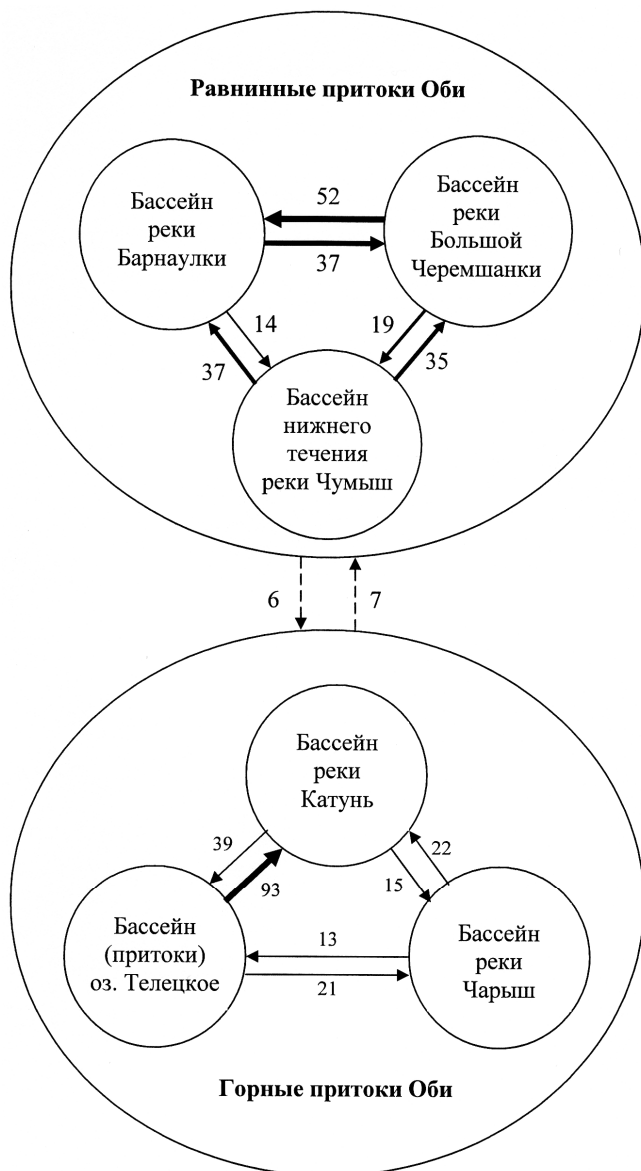


Рис. 37. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса рек бассейна Верхней Оби по наличию видов (Безматерных, Яныгина, 2006)

ных видов-близнецов (двойников), второй, после подвидов, стадии формирования отдельных, хорошо различимых видов (Гундерина, 2001). На это указывают и данные В.Ф. Вюлкера (1996) по эволюции рода *Chironomus* в Сибири.

Как отмечают многие авторы, большинство методов биологического анализа разработаны и опробованы в Европе, и они не могут быть распространены на территорию всей России (Макрушин, 1974в; Финогенова, Алимов, 1976; Алексеев, 1982), что ставит вопрос об оп-

По всей вероятности, зоогеографические особенности гидрофауны бассейна р. Оби отражают климатические изменения, происходившие в этом регионе. Как отмечает Я.И. Старобогатов (1970), современная сибирская фауна сформировалась после позднеплиоценового похолодания (2 млн лет назад), когда исчезла теплолюбивая сино-индийская фауна. После похолодания заселение гидробионтов в Западную Сибирь шло из Европы, а в Восточную Сибирь с юго-востока. Подтверждение этой гипотезы можно также найти в работах Б.Ф. Бельшева с коллегами (Бельшев, 1974; Бельшев, Харитонов, 1981), которые отмечают проникновение многих сугубо европейских видов на юг Западной Сибири (рис. 38). Вероятно, после этого оледенения в Сибири возникли центры видообразования быстро эволюционирующих групп насекомых, данный процесс характеризовался появлением многочислен-

равданности применения этих методов в бассейне Верхней Оби. Но преобладание в зообентосе равнинной части бассейна Верхней Оби видов, общих с гидрофауной Европы, позволяет применять для биоиндикации качества вод этого региона методы, основанные на выявлении видов индикаторов (метод Пантле и Букка).

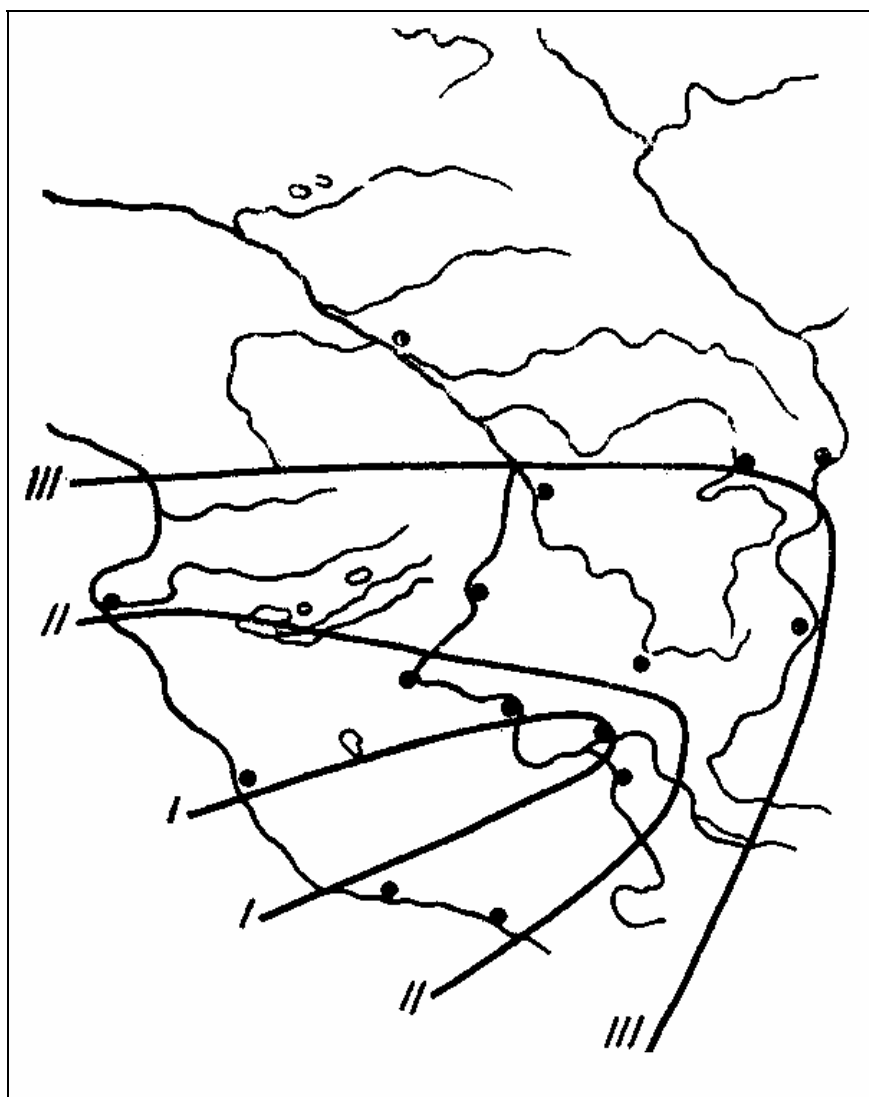


Рис. 38. Схема восточных проникновений западных видов стрекоз в Приобье (по Бельшеву, 1974):
I – первый тип; II – второй тип; III – третий тип

Таким образом, видовой состав зообентоса равнинной части бассейна Верхней Оби состоит из широко распространенных в Палеарктике и Голарктике видов, а также видов, характерных для западной части Палеарктики, эндемичных видов выявлено мало. В целом гидрофауна донных беспозвоночных бассейна Верхней Оби ближе к восточно-европейской.

Структура зообентоса. Анализ структуры зообентоса изученных притоков Верхней Оби выявил следующие закономерности. Структура зообентоса р. Барнаулки типична для других равнинных притоков Верхней и Средней Оби: Алея (Мисейко, 1991), Чулыма (Чайковская и др., 1984, 1990), Томи (Залозный, 2001; Селезнева, 2001б) и ряда других водных экосистем поймы Оби (Иоганзен и др., 1981). Названные выше водотоки характеризуются преобладанием в зообентосе по уровню развития кольчатых червей, моллюсков и личинок хирономид (Иоффе, 1947; Иоганзен и др., 1981; Залозный, 1984). Такой набор доминирующих в численности и биомассе зообентоса таксонов в общем характерен для ряда рек Восточной Европы – рек бассейна Волги, Невы, Даугавы, Днестра, Днепра, Дона (Алимов, 1968; Зверева, 1969; Склярова, 1971; Качалова, 1974; Владимиров, 1980; Кафтанникова, Мартынова, 1980; Алексеева, Гореликова, 1988; Каменев, 1987, 1993; Зинченко, Головатюк, 2000).

Структура зообентоса Нижнего Чумыша в общем схожа с таковой для р. Барнаулки, но отличается отсутствием олигохет, по видимому, в связи с меньшей изученностью этой реки.

Сравнение зообентоса р. Б. Черемшанки и других равнинных притоков Верхней Оби – Барнаулки (Безматерных, Мисейко, 2000) и Алея (Мисейко, 1991) – показало следующие различия в их структуре. В р. Б. Черемшанке, особенно в верхнем и среднем течении, меньшее значение имеют олигохеты, но наблюдается большое разнообразие оксифильных личинок двукрылых (ортокладиин и мошек), поденок и ручейников, это несколько сближает р. Б. Черемшанку с горными и предгорными водотоками – Катунью и Чемалом (Руднева, 1995а, б, 1997).

В общем, структурные характеристики зообентоса исследованных притоков являются типичными для ранее исследованных равнинных водотоков бассейна Оби – р. Алей, Кеть, Томь, Чулым (Залозный, 1973а-в; Глазырина и др., 1980; Рузанова, 1983, 1986, Чайковская и др., 1984, 1990; Мисейко, 1991; Холикова и др., 1990; Кириллов и др., 1993; Залозный, Шаманцова, 1998, 1999; Петлина, Залозный, Бочарова, 2000; Петлина, Юракова, Залозный и др., 2000; Ковешников, Крылова, 2002). Доминирование по численности хирономид, олигохет и моллюсков, а по биомассе – моллюсков, хирономид и олигохет характерно для зообентоса многих рек бассейна р. Волги, например, для малых рек бассейна Средней Волги и Горьковского Заволжья, водотоков Правобережного Средневолжья, рек Которосль и Кама (Шахматова и др., 1984; Алексеева, Гореликова, 1988; Каменев, 1993; Березина, 2000; Зинченко, Головатюк, 2000). Это также подтверждает мнение В.И. Жадиной (Жадин, Герд, 1961) о подобии гидробиологических характеристик рек бассейнов Оби и Волги.

В противоположность этому в верхнем и среднем течении р. Енисея в зообентосе наибольшую численность и биомассу имеют личинки поденок, ручейников, мошек и ортокладиин. Биомасса бентоса не превышает 1 г/м^2 . В среднем течении р. Енисея биомасса возрастает до $2\text{--}3 \text{ г/м}^2$ (Грезе, 1957). Для сравнения – биомасса бентоса р. Оби составляет $1,2\text{--}32,2$ (Залозный, 1984), а р. Волги – $28\text{--}34 \text{ г/м}^2$ (верхнее течение) и $11\text{--}102 \text{ г/м}^2$ (среднее и нижнее течение) (Жадин, Герд, 1961; Березина, 1984). Как отмечает ряд исследователей (Руднева, 1995а, б, 1997; Буянтуев, 1999), структура донных сообществ р. Енисея и водотоков Горного Алтая (верховий р. Оби) очень близки.

Трофность исследованных водных объектов. Уровень развития зообентоса в верхнем и среднем течении р. *Барнаулки* соответствует мезотрофным и эвтрофным водоемам. По средним за вегетационный период показателям биомассы фитопланктона реку можно отнести к эвтрофным водотокам (Силантьева и др., 1998). По данным О.Н. Жихаревой и Т.В. Кирилловой (2000), содержание хлорофилла «а» р. Барнаулки в 1997–1998 гг. (на тех же участках и в те же сроки) в среднем составляло $22,2\text{--}23,6 \text{ мкг/л}$ и соответствовало по шкале С.П. Китаева (1986) водным объектам эвтрофного типа.

В трофической структуре микрзоопланктона наблюдалась следующая тенденция: по направлению от истоков к устью происходило увеличение количества видов бактериофагов, что может свидетельствовать о повышении содержания органических веществ в реке. Численность хищников и альгофагов оставалась приблизительно одинаковой на всех станциях. Исключение составляла станция «АЗА», где число видов бактериофагов самое низкое из всех исследованных станций. Это, возможно, связано с токсичностью стоков этого предприятия (Эйдукайтене, 2000).

От истоков к устью численность всех групп мезозоопланктона сначала возрастает и достигает наибольших значений на станции «АЗА», при этом наиболее сильный рост наблюдается у ветвистоусых (12940 экз./м^3). Затем происходит падение численности всех групп мезозоопланктона вплоть до устья. Динамика биомассы мезозоопланктона в основных чертах повторяет динамику численности, но биомасса ветвистоусых, в силу их большего индивидуального веса, всегда превышала массу остальных групп зоопланктона и колебалась от $2,8 \text{ мг/м}^3$ на станции Борзовая Заимка до $1462,3 \text{ мг/м}^3$ на станции «АЗА». Уровень развития зоопланктона соответствует мезотрофному (местами олиготрофному) типу, но преобладание в нем ветвистоусых характерно для эвтрофных вод (Безматерных и др., 2000).

Биомасса зообентоса исследованных озер Барнаульской системы в 2003 г. значительно колебалась и по шкале трофности В.П. Ки-

таева (1986) соответствовала диапазону от ультраолиготрофного и α -эвтрофного типа, но в основном все же мезотрофному типу. По данным Л.А. Благовидовой (1973), подобные показатели характерны для большинства озер юга Обь-Иртышского междуречья, причем продукционные показатели зообентоса очень нестабильны и значительно зависят от водного режима озера в конкретном году.

Таким образом, сравнив данные по уровню развития различных сообществ, можно констатировать смешанный мезотрофно-эвтрофный характер р. Барнаулки, причем уровень трофности повышается вниз по течению. Также отмечается несбалансированность и разнообразие уровня развития различных сообществ данного маловодного, но протяженного водотока.

О трофности р. Б. Черемшанки помимо зообентоса, который свидетельствует об ее мезотрофном статусе, можно судить также по уровню развития планктона. Так, в сентябре 1999 г. нижний участок Сорочье-Логовского водохранилища имел следы «цветения» воды (Веснина и др., 2002). В нижнем течении реки заметно увеличивается доля в фитопланктоне зеленых и синезеленых водорослей, что может служить показателем повышения трофности водотока. Биомасса зоопланктона Сорочье-Логовского водохранилища за вегетационный период колеблется от 1,30 до 2,64 г/м³ и в среднем составляет 2,47 г/м³ (табл. 22). По классификации С.П. Китаева (табл. 23), водохранилище относится к мезотрофному (Веснина, Соловов, 1997), а русло реки к олиготрофно-мезотрофному типу.

Таблица 22

Численность и биомасса зоопланктона различных участков р. Б. Черемшанки, по данным Л.В. Весниной (Веснина и др., 2002)

Участок реки	Численность, тыс. экз./м ³	Биомасса, г/м ³
С.-Логовское водохр.	62,1	2,47
200 м ниже плотины	9,6	0,39
Нижнее течение	3,7	0,18

Средняя рыбопродуктивность реки, по данным В.П. Соловова (Веснина и др., 2002), составляет 2,0 г/м², по течению реки продуктивность заметно меняется: верхнее течение – 1,0 г/м², среднее – 2,0 и нижнее – 4,0, что соответствует олиготрофному уровню в верхнем течении и мезотрофному в нижнем, по шкале С.П. Китаева (табл. 23).

Анализ данных по уровню развития зообентоса и других речных сообществ позволил сделать заключение о том, что верхнее и среднее течение р. Б. Черемшанки относится к олиготрофно-мезотрофному типу, Сорочье-Логовское водохранилище – мезотрофное, ниже водохранилища река мезотрофно-олиготрофного типа.

Таблица 23

Стандартные классы биологических показателей продуктивности озер и водохранилищ (по Китаеву, 1986)

Класс	Биомасса хлорофилла «А», мг/м ³	Биомасса: фитопланктона или зоопланктона, или ихтиомасса, г/м ³	Биомасса: зоопланктона или бентоса, или ихтиомасса, г/м ²	Преобладающий тип водоема
Самый низкий	< 0,75	<0,25	<0,625	ультраолиготрофный
Очень низкий	0,75–1,5	0,25–0,5	0,625–1,25	α-олиготрофный
Низкий	1,5–3	0,5–1	1,25–2,5	β-олиготрофный
Умеренный	3–6	1–2	2,5–5	α-мезотрофный
Средний	6–12	2–4	5–10	β-мезотрофный
Повышенный	12–24	4–8	10–20	α-эвтрофный
Высокий	24–48	8–16	20–40	β-эвтрофный
Очень высокий	>48	>16	>40	гипертрофный

По уровню развития зообентоса нижнее течение р. Чумыша олиго-мезотрофного типа, но показатели развития фитопланктона в 2001 г., по данным Е.Ю. Митрофановой (Силантьева и др., 2002), свидетельствуют о его мезотрофном статусе. В августе и сентябре численность и биомасса составила 2,04 млн кл./л, 3,6 г/м³ и 1,34 млн кл./л, 1,1 г/м³ соответственно. В 1992 г. средняя биомасса его составляла 2,77 г/м³ (Кириллов и др., 1993).

По уровню развития зоопланктона исследованное пойменное озеро можно классифицировать как α-эвтрофное (табл. 24). О высоком уровне трофности этого водоема свидетельствовало и то, что ведущей группой зоопланктона по численности и биомассе являются ветвистые, их массовое развитие является индикатором эвтрофирования (Иванова, 1976). Близкие показатели по количественному развитию зоопланктона Бийско-Чумышской системы озер приводит Л.В. Веснина (Водоемы., 1999): численность от 15,0 до 593,7 тыс. экз./м³ и биомасса от 0,37 до 6,10 г/м³.

Значительно уступают по уровню развития зоопланктона водотоки, причем в протоке биомасса зоопланктона в два раза выше, чем в реке, что, по всей видимости, связано с меньшей скоростью течения в протоке. Такие низкие значения биомассы зоопланктона характерны для олиготрофных водных объектов (см. табл. 23) (Силантьева и др., 2002).

Таблица 24

Численность (N) и биомасса (B) зоопланктона в бассейне нижнего течения р. Чумыша в августе-сентябре 2001 г.

Водные объекты	Таксон	N, тыс. экз./м ³	B, г/м ³
Русло Чумыша	Cladocera	0,4	0,067
	Copepoda	0,2	0,0072
	Rotatoria	0,2	0,0004
	Итого	0,8	0,075
Протока Чумыша	Cladocera	0,84	0,14028
	Науплии	0,21	0,00021
	Итого	1,05	0,1402
Озерцо (безымянное)	Cladocera	12,6	4,05
	Copepoda	3,6	0,1296
	молодь олигохет	0,35	0,009
	личинки поденок	0,58	0,029
	Итого	17,4	4,21

Таким образом, сопоставив данные по уровню развития различных сообществ, можно сделать выводы о том, что изученные водные объекты бассейна нижнего течения р. Чумыша относятся к следующим типам: эвтрофным (пойменные водоемы), мезотрофно-эвтрофным (протока) олиготрофно-мезотрофным (русло р. Чумыша).

