



ISSN 0320—9652

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

55

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ
ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ
№ 55



ЛЕНИНГРАД
«НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1982

Academy of Sciences of the USSR
Institute of Biology of Inland Waters
Scientific Council for problems of
hydrobiology, ichthyology and utilization
of biological resources of waterbodies

Biology of Inland Waters
Information Bulletin

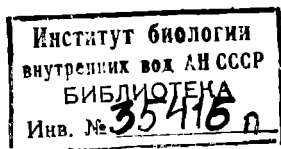
№ 55

Выпуск содержит информацию о международном семинаре в ГДР, посвященном вопросам моделирования водных экосистем, и о региональном совещании по охране природных ресурсов Ярославской области. Большинство научных сообщений объединено проблематикой воздействия факторов среды на ход биологических процессов. Основное внимание уделено влиянию загрязнителей (тяжелые металлы, моющие средства, соли аммония) на рост и жизнедеятельность водных организмов. Рассчитан на широкий круг гидробиологов, зоологов, экологов и специалистов рыбного хозяйства.

Главный редактор А.В. МОНАКОВ

Ответственный редактор В.Н. ЯКОВЛЕВ

Рецензенты Б.А. ФЛЕРОВ, Г.З. ШАПОШНИКОВ



ИНФОРМАЦИИ

СЕМИНАР ПО ВОПРОСАМ ИЗМЕРЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ВОДНЫХ МАСС ОЗЕР И ВОДОХРАНИЛИЩ

В соответствии с решением XV совещания Комиссии по многостороннему сотрудничеству академий наук социалистических стран по комплексной проблеме „Планетарные геофизические исследования“ с 26 по 30 апреля 1981 г. в ГДР в г. Бизенталь состоялся семинар по вопросам измерения и моделирования свойств водных масс озер и водохранилищ.

В работе семинара приняли участие около 40 ученых из СССР, ВНР, ГДР и ПНР. Было заслушано и обсуждено 16 докладов в основном по результатам оригинальных исследований.

В программе семинара большое внимание уделялось достижениям в области математического моделирования водных экосистем. К числу таких докладов относятся два сообщения советских специалистов. В докладе В.И. Беляева (СССР) рассмотрен способ моделирования миграции в водных экосистемах химических элементов, способных входить в состав организмов как в виде элементов их микроструктуры, так и в качестве примеси. Предложен способ составления системы уравнений для модели, описывающей циркуляцию вещества в водной экосистеме. В докладе Б.С. Флейшмана (СССР) приводились общекибернетическое определение адапционного цикла и решение возникающих при этом экстремальных задач для стохастической динамической модели сукцессии биоценоза. Оба доклада истолковали близкие, но различные теоретические подходы к моделированию водных экосистем и вызвали большой интерес участников семинара. К области теории моделирования водных экосистем относится и доклад П. Мауерсбергера (ГДР), разрабатывающего принципы использования основных законов термодинамики необратимых процессов при создании теории моделирования водных экосистем. П. Мауерсбергер сделал ряд выводов, полученных из термодинамической теории и применимых для объяснения биологических процессов в водных экосистемах. Некоторые из этих выводов, например о зависимости первичной продукции от радиации, температуры и концентрации растворенных в воде биогенных элементов в математической форме, представляют интерес для широкого круга исследователей.

Математической модели прогноза качества воды в системе малых водоемов был посвящен доклад Г. Шелленбергера (ГДР). По сравнению с моделью, представленной в 1978 г. на школе-семинаре в пос. Борок, новый вариант модели существенно модернизирован и усилен включением блока, описывающего основные черты гидрографической сети водоемов, блока, характеризующего развитие

фитопланктона от физических факторов, и блока, учитывающего аккумуляцию в донных отложениях биогенов, их выделение в аэробных и анаэробных условиях. Представленный вариант экологической модели в качестве блоков для толщи воды включает 3 группы фитопланктона, бактерии, зоопланктон (растительноядный), рыб (мирные), детрит, растворенный фосфор и азот, а для донных отложений — фитобентос, зообентос, детрит, растворенные фосфаты и соединения азота, накопленные в грунтах фосфаты.

Обмен между донными отложениями и водой, с ними контактирующей, играет важную роль в функционировании экосистемы и до сих пор изучен слабо. Поэтому рассмотрение Х. Коцерским (ГДР) вопроса об аккумуляции в донных отложениях биогенов, их выделения при аэробных и анаэробных условиях в качестве самостоятельного блока экологической модели представляет несомненный интерес. Автор не только более строго описал характер основных процессов, протекающих в донных отложениях, но и показал пробелы в наших представлениях об обмене веществ между дном и водой.

Изучение влияния физических факторов на развитие фитопланктона и моделирование этого процесса послужило предметом доклада Х. Берендта (ГДР). На основе исследований зависимости скорости роста от радиации и температуры в лабораторных условиях предложена математическая модель влияния этих факторов на скорость роста водорослей. Предпринимаются попытки на основании этой модели использовать лабораторные данные для описания развития фитопланктона в озерах и водохранилищах.

Серьезному обсуждению подвергались результаты исследований процессов, влияющих на свойства водных масс и на биопродуктивность озер и водохранилищ. Особое внимание при этом было уделено выявлению роли метеорологических факторов, прежде всего светового и температурного режимов. Повышенный интерес участников семинара и активное обсуждение вызвали результаты исследований подледного температурного режима водоемов и факторов, его обуславливающих, приведенные в докладе Н.В. Буторина (СССР), а также зависимости физических характеристик рыбоводных прудов и их евтрофирования под влиянием метеорологических условий, изложенных М. Шумец (ПНР).

Роль динамики вод, включая искусственную аэрацию водоемов, методические подходы и экономическую эффективность данного метода для улучшения качества воды показал на основании многолетних наблюдений Х. Клаплер (ГДР). Интересные данные по использованию содержания кислорода и фосфора в качестве индикаторов обменных процессов во внутренних водоемах на примере оз. Мюгельзее привел в своем докладе Г. Мотес (ГДР), а Б. Никсдорф (ГДР) подтвердила имеющиеся данные о возможности использования измерений прозрачности для характеристики вертикального распределения первичной продукции в мелководных озерах.

В ходе семинара обращено внимание на необходимость более широких исследований донных отложений, их свойств, процессов седиментации и выявления их влияния на биологическую продуктив-

ность и качество воды в водоемах. Эти вопросы на семинаре нашли отражение только в докладе Ф. Мате (ВНР), посвященном картированию и изучению свойств донных отложений оз. Балатон. Принято решение провести в перспективе специальный семинар по результатам изучения донных отложений и их взаимодействия с водной массой с тем, чтобы полнее и объективнее учитывать их роль при математическом моделировании водных экосистем.

Большой интерес вызвало сообщение И. Фишера (ВНР) о пятилетнем плане исследований бассейна оз. Балатон, который представляет собой попытку кооперации усилий многих учреждений различной подчиненности по решению проблемы рационального использования ресурсов озера в интересах народного хозяйства страны.

Все доклады будут опубликованы в ГДР в специальном выпуске журнала „Acta Hydrophysica”.

На заключительном заседании подведены итоги сотрудничества по проекту с 18 мая 1980 г. по апрель 1981 г., обсуждены проекты планов сотрудничества на ближайшие два года и на пятилетку, а также проект плана мероприятий и обмена специалистами.

Н.В. Буторин

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

С 5 по 6 февраля 1981 г. в Ярославле проходила областная научно-практическая конференция, посвященная вопросам использования и охраны природных ресурсов Ярославской обл., организованная областным Советом Всероссийского общества охраны природы. В ее работе приняли участие представители 16 учреждений, ведущих вузов области, научно-исследовательских институтов, ИБВВ АН СССР, управлений сельского, лесного и водного хозяйств, управления Верхневолжскрыбвод и ряда других организаций.