Сравнительный анализ использованных методик биоиндикации качества вод. Для сопоставления данных, полученных с помощью различных методик, и для сравнения их с результатами химического анализа применяли корреляционный анализ. Линейный коэффициент корреляции вычисляли с помощью программы Microsoft Excel.

Полученные данные показали, что между примененными для анализа качества вод р. Барнаулки индексами имеется значительный коэффициент корреляции от 0,75 до 0,90 (табл. 25).

Иные результаты получились для озер Барнаульской системы (табл. 26). Коэффициенты корреляции резко снизились, и особенно низкую корреляцию показал олигохетный индекс (0,08–0,40) и индекс Вудивисса (0,11–0,33). Недостатки индекса Гуднайта и Уитлея при малых их абсолютных значениях уже отмечались в литературе (Пшеницына, 1986). Эти недостатки связаны с тем, что большая численность олигохет является признаком органического загрязнения, но их отсутствие не всегда является гарантией чистоты водоема. Наши данные еще раз подтверждают нецелесообразность использования индекса Вудивисса для озер, так же, как это было ранее отмечено Н.А. Дзюбан и Н.Б. Слободчиковым (1981) для крупных водоемов.

Таблица 25

Коэффициенты корреляции различных биологических индексов по зообентосу на р. Барнаулке (жирным шрифтом выделены достоверные значения при $p=0,05$)

Индексы	Сапробности	Гуднайта и Уитлея	Вудивисса	Маргалефа
Сапробности	–	0,76±0,25	-0,75±0,25	-0,94±0,13
Гуднайта и Уитлея	0,76±0,25	–	-0,81±0,22	-0,86±0,19
Вудивисса	-0,75±0,25	-0,81±0,22	–	0,90±0,16
Маргалефа	-0,94±0,13	-0,86±0,19	0,90±0,16	–

Таблица 26

Коэффициенты корреляции различных биологических индексов по зообентосу на озерах бассейна р. Барнаулки (жирным шрифтом выделены достоверные значения при $p=0,05$)

Индексы	Сапробности	Гуднайта и Уитлея	Вудивисса	Маргалефа
Сапробности	–	0,40±0,34	-0,33±0,36	-0,69±0,27
Гуднайта и Уитлея	0,40±0,34	–	-0,29±0,36	-0,08±0,38
Вудивисса	-0,33±0,36	-0,29±0,36	–	0,11±0,38
Маргалефа	-0,69±0,27	-0,08±0,38	0,11±0,38	–

Коэффициент корреляции примененных для анализа индексов с количеством органического вещества (БПК₅) варьировал в широких пределах: 0,40±0,35 для Вудивисса, 0,65±0,29 – Гуднайта и Уитлея, 0,71±0,27 – Маргалефа и 0,80±0,23 – Пантле и Букка. Сходные данные приводит Н.А. Березина (2000) для р. Которосль (бассейн Волги): коэффициент корреляции с БПК₅ индекса Вудивисса составил – 0,25, Гуднайта и Уитлея – 0,68, Пантле и Букка – 0,56. Коэффициенты корреляции биологических индексов с другими факторами окружающей среды на р. Барнаулке представлены в таблице 27.

Небольшую корреляцию большинства биологических индексов с трофностью (которую показывает концентрация хлорофилла “а”) можно объяснить различием в сущности процессов, отражаемых понятиями сапробности и трофности, и тем, что зообентос и фитопланктон по-разному реагируют на изменения окружающей среды. Зообентос, наиболее консервативный элемент биоты, отражает изменения сравнительно долгого предшествующего периода и интегральные условия как в воде, так и в грунте, в отличие от фитопланктона (Слепухина, Петрова, 1981).

Таблица 27

Коэффициенты корреляции биологических индексов с различными факторами окружающей среды на р. Барнаулке (жирным шрифтом выделены достоверные значения при $p=0,05$)

Факторы	Сапробности	Гуднайта и Уитлея	Вудивисса	Маргалефа
Щелочность	-0,28±0,36	-0,55±0,32	-0,08±0,38	0,19±0,37
Кислотность	-0,03±0,38	0,18±0,37	-0,31±0,36	0,05±0,38
Концентрация O ₂	-0,49±0,33	-0,17±0,37	0,47±0,33	0,48±0,33
БПК ₅	0,80±0,23	0,65±0,29	-0,40±0,35	-0,71±0,27
Температура	-0,64±0,29	-0,83±0,21	0,44±0,34	0,56±0,31
Концентр. хл. "а"	0,27±0,36	0,69±0,27	-0,20±0,37	-0,31±0,36

Для оценки качества вод, кроме вышеуказанных индексов, нами ранее были также испытаны (Безматерных, Мисейко, 1997): биологический разрез по Кнеппу, индекс Кинга и Балла (Макрушин, 1974б), хирономидный индекс Е.В. Балушкиной (1989). Анализ наших результатов (Безматерных, Мисейко, 1997) показал принципиальную тождественность индекса сапробности Пантле и Букка и биологического разреза по Кнеппу (разница лишь в наглядности результатов, что не мешает их совместному применению), а также большую схожесть индекса Кинга и Балла и индекса Гуднайта и Уитлея. Мы отдали предпочтение индексу Гуднайта и Уитлея в силу его большей простоты применения. Метод Балушкиной показал себя малоприменимым для применения на притоках Верхней Оби, так как доля ортокладиин и таниподин в зообентосе рек по сравнению с хирономами оказалась ничтожной, к таким же выводам при применении этого индекса на малых реках правобережного Средневожья пришел А.Г. Каменев (1993).

Наиболее перспективным экспрессным методом для биологического мониторинга малых и средних рек бассейна Верхней Оби мы считаем *систему Вудивисса*, так как она отвечает таким основным критериям мониторинга, как достоверность, простота применения и высокая чувствительность.

В нашей стране система Вудивисса хорошо применима для рек западной, северо-западной и частично центральной части европейской территории России. Региональные особенности фауны диктуют необходимость модификации системы Вудивисса для большей части рек остальной территории. Таблица для расчета индекса Вудивисса модифицирована для Средней Волги (Пшеницына, 1986), для малых рек Крыма (Биоиндикация и биотестирование..., 1986), для водных объектов Кольского Севера (Яковлев, 2000), однако таких работ на сегодня

явно недостаточно. Оценка качества воды по индексу Вудивисса для водных объектов нашей страны в ряде случаев затруднена и не согласуется с оценкой по другим показателям. Причиной может быть несбалансированность видового состава и индикаторных значений системы Вудивисса для условий конкретного региона. Так, на реках Карелии из числа индикаторных групп отсутствует группа бокоплавов. Неэффективной систему в предложенном Вудивиссом виде считают для Нижней Волги и малых рек Латвии вследствие региональных особенностей фауны (Пареле, 1975). Тем не менее она рекомендована Госкомгидрометом (Абакумов, Черногаева, 2001) и успешно применяется на реках европейской части РФ. М.А. Бекетов (Ежегодник., 2004) на реках Новосибирской области показал хорошую корреляцию ($>0,5$) этого индекса с индексом загрязнения вод, а также с загрязненностью воды соединениями азота, фенолами и СПАВ.

Другим основным индексом для индикации качества речных вод бассейна Верхней Оби должен стать *индекс Гуднайта и Уитлея*. Он хорошо зарекомендовал себя для водотоков Латвии (Пареле, 1974; Пареле, Астапенюк, 1975), Восточной Сибири (Зиновьев, 1987), на реках Дальнего Востока (Брызгало и др., 2000). Основным ограничением его применения является то, что при численности олигохет ниже 20% индекс не дает достоверных результатов (Пшеницына, 1986).

В экспертных оценках, требующих большей глубины анализа и точности определения уровня органического загрязнения, особенно при их малых значениях, незаменим индекс *сапробности Пантле и Букка*. Как было показано ранее, существенных зоогеографических препятствий в его применении на реках Верхней Оби нет, также опыт его применения на обследованных водотоках (р. Барнаулка, Б. Черемшанка и Чумыш) показал значительную корреляцию с показателями загрязнения. Существенным недостатком системы и ее модификаций является то, что она не учитывает степень естественной эвтрофированности вод (Полищук и др., 1983) как показателя поступления в воду биогенных элементов. Немаловажным недостатком системы является трудность ее практического применения. Она требует детальной обработки материала до вида, а значит высококвалифицированных специалистов по систематике и много времени для видовой идентификации материала.

Вспомогательными методами при индикации качества вод являются *индексы видового разнообразия* (Маргалефа, Шеннона). С увеличением степени загрязнения видовое разнообразие, как правило, уменьшается. Оценка степени загрязнения по видовому разнообразию применима к любым видам загрязнения (Макрушин, 1974б).

Сравнение индексов видового разнообразия. Предложены десятки индексов оценки видового разнообразия (Константинов, 1979; Мэгарран, 1992; Терещенко и др., 1994). Общепринятой точки зрения по поводу того, какая мера разнообразия лучше, нет, и ни один из индексов не получил одобрения хотя бы большинства экологов. Множество предложенных мер оценки разнообразия затрудняет выбор наиболее подходящего индекса. Мы остановились только на двух наиболее общеупотребительных индексах: Маргалефа – отражающем уровень видового богатства (Чернышев, 1996) и Шеннона – наиболее чувствительном и отражающем степень выравненности распределения особей между видами (Терещенко и др., 1994).

В течение 1997 г. для р. Барнаулки индекс Маргалефа по зообентосу менялся от 0 в начале апреля до 1,4 в начале мая, затем, в середине мая, индекс упал до 0,4 (что, вероятно, связано с массовым вылетом имаго хирономид), в июне индекс вновь возрастал до 1–1,1, затем постепенно падал до 0,6 в ноябре (рис. 39). Кривая индекса Шеннона по зообентосу на графике практически повторяет колебания индекса Маргалефа: от 0 в начале апреля, до 0,9 в начале мая, затем падение индекса до 0,3, и возрастание до 0,6–0,7 в июне, в отличие от индекса Маргалефа выделяется еще два периода резкого падения видового разнообразия – в начале июля и в конце ноября.

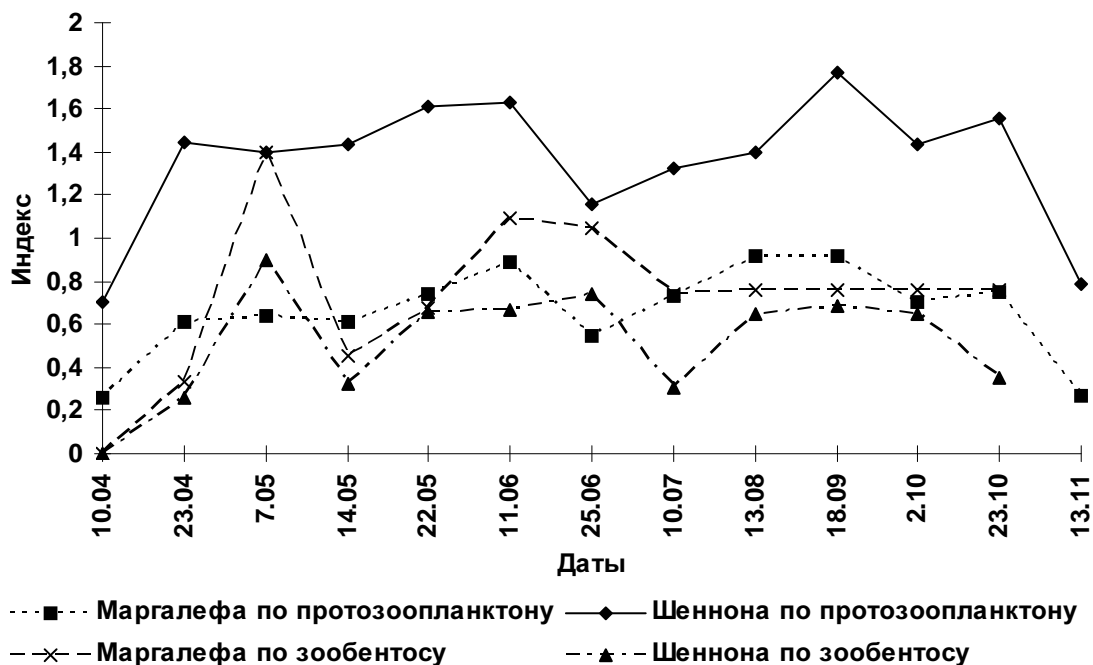


Рис. 39. Сезонная динамика индексов видового разнообразия по зообентосу и протозоопланктону нижнего течения р. Барнаулки в 1997 г. (по Безматерных, Эйдукайтене, 2000)

Индекс Маргалефа по *протозоопланктону* плавно колебался в течение года от 0,25 до 0,8. При этом выделяется три спада видового разнообразия инфузорий: в начале апреля, в конце июля и в конце ноября. Колебания индекса Шеннона по протозоопланктону практически совпадают с колебаниями индекса Маргалефа, но отличаются большей амплитудой: от 0,7 в апреле до 1,8 в сентябре (Безматерных, Эйдукайтене, 2000).

Вдоль по течению реки индекс Маргалефа по *зообентосу* менялся на р. Барнаулке в широких пределах от 4 (выше Лесного пруда) до 0 (в районе устья). При этом четко прослеживалась тенденция уменьшения индекса от истоков к устью. Это может быть объяснено возрастанием антропогенного воздействия в том же направлении. Самые низкие показатели видовое разнообразие имело в черте г. Барнаула (от впадения р. Пивоварки до устья), здесь индекс видового богатства не поднимался выше 2 (рис. 40). Индекс Шеннона по зообентосу в точности повторяет колебания индекса Маргалефа, но с меньшей амплитудой: от 0 в устье до 1,5 выше Лесного пруда.

Иные значения дает индекс Маргалефа по *протозоопланктону*. На всем протяжении реки индекс практически не меняется, равняясь 0,6. Более разнообразную картину дает индекс Шеннона, его кривая очень похожа на кривые видового разнообразия по зообентосу, но в отличие от них не падает в устье до 0.

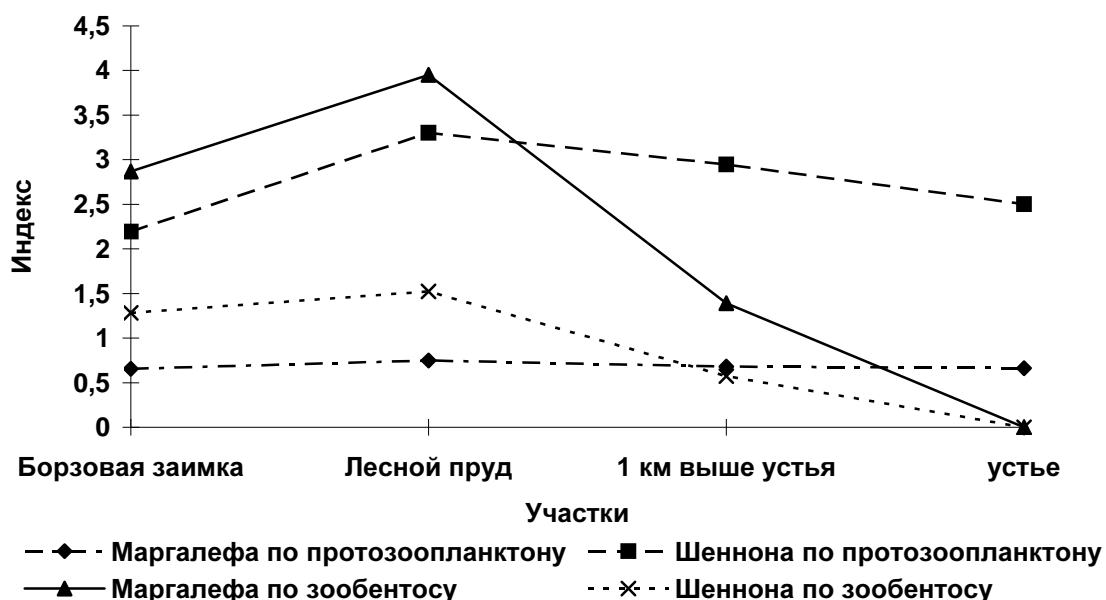


Рис. 40. Динамика изменения индексов видового разнообразия по зообентосу и протозоопланктону р. Барнаулки по станциям отбора проб в 1997 г. (по Безматерных, Эйдукайтене, 2000)

Анализируя показатели видового разнообразия *зообентоса*, можно сделать вывод о том, что в течение года видовое разнообразие зависит от этапов жизненных циклов массовых видов зообентоса. Большое влияние оказывает одновременный вылет имаго амфибиотических насекомых (хируномид), также сильное влияние оказывает сезонный фактор. С концом теплого периода года видовое разнообразие падает, причем иногда до 0. В условиях сильного загрязнения, в полисапробной зоне, макрозообентос практически полностью исчезает, что не позволяет производить градацию качества воды внутри полисапробной зоны. Все это осложняет использование видового разнообразия зообентоса для индикации качества водной среды.

Видовое разнообразие *протозоопланктона* в меньшей степени зависит от сезонных факторов, хотя в холодный период года все же наблюдается некоторое снижение видового разнообразия простейших, но не до 0. Не исчезают простейшие и в полисапробных условиях и могут служить для индикации градаций от полисапробной до гиперсапробной зоны. Но за пределами полисапробной зоны они уступают в чувствительности к загрязнению макрозообентосу (Безматерных, Эйдукайтене, 2000).

Несмотря на выявленные недостатки, видовое разнообразие *зообентоса* может служить для индикации состояния водных объектов, особенно за пределами полисапробной зоны. Хорошие результаты дает применение зообентоса для локализации источников загрязнения в пространстве.

Для оценки видового разнообразия *протозоопланктона* свою малую чувствительность показал индекс Маргалефа. Это может быть связано с тем, что в видовое разнообразие протозоопланктона большой вклад вносят «редкие», немногочисленные виды, который индекс Маргалефа не учитывает. Хорошие результаты можно получить при использовании протозоопланктона в оценке сильного органического загрязнения.

При оценке антропогенного загрязнения необходимо использовать различные подходы в оценке видового разнообразия (индексы, оценивающие как видовое богатство, так и степень выравненности распределения особей между видами) и различные группы гидробионтов с длительным и коротким жизненными циклами.

Сопоставление гидрохимических, токсикологических и сапробиологических данных. Сопоставление токсикологических и сапробиологических данных при исследовании одного водоема является обычной проблемой при комплексных экотоксикологических исследованиях водных объектов. Решению этой проблемы послужили многолетние комплексные исследования *р. Барнаулки*. Определение уров-

ня сапробности проводили по протисто- и зоопланктону (относительно «быстрым» элементам биоценоза, характерное время жизни измеряется днями и неделями), зообентосу (относительно «медленному» элементу биоценоза, характерное время жизни месяцы и годы). Для определения уровня токсичности воды и вытяжки из донных отложений использовали тест-объекты разных уровней организации: фотобактерий *Photobacterium phosphoreum* и ветвистоусых ракообразных *Daphnia magna* (Безматерных, Тушкова, Эйдукайтене, 2001).

Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольшая взаимосвязь имеется между следующими показателями: результатами биотестирования воды и сапробностью по протозоопланктону и результатами биотестирования водной вытяжки донных осадков и сапробностью по зообентосу.

Исследования 2000 г. показали, что в период половодья (апрель-июнь) вода оказывала стимулирующее воздействие на процесс люминесценции бактерий с максимумом в мае-июне (от +210 до +284%), соответствующее высокому уровню токсичности по международной шкале (Ribo, Kaiser, 1987). В это же время, в мае, уровень сапробности по протозоопланктону составил 2,64 балла, что указывает на присутствие в воде большого количества органических веществ – α -мезосапробные условия (табл. 28). Оценка качества вод р. Барнаулки индексом сапробности Пантле и Букка по мезозоопланктону представлена на рисунке 41.