Заслушано 68 докладов, в которых рассматривались вопросы рационального использования земельных, водных, лесных ресурсов области, охраны атмосферного воздуха, памятников природы.

Открыл совещание С.Н. Овчинников – заместитель председателя Областного исполнительного комитета народных депутатов. В своем выступлении он подчеркнул большую важность и практическую ценность поднимаемых на конференции вопросов. На пленарном заседании было заслушано 5 обобщающих докладов: В.Л. Рохмистров доложил о комплексном изучении состояния рационального использования и охраны водных ресурсов области; Н.П. Соколов – о земельных ресурсах области, их использовании и охране; В.И. Новикова – о состоянии дел с охраной атмосферного воздуха; М.Ф. Федоренков – о путях повышения народнохозяйственной эффективности и рекреационном значении лесопользования; А.Н. Иванов – о состоянии и перспективах развития охраняемых природных территорий области.

На конференции работало 6 секций, деятельность которых охватывала вопросы рационального использования и охраны водных, земельных, лесных, рыбных ресурсов, охраны атмосферы и природных памятников области.

В работе секции охраны рыбных ресурсов приняли участие сотрудники Института биологии внутренних вод АН СССР. А.Г. Поддубный и А.С. Стрельников доложили о состоянии запасов и перспективах развития рыбного хозяйства на Рыбинском водохранилище; Л.К. Малинин, А.Г. Поддубный и И.Е. Пермитин – о комплексных исследованиях экосистемы оз. Плещеево; С.Н. Половкова – об использовании кормовых ресурсов пелагиали скоплениями рыб-планктофагов; А.Н. Лопатко и М.Н. Иванова – об интенсивности питания молоди щук в Рыбинском водохранилище; А.Н. Дзюбан – о деструкции органического вещества в донных отложениях, как факторе самоочищения водоемов.

Большой интерес вызвало сообщение Л.К. Малинина о результатах исследований ИБВВ АН СССР на оз. Плещеево, охране природного комплекса которого сейчас придается большое значение. Будущему этого водоема было посвящено еще несколько докладов. Так, С.И. Васильев и М.Н. Иванов выступили с обоснованным предложением по созданию национального парка на базе Переславского комплекса.

В решении, принятом участниками конференции, отмечались значительные успехи, достигнутые в последние годы в области рационального использования и охраны природных ресурсов края. В частности, в десятой пятилетке значительно возрос объем исследований по проблеме охраны природных комплексов, ускорилось внедрение достижений науки и техники в практику охранных мероприятий. Все большее число высших учебных заведений, научно-исследовательских институтов и общественных организаций включаются в разработку комплексных программ по охране окружающей среды и их выполнение.

Вместе с тем конференция отметила, что в работе по исследованию проблемы имеются и существенные недостатки. Было обращено внимание на отсутствие тесной увязки разрабатываемых природоохранных и комплексных долгосрочных планов и программ с планами реконструкции промышленных предприятий городов, населенных пунктов, а также природных ландшафтов по программе развития Нечерноземья. Подчеркнута важность усиления исследований, координации и планирования всех форм природоохранной работы в области не только путем еще более широкого привлечения научно-исследовательских организаций, но и создания новых.

Представляется чрезвычайно важным, что во время работы конференции и в ее решениях было уделено большое внимание охране вод и рыбных ресурсов.

Обсуждение широкого круга вопросов, связанных с охраной окружающей среды региона, несомненно будет способствовать дальнейшему расширению этой чрезвычайно важной и необходимой работы.

А.С. Стрельников

УДК 579.68(286.2)

О.И. Ти ф е н б а х

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ ОЗ. СЕВАН

Применение электронного микроскопа явилось новым этапом в изучении водной микрофлоры и расширило наши представления о многообразии бактерий в водоемах.

Исследования микрофлоры с помощью электронного микроскопа проводились многими авторами [3-6]. Обнаружено большое морфологическое разнообразие водных бактерий, описаны новые формы, которые не растут на обычных средах, а также не могут быть идентифицированы под световым микроскопом.

Микрофлора оз. Севан — крупнейшего высокогорного водоема, подробно исследовалась с применением метода Коха и прямым микроскопированием [1]. С помощью электронного микроскопа до настоящего времени микрофлора этого озера не изучалась.

Цель настоящей работы — краткое описание морфологических форм бактерий озера, выявленных с помощью электронного микроскопа. В 1979 г. нами ежемесячно отбирались пробы воды с 4 станций: в М. Севане — ст. 4 (глубина 55 м) и ст. 2 (16 м); в Б. Севане — ст. 22 (глубина 30 м) и прибрежная ст. 27 (10 м).

Приготовление пленки подложки и электронных сеточек производилось по прописи [2]. Из поверхностной пленки воды электронно-микроскопические препараты готовились методом обрастания сеточек с нанесенным коллодием [7]. Сетки, прикрепленные к предметному стеклу, помещались в сосуд с исследуемой водой таким образом, чтобы 1/3 стекла находилась в воздухе, а 2/3 в воде, а сами сетки в поверхностной пленке воды. В таком положении сетки выдерживались до 2 суток. Пробы с других горизонтов концентрировались путем фильтрования в 10 раз и наносились каплями на сетки. Бактерии фиксировались в парах формалина. Высушенные препараты просматривались под электронным микроскопом „Тесла В613“.

В течение года на исследованных станциях озера в водной толще доминирует мелкая микрофлора: в основном кокки, диаметр которых не превышает 1 мкм, и палочки размером 0,5–1,0 мкм x 1,0–0,5 мкм. Среди палочковидных встречаются изогнутые формы длиной меньше 1,0 мкм (рис. 1, а, б), скопления палочек с темными включениями (рис. 1, в), а также расположенные в цепочку укороченные палочки со светлыми включениями (рис. 1, г). Среди сферических форм много клеток со жгутиками (рис. 1, д). Почти во всех исследованных пробах присутствуют мелкие вибрионы размером от 1,0 до 2,5 мкм (рис. 1, ж, з) и бактериальные клетки из рода *Microcycilus*

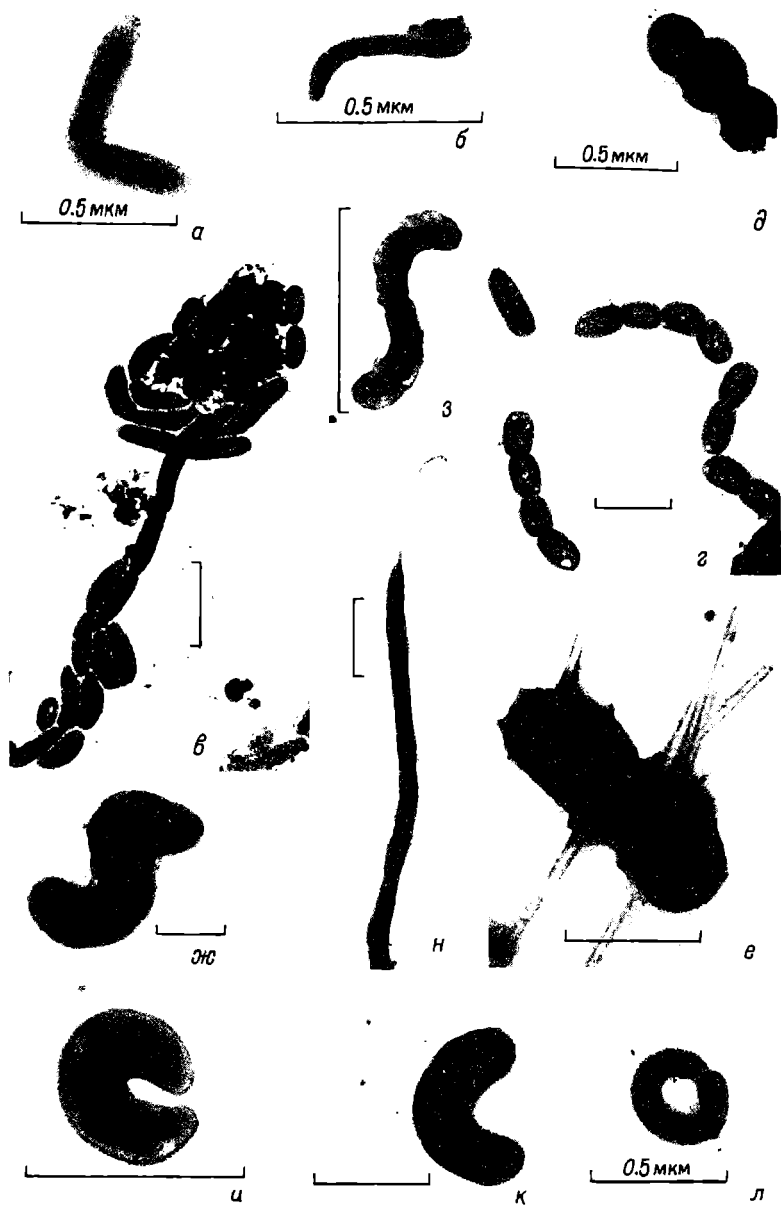


Рис. 1. Микрофлора оз. Севан (объяснения в тексте).

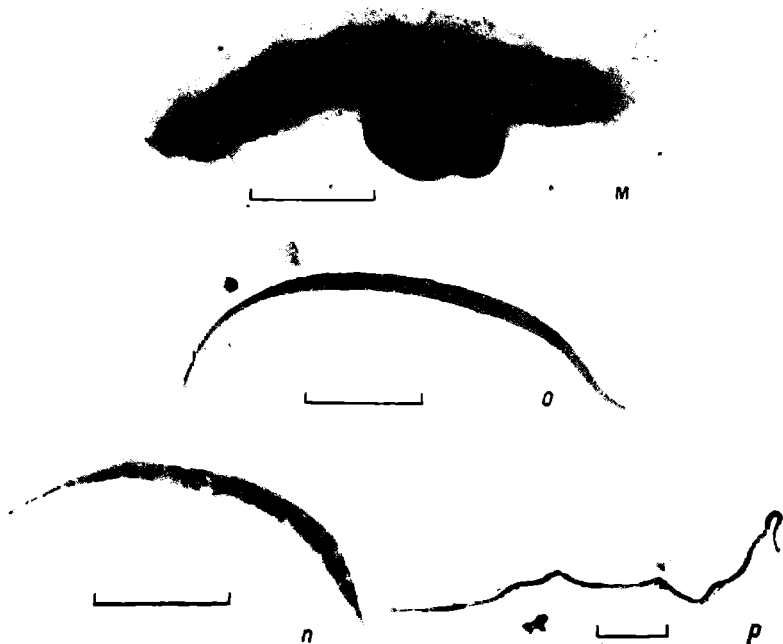


Рис. 1 (продолжение).

(рис. 1, и-л). Довольно часто встречаются одиночные клетки рода *Caulobacter* (рис. 1, м), которые в придонных слоях имеют нитчатую форму (рис. 1, н).

В воде озера обнаружено много разнообразных нитчатых форм бактерий. Наиболее богат ими придонный слой воды, где наряду с тонкими нитями диаметром меньше 0.1 мкм (рис. 2, а) встречаются нити большего диаметра — 0.5 мкм (рис. 2, б), извитые формы (рис. 2, и), нити с заостренными узкими концами (рис. 1, о) и тонкие нити, подобные ползающим бактериям (рис. 1, р). В придонном слое отмечены также бактериальные клетки с выростами из сем. *Pseudomonadacea* (рис. 2, в), микроорганизмы из рода *Asticcacaulis* (рис. 2, л).

В поверхностных слоях воды наряду с нитчатыми формами (рис. 2, д, г, з) обнаружены бактериальные клетки *Planctomyces guttaeformis* (рис. 2, ж), микоплазмоподобные клетки (рис. 2, е), бактерии рода *Nuphromicrobium* (рис. 2, к) и серповидные формы с заостренными концами (рис. 1, п).

Таким образом, исследование микрофлоры оз. Севан под электронным микроскопом позволило обнаружить многообразие морфоло-

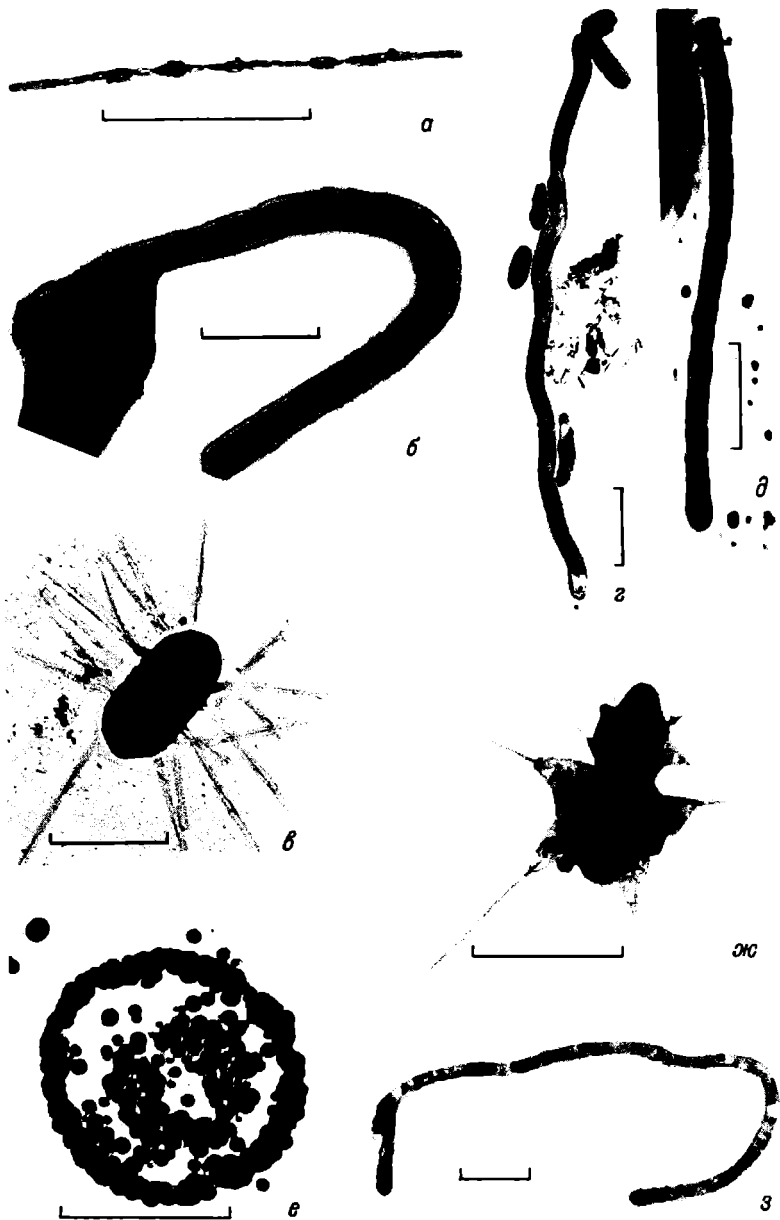


Рис. 2. Микрофлора оз. Севан (объяснения в тексте).