Таблица 28

Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим показателям (Методические указания..., 1984)

Класс качества вод	Степень загрязненности воды	Гидробиологические показатели		
		индекс сапробности	по зообентосу	
			олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея	биотический индекс Вудивисса
I	Очень чистые	<1,00	1–20	10
II	Чистые	1,00–1,50	21–35	7–9
III	Умеренно загрязненные	1,51–2,50	36–50	5–6
IV	Загрязненные	2,51–3,50	51–65	4
V	Грязные	3,51–4,00	66–85	2–3
VI	Очень грязные	>4,00	86–100 или макрозообентос отсутствует	0–1

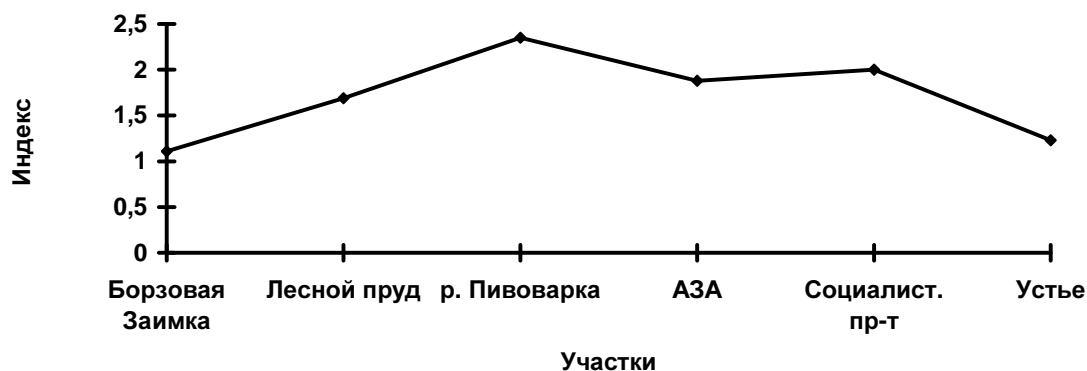


Рис. 41. Индекс сапробности по мезозоопланктону на различных участках р. Барнаулки летом 1997 г. (по Безматерных, Дюрин, Мисейко, 2000)

В период летней межени (июль-август) сильная стимуляция люминесценции меняется на противоположный процесс – ингибирование, вплоть до полного отсутствия свечения, что также указывает на высокую токсичность воды. При этом уровень сапробности остается в тех же пределах – 2,60 (август).

Анализ токсичности водной вытяжки донных отложений биолюминесцентным методом показал, что за исследуемый период ингибирование процесса люминесценции снижается с –40–84% до +58–40%, что, возможно, свидетельствует о процессах самоочищения в донных отложениях осенью (в октябре). Эти данные хорошо согласуются со снижением уровня сапробности по прото(микро)зоопланктону, в октябре он составил 2,47 балла.

Индекс сапробности воды и донных отложений по зообентосу повышался в направлении от истоков к устью от 2 до 4 баллов. Это согласуется с данными, полученными по зоопланктону, которые имели несколько иную тенденцию, но также показывали наименьшее загрязнение (1,1) за пределами г. Барнаула, а наибольшее в черте города – в районе устья р. Пивоварки (2,35). Отличием данных по зоопланктону является то, что ниже по течению, после впадения р. Пивоварки, индекс сапробности падает до 1,23. Уровень ингибирования свечения фотобактерий от верхнего течения реки к нижнему менялся от –0–40 до –60–80%. Повышение уровня свечения, вероятно, объясняется стимулирующим действием органических веществ, содержание которых в донных осадках увеличивается от верхнего течения реки к нижнему. При этом реальная и потенциальная плодовитость ветвистоусых рачков в водной вытяжке в мае-июне снижается от 130 до 0% от верхнего течения реки к нижнему, что свидетельствует о сильном влиянии за-

грязнения на потенциальную плодовитость дафний (Безматерных, Тушкова, Эйдукайтене, 2001).

Данные биоиндикации и биотестирования на р. Барнаулке подтверждаются химическим анализом (Состояние..., 1996; Третьякова, 2000; Михайлов и др., 2000; Бельдеева и др., 1999, 2000), которые показали постепенное повышение концентрации биогенов и тяжелых металлов в воде и донных отложениях от истоков к устью, а также увеличение содержания тяжелых металлов в моллюсках. Основные показатели уровня загрязнения воды р. Барнаулки представлены в таблице 29.

Таблица 29

Показатели уровня загрязнения нижнего течения р. Барнаулки

Показатели	Алтайский краевой комитет экологии (Состояние..., 1996)	Третьякова Е.И. (2000)	Бельдеева Л.Н. с соавт. (2000)
РН	...	8,05–9,06	7,38–8,38
O ₂ растворенный, мгО/л	...	5,2–11,3	5,83– 6,62
NH ₄ ⁺ , превышение ПДК (раз)	3–11	6,7	до 20
NO ₂ ⁻ , превышение ПДК (раз)	...	9,7	...
PO ₄ ³⁻ , превышение ПДК (раз)	...	8,7	...
Фенол, превышение ПДК (раз)	2–6	...	...
Нефтепродукты, превышение ПДК (раз)	3–14	...	...
Ртуть, превышение ПДК (раз)	2–6	...	...
Медь, превышение ПДК (раз)	2–4	1,2–8,7	...
Органика, превышение ПДК (раз)	1,5–4	...	до 8

Наибольшее загрязнение реки происходит в черте г. Барнаула, где в воду поступают промышленные, бытовые и фекальные стоки, а также стоки ливневой канализации и плоскостной смыв с берегов реки, на которых находятся несанкционированные свалки мусора (Бельдеева и др., 1999; Безматерных, Силантьева, 1999; Силантьева, 2000; Темерев и др., 2000; Долматова и др., 2002). Большое количество тяжелых металлов вносит в р. Барнаулку ее приток – р. Пивоварка, чьим водосборным бассейном является территория г. Барнаула (Михайлов и др., 2000).

Результаты биотестирования, полученные на фотобактериях и дафниях, показали принципиально схожую ситуацию (разброс данных соответствовал особенностям биологии этих видов). Повышение концентрации органических загрязнителей в летнюю межень действовало

на дафний (обитателей эвтрофных водоемов) не столь сильно, как на бактерий.

Сравнение результатов определения сапробности по зообентосу и прото(микро)зоопланктону показало, что применение протозоопланктона дает лучшие результаты для выявления временной динамики загрязнения водного объекта, так как простейшие имеют короткие жизненные циклы. Однако применение планктонных организмов для локализации источника загрязнения затруднительно в силу их высокой мобильности. С другой стороны, зообентос дает хорошие результаты при локализации источников загрязнения в пространстве и, по мнению ряда авторов (Макрушин, 1974б; Абакумов, Качалова, 1981; Баканов, 2000; Мисейко и др., 2001), является показателем «хронического» загрязнения водного объекта.

При исследовании *р. Б. Черемшанки* возникла возможность сопоставить результаты биоиндикации по зообентосу с аналогичными данными по фито- и зоопланктону. Все индикаторные сообщества показали принципиально схожую картину: наименьший уровень загрязнения наблюдался в верхнем течении, ниже по течению загрязнение возрастало. Причем данные биоиндикации соответствуют наблюдаемому увеличению интенсивности хозяйственной деятельности человека по направлению от верхней части бассейна к нижней.

По данным Р.Е. Романова (Веснина и др., 2002), в верхнем течении *р. Б. Черемшанки* средний индекс сапробности по фитопланктону составил 1,82 (рис. 42). Сорочье-Логовское водохранилище в верхней части имело сапробность 2,13, в нижней – 2,35. В нижнем течении реки средний индекс сапробности по фитопланктону был равен 2,11.

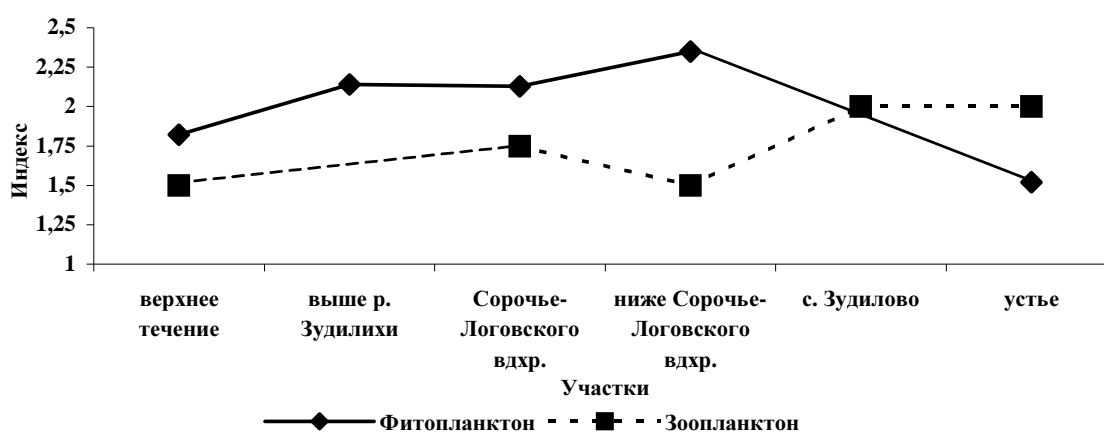


Рис. 42. Средний индекс сапробности по фитопланктону (по данным Р.Е. Романова) и зоопланктону (по данным Л.В. Весниной) различных участков *р. Б. Черемшанки* (Веснина и др., 2002)

Сапробиологический профиль р. Б. Черемшанки по зоопланктону представлен на рисунке 42. Из рисунка видно, что наблюдается увеличение уровня сапробности от истоков к устью. Количественные характеристики зоопланктона постепенно снижаются от водохранилища по всему среднему и нижнему течению (Веснина и др., 2002).

Истоки рек Б. Черемшанки и Зудилихи отличаются наибольшим сохранением естественных природных ландшафтов (Силантьева, Безматерных, Жихарева и др., 2000; Веснина и др., 2002). Человеческая деятельность сводится к выборочным рубкам леса и выпасу скота. В средней части бассейна рек М. и Б. Черемшанок характерны интенсивные эрозионные процессы, что приводит к образованию оврагов. Значительную роль в этом процессе сыграли вырубка лесов и распашка территории. Наибольшее антропогенное воздействие на реку наблюдается в нижнем течении: наибольшая плотность населения, высокие рекреационные нагрузки; гидротехнические сооружения и, особенно, несоблюдение параметров водоохранных зон. Именно увеличением антропогенной нагрузки, в основном, объясняется ухудшение качества вод рек Б. и М. Черемшанок вниз по течению.

В бассейне *нижнего течения р. Чумыша* параллельно индикации по зообентосу производили индикацию по фитопланктону (Силантьева и др., 2002). Значения индекса сапробности по фитопланктону были в пределах 1,81–1,90 для реки и 2,52 – для пойменного безымянного озера. По зообентосу получены сходные значения: 2,2 и 2,4 соответственно, что характерно для β - α -мезосапробной зоны и свидетельствует об умеренном загрязнении органическими веществами.

По «Материалам к Государственному докладу...» (1999) уровень загрязнения (индекс загрязнения вод) р. Чумыша в 1997 г. наибольшим был в районе г. Заринска (3,22), меньшим в районе пгт. Тальменка (2,25). Ухудшение качества воды в верхней части р. Чумыша происходит, преимущественно, за счет загрязнения нефтепродуктами и синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ).

По мере удаления от основного источника загрязнения – г. Заринска – качество воды в р. Чумыше улучшается с IV класса (загрязненная вода) до III класса (умеренно загрязненная), что свидетельствует о высокой самоочищающей способности реки. Сокращается содержание в воде СПАВ (в 2,5 раза), нефтепродуктов (в 2 раза) и фосфатов. В то же время увеличивается концентрация азотосодержащих веществ, особенно нитритов (в 6 раз), фенолов (в 2 раза) и легкоокисляемых органических веществ. В последующие годы уровень загрязнения реки значительно не менялся (Материалы..., 2000).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зообентос имеет существенное значение в биогеохимическом круговороте многих элементов и является важным компонентом водных экосистем. Степень изученности структурных характеристик зообентоса в бассейне р. Оби в целом и его отдельных притоков в частности является недостаточной для получения целостной картины развития и функционирования биогидроценозов Обской системы. Еще менее исследован таксономический состав зообентоса бассейна Оби, его изучение нуждается в привлечении методов точной идентификации видов (кариологического и морфологического анализов всех основных стадий развития).

Отдельную фундаментальную проблему составляет получение единой и подробной системы географического распространения донных беспозвоночных как основы изучения истории формирования континентальной гидрофауны и процессов видообразования.

Организмы зообентоса являются одними из лучших объектов для биоиндикации экологического состояния водотоков, так как характеризуются стабильной локализацией в пространстве и длительными жизненными циклами. Из множества предложенных методов биологического анализа и оценки качества вод по структурным и функциональным характеристикам зообентоса в настоящее время нет ни одного общепризнанного. Для конкретного региона и конкретной ситуации необходимо выявить наиболее подходящие индексы с тем, чтобы обеспечить точность полученных данных и их оперативность.

Исследования 1996–2003 гг. выявили в бентосе равнинных притоков Верхней Оби (бассейны рек Барнаулки, Большой Черемшанки и Нижнего Чумыша) 171 вид донных беспозвоночных, относящихся к 11 классам. Наибольшее число видов приходится на насекомых – 69,4%, в том числе хирономиды – 25,2%. Далее по числу видов следуют моллюски (15,3%) и кольчатые черви (8,8% всех видов зообентоса). Выявленное распределение видового обилия по таксонам является характерным для зообентоса равнинных участков ряда других речных систем Верхней и Средней Оби.

Видовой состав зообентоса рек равнинной части бассейна Верхней Оби состоит из широко распространенных в Палеарктике (74,2–78,1%) и Голарктике (19,5–20,7%) видов. В целом фауна донных беспозвоночных равнинных рек бассейна Верхней Оби оказалась ближе к восточно-европейской, чем к восточно-сибирской.

По численности и биомассе в зообентосе изученных притоков и в равнинных реках бассейна Оби в целом преобладают хирономиды и

моллюски, в местах повышенного содержания органических веществ – олигохеты.

Наибольшая биомасса зообентоса в притоках Верхней Оби наблюдается на заиленных грунтах и детрите (в среднем $10\text{--}15\text{ г/м}^2$), наименьшая – на песке и глине (в среднем $2\text{--}3\text{ г/м}^2$). Структура донных сообществ и уровень их развития характеризуют притоки Верхней Оби как олиго-мезотрофные – мезо-эвтрофные водотоки (по шкале С.П. Китаева).

Изучение морфологии основных стадий развития и кариотипов хирономид р. Барнаулки позволило уточнить таксономическое положение восьми видов этого семейства. Обнаружены новые для Алтайского края (*Chironomus novosibiricus*) и России (*C. acutiventris*) виды. Для *C. acutiventris* показана возможность использования в цитогенетическом мониторинге.

По данным биоиндикации вода р. Барнаулки в верхнем и среднем течении характеризуется как умеренно загрязненная органическими веществами (α – β -мезосапробные условия), в нижнем течении – грязная (полисапробные условия). Вода р. Б. Черемшанки практически на всем протяжении хорошего качества (β -мезосапробные условия), а в истоках реки – чистая (олигосапробные условия). Нижнее течение р. Чумыша относится к умеренно загрязненным по шкале Госкомгидромета (α -мезосапробные условия).

Исследование накопления тяжелых металлов брюхоногими моллюсками: прудовиком обыкновенным (*Lymnaea stagnalis*) и прудовиком яйцевидным (*L. ovata*) показало, что они являются перспективными аккумулятивными биоиндикаторами загрязнения речных экосистем свинцом, железом и марганцем. Концентрация этих металлов в моллюсках в 61–301 раз превосходит таковую в водных растениях и в 207–9215 раз – в поровых водах донных отложений.

Для полной оценки антропогенного загрязнения водотоков необходимо использовать различные биологические методы оценки состояния окружающей среды (биотестирование и биоиндикацию) и различные группы гидробионтов с длительными и короткими жизненными циклами, разных уровней организации. Так, для оценки экологического состояния притоков Верхней Оби по составу и структуре зообентоса предложено использовать следующие индексы: сапробности Пантле и Букка, олигохетный Гуднайта и Уитлея, биотический Вудивисса, видового разнообразия Маргалёфа, которые показали свою наибольшую информативность.

Библиографический список

- Абакумов В.А., Бубнова Н.П. Контроль качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. – М.: Гидрометеиздат, 1979. – 5 с.
- Абакумов В.А., Качалова О.В. Зообентос в системе контроля качества вод // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: Тр. Всес. конф. Москва, 1978. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – С. 5–12.
- Абакумов В.А., Черногаева Г.М. Состояние экосистем вод России по данным многолетнего мониторинга // Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. – М.: Наука, 2001. – С. 177–191.
- Алексеева М.А., Гореликова Н.М. Зообентос // Биология Воткинского водохранилища. – Иркутск: ИГУ, 1988. – С. 65–97.
- Алексеев В.А. Биологическая индикация качества вод – географический аспект // Водные ресурсы. – 1982. – №1. – С. 140–146.
- Алимов А.Ф. Донная фауна реки Невы // Загрязнение и самоочищение реки Невы. – Л.: Наука, 1968. – С. 211–232.
- Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
- Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
- Андреев Н.И., Винарский М.В. К фауне моллюсков семейства Lymnaeidae (Gastropoda; Pulmonata) водоемов юга Западной Сибири // Современные проблемы гидробиологии Сибири. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 13–14.
- Андреева Р.В. Определитель личинок слепней. – Киев: Наук. думка, 1990. – 172 с.
- Атлас Алтайского края. – М.; Барнаул: МГУ, 1978. – 222 с.
- Базилевич Н.И., Розанов А.Н. Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 382 с.
- Баканов А.И. Способ ранжирования гидробиологических данных в зависимости от экологической обстановки в водоеме // Биология внутренних вод. – 1997. – №1. – С. 53–58.
- Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. – 2000. – №1. – С. 68–82.
- Балушкина Е.В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения вод // Методы биологического анализа пресных вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1976. – С. 106–118.
- Балушкина Е.В. Функциональное значение хирономид в континентальных водоемах. – Л.: Наука, 1989. – 152 с.
- Бедова П.В., Колупаев Б.И. Использование моллюсков в биологическом мониторинге состояния водоемов // Экология. – 1998. – №5. – С. 410–411.
- Безматерных Д.М. Структура зообентоса реки Большая Черемшанка как индикатор качества природных вод // Природные и антропогенные предпосылки состояния здоровья населения Сибири: матер. науч.-практ. конф. – Барнаул: АлтГУ, 2001. – С. 51–54.

Безматерных Д.М. Зообентос притоков Верхней Оби // Ползуновский вестник. – 2004а. – №2. – С. 155–161.

Безматерных Д.М. Методы индикации экологического состояния по составу и структуре зообентоса // Межрегиональный экологический форум: Сборн. матер. – Барнаул: Printexpress, 2004б. – С. 66–69.

Безматерных Д.М. Оценка экологического состояния рек бассейна Верхней Оби с использованием структурных характеристик зообентоса // Ползуновский вестник. – 2005. – №4, Ч. 2. – С. 208–213.

Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири (аналит. обзор) / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук; Ин-т вод. и экол. проблем. – Новосибирск, 2007. – 87 с. – (Сер. Экология. Вып. 85).