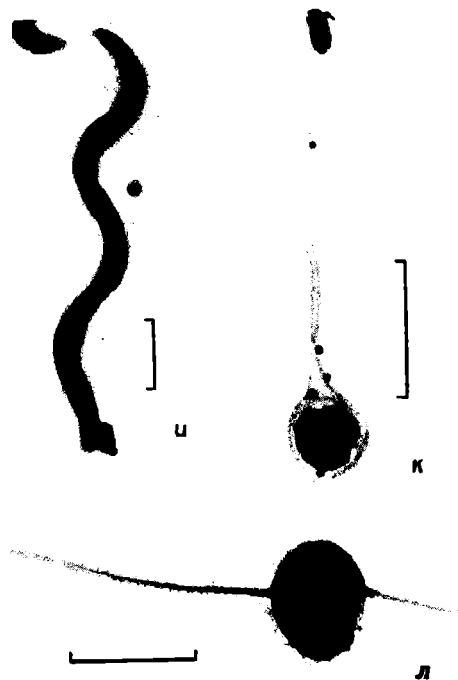


Рис. 2 (продолжение).

гических форм бактерий. На протяжении всего года в озере доминировали кокки, палочки, бактерии из рода *Microcycclus* и мелкие вибрионы.

Л и т е р а т у р а

1. Г а м б а р я н М.Е. Микробиологические исследования оз. Севан. Ереван, 1968, 163 с.
2. К у з н е ц о в С.И. Метод изготовления препаратов для получения электронно-микроскопических снимков из воды и озерного ила. - В кн.: Флора, фауна и микроорганизмы Волги. Рыбинск, 1974, с. 303-309.
3. Л а п т е в а Н.А. Электронно-микроскопическое изучение микрофлоры Рыбинского водохранилища. - Микробиология, 1976, т. 45, вып. 3, с. 547-551.
4. Л а п т е в а Н.А. Морфологическая характеристика микрофлоры озер Ярославской обл. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1977, № 35, с. 10-15.

5. Лаптева Н.А. Микрофлора озер Латвийской ССР (электронно-микроскопическое исследование). – Гидробиол. ж., 1979, т. 15, № 2, с. 15–22.
6. Никитин Д.И., Кузнецов С.И. Применение электронной микроскопии для изучения водной микрофлоры. – Микробиология, 1967, т. 35, вып. 5, с. 938–941.
7. Романенко В.И. Об эффективности обрастания бактериями электронно-микроскопических сеток в поверхностной пленке воды. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1979, № 41, с. 17–20.

Севанская гидробиологическая станция
АН АрмССР

УДК 579.68(285.2)

Г. Н а с ы р о в

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗ. ИПКУЛЬ

В озерах Западной Сибири с начала 70-х годов производится выращивание товарной пеляди. Однако озера юга Тюменской области в основном мелководны, имеют значительное количество донных отложений. К концу подледного периода содержание кислорода в воде озер снижается до нуля, поэтому хозяйства вынуждены вести однолетний нагул сиговых.

Оз. Ипкуль расположено в зоне смешанной тайги. Площадь его 540 га, длина 3 км, ширина 2 км. Преобладающие глубины 2 м, максимальная – 3,5 м.

Вода по химическому составу гидрокарбонатно-кальциевая, сумма солей колеблется в пределах 310–380 мг/л, pH 7,6–8,6. Цвет воды мутно-коричневый, прозрачность в течение лета изменяется от 0,3 до 0,7 м. Донные отложения – темные сапропели мощностью до 1 м. Верхний слой (пелоген) оливкового цвета. В озере обитают карась и гольян, а весной в многоводные годы из р. Иска проникает речная ихтиофауна. Ежегодно весной в озеро выпускают личинок сиговых, а в начале зимы сеголеток максимально отлавливают и перевозят в другие незамерзшие озера. Невыловленная часть рыбы гибнет от замора.

Нами в воде и илах оз. Ипкуль была определена динамика численности некоторых физиологических групп бактерий с целью выяснить, какие из них вызывают наиболее интенсивный расход кислорода в зимний период.

Общую численность бактерий в воде устанавливали методом прямого счета [2]. Сапрофиты учитывались на МПА. Численность физиологических групп бактерий определялась методом предельных разведений с использованием статистических таблиц Мак-Креди [3].

Пробы отбирали на трех постоянных станциях. Общее количество бактерий колебалось в течение года от 2,8 до 9 млн кл./мл (табл. 1). Наиболее низкое содержание отмечено в конце зимы, а максимум установлен в июле. В это время 93% бактерий представлены палочками, споровых форм совсем не было. При последующем снижении общего числа бактерий процент палочковых форм уменьшался, а содержание кокков и спор увеличивалось. Обратное соотношение устанавливается зимой.

Численность гетеротрофных организмов изменяется летом от 180 до 300 кл./мл воды. Процент спорообразующих варьирует от 1 до 6. В сентябре и январе численность гетеротрофных бактерий увеличивается в десятки раз, а относительное количество спорообразующих резко снижается до 0,08%. Из литературных источников известно, что минерализация легкоусвояемых органических веществ осуществляется палочками, а более глубокое их расщепление производят кокки [1].

Процесс минерализации при низкой температуре замедлен, поэтому высокая численность бактерий на МПА сохраняется длительно, в течение осени и зимы (табл. 1). Анаэробные бактерии составляют летом от 17 до 35% от всех сапрофитов, осенью их содержание снижается до 1%, а в марте 85% составляют анаэробы.

Обычно при жаркой и тихой погоде на озере устанавливается прямая стратификация. Отмершие гидробионты осаждаются и концентрируются в нижних слоях воды. Поэтому деструкция там увеличивается, а поступление аэро- и фотогенного кислорода снижается до нуля. В результате в придонном слое воды в период летней стагнации создаются анаэробные условия, что подтверждается и микробиологическими данными. Осенью в связи с обогащением всего столба воды кислородом количество анаэробных микробов снижается, зимой — возрастает, а в марте доминируют анаэробные формы.

Динамика численности некоторых физиологических групп бактерий, осуществляющих разложение углеводов, клетчатки, белков и редукцию сульфатов, имеет связь с кислородным режимом озера. Установлено, что после ледостава в оз. Иккуль создаются аэробные условия. У поверхности воды в этот период содержится 12, а в придонных слоях 7 мг O_2 /л. В воде и илах усиливается аэробная минерализация органических веществ.

Численность бактерий, растущих на МПА, в январе достигает максимума, из них процент анаэробных возрастает до 5,5 против 1,1 в сентябре. Содержание кислорода в воде в январе снижается до 6,5 мг/л у поверхности и до 4,6 мг/л у дна. В феврале отношение анаэробных бактерий к аэробным возрастает в илах в 10 раз, а в воде аналогичный скачок происходит в марте (табл. 2).

Одновременно в илах усиливается развитие бактерий маслянокислого брожения углеводов и анаэробного распада клетчатки. Увеличивается в несколько раз количество сульфатредуцирующих бактерий в воде и илах, а в марте их количество достигает максимума. Содержание кислорода в воде уменьшается до 0,4 мг O_2 /л, и во

Т а б л и ц а 1

Динамика численности бактерий и физиологических групп в воде оз. Илкуль

	1972 г.						1973 г.		
	5 V	20 V	25 VII	8 IX	21 IX		9 I	4 II	6 III
Общая численность, млн./мл	2.8	7.5	9	4.2	3.2		5.9	4.1	5.4
Сапрофитные, тыс./мл	0.3	0.23	0.18	4	4.5		8	2.5	0.07
Сапрофитные анаэробные, тыс./мл	0.08	0.05	0.07	0.3	0.05		0.45	0.2	0.06
Споры, кл./мл	13	3	14	-	0		6.8	5	1.4
% анаэробных от сапрофитных	26	17	35	7	1.1		5.5	8.5	85
% спор от сапрофитных	4.3	1	6.6	-	0		0.08	0.2	0.2
Гнилостные, кл./мл	0.2	23	0.1	1	200		4	0.3	0
Маслянокислые, кл./мл	-	-	-	450	0		7.5	2.5	2
Анаэробные целлюлозоразрушающие, кл./мл	0.6	0	-	-	0.1		0	0	-
Сульфатредуцирующие, кл./мл	-	-	0	0	0		5	41	360
Содержание кислорода, мг O ₂ /л	11	11	10	9	9.6		4.6	2.6	0.4
Окисляемость воды, мг/л	15	11	-	-	23		23	20	38

Т а б л и ц а 2

Динамика численности бактерий в илах оз. Ипкуль

Группы бактерий	1972 г.					1973 г.		
	5 V	20 V	25 VII	8 IX	21 IX	9 I	4 II	6 III
Общая численность, млрд/г	2,6	6	3	3,5	5	5,5	7,5	2,5
Сапрофитные, тыс./г	35	20	15,5	47	70	800	165	85
Сапрофитные анаэробные, тыс./г	9	1	12	24	-	48	155	31
Споры, тыс./г	0,6	-	2,3	2,1	1	3	-	5,6
% анаэробных от сапрофитных	26	5	77	50	-	6	60	36
% спор от сапрофитных	1,7	-	15	5	1,4	0,4	0	6,6
Гниlostные, тыс./г	0,35	0,1	0,9	0,03	0,53	2,5	0,03	0,2
Маслянокислые, тыс./г	-	-	-	25	17	2,5	25	45
Целлюлозоразрушающие, кл./г	40	0	30	23	4	9	30	-
Сульфатредуцирующие, тыс./г	2	-	0,2	0	0,13	3,25	9,25	80

всей толще воды устанавливается анаэробноз. К концу подледного периода кислород в воде отсутствует полностью.

Таким образом, в оз. Ипкуль в результате интенсивно протекающих микробиологических процессов деструкции органического вещества в воде и илу резко нарушается благоприятный кислородный режим.

Л и т е р а т у р а

1. Г о р б у н о в К.В. Динамика развития микробиологических процессов в водоемах низовья Волги. - Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 1963, т. 13, с. 94-125.
2. К у з н е ц о в С.И., Р о м а н е н к о В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. Лабораторное руководство. М.; Л., 1963. 129 с.

УДК 579.68 (28:57)

В.И. Романенко, М.В. Мельникова,
Н.П. Смирнов, В.Л. Кожара,
Э.С. Бикбулатов

КОЛИЧЕСТВО БАКТЕРИЙ И ИХ АКТИВНОСТЬ В ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПО БЕРЕГАМ РЕК СУРХОБ И ОБИХИНГОУ

В предгорьях и горах Памира по берегам многочисленных рек на дневную поверхность выходит множество источников с дебитом от нескольких десятков до сотен литров воды за час. Большинство из них связано с фильтрующимися атмосферными осадками и подземными карстовыми резервуарами, так как в сухие годы дебит их резко снижается.

Нас интересовали общая численность бактерий в подземных водах и количество органического вещества, разрушаемого в процессе дыхания микрофлоры. Анализы произведены в июле 1971 г.

Количество бактерий определялось на мембранных фильтрах [2] под микроскопом „Люмипан“ *Nf* при фильтровании воды по 50-80 мл через фильтр диаметром 2,5 см. Активность устанавливалась с помощью $^{14}\text{CO}_2$ по гетеротрофной ассимиляции CO_2 . Расчет дыхания произведен на основании установленного соотношения между потреблением O_2 и ассимиляцией CO_2 [3]. Химические анализы проводились по руководству О.А. Алекина [1], электропроводность воды определялась на реохордном мостике Р-38 в ячейке с платиновыми электродами.

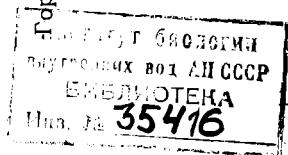
Температура воды холодных подземных источников колебалась в пределах 7,8-14,6° (см. таблицу), в горячих глубинных она достигала 44,6°. Вода холодных источников насыщена кислородом, которого, как правило, нет в термальных, в воде последних содержится в небольшом количестве сероводород (у Обигарма $\approx 1,5$ мг/л и около 15 мг/л у Джиланды).

Количество микроорганизмов в воде невелико, чаще всего содержание их колеблется от 0,01 до 0,039 млн/мл, т.е. в 10-100 раз меньше, чем в водах, находящихся на дневной поверхности. Лишь в термальных сероводородных источниках у Джиланды количество микроорганизмов достигает 0,35 млн/мл.

Ассимиляция CO_2 на свету в большинстве случаев несколько выше, чем в темноте. Это свидетельствует о том, что в пробах воды наряду с бактериями присутствовали в небольшом количестве фото-

Количество и активность бактерий в воде подземных источников Таджикистана

Источники	Тем- пера- тура воды, °C	Содер- жание O ₂ , мг/л	Содер- жание H ₂ S, мг/л	Сумма карбо- натов, мг С/л	pH	Общее количе- ство ба- ктерий, млн/мл	Гетеротрофная ассимиляция CO ₂ , мкг С/л·сут ⁻¹		Продук- ция бак- терий, мкг С/л·сут ⁻¹	Время удвое- ния числен- ности бакте- рий, ч	Деструк- ция ор- ганичес- кого ве- щества, мкг С/л·сут ⁻¹
							на свету	в тем- ноте			
Холодные Хазор-Чашма Ковлохо Кафтаргузар: № 1 № 2	7.8	6.9	0	39.6	7.5	0.030	0.012	0.009	0.15	120	0.48
	7.8	8.3	0	43.8	7.3	0.039	0.17	0.10	1.6	26	5.35
	-	-	0	31.3	8.5	0.025	-	-	-	-	0.48
	10.2	8.2	0	30.0	7.9	0.036	0.050	0.009	0.15	160	0.48
Возле кишлаков фатхабад Чусал Горячие	9.4	7.2	0	38.4	7.4	0.010	3.8	0.04	0.70	16	2.14
	14.6	6.9	0	24.0	7.9	0.032	1.9	1.2	19.9	6	64.2
	44.6	0	1.8	1.8	8.9	0.034	0.4	0.2	3.3	11	10.7
	31.2	0	0.5	5.0	-	0.029	-	-	-	-	-
Обигарм: № 1 № 2 Джиланда: № 1 № 2	45	0	16.4	-	-	0.15	-	-	-	-	-
	-	0	14.9	-	-	0.35	-	-	-	-	-



синтезирующие организмы, скорее всего водоросли. Фиксация углекислоты в темноте во всех пробах воды очень мала, а в некоторых фантастически мала – $0.009 \text{ мкг С/л}\cdot\text{сут}^{-1}$, т.е. в 100–1000 раз меньше, чем летом в открытых водоемах. На основании этого рассчитано, что продукция бактериальной биомассы в них выражается десятными долями $\text{мкг С/л}\cdot\text{сут}^{-1}$, а время удвоения их биомассы – десятками и сотнями часов. В воде разных источников разрушается от 0.48 до 10.7 мкг С органического вещества. Лишь в источнике Чусал с относительно более теплой водой по сравнению с другими источниками этого типа продукция достигает $64.2 \text{ мкг С/л}\cdot\text{сут}^{-1}$. В воде мелких подземных ключей Хазор–Чашма, находящихся к востоку от г. Гарма, в 1971 г. химические и биологические параметры были такими же, как и в 1969 г. [4].

Из величин ассимиляции CO_2 в темноте легко рассчитать, что за год в подземных водах при застаивании воды в таких источниках, как Хазор–Чашма, Кафтагузар, на дыхание микрофлоры может быть потреблено лишь 0.46 мг O_2 , но в Ковлохо – 5.2 мг/л , в Чусал – 62 мг/л . Из содержащихся величин кислорода (см. таблицу) следует, что в последних двух источниках выходящая на поверхность вода долго не задерживается в подземных резервуарах, в противном случае она почти не содержала бы кислорода. Таким образом, условия обитания микроорганизмов в подземных резервуарах воды исследованных источников на берегах Сурхоба, Обихингоу, Вахша исключительно неблагоприятны. В этих водах очень мало усвояемых органических веществ, которые, вероятно, задерживаются микрофлорой фильтрующих пород.