Безматерных Д.М., Дюрин П.А., Мисейко Г.Н. Зоопланктон // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 121–126.

Безматерных Д.М., Кириллов В.В., Кириллова Т.В. Индикация экологического состояния водных объектов по составу и структуре биоценозов // Межрегиональный медико-экологический форум: Сборн. матер. – Барнаул: Аз Бука, 2006. – С. 75–79.

Безматерных Д.М., Мисейко Г.Н. Зообентос как биоиндикатор качества вод реки Барнаулки (Алтайский край) // Проблемы общей биологии и прикладной экологии. Вып. 2/3. – Саратов: СГУ, 1997. – С. 61–63.

Безматерных Д.М., Мисейко Г.Н. Зоогеографический аспект применения хирономид как индикаторов качества природных вод бассейна Верхней Оби // Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных территорий, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда: тез. докл. IV регион. науч. – практ. конф. – Барнаул: АлтГУ, 1999. – С. 77–78.

Безматерных Д.М., Мисейко Г.Н. Зообентос // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000а. – С. 135–146.

Безматерных Д.М., Мисейко Г.Н. Кариотипы массовых видов хирономид // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000б. – С. 147–156.

Безматерных Д.М., Силантьева М.М. Роль водоохраннх зон в охране природных водоемов и водотоков (на примере бассейна р. Барнаулки) // Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных территорий, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда: тез. докл. IV регион. науч.-практ. конф. – Барнаул: АлтГУ, 1999. – С. 9–11.

Безматерных Д.М., Третьякова Е.И., Эйрих А.Н. Накопление тяжелых металлов моллюсками р. Барнаулки (бассейн Верхней Оби) // Актуальные вопросы экологии: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Караганды: КарГУ, 2002. – С. 49–51.

Безматерных Д.М., Тушкова Г.И., Эйдукайтене О.В. Сравнительный сапробиологический и токсикологический анализ качества вод р. Барнаулки // VIII съезд ГБО РАН: тезисы докладов. Т. 3. – Калининград, 2001. – С. 21–22.

Безматерных Д.М., Эйдукайтене О.В. Видовое разнообразие зообентоса и протозоопланктона как один из показателей антропогенного загрязнения реки Барнаулки // Экологический анализ региона. – Новосибирск: СО РАН, 2000. – С. 190–196.

Безматерных Д.М., Эйдукайтене О.В. Фауна и экология водных беспозвоночных реки Барнаулки (бассейн Верхней Оби) // Биология внутренних вод. – 2003. – №3. – С. 28–33.

Безматерных Д.М., Яныгина Л.В. Таксономический состав донных беспозвоночных притоков Верхней Оби // IX Съезд гидробиол. общества РАН: тез. докл. Т. 1. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006. – С. 41.

Бекетов М.А. Поденки и стрекозы Верхнего Приобья и их применение в биомониторинге и экотоксикологических исследованиях: автореф. дис. ... к.б.н. – Новосибирск: НГПУ, 2003. – 22 с.

Бельшев Б.Ф. Определитель стрекоз Сибири по имагинальным и личиночным стадиям. – М.; Л.: АН СССР, 1963. – 114 с.

Бельшев Б.Ф. Стрекозы Сибири (Odonata). Т. I–II. – Новосибирск: Наука, 1973–1974.

Бельшев Б.Ф., Харитонов А.Ю. География стрекоз бореального фаунистического царства. – Новосибирск: Наука, 1981. – 280 с.

Бельдеева Л.Н., Безматерных Д.М., Денисенко О.В. и др. Химический анализ качества вод // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 193–200.

Бельдеева Л.Н., Комарова Л.Ф., Чемерис Н.А. Обследование состояния р. Барнаулки в черте г. Барнаула // Наука – городу Барнаулу: тез. докл. науч.-практ. конф. – Барнаул: АлтГУ, 1999. – С. 122–123.

Беянина С.И. Кариотип личинок комара *Endochironomus tendens* из различных районов Волги // Цитология. – 1978. – Т. 20. – №5. – С. 593–598.

Беянина С.И. Хромосомный анализ волжской хирономиды *Endochironomus albipennis* // Цитология. – 1981. – Т. 23. – №9. – С. 1060–1064.

Беянина С.И., Кикнадзе И.И., Полуконова Н.В., Сиирин М.Т. Кариотип комара-звонца *Chironomus heterodontatus* Konstantinov из группы *obtusidens* (Diptera, Chironomidae) // Цитология. – 2000. – Т. 42. – №6. – С. 593–601.

Беянина С.И., Кузьмина К.А., Сигарева Л.Е. Влияние естественных и антропогенных факторов на кариотипы природных популяций хирономид // IV Всесоюзного гидробиол. общества: тез. докл. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 17–18.

Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 3. – М.: АН СССР, 1949. – 454 с.

Березина Н.А. Гидробиология. – М.: Лег. и пищ. пром-ть, 1984. – 360 с.

Березина Н.А. Оценка качества вод р. Которосли и ее притоков по составу зообентоса // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. – №6. – С. 718–727.

Биоиндикация и биотестирование природных вод. – Ростов-н/Д: ГХИ, 1986. – 198 с.

Бирштейн Я.А. Пресноводные ослики (Asellota). Фауна СССР. Ракообразные. Т. 7, Вып. 5. – М.; Л.: АН СССР, 1951. – 144 с.

Благовидова Л.А. Отчет по обследованию озер системы рек Касмалы, Барнаулки и Алея в пределах Мамонтовского, Охотского, Шипуновского и Поспелихинского районов: рукопись. – Новосибирск: Запсиб. отд. ВНИОРХ, 1931. – 37 с.

Благовидова Л.А. Распределение бентоса в пойменных водоемах Парабельского района Томской области // Развитие рыбного хозяйства Сибири. – Новосибирск, 1963. – С. 48–63.

Благовидова Л.А. Зообентос Новосибирского водохранилища // Рыбное хозяйство водоемов южной зоны Западной Сибири. – Новосибирск, 1969. – С. 139–150.

Благовидова Л.А. Влияние многолетних колебаний уровня на развитие зообентоса (на примере оз. Сартлан) // Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования: Матер регион. совещания – Томск: ТГУ, 1973а. – С. 174–175.

Благовидова Л.А. Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири // Гидробиол. журн. – 1973б. – Т. IX, №1. – С. 55–61.

Благовидова Л.А. Распределение и сезонные изменения зообентоса в озере // Рыбное хозяйство озера Убинского и пути его развития: Тр. Новосибир. пед. ин-та. Вып. 90. – Новосибирск: НПИ, 1973в. – С. 34–55.

Благовидова Л.А. Состояние зообентоса водохранилища на втором десятилетии его существования // Биологический режим и рыбохозяйственное использование Новосибирского водохранилища. – Новосибирск, 1976. – С. 83–98.

Бобринский Н.А., Гладков Н.А. География животных (курс зоогеографии). – М.: Гос. уч.-пед. изд-во Мин-ва просвещения РСФСР, 1961. – 287 с.

Богатов В.В. Некоторые особенности динамики бентостока в условиях дождевого паводка // Систематика и экология речных организмов. – Владивосток: ДВО РАН, 1989. – С. 112–119.

Богатов В.В. Роль экстремальных природных явлений в функционировании речных сообществ российского Дальнего Востока // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – С. 22–24.

Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 218 с.

Бродский К.К. к познанию Ephemeroptera южной Сибири // Русское энтомологическое обозрение. – 1930. – XXIV. – 1–2.

Бродский К.А. Горный поток Тянь-Шаня. – Л.: Наука, 1976. – 244 с.

Бронштейн З.С. К фауне ракушковых ракообразных Алтая // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1949. – Т. 7. – Вып. 4. – С. 129–131.

Брызгало В.А., Коршун А.М., Никаноров А.М. и др. Реки Дальнего Востока в условиях современного антропогенного воздействия // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. – №2. – С. 245–253.

Булыгина А.И. Моллюски Телецкого озера // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1949. – Т. 7. – Вып. 4. – С. 124–128.

Бурдин К.С., Крупина М.В., Савельев И.Б. Использование моллюсков рода *Mutilus* для определения содержания тяжелых и переходных металлов в морской среде // Океанология. – 1979. – Т. 19. – №6. – С. 1038–1044.

Бурлаков В., Татаринцев А., Рассыпнов А. Географические условия Алтая. – Новосибирск: Наука, 1988. – 198 с.

Буянтуев В.А. Хирономиды в зообентосе рек и озер бассейна р. Баргузин: автореф. дис. ... к.б.н. – Иркутск: ИГУ, 1999. – 24 с.

Буянтуев В.А., Ербаева Э.А., Сафронова Г.П. Структура зообентоса некоторых водоемов бассейна р. Баргузин // Современные проблемы гидробиологии: тез. конф. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 23–24.

Вакулко Л.П. Личинки хирономид Бухтарминского водохранилища в первые годы его наполнения // Биологические основы рыбного хозяйства на водоемах Средней Азии и Казахстана. – Алма-Ата, 1966. – С. 302–304.

Вендров С.Л., Коронкевич Н.И., Субботин А.И. Проблемы малых рек // Вопросы географии. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – С. 11–18.

Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – 261 с.

Вернадский В.И. Геохимия и изучение вопросов жизни // Владимир Вернадский: Жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков / Сост. Г.П. Аксенов. – М.: Современник, 1993. – С. 394–425.

Вершинин В.К., Коновалова С.С., Фоменко Л.А. Зообентос некоторых водоемов Горного Алтая и его роль в питании интродуцированной пеляди // Биологические ресурсы Алтайского края и пути их рационального использования. – Барнаул, 1979.

Веснина Л.В., Соловов В.П. Эколого-рекреационная оценка малых водохранилищ в басс. Верхней Оби // Обской вестник. – 1996. – №4 / 1997. – №1. – С. 51–53.

Веснина Л.В., Соловов В.П., Безматерных Д.М. и др. Эколого-биологическая характеристика бассейна реки Большая Черемшанка (бассейн Верхней Оби) // Известия АлтГУ. – 2002. – №3(25). – С. 79–83.

Винарский М.В. Моллюски континентальных вод Сибири: Библиографический указатель. – Омск, 2004. – 56 с.

Винокуров Ю.И. Ландшафтные индикаторы инженерно- и гидрогеологических условий предалтайских равнин. – Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.

Винокуров Ю.И., Цимбалеи Ю.М., Пудовкина Т.А. и др. Природно-мелиоративная оценка земель в Алтайском крае. – Иркутск: ИГ СО АН СССР, 1988. – 136 с.

Владимиров М.З. Зоомакробентос нижнего Днестра в условиях воздействия комплекса антропогенных факторов // Биогидроресурсы бассейна Днестра, их охрана и рациональное использование. – Кишинев: Штиинца, 1980. – С. 143–152.

Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Л.В. Веснина, В.Б. Журавлев, В.А. Новоселов и др. – Новосибирск: Наука, 1999. – 285 с.

Войткевич Г.В., Вронский В.А. Основы учения о биосфере. – Ростов-н/Д: Феникс, 1996. – 480 с.

Второв П.П., Дроздов Н.Н. Биогеография. – М.: Владос-Пресс, 2001. – 304 с.

Вудивисс Ф. Биотический индекс реки Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям: Тр. совет.-англ. семинара. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 132–161.

Вюлкер В.Ф. Зоогеографические отношения сибирских видов *Chironomus* // Экология, эволюция и систематика хирономид. – Тольятти, Борок: ИБВВ и ИЭВБ РАН, 1996. – С. 24–27.

Гагарин В.Г. Свободноживущие нематоды пресных вод России и сопредельных стран. – М.: Наука, 2001. – 170 с.

Газина И.А. Особенности распределения и накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб // Известия АлтГУ. – 2005. – №3 (37). – С. 85–86.

Географические и инженерно-геологические условия степного Алтая. – Новосибирск: Наука, 1988. – 95 с.

Глазырина Е.И., Гундризер А.Н., Залозный Н.А. и др. Биологические ресурсы водоемов бассейна реки Чулыма. – Томск: ТГУ, 1980. – 165 с.

Глухова В.М. Личинки мокрецов подсемейства *Palpomyiinae* и *Ceratopogoninae* фауны СССР. – Л.: Наука, 1979. – 230 с.

Голубева Г.В. Хирономиды малых рек нечерноземной зоны РСФСР и их использование в индикации качества воды: автореф. ... дис. к.б.н. – М., 1985. – 22 с.

Грезе В.Н. Кормовые ресурсы реки Енисей и их использование // Изв. ВНИОРХ. – 1957. – Т. 41. – 236 с.

Гундерина Л.И. Генетическая изменчивость в эволюции хирономид (*Diptera, Chironomidae*): Автореф.... дис. д.б.н. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2001. – 32 с.

Гундризер А.Н., Залозный Н.А., Голубых О.С. и др. Состояние изученности гидробионтов русла Средней Оби // Сиб. экол. журн. – 2000. – №3. – С. 315–322.

Гундризер А.Н., Иоганзен Б.Г. Обзор советских ихтиологических и гидробиологических исследований в Алтайском крае // Известия Алтайского отделения Географического общества СССР. – 1969. – Вып. 10. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1969. – С. 37–46.

Гундризер А.Н., Иоганзен Б.Г., Кафанова В.В., Петлина А.П. Ихтиология и гидробиология в Западной Сибири. – Томск: ТГУ, 1982. – 318 с.

Демин А.Г. Динамика и строение эрозионной сети Алтайского региона. – Новосибирск: НГУ, 1993. – 145 с.

Дзюбан Н.А., Кузнецова С.П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – С. 160–166.

Дзюбан Н.А., Слободчиков Н.Б. Унификация методики мониторинга по зообентосу // IV Всесоюз. гидробиол. об-ва: тез. докл., ч. 4. – Киев: Наукова думка, 1981. – С. 17–18.

Долгин В.Н. Биоразнообразие моллюсков севера Западной Сибири // Современные проблемы гидробиологии Сибири: тез. докл. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 34–35.

Долгин В.Н., Жерновникова Г.А., Залозный Н.А. К изучению роли олигохет и моллюсков в зообентосе Иртыша и Нижней Оби // Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования. – Томск: ТГУ, 1973. – С. 177–179.

Долматова Л.А., Базарнова Н.Г., Кудряшкина О.Н. Нефтепродукты в различных компонентах экосистемы р. Барнаулки // Известия АлтГУ. – 2002. – №3 (25). – С. 9–13.

Доманицкий А.П., Дубровина Р.Г., Исаева А.И. Реки и озера Советского Союза (справочные данные) / Под ред. А.А. Соколова. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 104 с.

Евсеева А.А., Кушникова Л.Б. К вопросу о модификации системы биотических индексов Вудивисса для водоемов Восточного Казахстана // Тр. Заповедника «Тигеревский». Вып. 1. – Барнаул, 2005. – С. 288–289.

Евстигнеев В.В., Подуровский М.А., Соловов В.П. Основы сырьевой базы гидробионтов. – Барнаул: АГТУ, 1997. – 63 с.

Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведения водоохранных мероприятий по территории деятельности Западно-Сибирского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2003 год. – Новосибирск, 2004. – Ч. 1. – 150 с.

Жадин В.И. Жизнь в реках. Бентос // Жизнь пресных вод СССР / Под ред. Е.Н. Павловского и В.И. Жадина. Т. 3. – М.; Л.: АН СССР, 1950. – С. 149–183.

Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 376 с.

Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР, их флора и фауна – М.: Учпедгиз, 1961. – 600 с.

Жариков В.В. Инфузории – индикаторы сапробного состояния среды Волжских водохранилищ // Биоиндикация: теория, методы, приложения. – Тольятти, 1994. – С. 88–98.

Жизнь пресных вод СССР / Под ред. Е.Н. Павловского и В.И. Жадина. Т. 1–4. – М.; Л.: АН СССР, 1940–1959.

Жихарева О.Н., Кириллова Т.В. Пигментные и продукционные характеристики фитопланктона // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 209–222.

Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. – Киев: Наук. думка, 1983. – 206 с.

Залозный Н.А. К изучению водных малощетинковых червей средней части Обь-Иртышского бассейна // Гидробиол. журн. – 1973а. – №1. – С. 91–93.

Залозный Н.А. Итоги изучения водных олигохет и пиявок Западной Сибири // Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования. – Томск: ТГУ, 1973б. – С. 182–183.

Залозный Н.А. К изучению фауны малощетинковых червей бассейна нижнего течения реки Томи // Проблемы экологии. – 1973в. – Т. 3. – С. 135–138.

Залозный Н.А. К фауне олигохет и пиявок водоемов бассейна Нижней Оби и Крайнего Севера Западной Сибири // Вопросы зоологии Сибири. – Томск: ТГУ, 1979а. – С. 22–32.

Залозный Н.А. Олигохеты и пиявки как индикаторы биологической продуктивности водоемов // Вопросы повышения рыбопродуктивности водоемов Западной Сибири. – Томск: ТГУ, 1979б. – С. 133–137.

Залозный Н.А. Роль олигохет и пиявок в экосистемах водоемов Западной Сибири // Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1984. – С. 124–143.

Залозный Н.А. Формирование олигохетных сообществ и их роль в продуктивности некоторых озерных экосистем // Рыбопродуктивность озер Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 141–144.

Залозный Н.А. Направленность структурных и функциональных изменений сообществ зообентоса в малых водотоках Нижней Томи // Современные проблемы гидробиологии Сибири: тез. докл. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 116–118.

Залозный Н.А., Крылова Е.Н. Состав и структура олигохет озера Телецкого // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири. – Томск, 1996. – С. 20–21.

Залозный Н.А., Попков В.К., Попкова Л.А., Рузанова А.И. Многолетняя динамика состава и количественного развития зообентоса озера Манатка (бассейн Средней Оби) // VI съезд ВГБО. Ч. 1. – Мурманск: Полярная Звезда, 1991. – С. 130–131.

Залозный И.А., Рузанова А.И. Макрозообентос Телецкого озера // Особо охраняемые территории Алтайского края, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда: Мат. научн. конф. – Барнаул: АлтГУ, 1995. – С. 10–13.

Залозный Н.А., Симакова Н.В. Биотопическое распределение зообентоса и роль в нем олигохет малых водотоков Нижней Томи // Современные проблемы гидробиологии Сибири: тез. докл. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 118–119.

Залозный Н.А., Шаманцова Н.А. Олигохеты как компоненты зообентоса нижнего течения р. Ушайки (басс. Томи) // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования. – Томск, 1998. – С. 286–288.

Залозный Н.А., Шаманцова Н.А. Донные сообщества некоторых малых водотоков Нижней Томи // Экологические, гуманитарные и спортив-

ные аспекты подводной деятельности: матер. междунар. конф. – Томск: ТГУ, 1999. – С. 127–129.

Занин Г.В. Геоморфология Алтайского края // Природное районирование Алтайского края. Т. 1: Труды комплексной экспедиции. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 62–98.

Запекина-Дулькейт Ю.И., Дулькейт Г.Д. Гидробиологическая и ихтиологическая характеристика водоемов Государственного заповедника «Столбы» // Тр. Гос. зап. «Столбы». – Вып. 3. – Красноярск: Красноярское книж. изд-во, 1961. – С. 7–109.

Зарубина Е.Ю., Третьякова Е.И. Высшие растения – индикаторы загрязнения тяжелыми металлами поверхностных вод бассейна Кулундинского озера // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: матер. конф. – Барнаул: АлтГУ, 2000. – С. 116–121.

Зверева О.С. Особенности биологии главных рек Коми АССР. – М.; Л.: АН СССР, 1969. – 279 с.

Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. – М.: АН СССР, 1963. – 719 с.

Зернов С.А. Общая гидробиология. – М.; Л.: Госбиомедиздат, 1934. – 504 с.

Зимбалевская Л.Н. Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ (экологический очерк). – Киев: Наук. думка, 1981. – 216 с.

Зиновьев В.П. Экспресс-методы определения качества вод по зообентосу в реках Восточной Сибири // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Вып. 1. – С. 127–134.

Зинченко Т.Д. Хирономиды (Diptera, Chironomidae) как индикаторы состояния водоемов в биомониторинге пресных вод // III Межд. конгресс АКВАТЭК – 98: тез. докл. – М., 1998. – С. 519–520.

Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Известия Самарского научного центра РАН. – 2000. – Т. 2. – №2. – С. 233–243.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Изменение состояния бентоса малых рек бассейна Средней Волги // Известия Самарского научного центра РАН. – 2000. – Т. 2, №2. – С. 257–267.

Зорина О.В. Фауна, систематика и распределение комаров-звонцов трибы Chironomini (Diptera, Chironomidae) юга российского Дальнего Востока: автореф. дис. ... к.б.н. – Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2002. – 23 с.

Иванова З.А. Рыбы степной зоны Алтайского края / Под ред. Б.Г. Иоганзена. – Барнаул, 1962. – 152 с.

Иванова М.Б. Влияние загрязнения на планктонных ракообразных и возможность их использования для определения степени загрязнения рек // Методы биологического анализа пресных вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1976. – С. 68–80.

Извекова Э.И., Кузьминых А.А., Николаев С.Г. Хирономиды некоторых малых рек бассейна р. Оки и возможность использования их личинок в качестве индикаторов загрязнения // Экология, эволюция и систематика хирономид. – Тольятти; Борок: ИБВВ и ИЭВБ РАН, 1996. – С. 132–137.

Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Абакумов В.А. Гидробиологическая служба наблюдения и контроля поверхностных вод в СССР. – М.: Гидрометеоиздат, 1979. – 11 с.

Иллиес Й. Ручьи и реки // Экологические очерки о природе и человеке / Под ред. Б. Гржимека. – М.: Прогресс, 1988. – С. 371–381.

Ильяшук Е.А., Ильяшук Б.П. Анализ остатков хирономид из донных отложений водоемов при палеоэкологической реконструкции // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31. – №2. – С. 1–13.

Иоганзен Б.Г. Гидробиологические исследования Западной Сибири // 30 лет советской науке: докл. научн. конф. – Тр. ТГУ, Т. 100. – Томск: ТГУ, 1948. – С.49–89.

Иоганзен Б.Г. Пресноводные моллюски бассейна реки Чульчи // Тр. ТГУ. Т. 111. – Томск: ТГУ, 1950. – С. 137–142.

Иоганзен Б.Г. К гидробиологии водоемов бассейна р. Шавлы (Восточный Алтай) // Учен. зап. Томск. ун-та. – 1952. – №18. – С. 55–66.

Иоганзен Б.Г. К изучению водоемов Восточного Алтая и их малакофауны // Учен. зап. ТГУ. – 1954. – №21. – С. 61–86.

Иоганзен Б.Г., Глазырина Е.И., Залозный Н.А. и др. Сукцессия водных экосистем в бассейне Средней Оби // Сукцессии животного населения в биоценозах поймы реки Оби. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 78–99.

Иоганзен Б.Г., Петкевич А.Н., Марусенко Я.И. Пойма Средней Оби и возможности улучшения ее рыбохозяйственного использования // Изв. ВНИОРХ. – 1958. – Т. 44. – С. 29–48.

Иоганзен Б.Г., Файзова Л.В. Об определении показателей встречаемости, обилии, биомассы и их соотношение у некоторых гидробионтов // Элементы водных экосистем. – М.: Наука, 1978. – С. 215–224.

Иоганзен Б.Г., Файзова Л.В. Годовой цикл развития зообентоса в водоемах бассейна реки Томи // Вопросы зоологии Сибири. – Томск: ТГУ, 1979. – С. 16–21.

Иоффе Ц.И. Донная фауна Обь-Иртышского бассейна и ее рыбохозяйственное значение // Изв. ВНИОРХ. – 1947. – Т. 25. – Вып. 1. – С. 113–161.

Истомина А.Г., Кикнадзе И.И., Сиирин М.Т. Кариологический анализ видов *Chironomus gr. obtusidens* Алтая (Diptera, Chironomidae) // Цитология. – 1999. – Т. 41. – №12. – С. 1022–1031.

Истомина А.Г., Сиирин М.Т., Полуконова Н.В., Кикнадзе И.И. *Chironomus sokolovae* sp. nov. из группы *obtusidens* (Diptera, Chironomidae) // Зоол. журн. 2000. – Т. 79. – №8. – С. 928–938.

Каменев А.Г. Биологические ресурсы рек Мокши и Суры: Макрозообентос. – Саратов: Изд-во СГУ, 1987. – 164 с.

Каменев А.Г. Биопродуктивность и биоиндикация правобережного Средневожья: Макрозообентос. – Саранск: Мордов. ун-т, 1993. – 228 с.

Кафтаникова О.Г., Мартынова Е.Г. Зообентос как индикатор санитарного состояния реки Днепр // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. – М.: Наука, 1980. – С. 64–71.

Качалова О.Л. Изменение донной фауны реки Даугава в связи с загрязнением // Факторы формирования устьевого района реки Даугава. – Рига: Зинатне, 1974. – С. 106–121.

Кеммерих А.О., Куприянова Е.Н., Албул С.П., Малик Л.К. Воды // Западная Сибирь. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 100–157.

Кикнадзе И.И. Функциональная организация хромосом. – М.; Л.: Наука, 1972. – 211 с.

Кикнадзе И.И., Истомина А.Г. Кариотипы и хромосомный полиморфизм сибирских видов хирономид (Diptera, Chironomidae) // Сибир. экол. журн. – 2000. – №4. – С. 445–460.

Кикнадзе И.И., Истомина А.Г., Гундерина Л.И. и др. Цитогенетический мониторинг природных популяций хирономид Алтая в условиях антропогенных загрязнений // Генетические эффекты антропогенных факторов среды. Вып. 1. Исследование последствий радиационных загрязнений районов Алтайского края. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1993. – С. 62–79.

Кикнадзе И.И., Истомина А.Г., Гундерина Л.И. и др. Кариофонды хирономид криолитозоны Якутии. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1996. – 160 с.

Кикнадзе И.И., Керкис И.Е. Шилова А.И. Кариотипы хирономид рода *Lipiniella* Shilova // Цитология. – 1989. – Т. 31. – №5. – С. 576–581.

Кикнадзе И.И., Сиирин М.Т., Керкис И.Е. и др. Необычный цитологический комплекс у хирономид // Цитология. – 1993. – Т. 35. – №1. – С. 46–52.

Кикнадзе И.И., Шилова А.И., Керкис И.Е. и др. Кариотипы и морфология личинок трибы *Chironomini*. Атлас. – Новосибирск: Наука, 1991. – 115 с.

Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 48 с.

Кириллов В.В., Веснина Л.В., Руднева Л.В. и др. Биоразнообразие как фактор и показатель состояния гидросистем бассейна Верхней Оби // VII съезд Всерос. гидробиол. об-ва: тез. докл. Т. 2. – Казань, 1996. – С. 128–130.

Кириллов В.В., Кикнадзе И.И., Руднева Л.В. и др. Биологическое разнообразие водных экосистем бассейна Верхней Оби // Обской вестник. – 1997. – №2–3. – С. 51–57.

Кириллов В.В., Лопатин В.Н., Щур Л.А. и др. Биоиндикация поверхностных вод бассейна реки Алей // Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края: матер. науч. исследований. Т. 2, кн. 2 / Научный совет комплексной программы. – Барнаул, 1993. – С. 104–117.

Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // V съезд Всесоюз. гидробиол. об-ва: тез. докл.: Ч. 2. – Куйбышев, 1986. – С. 254–255.

Ковешников М., Крылова Е.Н. Формирование зообентоса реки Томи в период пониженного потенциала самоочищения // Биология внутренних

вод: проблемы экологии и биоразнообразия: тез. докл. VII конф. – Борок: ИБВВ РАН, 2002. – С. 76.

Кожова О.М. Введение в гидробиологию. – Красноярск: КГУ, 1987. – 244 с.

Кожова О.М., Акиншина Т.В. Классификация чистоты вод р. Ангары по состоянию макрозообентоса с использованием выявленных индикаторных групп организмов // Гидробиологические и ихтиологические исследования в Восточной Сибири (Чтения проф. М.М. Кожова): Вып. 3. – Иркутск: ИГУ, 1979. – С. 55–74.

Константинов А.С. К систематике рода *Chironomus* Meig. // Тр. Саратов. отделения ВНИОРХ. – 1956. – Т. 4. – С. 155–191.

Константинов А.С. Биология хирономид и их разведение // Тр. Саратов. отд-ния ВНИОРХ. Т. 5. – Саратов: ВНИОРХ, 1958. – 358 с.

Константинов А.С. Обеднение донной фауны Волги ниже Саратова как показатель ее загрязнения // Фауна Волгоградского водохранилища и влияние на нее загрязнения. – Саратов: СГУ, 1967. – С. 10–15.

Константинов А.С. Использование теории множеств в биогеографическом и экологическом анализе // Успехи совр. биологии. – 1969а. – Т. 67. – №1. – С. 99–108.

Константинов А.С. Фауна хирономид как показатель санитарного состояния Волги в районе Саратова // Видовой состав, биология и продуктивность гидробионтов Волгоградского водохранилища. – Саратов: СГУ, 1969б. – С. 14–19.

Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высш. шк., 1979. – 480 с.

Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. – Иркутск: Ин-т геогр. СО РАН, 2001. – 163 с.

Красная книга Алтайского края. Т. 3. Особо охраняемые территории / И.В. Андреева, В.А. Балашова, Д.М. Безматерных и др. – Барнаул: АлтГУ, 2002. – 339 с.

Круглова В.М. Материалы по фауне личинок тендипедид водоемов Алтая // Заметки по фауне и флоре Сибири. – Томск, 1949. – Вып. 7–16. – С. 39–44.

Круглова В.М. Личинки тендипедид бассейна реки Чульчи // Тр. Том. ун-та. – 1950а – Т. 111. – С. 127–135.

Круглова В.М. К биологии водоемов бассейна р. Чульчи // Тр. Том. ун-та. – 1950б. – Т. 111. – С. 67–86.

Круглова В.М. Личинки тендипедид водоемов Томской области // Тр. Том. ун-та. – 1951. – Т. 115.

Крылова Е.Н. Видовой состав олигохет Телецкого озера // Биологическое разнообразие животных Сибири. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 72–73.

Крылова Е.Н. Малоцетинковые черви (*Oligochaeta*) Телецкого озера // Экологический анализ региона (теория, методы, практика). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 221–230.

Кузикова В.Б., Бутакова Т.А., Садырин В.М. Современное состояние донной фауны Нижней Оби и ее эстуария // Гидробиологическая характеристика водоемов Урала. – Свердловск: УО АН СССР, 1989. – С. 92–102.

Кузнецова О.А. Структурно-функциональная организация зообентоса Красноярского водохранилища (1978–1997 гг.): автореф. дис. ... к.б.н. – Красноярск: КГУ, 2000. – 26 с.

Курамшина Н.Г. Гастроподы в биотестировании продуктов нефтехимии, нефтепереработки и биоиндикации тяжелых металлов на территории Башкортостана: автореф. дис. ... д.б.н. – Екатеринбург, 1997. – 45 с.

Лаврентьева Г.М., Королев А.Е., Мицкевич О.И. и др. Характеристика биоты малых водоемов бассейна Нижней Оби // Современные проблемы гидробиологии Сибири. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 53–54.

Лапо А.В. Следы былых биосфер. – М.: Знание, 1979. – 176 с.

Леванидова И.М. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР. – Л.: Наука, 1982. – 215 с.

Леванидова И.М., Лукьянченко Т.И., Тесленко В.А. и др. Экологические исследования лососевых рек Дальнего Востока СССР // Систематика и экология речных организмов. – Владивосток: ДВО РАН, 1989. – С. 74–111.

Лемме Ж. Основы биогеографии: пер. с франц. – М.: Прогресс, 1976. – 309 с.

Леонова Г.А. Биогеохимическая индикация – перспективный метод изучения антропогенной трансформации водных экосистем // Современные проблемы гидробиологии Сибири: матер. конф. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 124–125.

Леонова Г.А., Аношин Г.Н., Шевелева Н.Г. Экологическая экспертиза состояния водных экосистем бассейна р. Оби методом биогеохимической индикации // Современные проблемы гидробиологии Сибири: матер. конф. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 126–127.

Лепнева С.Г. К изучению донной фауны Верхней Оби // Учен. зап. Гос. гидрол. ин-та. – 1930. – Т. 3. – С. 121–194.

Лепнева С.Г. Донная фауна горных озер района Телецкого озера // Исследования озер. – Л., 1933а. – Вып. 3. – С. 135–168.

Лепнева С.Г. К истории исследования Телецкого озера // Исследования озер СССР. – Л., 1933б. – Вып. 3. – С. 5–29.

Лепнева С.Г. Донная фауна Телецкого озера // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1949а. – Т. 7. – Вып. 4. – С. 7–118.

Лепнева С.Г. Личинки ручейников района Телецкого озера // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1949б. – Т. 7. – Вып. 4. – С. 159–192.

Лепнева С.Г. Ручейники. Фауна СССР. – Т. 2. – Вып. 1. – Новая серия. – №88. – М., Л.: Наука, 1964. – 562 с.

Лепнева С.Г. Ручейники. Фауна СССР. – Т. 2. – Вып. 2. – Новая серия. – №95. – М., Л.: Наука, 1966. – 562 с.

Лещинская А.С. Зоопланктон и бентос Обской губы как кормовая база для рыб // Тр. Салехардского стационара Урал. филиала АН СССР. – Вып. 2. – 1962. – 76 с.

Ливанов Н., Забусова З. Планарии бассейна Телецкого озера и новые данные о некоторых других сибирских видах // Тр. Общ. ест. при КГУ. – 1940. – Т. LVI. – 34.

Липина Н.Н. Личинки тендипедид оз. Телецкого, его притоков и реки Бии // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1949. – Т. 7. – Вып. 4. – С. 193–212.

Литература об Алтайском крае: Библиогр. указ. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1986. – 244 с.

Лопатин И.К. Зоогеография. – Минск: Высшая школа, 1989. – 318 с.

Лукин Е.И. Пиявки пресных и солоноватых водоемов. Фауна СССР. Пиявки. Т. 1. – Л.: Наука, 1976. – 486 с.

Львова Т.Г. Санитарная гидробиология с основами водной токсикологии. – Калининград: КГУ, 1996. – 70 с.

Львова А.А., Извекова Э.И., Соколова Н.Ю. Роль донных организмов в трансформации органического вещества и в процессах самоочищения // Бентос Учинского водохранилища. – М.: Наука, 1980. – С. 171–176.

Макарченко Е.А. Хируномиды Дальнего Востока СССР. Подсемейства Podonominae, Diamesinae и Prodiamesinae (Diptera, Chironomidae). – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. – 200 с.

Макарченко Е.А., Руднева Л.В. Обзор хируномид (Diptera, Chironomidae) Горного Алтая // Животный мир Алтае-Саянской горной страны: Материалы региональной конференции зоологов Сибири. – Горно-Алтайск: ГАГУ, 1994. – С. 82–88.

Макрушин А.В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества пресных вод» с приложением списка видов-индикаторов. – Л.: АН СССР, 1974а. – 60 с.

Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод / Под ред. Г.Г. Винберга. – Л.: АН СССР, 1974б. – 60 с.

Макрушин А.В. Возможности и роль биологического анализа в оценке степени загрязнения водоемов // Гидробиол. журн. – 1974в. – Т. 10. – №2. – С. 98–104.

Максимов А.А. Природные циклы: Повторяемость экологических процессов. – Л.: Наука, 1989. – 233 с.

Максимов В.Н. Метрологические свойства индексов сходства (в приложении к биологическому анализу качества вод) // Комплексные оценки качества поверхностных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – С. 77–84.

Максимов В.Н., Житина Л.С. Бета-разнообразие экологических сообществ: метод измерения и использование при анализе результатов экологического мониторинга. Сообщение 1 // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология. – 1997. – №2. – С. 22–24.

Малевич И.И. К фауне олигохет Телецкого озера // Тр. Зоолог. ин-та. – 1949. – Т. 7, Вып. 4. – С. 119–123.

Мартынов А.В. Фауна Amphipoda Телецкого озера и ее происхождение // Тр. Гос. гидролог. ин-та. – 1930. – С. 29.

Мартынова М.В. Роль некоторых бентосных организмов в удалении соединений азота и фосфора из донных отложений (обзор) // Гидробиол. журн. – 1985. – Т. 21. – №6. – С. 44–48.

Материалы к Государственному докладу о состоянии окружающей природной среды Алтайского края в 1998 г. / Под общ. ред. О.П. Дорощенкова, Ю.И. Винокурова. – Барнаул: Алт. полиграф. комбинат, 1999. – 100 с.

Материалы к Государственному докладу о состоянии окружающей природной среды Алтайского края в 1999 г. / Под общ. ред. О.П. Дорощенкова, Ю.И. Винокурова. – Барнаул: Алт. полиграф. комбинат, 2000. – 112 с.

Матковский А.К. К оценке экологического состояния водоемов по гидробиологическим показателям // VII съезд Всерос. гидроб. об-ва: тез. докл. – Т. 1. – Казань, 1996. – С. 67–69.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / Сост. А.Ф. Алимов и др. – Ленинград: ЗИН АН СССР, ГосНИОРХ, 1984. – 52 с.

Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 40 с.

Методические указания. Оценка качества поверхностных вод по макрозообентосу. РД 52.24.84–89 / А.В. Брызгалов, Т.А. Хоружая, Н.В. Слуцкая. – Ростов-н/Д: Госкомгидрометеорологии, 1989. – 21 с.

Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 276 с.

Миринова Е.Б. Зообентос Новосибирского водохранилища // Тр. Зап.-Сиб. регион. НИИ Госкомгидромета. – 1980. – №70. – С. 109–119.

Мисейко Г.Н. О некоторых особенностях роения массовых форм хирономид Волгоградского водохранилища // Тр. Саратовского отделения ГОСНИОРХ – 1965. – Т. 8. – С. 233–235.

Мисейко Г.Н. Видовой состав и экология хирономид Волгоградского водохранилища: автореф. дис. ... к.б.н. – Саратов, 1966. – 23 с.

Мисейко Г.Н. К вопросу о кормовой базе оз. Чаны // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Элементы биотического круговорота. – Лиственечное-на-Байкале, 1977. – С. 255–260.

Мисейко Г.Н. К фауне, экологии и систематике хирономид оз. Чаны // Продуктивность водоемов разных климатических зон РСФСР и перспективы их рыбохозяйственного использования. Ч. 1. – Красноярск, 1978. – С. 103–108.

Мисейко Г.Н. Фауна зарослей оз. Чаны // Исследования планктона, бентоса и рыб. – Томск: ТГУ, 1981. – С. 36–41.

Мисейко Г.Н. Видовой состав и динамика зообентоса оз. Чаны // Гидробиол. журн. – 1982. – Т. 2. – Вып. 5. – С. 72–76.

Мисейко Г.Н. Зообентос Чиняихинского плеса озера Чаны // Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1983а. – С. 76–77.

Мисейко Г.Н. Сезонная динамика развития и продуктивность зообентоса на озере Чаны в 1978 г. // Биол. науки. – 1983б. – №12. – С. 59–63.

Мисейко Г.Н. Зообентос Гилевского и Склюихинского водохранилищ р. Алей Алтайского края // Рыбопродуктивность озер Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 97–99.

Мисейко Г.Н. Зооценозы разнотипных водных объектов юга Западной Сибири. – Барнаул: Азбука, 2003. – 204 с.

Мисейко Г.Н., Безматерных Д.М. Зообентос реки Барнаулки (Алтайский край) // Биологическое разнообразие животных Сибири: матер. науч. конф. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 78–79.

Мисейко Г.Н., Безматерных Д.М., Тушкова Г.И. Биологический анализ качества пресных вод / Под ред. Г.Н. Мисейко. – Барнаул: АлтГУ, 2001. – 201 с.

Мисейко Г.Н., Визер Л.С. Биоиндикация загрязнения озера Чаны (Западная Сибирь) тяжелыми металлами // Сибирская зоологическая конференция: тез. докл. – Новосибирск: ИСиЭЖ СО РАН, 2004. – С. 288.

Мисейко Г.Н., Гамаюнова О.С. К Фауне пресноводных беспозвоночных некоторых водных объектов Северо-Западного Алтая // Экологический риск: матер. науч. конф. – Иркутск: ИГ СО РАН, 2001. – С. 72–73.

Мисейко Г.Н., Лагуткина Л.В. К вопросу о состоянии малых рек заказника «Михайловский» Алтайского края // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири. – Томск: ТГУ, 1996. – С. 29–33.

Мисейко Г.Н., Лагуткина Л.В. Гидрофауна малых рек заказника «Михайловский» Алтайского края как индикатор их состояния // Известия АлтГУ. – 1997. – №1. – С. 132–133.

Мисейко Г.Н., Минсарина Б.Х. Кариологическая структура природных популяций двух видов комаров рода *Glyptotendipes* // Цитология. – 1974. – Т. 16. – №7 – С. 893–896.

Мисейко Г.Н., Сипко Л.Л., Крыжановский В.В. Зообентос озера Чаны // Экология озера Чаны. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 128–147.

Митропольский В.И., Мордухай-Болтовской Ф.Д. Зообентос и другие биоценозы, связанные с субстратом // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – С. 158–170.

Михайлов С.А., Папина Т.С., Третьякова Е.И., Яковченко С.Г. Оценка загрязнения р. Барнаулки: гидрохимические исследования и модель неточечных источников // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: матер. междунар. науч. конф. – Томск: НТЛ, 2000. – С. 150–154.

Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенное преобразование водных экосистем Кольского Севера. – Л.: Наука, 1990. – 219 с.

Мордкович В.Г. Основы биогеографии. – М: КМК, 2005. – 236 с.

Мордухай-Болтовской Ф.Д. Особенности водных биогеоценозов и методов их изучения // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – С. 5–9.

Мур Д., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 286 с.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 320 с.

Мюллер П. Распространение животных // Экологические очерки о природе и человеке / Под ред. Б. Гржимека. – М.: Прогресс, 1988. – С. 389–416.

Нейл У. География жизни: пер. с англ. – М.: Прогресс, 1973. – 340 с.

Нецветаев А.Г. О понятии биологического разнообразия // Проблемы региональной экологии. – 2000. – №5. – С. 5–12.

Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.

Николаев В.А. Ландшафтная структура и физико-географическое районирование Алтайского края (равнины и Салаирского кряжа) // Охрана, рекреационное использование и воспроизводство природных ресурсов Алтайского края. – Барнаул, 1975. – С. 30–33.

Николаев В.А. Ландшафтная структура и физико-географическое районирование Алтайского края // Природное районирование и проблемы охраны природы. – Уфа: Башкирский ун-т, 1986. – С. 3–22.

Оксиюк О.П., Зимбалевская Л.Н., Протасов А.А. и др. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. Бентос, перифитон и зоофитос // Гидробиол. журн. – 1994. – Т. 30. – №4. – С. 31–35.

Определитель насекомых Европейской части СССР: в 5 т. / Под ред. Г.Я. Бей-Биенко. – М.; Л.: Наука, 1964–1970.

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Под ред. Л.А. Кутиковой и Я.И. Старобогатова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 512 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России: в 6 т.: Т. 1–5. – Л.: ЗИН РАН, 1992–2001.

Орлов А.С., Безуглова О.С. Биогеохимия. – Ростов-н/Д: Феникс, 2000. – 320 с.

Остроумов С.А. Система принципов для сохранения биогеоэкологической функции и биоразнообразия фильтраторов // Доклады Академии наук. – 2002. – Т. 383. – №5. – С. 710–713.

Остроумов С.А. Об эколого-биохимическом механизме поддержания качества и самоочищения вод: От теории к практике. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 24 с.

Павлюк Т.Е., бай де Фате А. Практичность использования Индекса Трофической Комплектности в биоиндикации пресных вод // IX Съезд Гидробиол. об-ва РАН: тез. докл. Т. 2. / Отв. ред. А.Ф. Алимов, Г.С. Розенберг. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006. – С. 81.

Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). – Л.: Наука, 1970. – 343 с.

Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). – Л.: Наука, 1977. – 154 с.

Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). – Л.: Наука, 1983. – 296 с.

Папина Т.С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода – взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем. Аналит. обзор. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН; ИВЭП СО РАН, 2001. – 58 с.

Пареле Э.А. Олигохетофауна устьевого района реки Даугава в условиях загрязнения // Факторы самоочищения устьевого района реки Даугава. – Рига: Зинатне, 1974. – С. 106–121.

Пареле Э.А. Малощетинковые черви районов рек Даугава и Лиелупе, их значение в санитарно-биологической оценке: автореф. дис. ... к.б.н. – Тарту, 1975. – 23 с.

Пареле Э.А., Астопенюк Е.Б. Тубифициды (Oligochaeta, Tubificidae) – индикаторы качества водоемов // Изв. АН ЛатвССР. – 1975. – №9. – С. 44–46.

Патрушева В.Д. Мошки Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1982. – 322 с.

Перельман А.И. Биокосные системы Земли. – М.: Наука, 1977. – 160 с.

Петлина А.П., Залозный Н.А., Бочарова Т.А. Структурированность донных и рыбных сообществ – показатель экологического состояния некоторых рек Нижней Томи // Экология пойм сибирских рек и Арктики: Тр. II совещания. – Томск: STT, 2000. – С. 257–264.

Петлина А.П., Юракова Т.В., Залозный Н.А. и др. Гидробионты малых водотоков Нижней Томи и их значение в оценке экологической ситуации водоемов // Сиб. экол. журн. – 2000. – Т. 3. – С. 323–335.

Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах (Аналитический обзор). Ч. 1–3. – Новосибирск: ГПНТБ СО АН СССР, 1989.

Полищук В.В., Тарасевич И.Г., Онанко Ю.И. Сопоставление систем биологической индикации на примере североукраинских водоемов // Водные ресурсы – 1983. – №2. – С. 152–167.

Полуконова Н.В. К диагнозу *Chironomus heterodontatus* Konstantinov // Экология, эволюция и систематика хирономид.– Тольятти; Борок: ИБВВ и ИЭВБ РАН, 1996. – С. 102–108.

Померанцева Д.П., Селезнева М.В. Кормовая база рыб Новосибирского водохранилища в связи с изменением его гидрологического режима // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 297–299.

Попов П.А. О содержании тяжелых металлов в рыбах Верхней Оби // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири. – Томск: ТГУ, 1996. – С. 36–37.

Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. – Новосибирск: НГУ, 2002. – 270 с.

Попова А. К фауне стрекоз бассейна Телецкого озера // Иссл. озер СССР. – 1933. – Т. 3. – С. 129–135.

Попченко В.И. Закономерности изменения сообществ донных беспозвоночных в условиях загрязнения природной среды // Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем: Тр. сов.-французского симп. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 135–141.

Попченко В.И. Биоиндикация качества воды по сообществам олигохет // Биоиндикация: теория, методы, приложения. – Тольятти, 1994а. – С. 232–237.

Попченко В.И. Оценка степени загрязнения вод по показателям зообентоса // Биоиндикация: теория, методы, приложения. – Тольятти, 1994б. – С. 99–106.

Попченко В.И., Резанова А.Г. Методические указания по исследованию зообентоса для определения состояния фоновых пресноводных систем. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 25 с.

Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсиконология. – Киев: Институт гидробиологии НАНУ, 2002. – 105 с.

Пузанов И.И. Зоогеография. – М.: Гос. уч.-пед. изд-во Наркомпроса РСФСР, 1938. – 360 с.

Пшеницына В.Н. Об эффективности шкалы Вудивисса при биоиндикации качества воды // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 24. – №4. – С. 42–45.

Рассыпнов В.А. Природа Алтая: Экологический очерк. – Барнаул: БГПУ, 2000. – 158 с.

Ревякин В.С., Ревякина Н.В., Малиновский А.В. География Алтайского края. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1995. – 136 с.

Ресурсы поверхностных вод районов освоения ресурсных и залежных земель: Вып. 6: Равнины Алтайского края и южной части Новосибирской области / Ред. В.А. Урываев. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 978 с.

Розен М.Ф. Очерки и библиография исследований природы Алтая // Известия Алтайского отделения Географического общества СССР. – 1969. – Вып. 12. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1969. – С. 1–256.

Романов Р.Е., Соловьева М.В. Водоросли // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 31–37.

Романова Г.П. Материалы к количественной характеристике бентоса среднего течения р. Оби (Нарым) // Тр. Бараб. отд-ния ВНИОРХ. – 1949а. – Т. 3. – С. 5–22.

Романова Г.П. Питание поименно-речных рыб среднего течения р. Оби // Тр. Бараб. отд-ния ВНИОРХ. – 1949б. – Т. 3. – С. 23–42.

Романова Г.П. К изучению зоопланктона и зообентоса верхнего течения р. Оби // Тр. Томского ун-та. – 1963. – Т. 152. – С. 115–125.

Ртуть в реках и водоемах: тез. докл. Всесоюз. симпозиума. – Новосибирск: ИХКиГ СО АН СССР, 1990. – 76 с.

Руднева Л.В. Зообентос рек бассейна р. Катунь // Географические проблемы Алтайского края: тез. докл. Ч. 2. – Барнаул, 1991. – С. 22–24.

Руднева Л.В. Амфибиотические насекомые бассейна р. Катунь // Животный мир Алтае-Саянской горной страны: матер. конф. – Горно-Алтайск: ГАГУ, 1993а. – С. 36–37.

Руднева Л.В. Некоторые аспекты экологии зообентоса р. Катунь. – Рук. деп. в ВИНТИ 30.03.93. №7772–В93, г. Барнаул, ИВЭП СО РАН, 1993б. – 15 с.

Руднева Л.В. Зообентос горных водотоков бассейна Верхней Оби: автореф. дис. ... к.б.н. – Красноярск, 1995а. – 24 с.

Руднева Л.В. Эколого-фаунистические особенности зообентоса рек бассейна Верхней Оби // Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах. – Новосибирск, 1995б. – С. 128–130.

Руднева Л.В. Структура бентосных сообществ и содержание ртути в личинках амфибиотических насекомых водотоков бассейна р. Катунь // Сиб. экол. журн. – 1997. – Т. 4. – №2. – С. 167–172.

Руднева Л.В. Таксономический состав и пространственное распределение хирономид (Diptera, Chironomidae) Телецкого озера и его притоков // Сиб. экол. журн. – 2000. – Т. 7. – №4. – С. 485–490.

Руднева Л.В., Крылова Е.Н., Ковешников М.И. Бентосные беспозвоночные Телецкого озера // Экология Южной Сибири – 2000 г.: Мат. научн. конф. (г. Абакан). – Красноярск: КГУ, 1997. – С. 74.

Руднева Л.В., Крылова Е.Н., Ковешников М.И. Зообентос Телецкого озера в 1996 г. // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 303–304.

Рузанова А.И. Видовой состав личинок хирономид и их распределение по водоемам Средней Оби // Вопросы биологии. – Томск: ТГУ, 1978. – С. 78–83.

Рузанова А.И. Личинки хирономид бассейна р. Вах // Исследования планктона, бентоса и рыб Сибири. – Томск: ТГУ, 1981. – С. 29–35.

Рузанова А.И. Распространение кормового бентоса в водоемах бассейна Кети // Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 167–169.

Рузанова А.И. Личинки хирономид Западной Сибири и их роль в питании рыб // Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1984а. – С. 144–163.

Рузанова А.И. Фауна личинок хирономид водоемов бассейна р. Васюган // Заметки по фауне и флоре Сибири. – Томск: ТГУ, 1984б. – С. 85–90.

Рузанова А.И. К изучению хирономид Горного Алтая // Вопросы экологии водоемов и интенсификации рыбного хозяйства Сибири. – Томск: ТГУ, 1986а. – С. 27–32.

Рузанова А.И. К экологии массовых видов хирономид пойменных водоемов Средней Оби // Эволюция, видообразование и систематика хирономид. – Новосибирск: ИЦиГ СО АН СССР, 1986б. – С. 121–125.

Рузанова А.И. Пространственно-временная изменчивость донных сообществ р. Киргизки в условиях загрязнения природной среды // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири. – Томск: ТГУ, 1996. – С. 37–38.

Рузанова А.И. К изучению фауны хирономид реки Томи // Проблемы сохранения биологического разнообразия Южной Сибири. – Кемерово: Кузбасиздат, 1997. – С. 90–91.

Рузанова А.И. Влияние русловых отвалов грунта на донные ценозы в бассейне Нижней Томи // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования: матер. конф. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 349–351.

Руководство по гидробиологическому мониторингу поверхностных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.

Савоськин А.В., Журавлев В.Б. Ихтиофауна и некоторые биологические показатели фоновых видов рыб // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 157–170.

Садырин В.М., Бутакова Т.А., Кузикова В.Б., Слепокурова Н.А. Современное состояние бентоса Нижней Оби и прогноз гидробиологических изменений в связи с перераспределением стока // Экология. – 1984. – №4. – С. 64–70.

Салазкин А.А. Личинки хирономид (Chironomidae) Обь-Иртышского бассейна и их роль в питании рыб // Изв. ГосНИОРХ. – 1968. – Т. 67. – С. 270–281.

Селезнева М.В. Зообентос Новосибирского водохранилища (структура, распределение, трофические связи) // Современные проблемы гидробиологии Сибири: тез. докл. – Томск: ТГУ, 2001а. – С. 71–72.

Селезнева М.В. Особенности видового состава и количественного развития зообентоса среднего течения реки Томи // Современные проблемы гидробиологии Сибири: тез. докл. – Томск: ТГУ, 2001б. – С. 72–74.

Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.

Сиирин М.Т. Пути эволюции хирономид трибы Chironomini (Diptera, Chironomidae): Дис. ... к.б.н. – Новосибирск, 1996. – 187 с.

Силантьева М.М. Введение // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 3–4.

Силантьева М.М., Безматерных Д.М., Жихарева О.Н. и др. Опыт общественного экологического мониторинга малых и средних рек в окрестностях г. Барнаула // Чтобы реки жили: матер. конф. – Новосибирск: ISAR-Сибирь, 2000. – С. 140–148.

Силантьева М.М., Безматерных Д.М., Ирисова Н.Л. и др. Изучение биологического разнообразия в комплексном заказнике «Усть-Чумышский» Тальменского района Алтайского края // Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных территорий, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда. – Барнаул: АлтГУ, 2002. – С. 165–173.

Силантьева М.М., Жихарева О.Н., Кириллова Т.В., Безматерных Д.М. и др. К анализу современного состояния экосистемы бассейна Барнаулки // Известия АлтГУ. – 1998. – №4 (9). – С. 139–144.

Силантьева М.М., Золотов Д.В., Жихарева О.Н. Природные условия бассейна р. Барнаулки // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 11–28.

Сипко Л.Л. Общие особенности видового состава и количественного развития бентоса озер Северной Кулунды в связи с циклами обводненности // IV съезд ВГБО: тез. докл – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 152–154.

Сипко Л.Л. Водная растительность, зоопланктон и зообентос озер Карасукской системы // Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 60–119.

Сипко Л.Л. Бентос и придонный планктон Новосибирского водохранилища // Биологическая продуктивность водоемов Западной Сибири и их рациональное использование: тез. конф. – Новосибирск: Наука, 1997. – С. 186–187.

Сипко Л.Л. Особенности экологии бентических и придонных сообществ Новосибирского водохранилища // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 306–308.

Сипко Л.Л., Крыжановский В.В. Уровень продуктивности зообентоса юго-восточной части оз. Чаны в годы мелководья // Рыбопродуктивность озер Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 108–115.

Скальская И.А. Зооперифитон водоемов бассейна Верхней Волги. – Рыбинск: ИБВВ РАН, 2002. – 256 с.

Склярова Т.В. Гидрофауна беспозвоночных бассейна Дона: автореф. ... дис. д.б.н. – Воронеж, 1971. – 29 с.

Скопцова Г.Н. Зообентос как индикатор качества воды в региональном аспекте: автореф. дис. ... к.б.н. – Москва, 1981. – 21 с.

Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология: Мат. I съезда Всесоюз. гидробиол. об-ва. – М.: Наука, 1967. – С. 26–31.

Слепухина Т.Д. Сравнение различных методов оценки качества вод с помощью олигохет // Гидробиологические исследования. – Т. 14. – Таллин, 1983. – С. 154–155.

Слепухина Т.Д., Петрова Н.А. Индикаторная значимость отдельных компонентов экосистемы при оценке евтрофирования крупных озер // IV Всесоюз. гидробиол. об-ва: тез. докл.: Ч. 4. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 154–155.

Сляднев А.П., Фельдман Я.И. Важнейшие черты климата Алтайского края (без Горно-Алтайской АО) // Природное районирование Алтайского края. Т. 1: Труды комплексной экспедиции. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 9–61.

Соколов А.А. Гидрография СССР (воды суши). – Л.: Гидрометеоздат, 1952. – 471 с.

Соколова Г.А. Гаммарус и личинки семейства Tendipedidae подводных зарослей некоторых озер восточного склона Среднего Урала: автореф. дис. ... к.б.н. – Свердловск, 1964. – 21 с.

Соколова Г.А. К фауне хирономид р. Сысерти (Свердловская область) // Тр. Свердловского с.-х. ин-та. – 1970. – Т. 20. – С. 239–241.

Соколова Г.А. К фауне хирономид верхнего течения р. Исети // Гидробиол. журн. – 1974. – №2. – С. 73–76.

Соколова Г.А. Количественная динамика личинок хирономид Верх-Исетского водохранилища // Гидробиол. журн. – 1975. – №3. – С. 52–54.

Соколова Г.А. Биология хирономид верхнего течения р. Исети // Гидробиологическая характеристика водоемов Урала. – Свердловск: УрО АН СССР, 1989. – С. 113–116.

Состояние окружающей природной среды в Алтайском крае в 1995 г. Доклад Алтайского краевого комитета экологии и природных ресурсов / Под ред. О.П. Дороженкова, Ю.И. Винокурова. – Барнаул, 1996. – 108 с.

Стадниченко А.П. Прудовикообразные (пузырчиковые, витушковые, катушковые) // Фауна Украины. – Т. 29. – Вып. 4. – Киев: Наук. думка, 1990. – 290 с.

Старобогатов Я.И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара. – Л.: Наука, 1970. – 372 с.

Стебаев И.В., Пивоварова Ж.Ф., Смоляков Б.С., Неделькина С.В. Биогеосистемы лесов и вод России. – Новосибирск: Наука, 1993. – 348 с.