Л и т е р а т у р а

1. А л е к и н О.А. Химический анализ вод суши. Л., 1954. 200 с.
2. Р о м а н е н к о В.И. Использование гетеротрофной ассимиляции CO_2 в микробиологических исследованиях. – Изв. АН СССР, сер. биол., 1971, № 4, с. 565–572.
3. Р а з у м о в А.С. Прямой метод учета бактерий в воде. Сравнение его с методом Коха. – Микробиология, 1932, т. 1, вып. 2, с. 131–146.
4. Р о м а н е н к о В.И., С м и р н о в Н.П., Ф л е р о в Б.А., К о ж а р а В.Л., Б и к б у л а т о в Э.С. Численность, интенсивность дыхания и размножения бактерий и химический состав воды в подземных источниках Хазор–Чашма на Памире. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1978, № 38, с. 5–9.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В.М. Кудрявцев

РАЗЛОЖЕНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЛЕСНЕВЫМИ ГРИБАМИ
И ДРОЖЖАМИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Известно, что клетки некоторых диатомовых и протококковых водорослей при культивировании в условиях водоема поражаются микроскопическими грибами [4, 5]. Постоянными спутниками культур водорослей также бывают розовые дрожжи [2]. Однако в литературе почти нет работ, посвященных изучению разложения органического вещества водорослей плесневыми грибами и дрожжами.

В настоящем сообщении приводятся результаты изучения способности и интенсивности разложения органических компонентов водорослей указанными низшими организмами.

В опытах была использована жидкая без сахарозы среда Чапека и Успенского. В качестве источника органического вещества вносили 25–30 мг/л сухих меченных ^{14}C водорослей, содержащих от 30 до 45% углерода. Перед посевом устанавливали pH среды для грибов 6.7–7.6, дрожжей – 7.6–7.8. Стерильные среды засеивали культурами *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus niger*, *Rhodotorula mucilaginosa* и *Rhodotorula glutinus*. Через определенное время отбирали по 20 мл среды, в которой определяли количество углекислоты, образующееся при разложении органического вещества водорослей. Ее отгоняли из подкисленной пробы в 0.1 н. щелочь и осаждали 10%-ным BaCl_2 . Радиоактивность осадка $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ просчитывали под торцовым счетчиком Гейгера-Мюллера. О разложении органического вещества водорослей судили по количеству выделенной меченой углекислоты [3]. Параллельно учитывали численность дрожжей на мембранных фильтрах [4]. Учет выросших колоний грибов производили на агаре Чапека, дрожжей – на суслоагаре.

Из приведенных данных (см. таблицу) видно, что как плесневые грибы, так и дрожжи способны энергично разлагать органическое вещество водорослей. За первые 3 суток в опытах с плесневыми грибами и дрожжами количество меченой углекислоты, образующееся при распаде хлореллы, соответственно составило 10 и 4% исходного содержания меченого органического вещества. В последующие сутки интенсивность минерализации органического вещества водорослей в опытах с культурой *Aspergillus niger* возросла почти в 4 раза, с *Penicillium chrysogenum* – в 3 раза. Всего за 20 суток грибами минерализовано около 7 мг C/л, или более 55% органического вещества исходного содержания.

Деструкция органических компонентов хлореллы дрожжами происходит значительно медленнее, чем грибами. В среднем за период наблюдения культурами *Rhodotorula mucilaginosa* и *Rhodotorula glutinus* окислено около 40% органического вещества водорослей.

Динамика выделения углекислоты при разложении органического вещества водорослей плесневыми грибами и дрожжами

Исходное содержание органического углерода, мг/л	Выделено меченой углекислоты								
	на 3-и сутки		на 6-е сутки		на 12-е сутки		на 20-е сутки		
	мг С/л	% от исходного содержания С органического	мг С/л	% от исходного содержания С органического	мг С/л	% от исходного содержания С органического	мг С/л	% от исходного содержания С органического	
Плесневые грибы, дрожжи	12.20	0.90	7.4	2.85	23.4	4.67	38.3	7.11	58.3
	12.20	1.22	10.0	4.62	38.0	5.30	43.4	6.68	55.0
	12.20	0.54	4.4	1.84	15.1	3.31	27.1	5.08	41.6
	12.20	0.35	2.8	0.85	7.0	2.59	21.2	4.65	38.1
	В опытах с хлореллой								
Penicillium chrysogenum	12.20	0.90	7.4	2.85	23.4	4.67	38.3	7.11	58.3
Aspergillus niger	12.20	1.22	10.0	4.62	38.0	5.30	43.4	6.68	55.0
Rhodotorula glutinis	12.20	0.54	4.4	1.84	15.1	3.31	27.1	5.08	41.6
Rhodotorula muciliginosa	12.20	0.35	2.8	0.85	7.0	2.59	21.2	4.65	38.1
В опытах с фитопланктоном (преобладали диатомовые)									
Penicillium chrysogenum	7.25	0.49	6.7	1.46	20.1	2.26	31.2	2.75	38.0
Rhodotorula muciliginosa	7.25	0.34	4.7	1.00	13.8	1.68	23.2	2.23	30.7

Водоросли, отличающиеся по биохимическому составу, разлагаются с различной скоростью. Так, за 20 суток при разложении фитопланктона, состоящего в основном из диатомовых водорослей, культурой *Penicillium chrysogenum* выделилось углекислоты в среднем на 15% меньше, чем в опытах с хлореллой. Это, по-видимому, объясняется тем, что протококковые водоросли содержат углеводов и белков в 1,5–2 раза больше, чем диатомовые [1].

Развитие грибов и дрожжей за счет использования органического вещества водорослей происходит весьма интенсивно. Максимальная численность дрожжевых клеток наблюдалась на 6–12-е сутки. Общее количество клеток *Rhodotorula muciluginosa* и *Rhodotorula glutinis* соответственно достигало в опытах с хлореллой 22,4 и 34,4 млн./мл, с фитопланктоном – 11,2 и 16,1 млн./мл. Количество выросших колоний дрожжей на суслоагаре соответственно равнялось 300 и 600, 170 и 400 тыс./мл. Наибольшее количество колоний грибов, выросших на среде Чапека, на 20-е сутки в опытах с хлореллой равнялось 250 тыс./мл, с фитопланктоном – 510 тыс./мл.

Таким образом, минерализация органического вещества водорослей в аэробных условиях грибами и дрожжами до конечных продуктов углекислоты и воды происходит достаточно интенсивно. По-видимому, скорость распада органических компонентов в значительной степени зависит от биохимического состава клеток водорослей и ферментативного комплекса микроорганизмов.

Л и т е р а т у р а

1. Б а р а ш к о в Г.К. Сравнительная биохимия водорослей. М., 1972. 272 с.
2. Г р о м о в Б.В. Микрофлора массовой культуры одноклеточных водорослей. – В кн.: Всесоюз. совещ. по культивированию одноклеточных водорослей. Л., 1961, с. 31–32.
3. Р а з у м о в А.С. Прямой метод учета бактерий в воде. Сравнение его с методом Коха. – Микробиология, 1932, т. 1, вып. 2, с. 131–146.
4. C a n t e r H.M., L u n d M.G. The parasitism of planctonic desmids by fungi. – *Osterr. bot. Z.*, 1969, vol. 16, p. 351–377.
5. F o t l B. Phlyctidium scenedesmi spec. nove a new chytrid destroying mass cultures of algae. – *Z. allgem. mikrobiol.*, 1967, vol. 7, N 2, p. 97–102.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Т.А. И е ш к о

ФИТОПЛАНКТОН ПЕРТОЗЕРА В 1976 Г.