Степанова И.В., Бажина Л.В. Бентос Беловского водохранилища и бассейна Кадатского водохранилища // Комплексные исследования водных ресурсов Сибири: Тр. Зап.-Сиб. НИИ Гидромета, Вып. 56. – М.: Гидрометеоиздат, 1983. – С. 116–123.

Тахтеев В.В. Некоторые актуальные задачи гидрофаунистики в Байкальском регионе // Исследование водных экосистем Восточной Сибири: Тр. Биолого-почвенного факультета ИГУ, Вып. 3. – Иркутск: ИГУ, 2000. – С. 4–20.

Темерев С.В., Галахов В.П., Плотникова Ю.Е. Формирование и распределение химического стока реки Барнаулки // Известия АлтГУ. – 2001. – №3 (21) – С. 32–37.

Терещенко В.Г., Терещенко Л.И., Сметанин М.М. Оценка различных индексов для выражения биологического разнообразия сообщества // Биоразнообразие. Степень таксономической изученности. – М.: Наука, 1994. – С. 86–98.

Тимм Т.Э. Малошетинковые черви (Oligochaeta) водоемов северо-запада СССР. – Таллин, 1987. – 277 с.

Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Аналитический обзор / ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2002. – 114 с.

Тодераш И.К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 172 с.

Третьякова Е.И. Особенности распределения тяжелых металлов по компонентам экосистемы различной минерализации: автореф. дис. ... к.х.н. – Барнаул, 2000. – 21 с.

Третьякова Е.И., Папина Т.С., Эйрих А.Н. Особенности распределения тяжелых металлов по различным компонентам водных экосистем бассейна Оби в зависимости от типа минерализации // Экологический анализ региона (теория, методы, практика). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 136–143.

Тузовский П.В. Определитель дейтонимф водяных клещей. – М.: Наука, 1990. – 238 с.

Тютеньков С.К. Бентос озера Зайсан по данным гидробиологической съемки // Развитие озерного рыбного хозяйства Сибири. – Новосибирск: Наука, 1963. – С. 100–104.

Тютеньков С.К., Шендрик Л.П., Козляткин А.Л. Сезонная и многолетняя динамика зообентоса Бухтарминского водохранилища // II съезда Всесоюз. гидробиол. об-ва: тез. докл. – Кишинев: Штиинца, 1970. – С. 374–375.

Унифицированные методы исследования качества вод. – Ч. 3: Методы биологического анализа вод. – Москва: СЭВ, 1990. – 84 с.

Финогенова Н.П., Алимов А.Ф. Оценка степени загрязнения вод по составу донных животных // Методы биологического анализа вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1976. – С. 95–106.

Францевич Л.И., Паньков И.В. Моллюски – индикаторы загрязнения среды радионуклидами // Экология. – 1995. – №1. – С. 57–62.

Холикова Н.И., Миклин В.Т., Бажина Л.В. Состояние гидробиоценозов бассейна р. Урюп // Современное состояние биоценозов зоны КАТЭКа. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 62–71.

Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.

Цалолихин С.Я. Свободноживущие нематоды как индикаторы загрязнения пресных вод // Методы биологического анализа пресных вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1976. – С. 118–122.

Чайковская Т.С., Холикова Н.И., Миклин В.Т. Современное состояние биоценозов р. Чулым в районе действия Назаровской ГРЭС // Современное состояние и прогнозируемые изменения в окружающей среде под влиянием КАТЭКа. – М., 1984. – С. 102–115.

Чайковская Т.С., Холикова Н.И., Миклин В.Т., Бажина Л.В. Влияние Назаровского промышленного узла на гидробиологический режим участка р. Чулым // Современное состояние биоценозов зоны КАТЭКа: Сб. статей. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 49–62.

Чекановская О.В. Водные малощетинковые черви СССР. – М.; Л.: АН СССР, 1962. – 411 с.

Чернов Ю.И. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы // Успехи современной биологии. – 1991. – Т. 111. – Вып. 4. – С. 499–507.

Чернова О.А. Нимфы поденок Телецкого озера и р. Бии // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1949. – Т. 7, Вып. 4. – С. 139–158.

Чернышев В.Б. Экология насекомых. – М.: МГУ, 1996. – 304 с.

Чубарева Л.А., Петрова Н.А. Цитологический метод анализа хромосом у хирономид // Методическое пособие по изучению хирономид. – Душанбе: Дониш, 1982. – С. 64–73.

Шахматова Р.А., Тухсанова Н.Г., Шурганова Г.В. и др. К изучению малых рек Горьковского Заволжья // Биологическая продуктивность и качество воды Волги и ее водохранилищ. – М.: Наука, 1984. – С. 110–112.

Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. – М.: Иностранная литература, 1963. – 860 с.

Шилова А.И. К систематике рода *Tendipes* Mg. (Diptera, Chironomidae) // Энтомол. обозрение. – 1958. – Т. 37. – №8. – С. 434–451.

Шилова А.И. Инструкция по воспитанию преимагинальных стадий хирономид до взрослых насекомых // Биологические ресурсы водоемов, пути их реконструкции и использования: Труды I съезда Всесоюз. гидробиол. об-ва. – М.: Наука, 1966. – С. 185–189.

Шилова А.И. Хирономиды Рыбинского водохранилища. – М.: Наука, 1976. – 251 с.

Шилова А.И. Современное состояние систематики хирономид // Эволюция, видообразование и систематика хирономид. – Новосибирск: ИЦиГ СО АН СССР, 1986. – С. 3–12.

Шилова А.И., Гребенюк Л.П. К систематике *Chironomus obtusidens* Goetgh. (Diptera, Chironomidae) // Водные сообщества и биология гидробионтов. – Л.: Наука, 1985. – С. 91–104.

Шилова А.И., Шобанов Н.А. Каталог хирономид рода *Chironomus* Meig. (Diptera, Chironomidae) России и бывших республик СССР // Экология, эволюция и систематика хирономид. – Тольятти; Борок: ИБВВ и ИЭВБ РАН, 1996. – С. 28–43.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Метод оценки качества поверхностных вод по макробентосу на основе видовых индикаторных валентностей // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: матер. II междунар. конф. – Минск; Нарочь, 2003. – С. 537–540.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Шобанов Н.А., Шилова А.И., Белянина С.И. Объем и структура рода *Chironomus* Meig. (Diptera, Chironomidae): обзор мировой фауны // Экология, эволюция и систематика хирономид. – Тольятти; Борок: ИБВВ и ИЭВБ РАН, 1996. – С. 44–96.

Эйдукайтене О.В. Свободноживущие инфузории нижнего течения реки и их роль в биоиндикации // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 127–134.

Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. – Ярославль: ЯГТУ, 2001. – 427 с.

Экосистемы водоемов Алтайского края. Материалы к изучению / М.М. Силантьева и др. – Барнаул: АГУ, 1997. – 115 с.

Юхнева В.С. Бентос Нижней Оби и использование его рыбами // II съезд ВГБО: Тез докл. – Кишинев: Штиинца, 1970. – С. 423–424.

Юхнева В.С. Личинки хирономид низовьев Обь-Иртышского бассейна // Гидробиол. журн. – 1971. – Т. 7. – №1. – С. 38–42.

Ядренкина Е.Н., Ермолаева Н.И., Безматерных Д.М. Структура биотического сообщества Верхней Томи в зоне сброса теплых вод Томь-

Усинской ГРЭС (Западная Сибирь) // IX Съезд Гидробиологического общества РАН: тез. докл. – Т. 2. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006. – С. 251.

Яковлев В.А. Оценка степени закисления поверхностных вод северо-восточной части Фенноскандии по зообентосу // Водные ресурсы. – 1998. – Т. 25. – №2. – С. 244–251.

Яковлев В.А. Трофическая структура зообентоса – показатель состояния водных экосистем и качества воды // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. – №2. – С. 237–244.

Яныгина Л.В. Теория функционирования речных экосистем. Зооценозы рек бассейна Верхней Оби: Учебно-метод. пособие. – Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2006. – 24 с.

Acton A.B. Selective values of chromosom inversions in *Chironomus* // Proc. Roy. Phys. Soc. Edinburgh. – 1955. – V. 24. – P. 10–14.

Balian E.V., Segers H., Lévèque C., Martens K. The Freshwater Animal Diversity Assessment an overview of the results // Hydrobiologia. – 2008. – V. 595. – P. 627–637.

Bauer H. Der Aufbau der Chromosomen aus den Speicheldrüsen von *Chironomus thummi* Kieff. // Z. Zellforsch. – 1935. – Bd. 23. – S. 280–313.

Bauer H. Chromosomen und Systematik bei Chironomiden // Arch. Hydrobiol. – 1945. – Bd. 50. – №4. – S. 994–1008.

Bervoets L., Bruylants B., Marquet P. et al. A proposal for modification of the Belgium biotic index method // Hydrobiologia. – 1989. – V. 179. – P. 223–228.

Biro K. Chironomidae (Insecta, Diptera) from Hungary 2. New records of *Lipiniella moderata* Kalugina, 1970 // Spixiana. – 2000. – V. 23. – №2. – P. 157–158.

Bisthoven L.J., Huysmans C., Ollevier F. The in situ relationship between sediment concentration of micropollutants and morphological deformities in *Chironomus* gr. *thummi* larvae (Diptera, Chironomidae) from lowland rivers (Belgium): a spatial comparison // Chironomids: From genes to ecosystems / Ed. P. Cranston. – Melbourne: CSIRO Publication, 1995. – P. 63–87.

Cummins K.W. Trophic relation in aquatic insects // Ann. Rev. Entomol. – 1973. – V. 8. – P. 183–206.

Cushing C., Allan J. Streams: Their Ecology and Life. – Netherlands, Elsevier Academic Press, 2001. – 366 p.

Dall P.C., Hamburger K., Lindegaard C. Short cutting energy budget of littoral zoobenthos communities // Verh. Internat. Verein. Limnol. – 1993. – V. 25. – P. 567–573.

DePauw N., Heylen S. Biotic index for sediment quality assessment of watercourses in Flanders, Belgium // Aquatic Ecology. – 2001. – 35. – P. 121–133.

Goetghebuer M. Chironomides de Belgique et specialement de la zone des Flandres // Mem. Mus. Roy. Hist. natural. Belg. – 1921. – T. 8. – Fasc. 4. – Mem. 31. – 208 p.

Goodnight C.J., Whitley L.S. Oligochetes as indicators of pollution // Proc. 15-th Ind. Waste Conf., Purdue Univ. Ext., Sec. – 1961. – V. 106. – P. 139–142.

Illies J., Botosaneanu L. Problemes et methodes de la zonation ecologique des eaux corantes, considerees sur tout du point de vue faunistice // Mitteilungen, Internat. Vereinigung fur Theoretische und Angevande Limnol. – 1963. – V. 12. – S. 1–57.

Ilyashuk B.P., Ilyashuk E.A. Response of alpine chironomid communities (Lake Chuna, Kola Peninsula, northwestern Russia) to atmospheric contamination. // J. Paleolimnol. – 2001. – V. 25. – P. 467–475.

Jonson R.K. The indicator concept in freshwater biomonitoring // Chironomids: From genes to ecosystems / Ed. P. Cranston. – Melbourne: CSIRO Publication, 1995. – P. 11–30.

Keyl H.-G. Chromosomen evolution bei Chironomus. I. Strukturabwandlungen an Speicheldrusen-Chromosomen // Chromosoma. – 1961. – Bd. 12. – S. 26–47.

Kiknadze I.I., Kerkis I.E., Shilova A.I. A review of the species of the genus *Lipiniella* Shilova (Diptera). 1. *L. arenicola* Shil. and *L. moderata* Kalug. // Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. – 1989. – V. 2. – P. 115–128.

King D.G., Ball R.C. A quantitative biological measure stream pollution // J. Water Pollution Control Federation. – 1964. – V. 36. – №7. – P. 650–653.

Klemm D.J., Blocksom K.A., Fulk F.A. et al. Development and Evaluation of a Macroinvertebrate Biotic Integrity Index (MBII) for Regionally Assessing Mid-Atlantic Highlands Streams // Environmental Management. – 2003. – V. 31. – №5. – P. 656–669.

Knöpp H. Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluters untersuchungen, erlautert an einem Gutelangsschnittes des Mains // Wasserwirtschaft. – 1954. – Bd. 45. – №1. – S. 9–15.

Kruglov N.D., Starobogatov Ya.I. Guide to Recent mollusks of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) of Palearctic and adjacent river drainage areas. Part. 1. – Ruthenica. – 1993a. – 3(1). – P. 65–92.

Kruglov N.D., Starobogatov Ya.I. Guide to Recent mollusks of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) of Palearctic and adjacent river drainage areas. Part. 2. – Ruthenica. – 1993b. – 3(2). – P. 161–180.

Lampert W., Sommer U. Limnoecology. 2nd ed. – USA, New York: Oxford University Press, 2007. – 324 p.

Lindegaard C. The role zoobenthos in energy flow in two shallow lakes // Hydrobiologia. – 1994. – V. 275/276. – P. 313–322.

Lindegaard C., Brodersen K.P. Distribution of Chironomidae (Diptera) in the river continuum // Chironomids: From genes to ecosystems / Ed. P. Cranston. – Melbourne: CSIRO Publication, 1995. – P. 257–271.

Mandaville S.M. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters – Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. – Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax, 2002. – 128 p.

Margalef R. Correspondence between the classic types of lakes and the structural and dynamics properties of their population // Verh. Internat. Verein Limnol. – 1964. – V. 15. – P. 1. – P. 169–175.

Metcalf J.L. Biological Water Quality Assessment of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe // Environmental Pollution. – 1989. – V. 60. – P. 101–139.

Michailova P. Comparative karyological analysis of species of the genus *Glyptotendipes* (Diptera, Chironomidae) // Caryologia. – 1979. – V. 32. – №1. – P. 23–44.

Michailova P. Comparative karyological analysis of species of the genus *Endochironomus* Kieff. // Entomol. Scand. – 1987. – Suppl. №29. – P. 105–111.

Michailova P., Gercheva P. Cytotaxonomical characteristics of the species of the genus *Endochironomus* Kieff. (Diptera, Chironomidae) // Caryologia. – 1982. – V. 35. – №4. – P. 33–56.

Michailova P., Mettinen A. Cytotaxonomical variability of *Chironomus plumosus* L. and *C. anthracinus* Zett. (Diptera, Chironomidae) from industrial and municipal polluted areas of Finland // Caryologia. – 2000. – V. 53. – №1. – P. 69–81.

Michailova P., Petrova N., Bovero S. et al. Effect of environmental pollution on the chromosomal variability of *Chironomus riparius* Meigen 1804 (Diptera, Chironomidae) larvae from two Piedmont station // Genetica. – 2000. – V. 108. – P. 171–180.

Michailova P., Petrova N., Ramella L. et al. Cytogenetic characteristics of population of *Chironomus riparius* Meigen 1804 (Diptera, Chironomidae) from a polluted Po river station // Genetica. – 1996. – V. 98. – P. 161–178.

Michailova P., Petrova N., Sella G. et al. Genotoxic effect of chromium on polytene chromosomes of *Chironomus riparius* Meigen 1804 (Diptera, Chironomidae) // Caryologia. – 2001. – V. 54. – №1. – P. 59–71.

Milner A.M., Brittain J.E., Castella E., Petts G.E. Trends of macroinvertebrate community structure in glacier-fed rivers in relation to environmental conditions: a synthesis // Freshwater Biology. – 2001. – 46. – P. 1833–1847.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // Gas – und Wasserfach. – 1955. – V. 96. – №18. – S. 604–618.

Pavluk T.I., bij de Vaate A., Leslie H.A.. Biological assessment method based on trophic structure of benthic macroinvertebrate communities // Hydrobiologia. – 2000. – V. 427. – P. 135–141.

Pettigrove V., Korth W., Thomas M., Bowmer K.H. The impact of pesticides used in rice agriculture on larval chironomid morphology // Chironomids: From genes to ecosystems / Ed. P. Cranston. – Melbourne: CSIRO Publication, 1995. – P. 81–87.

Phillips D.J.H. The use of biological indicators organism to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments – a review // Environ. Pollut. – 1977. – V. 13. – P. 381–417.

Raddum G.G., Saether O.A. Chironomid communities in Norwegian lakes with different degrees of acidification // Verh. Internat. Verein. Limnol. – 1981. – V. 21. – P. 399–405.

Ribo M.I., Kaiser K.Z. Photobacterium phosphoreum toxicity bioassay // Toxicity Assessment and Iteratioval Quarterly. – 1987. – V. 2. – P. 305–323.

Royer, T.V., Robinson C.T, Minshall G.W. Development of Macroinvertebrate-Based Index for Bioassessment of Idaho River // Environmental Management. – 2001. – V. 27. – №4. – P. 627–636.

Saether O.A. Nearctic chironomids as indicators of lake typology // Verh. Internat. Verein. Limnol. – 1975. – V. 19. – P. 3127–3133.

Saether O.A. Chironomid communities as water quality indicators // Holarctic Ecology. – 1979. – №2. – P. 65–74.

Saether O.A. Zoogeographical patterns in Chironomidae (Diptera) // Verh. Internat. Verein. Limnol. – 2000. – V. 27. – P. 290–302.

Shanon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. – Urbana, 1963. – 117 p.

Shelford V.E. Animal communities in temperate America. As illustrated in the Chicago region. A study in animal ecology. – USA, Chicago: The University of Chicago Press, 1913. – 362 p.

Sladeček V. System of water quality from biological point of view // Arch. Hydrobiol. – 1973. – Bd. 7. – H 7. – S. 808–816.

Spellman F.R., Drinan J.E. Stream Ecology & Self-Purification. 2nd ed. – USA, Lancaster: Technomic Co. Inc, 2001. – 261 p.

Triverdy R.K. Application of physico-chemical and biological indices for eutrophication evaluation // Pollut. Res. – 1988. – V. 7. – №3–4. – P. 153–164.

Vannote, R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell S. R. & Cushing C. E., The river continuum concept // Can. J. Fish. aquat. Sci. – 1980. – 37. – P. 130–137.

Wetzel R.G., Likens G.E. Limnological Analyses. – Springer, 2000. – 429 p.

Wiederholm T. (ed). Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnosis. Part I Larvae // Entomologica Scandinavica Supplement. – 1983. – 19. – 457 p.

Wiederholm, T. (ed.) Chironomidae of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. Part II. Pupae // Entomologica Scandinavica Supplement. – 1986. – 28. – 482 p.

Wiederholm, T. (ed.) Chironomidae of the Holarctic region. Keys and Diagnoses. Part III. Adults. Entomologica Scandinavica Supplement. – 1989. – 34. – 532 p.

Wülker W., Ryser H.M., Scholl A. Revision der Gattung Chironomus Meigen (Diptera). VIII. Arten mit Larven des Fluviatilis-Typs (obtusidens-Gruppe): C. acutiventris n. sp. und C. obtusidens Goetgh. // Revue suisse Zool. – 1983. – V. 90. – №3. – P. 725–745.