Расположенное в южной части Карелии Пертозеро входит в систему Кончезерских озер, имеющих сток через р. Шую в Онежское озеро. Это небольшой водоем, который разделяется на сильно вытянутую северную и более короткую с 2 заливами южную части [2].

Сведения о видовом составе и сезонной изменчивости фитопланктона Пертозера скудны [1, 4-6]. Сбор материала производился с мая по октябрь 1976 г. на 4 станциях (см. рисунок). Пробы фитопланктона отбирались батометром Рутнера и концентрировались осадочным методом из объема 1 л. Количественный учет водорослей производился по общепринятой методике [3]. За исследованный период в фитопланктоне отмечено 77 видов водорослей в следующем соотношении: синезеленые - 11, золотистые - 5, диатомовые - 39, пирифитовые - 4, зеленые - 18.

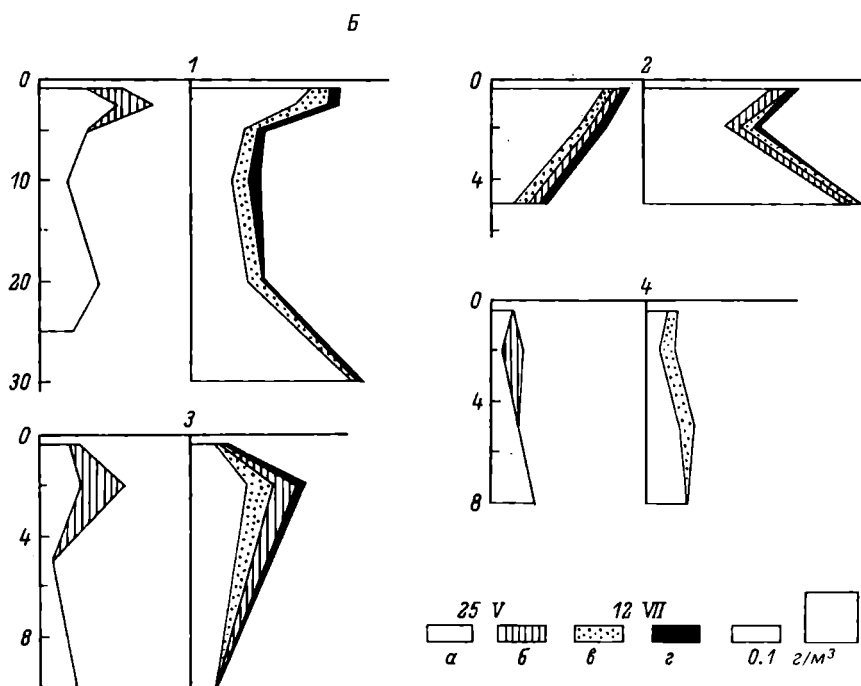
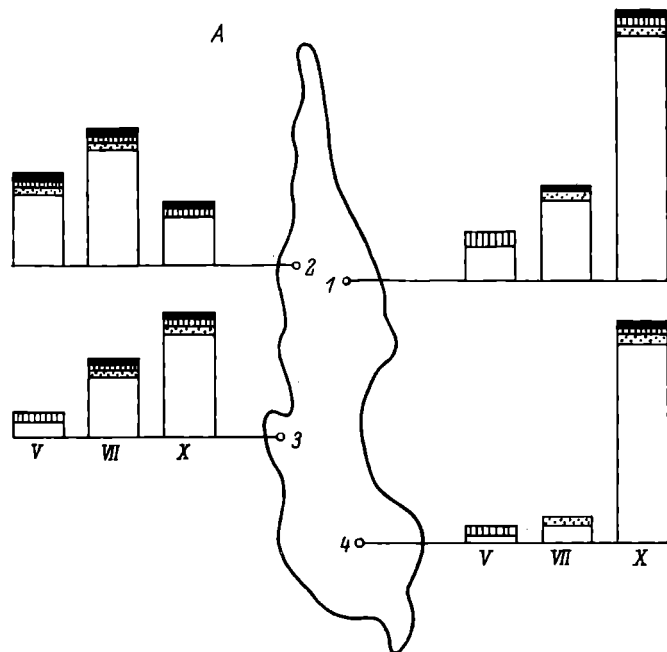
Весной водоем характеризовался довольно низкой температурой воды (7-9°), значительной прозрачностью (3,2-4 м) и нейтральной активной реакцией среды. Доминировали в планктоне диатомовые *Melosira italica* (Ehr.) Kütz и *M. islandica* O.Müll. Единично встречались виды родов *Glenodinium*, *Dinobryon* (см. рисунок, А). Биомасса водорослей весеннего планктона изменялась от 0,038 до 0,172 г/м³ (см. таблицу).

Распределение диатомовых водорослей по глубине было сравнительно равномерным, пирифитовые и золотистые предпочитали поверхностный 5-метровый горизонт с максимумом на глубине 2 м (см. рисунок, Б).

В середине июля температура воды достигала 14-15°, активная реакция среды оставалась на прежнем уровне, а прозрачность уменьшилась до 3-3,5 м. Видовой состав фитопланктона стал более разнообразным, но по-прежнему по всей акватории водоема преобладали диатомовые водоросли *Stephanodiscus astraea* (Ehr.) Grun и *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. Субдоминантами были золотистые *Dinobryon sociale* Ehr., *Dinobryon divergens* Imhof. В незначительном количестве встречались синезеленые и зеленые водоросли. Биомасса фитопланктона увеличилась по сравнению с весенним периодом в 2 раза. В результате постоянного ветрового перемешивания в прибрежных районах и в мелководной южной части озера отсутствовала устойчивая термическая стра-

Фитопланктон Пертозера.

А - биомасса основных групп водорослей, Б - вертикальное распределение фитопланктона. а - диатомовые, б - пирифитовые, в - золотистые, г - прочие. V-X - месяцы. 1-4 - номера станций.



Биомасса фитопланктона Пертозера

Месяц	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Запас биомас- сы фитопланк- тона на водо- ем, т
Май	$\frac{0,091}{2,737}$	$\frac{0,172}{0,862}$	$\frac{0,064}{0,644}$	$\frac{0,038}{0,301}$	17,3
Июль	$\frac{0,178}{5,329}$	$\frac{0,288}{1,438}$	$\frac{0,137}{1,368}$	$\frac{0,056}{0,448}$	33,7
Октябрь	$\frac{0,502}{15,060}$	$\frac{0,157}{0,785}$	$\frac{0,201}{2,010}$	$\frac{0,408}{3,264}$	90,9

Примечание. Числитель – средневзвешенная биомасса, г/м³, знаменатель – биомасса под 1 м² поверхности, г/м².

тификация, и только на глубоководной ст. 1 было отмечено расслоение водной массы. Большая часть водорослей скапливалась в поверхностном слое эпилимниона (0,5–547 тыс. кл./л), численность фитопланктона в гипolimнионе была в 4 раза меньше. Некоторое увеличение биомассы в придонном слое объясняется появлением в планктоне бентосных диатомей родов *Cymbella*, *Cymatopleura*, *Nitzschia*.

В октябре при температуре водоема 8°, pH 7,2, прозрачности воды 2,7–3 м сообщества фитопланктона характеризовались олигодоминантностью. Преобладающими видами стали *Asterionella formosa* Hass и *Melosira italica* (Ehr.) Kütz., составляющие 98% общей биомассы. В осеннем планктоне в незначительном количестве (до 40 тыс. кл./л) встречены золотистые водоросли рода *Dinobryon*. Осенью отмечены максимальные значения биомассы фитопланктона за весь период исследований.