**Список видов донных беспозвоночных бассейнов
рек Барнаулки, Большой Черемшанки
и нижнего течения Чумыша**

Таксоны	Сапробность	Преоблада- ющий тип питания	Географичес- кое распро- странение	Бассейн р. Барнаулки	Бассейн р. Большой Черемшанки	Бассейн ниж- него течения р. Чумыша
<u>SPONGIA</u>						
<i>Spongilla lacustris</i> Linne	b	м		+	+	
<u>COELENTERATA</u>						
<i>Chlorohydra viridissima</i> Pallas	о	х			+	
<i>Hydra vulgaris</i> Pallas	о	х		+		
<u>NEMATODA</u>						
<i>Nematoda</i> sp.				+		
<u>OLIGOCHAETA</u>						
<i>Eiseniella tetraedra</i> Savigni		м	Г	+		
<i>Enchytraeus</i> sp.		м		+		
<i>Fridericia</i> sp.		м		+		
<i>Isochaetides</i> sp.		м		+		
<i>Lumbriculus variegatus</i> O. F. Muller	a-b	м	Г	+	+	
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> Ratzel	р	м	Г	+	+	
<i>L. hoffmeisteri</i> Clap.	р-а	м	Г	+	+	
<i>Spirosperma ferox</i> Eisen		м	Г	+		
<i>Tubifex tubifex</i> O. F. Muller	р	м	Г	+	+	
<u>HIRUDINEA</u>						
<i>Erpobdella octoculata</i> Linne	a	х	П	+	+	+
<i>E. nigricollis</i> Brandes ?		х	ЗП	+		
<i>Haementeria costata</i> O. F. Muller		х	Г		+	
<i>Haemopsis sanguisuga</i> Linne	b	х	П	+		
<i>Helobdella stagnalis</i> Linne		х	П	+		+
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linne)		х	П	+		
<u>BRYOZOA</u>						
<i>Plumatella fungosa</i> Pallas	b	м		+	+	
<i>P. repens</i> Linne	b	м			+	
<u>BIVALVIA</u>						
<i>Anadonta anatina</i> (Linne)		м	ЗП			+

Продолжение приложения 1

Таксоны	Сапробность	Преобладающий тип питания	Географическое распространение	Бассейн р. Барнаулки	Бассейн р. Большой Черемшанки	Бассейн нижнего течения р. Чумыша
<i>A. stagnalis</i> Gmelin		м	ЗП	+		
<i>Euglesa ostroumovi</i> Pirogov et Starob.		м	ЗП	+		
<i>E. pulchella</i> Jenyns		м	П	+		
<i>E. supina</i> A. Schmidt		м	ЗП	+		
<i>E. sp.</i>		м			+	+
<i>Sphaerium corneum</i> Linne	a-b	м	ЗП	+	+	
<i>Musculium creplini</i> Dunker		м	ЗП	+		
<u>GASTROPODA</u>						
<i>Anisus acronicus</i> Ferussac		м	П	+		
<i>A. contortus</i> (Linne)		м	П	+		
<i>A. stroemi</i> Westerlund		м	П	+		
<i>A. vortex</i> Linne		м	ЗП	+		
<i>Anisus sp.</i>		м				+
<i>Bithynia tentaculata</i> Linne	b	м	ЗП		+	
<i>Choanomphalus rosmaessleri</i> Schm.		м	ЗП	+		
<i>Choanomphales sp.</i>		м			+	
<i>Lymnaea auricularia</i> Linne	b	м	П	+	+	
<i>L. glutinosa</i> O.F. Muller			ЗП	+		
<i>L. intermedia</i> Lamarck		м	ЗП	+		
<i>L. lagotis</i> Schranck	b	м	ЗП	+	+	
<i>L. ovata</i> Draparnaud	b	м	ЗП	+	+	+
<i>L. palustris</i> O. F. Muller	b	м	ЗП	+		
<i>L. peregra</i> (O.F. Muller)			П	+		
<i>L. stagnalis</i> Linne	b	м	Г	+		+
<i>L. truncatula</i> (O.F. Muller)		м	П			+
<i>Planorbarius corneus</i> (Linne)	b	м	ЗП			+
<i>Planorbis carinatus</i> O.F. Muller		м	ЗП		+	
<i>P. planorbis</i> Linne	b	м	П	+	+	
<i>Valvata klinensis</i> Milachevitch		м	ЗП	+		
<i>V. piscinalis</i> O.F. Muller	b	м	ЗП	+	+	+
<u>CRUSTACEA</u>						
<i>Asellus sp.</i>		м		+		
<i>Gammarus lacustris</i> Linne		м	П	+		
<i>G. pulex</i> Linne (?)	b-o	м	П	+		
<i>Ostracoda sp.</i>		м		+		
<i>Potastacus leptodactylus</i> Esch.	o	м	ЗП	+		

Продолжение приложения 1

Таксоны	Сапробность	Преобладающий тип питания	Географическое распространение	Бассейн р. Барнаулки	Бассейн р. Большой Черемшанки	Бассейн нижнего течения р. Чумыша
<u>ACARINA</u>						
Eylais undulosa Koenike		x	П		+	
Limnochares aquaticus Linne		м	Г		+	
<u>ARANEI</u>						
Argyroneta aquatica Cl.		x		+	+	+
Dolomedes fimbriatus Cl.		x		+	+	+
<u>INSECTA</u>						
<u>COLLEMBOLA</u>						
Podura aquatica Linne		м	Г			+
Proisotoma ripicola Linnan		м		+		
<u>TRICHOPTERA</u>						
Anabolia furcata Brauer	b-a	м	3П	+	+	
Annitella obscurata (MacLachlan)		м	3П		+	
Ceratopsyche nevae Kolenati	b	x	ВП		+	
Hydropsyche angustipennis Curtis	b	x	П	+		
Limnephilus marmoratus Curtis	o	x	3П	+		
<u>NEUROPTERA</u>						
Sisyra fuscata (Fabr.)		x			+	
<u>MEGALOPTERA</u>						
Sialis fuliginosa Pictet	a	x	3П		+	+
<u>ODONATA</u>						
Anax parthenope Selys (?)		x	П			+
Brachytron sp.		x	3П	+		
Coenagrion armatum Charpentier		x	П	+		
Gomphus flavipes Charpentier		x	П	+		
Erythomma najas (Hans.)		x	П			+
Libellula quadrimaculata Linne		x	Г			+
Leucorrhinia rubicunda Linne		x	3П	+	+	
Ophiogomphus cecilla Four.		x	П	+		
Somatochlora flavomakulata (Vanderlinden)		x	3П			+
Sympetrum sanguineum O.F. Muller.		x	3П			+
<u>PLECOPTERA</u>						
Perlodes sp.	o	x		+		

Продолжение приложения 1

Таксоны	Сапробность	Преобладающий тип питания	Географическое распространение	Бассейн р. Барнаулки	Бассейн р. Большой Черемшанки	Бассейн нижнего течения р. Чумыша
EPHEMEROPTERA						
Baetis rhodani Pictet	o-b	м	ЗП		+	
B. sp.		м		+	+	
Cloen dipterum Linne	b	м	Г	+	+	+
Ephemerella ignita Poda	b-o	м	Г	+		
E. sp.		м			+	
Potamanthus luteus Linne	b	м	П	+	+	
HETEROPTERA						
Aquarius paludum Fabr.		х	П			+
Ilyocoris cimicoides Linne		х	П	+		+
Gerris odonatogaster (Zetterstedt)		х	П			+
Limnopus rufoscutellata Latreille		х	П	+	+	
Micronecta minutissima Linne		х	ЗП	+	+	
Nepa cinerea Linne		х	П	+	+	+
Notonecta glauca Linne		х	П	+	+	+
N. lutea O.F. Muller		х	П	+		
Ranatra linearis Linne		х	ЗП	+	+	
Sigara striata Linne		в	П	+	+	+
COLEOPTERA						
Acilius sulcatus Linne		х	П	+	+	
Agabis sp.		х			+	
Chrysomelidae sp.		м		+		
Coelostoma orbiculare Fabr.		х	П	+		
Cyphon variabilis Thanb.		х	П		+	
Dytiscus circumflexus Fabr.		х	Г	+		
Graphoderes sp.		х				+
Gyrinus minutus Fabr.		х	Г			+
G. notator Linne		х	П	+	+	
Haliphus ruficollis DeGeer		м	П			+
Helodidae sp.		м		+		
Helophorus aquaticus Linne		х	П		+	
Hydrophilus caraboides Linne		м	ЗП		+	
Laccophilus sp.		х		+		
Limnebius sp.		х			+	
DIPTERA						
Antherix sp.	o	м		+		

Продолжение приложения 1

Таксоны	Сапробность	Преобладающий тип питания	Географическое распространение	Бассейн р. Барнаулки	Бассейн р. Большой Черемшанки	Бассейн нижнего течения р. Чумыша
Ceratopogon str. sp.		М		+		
Chrysozona (Haematopota) italica Meigen		Х				+
Cnephia sp.		М			+	
Culicoides sp.		Х		+		
Dicranomyia autumnalis Staeger		М	ЗП-ЮА			+
Eloephila maculata Meigen		М	ЗП		+	
Erioptera lutea Meigen		М	ЗП			+
Eristalis tenax Linne	р	М	П		+	
Eusimulium aureum Fries	о-б	М	ВП		+	
Nilobezzia formosa Loew		М	ЗП	+	+	
Odontomyia angulata (Panzer)		М	П		+	+
Palpomyia spinipes Meigen		М	П		+	
Ptychoptera sp.	а	М		+		
Sciomyzidae sp.				+		
Stratiomyia longicornis Scopol		М	П	+	+	
Syrphidae sp.		М				+
Tipula sp.1		М		+		
Tipula sp.2		М		+		
Tabanus autumnalis autumnalis Linne		Х	ЗП		+	+
T. leleani leleani Austen		Х	ЮА		+	
T. sp.		Х		+		
Wilhelmia equina Linne		М	П		+	
f. Chironomidae						
Anatopynia plumipes Fries		Х	ЗП	+		
Chironomus acutiventris Wulker et al.	а	М-В	ЗП-П	+		
C. cingulatus Meigen	р-а	М-В	П	+	+	
C. gr. plumosus	р	М-В		+	+	+
C. novosibiricus Kiknadze et al		М-В	ВП	+		
C. obtusidens Goetegh.		М-В	П	+		
C. pallidivittatus Malloch		М-В	Г	+	+	
C. solitus Linevitsh et Erbaeva		М-В	ВП	+		
C. sp.		М-В			+	
C. tentans Fabr.		М-В	Г	+		
Cladotanytarsus №1 Zvereva		М	ЗП	+		

Окончание приложения 1

Таксоны	Сапробность	Преобладающий тип питания	Географическое распространение	Бассейн р. Барнаулки	Бассейн р. Большой Черемшанки	Бассейн нижнего течения р. Чумыша
<i>Cricotopus gr. algarum</i>	b-o	в			+	
<i>C. bicinctus</i> Meigen	b-o	в	Г	+	+	
<i>C. gr. dizonias</i>		в			+	
<i>C. gr. sylvestris</i>	o-b	в		+	+	
<i>Cryptochironomus gr. defectus</i>	b	х		+	+	
<i>Endochironomus albipennis</i> Meigen		м	ЗП	+	+	
<i>E. tendens</i> Fabr.		м	П	+		
<i>Harnischia curtelamellata</i> Malloch		м	Г	+		
<i>Hydrobaenus gr. pilipes</i>		м				+
<i>Glyptotendipes barbipes</i> Staeger	p	м	Г	+	+	
<i>G. glaucus</i> Meigen	b	м	П	+	+	+
<i>G. paripes</i> Edwards		м	П	+	+	
<i>G. sp.</i>		м			+	
<i>Limnochironomus nervosus</i> Staeg.		м	Г	+		
<i>Lipiniella arenicola</i> Shilova	a-b	м	П			+
<i>L. moderata</i> Kalugina		м	П	+		+
<i>Microtendipes rezvoi</i> Tshern.		м	П		+	
<i>Ortocladius gr. saxicola</i>		м		+	+	
<i>Parachironomus arcuatus</i> Goet.		м	ЗП			+
<i>Paratendipes gr. albimanus</i>		м			+	
<i>Paratrichocladus inaequalis</i> Kieffer	o-b	м	П	+		
<i>Polypedilum exectum</i> Kieffer		в	ЗП		+	+
<i>P. nubeculosum</i> Schrank	b	в	П	+	+	
<i>P. scalaenum</i> Schrank	b	в	Г	+		+
<i>P. sordens</i> Van der Wulp		в	Г		+	
<i>P. pedestre</i> Meigen		в	Г			+
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	a-b	х	П	+	+	
<i>Prodiamesa olivacea</i> Meigen	b-a	м	Г		+	
<i>Psectrotanypus sibiricus</i> Tshern.		х	П	+		
<i>Reotanytarsus sp.</i>		м		+		
<i>Tanytus punctipennis</i> Meigen	b-a	х	ЗП	+		
<i>Tanytarsus gr. holochlorus</i>		м			+	
Всего: 177	53	173	127	115	82	44

Примечания: о – олигосапроб, б – β-мезосапроб, а – α-мезосапроб, р – полисапроб; в – всеядные, м – мирные, х – хищные; Г – голарктические, П – транс-палеарктические, ЗП – западно-палеарктические, ЗВ – восточно-палеарктические.

Сапробность дана по: Жадин, Родина, 1950; Макрушин, 1974а; Скопцова, 1981; Тодераш, 1984; Голубева, 1985; Попченко, 1994; Извекова и др., 1996.

Преобладающий тип питания приводится по «Руководству по гидробиологическому мониторингу...» (1992).

Географическое распространение дано по соответствующим определителям (см. главу «Материалы и методы»).

Приложение 2

Средняя биомасса (В), уровень трофности и доминирующие таксоны зообентоса озер бассейна р. Барнаулки

Озера	1931 г. (по Благовидовой, 1931)		1996–1997 г.		2003 г.	
	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования
<i>Засушливая степь</i>						
Вавилон	...	...	...	3,57	α-мезотрофный	Chironomidae, Lymnaea, Trichoptera, Eristalis, Lymnaea stagnalis, Planorbis planorbis, Planorbarius corneus, Anisus, Plumatella repens, Argironeta aquatica
Песьяное	...	...	Танурус punctipennis, Sigara striata, Ceratopogon, Gammarus lacustris, Laccophilus, Lymnaea ovata, Pycocoris cimicoides, Chironomus gr. plumosus, Leucorhithina rubicunda	11,67	α-мезотрофный	Chironomidae, Gammarus lacustris, Acarina, Diptera, Planorbidae, Ephemeroptera
Горькое	...	...	...	1,21	α-олиготрофный	Chironomidae, Lymnaea lagotis, Corixidae, Nebrioporus cerisyi steppensis, Gastropoda, Culicidae
<i>Умерено засушливая степь</i>						
Крестьянское	26,47	β-эвтрофный	Gammarus, Chironomidae	...	...	...

Продолжение приложения 2

Озера	1931 г. (по Благовидовой, 1931)		1996–1997 г.		2003 г.		
	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования	Таксоны в порядке доминирования	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования
Шуракша	5,21	β-мезотрофный	Chironomidae, Trichoptera, Culicoides, Lymnaea ovata, Planorbis, Hirudinea	...	24,18	α-мезотроф- ный	Chironomidae, Coleoptera, Hirudinea, Gammarus lacustris, Odonata, Trichoptera, Euglesa, Planorbidae
<i>Лесостепь</i>							
Зеркальное	26,00	β-эвтрофный	Chironomidae, Trichoptera	Endochironomus albipennis, Cryptochironomus gr. defectus, Lymnaea ovata	0,19	ультра- олиготроф- ный	Chironomidae, Gammarus lacustris, Pycocoris cimicoides, Planorbidae, Ephemeroptera, Bivalvia
Круглое	7,45	β-мезотрофный	Chironomidae, Corethra	...	...	...	...
Урлапово	3,98	α-мезотрофный	Chironomidae, Culicoides, Gammarus	Gammarus lacustris, Cladotanytarsus №1, Glyptotendipes paripes, G. glaucus, Tanytus punctipennis, Limnoporus rufoscutellata, Erpobdella octoculata, Polypedium nubeculosum, Coenagrion armatum, Cricotopus gr. silvestris, Dytiscus circumflexus	...	...	...

Продолжение приложения 2

Озера	1931 г. (по Благовидовой, 1931)		1996–1997 г.	2003 г.		
	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)		Таксоны в порядке доминирования	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования
Среднее	16,79	α-эвтрофный	Chironomidae, Culicoides, Gammarus, Hirudinea, Nematodes, Oligochaeta, Trichoptera, Lymnaea ovata, Planorbis	...	...	...
Верхнее Займище	0,49	ультра-олиготрофный	Chironomidae, Trichoptera, Culicoides, Hirudinea, Lymnaea ovata, Planorbis	...	...	...
Боровское	...	...	Chironomidae, Culicoides, Gammarus.	...	...	...
Бахматовское	38,22	β-эвтрофный	Chironomidae, Culicoides, Gammarus	19,57	α-эвтрофный	Chironomidae, Tubificidae, Hirudinea, Gerridae, Gammarus lacustris, Trichoptera, Planorbidae, Pycocoris cimicoides, Euglesa, Lymnaea stagnalis

Продолжение приложения 2

Озера	1931 г. (по Благовидовой, 1931)			1996–1997 г.			2003 г.			
	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования	Таксоны в порядке доминирования	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования
Серебряно-ническое	11,24	α-эвтрофный	Chironomidae, Culicoides, Gammarus	Chironomus tentans, Notonecta glauca, Aciurus sulcatus, Cloen dipterum	...	...	...	...	...
Степное	0,49	ультра-олиготрофный	Chironomidae, Culicoides, Trichoptera, Hirudinea, Lymnaea ovata, Planorbis		5,12	β-мезотрофный	Chironomidae, Pycocoris cimicoides, Erpobdella octoculata, Oligochaeta, Ephemeroptera, Odonata, Bivalvia, Tubificidae, Dytiscidae, Corixidae, Odonata, Lymnaea stagnalis, Gerridae			
Сухое	...	...	...	Limnochironomus nervosus, Chironomus cingulatus, Tubifex tubifex, Cryptochironomus gr. defectus, Erpobdella octoculata	7,29	β-мезотрофный	Chironomidae, Tubificidae, Ephemeroptera, Hirudinea, Odonata, Gerridae, Corexidae			
Песчаное	16,90	α-эвтрофный	Chironomidae, Culicoidinae, Gammarus, Hirudinea, Nematodes, Oligochaeta, Trichoptera, Lymnaea ovata, Pisidium	Cladotanytarsus №1, Euglesa pulchella, Lymnaea ovata, Anadonta stagnalis, Chironomus gr. plumosus, L. auricularia, L. lagotis, Sigara striata, Planorbis planorbis	5,89	β-мезотрофный	Chironomidae, Diptera, Lymnaea, Planorbis, Euglesa			

Окончание приложения 2

Озера	1931 г. (по Благовидовой, 1931)			1996–1997 г.			2003 г.		
	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования	Таксоны в порядке доминирования	В, г/м ²	Уровень трофности по Китаеву (1986)	Таксоны в порядке доминирования		
Моховое	1,11	α-олиготрофный	Chironomidae, Trichoptera, Culicoides		...	...	...
Лебязье	0,75	α-олиготрофный	Corethra, Phraganidae	Choanophthalmus rosmaessleri, Chironomus gr. plumosus	...	...	...

Научное издание

Безматерных Дмитрий Михайлович

ЗООБЕНТОС РАВНИННЫХ ПРИТОКОВ ВЕРХНЕЙ ОБИ

Монография

Редактирование и подготовка
оригинал-макета: *Е.М. Федяева*

На обложке рисунок из книги В. Шелфорда (Shelford, 1913) –
«Обычное население ассоциации зарослей тростника»

ЛР 020261 от 14.01.1997 г.

Подписано в печать 26.06.2008 г. Формат 60x84/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,9.

Тираж 100 экз. Заказ 259.

Издательство Алтайского государственного университета

Типография Алтайского государственного университета:

656049, Барнаул, ул. Димитрова, 66