Л и т е р а т у р а

1. Б а л о н ь в И.М. Под *Sunura* Ehr. (Chrysophyta). – В кн.: Биология, экология и систематика водных организмов. Л., 1976, с. 61–81.
2. Г о р д е е в О.Н., М е л ь я н ц е в В.Г. Озеро Пертозеро. – В кн.: Озера Карелии. Л., 1959, с. 244–251.
3. Г у с е в а К.А. К методике учета фитопланктона. – Тр. Ин-та биологии водохранилищ АН СССР, М.; Л., 1959, вып. 2(5), с. 44–51.
4. М е л ь я н ц е в В.Г. Биологические особенности оз. Пертозера. – В кн.: Лимнология Северо-Запада СССР. Таллин, 1973, с. 143–146.
5. Р у с а н о в а М.Н. Межгодовые различия в продуктивности оз. Пертозера. – В кн.: Матер. Всесоюз. конф. „Биологические

ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера". Сыктывкар, 1977, с. 61-62.

6. Чернов В.К. Материалы к познанию фитопланктона озер, расположенных в районе Бородинской пресноводной биологической станции. - Тр. Бородинской биол. ст., Л., 1927, т. 5, с. 14-64.

Петрозаводский университет

УДК 581.133.8

Г.А. Лукина, Т.Ф. Микрякова

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА РОСТ РЯСКИ МАЛОЙ

Рясковые играют существенную роль в извлечении минеральных и органических веществ из водоемов [4, 5] и служат ценным тест-объектом для выяснения вопросов минерального питания растений. Рост ряски малой *Lemna minor* L. зависит от освещенности и соотношения содержания солей в культуральной среде [3]. Однако степень извлечения солей не исследовалась.

Цель настоящей работы - выяснение роста и степени поглощения солей при различных условиях минерального питания рясковых. Растения для опыта выращивали на минеральной среде при освещенности 5 тыс. люкс и температуре 21-22°. Для культивирования использовали среду следующего состава: KNO_3 - 0.4 г/л, KH_2PO_4 - 0.2 г/л, $MgSO_4 \times 7H_2O$ - 0.3 г/л, $CaCl_2 \times 6H_2O$ - 0.6 г/л, $MnCl_2 \times 4H_2O$ - 0.3 мг/л, H_3BO_3 - 0.5 мг/л, Fe -цитрат - 5 мг/л. Опыты по определению поглощения солей азота и фосфора проводились в лаборатории. Использовалась среда полного состава, 1/2, 1/4 и 1/8 от полной. Контроль роста ряски малой и поглощения азота и фосфора проводился стандартными методами [1].

Опыты показали, что данный вид дает прирост и на водопроводной воде (при длительности опыта 7 суток). Наилучший рост ряски наблюдается на среде 1/4 и 1/2 от полной (табл. 1). Одновременно с определением роста ряски малой проводились наблюдения за изменением длины корешков, так как в природных условиях они часто достигают 12-15 см, а в лаборатории значительно короче. Исходя из того, что корешок прежде всего служит для поглощения питательных веществ [2], его длина должна зависеть от уровня обеспеченности культур необходимыми солями. Поскольку в природных водоемах содержание солей невелико, то с удлинением корешка увеличивается всасывающая поверхность и таким образом обеспечивается необходимый для роста уровень питательных веществ. Результаты опытов показали, что наибольшая длина корешков ряски малой наблюдается при выращивании их на водопроводной воде и постепенно уменьшается по мере увеличения содержания солей в сре-

Т а б л и ц а 1

Рост ряски малой (в листецах) на средах
разной степени разбавленности, см

Сутки	Вода	0,125	0,250	0,500	1,000
1	60	60	60	60	60
3	108	117	117	121	118
4	114	158	163	161	180
5	145	241	245	200	274
9	157	449	488	534	522

Т а б л и ц а 2

Рост корней ряски малой на средах разной степени
разбавленности, см

Сутки	Вода	0,125	0,250	0,500	1,000
1	1,9	2,0	2,0	1,8	1,7
3	2,4	2,9	2,6	2,6	2,3
5	5,6	5,6	5,2	4,5	4,2
9	7,4	7,4	6,7	5,5	5,4

де (табл. 2). Результаты проведенных экспериментов подтвердили основную функцию корешков этого вида рясковых. Скорость роста новых корешков велика - 0,5 см/сут.

Определение содержания солей азота и фосфора в культуральных средах показало, что соли азота активно поглощаются из среды (табл. 3). За время опыта потреблено 9,4 мг/л (среда 1/4 от полной), дальнейшее увеличение содержания азота в среде приводит к большему его потреблению, но полного извлечения не наблюдается. Фосфорные соединения в природных водах всегда присутствуют в значительно меньшем количестве, чем азотсодержащие вещества. В среде соотношение $N:P=5$. Почти полное изъятие фосфора наблюдается только из водопроводной воды, из сред с различным разбавлением процент извлечения уменьшается с увеличением концентрации (табл. 4).

Сравнивая рост ряски малой на средах разной степени разбавленности, можно отметить, что для получения оптимального прироста этой культуры высокая концентрация солей не является необходимой. Это позволяет растениям быстро накапливать биомассу в водоемах, несмотря на малые количества в них биогенных веществ. Недостаток биогенов в естественных условиях компенсируется увеличением длины корешка.

Т а б л и ц а 3

Содержание солей азота в средах разной разбавленности
при культивировании ряски малой, мг/л

Сутки	Вода	0,125	0,250	0,500	1,000
1	0,2	6,55	9,50	23,80	54,00
2	0,1	-	-	-	-
3	0,05	4,60	9,00	21,80	40,70
5	0	1,30	5,00	17,50	40,00
9	0	0	0,10	5,90	34,00

Т а б л и ц а 4

Содержание солей фосфора в средах разной разбавленности
при культивировании ряски малой, мг/л

Сутки	Вода	0,125	0,250	0,500	1,000
1	0,033	1,280	2,250	5,000	11,000
2	0,040	-	-	-	-
3	0,015	1,55	2,70	5,60	11,80
5	0	0,57	1,30	2,65	5,50
9	0,002	0,22	0,51	1,12	6,00

Л и т е р а т у р а

1. Драчев С.М., Разумов А.С., Бруевич С.В., Скопинцев Б.А., Голубева М.Т. Методы химического и бактериологического анализа воды. М., 1953. 271 с.
2. Иванова И.Е. Эволюция адаптации на примере семейства рясовых. - В кн.: Функциональные и геоботанические исследования растительности. Ярославль, 1976, с. 61-67.
3. Подыня Л. Подбор питательных растворов для выращивания водных растений в нестерильной культуре. - Тр. Латвийской с.-х. академии, 1970, вып. 24, с. 33-46.
4. Schulz B. Wasserlinsen. - Ziemsen Verlag Wittenberg B. 1962. 95 S.
5. Sculthorpe C.D. The biology of Aquatic Vascular Plants. London, 1967. 610 p.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

Т.Ф. М и к р я к о в а

РОСТ РЯСКИ МАЛОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
КОНЦЕНТРАЦИЯХ МЕДИ

Среди прочих солей тяжелых металлов соединения меди попадают в водоемы с промышленными стоками предприятий, а также при купоросовании водоемов.

Медь — необходимый элемент для нормального роста и жизнедеятельности растений, однако отдельные группы имеют различную потребность в меди и неодинаковую устойчивость к ее высоким дозам [1, 2, 7].

Настоящая работа представляет собой часть исследований, направленных на выяснение роли высшей водной растительности в самоочищении водоемов от солей тяжелых металлов. В частности, сделана попытка выяснить способность ряски малой поглощать ионы меди.

Исследования проводили в лабораторных условиях. Ряску культивировали в колбах Виноградского емкостью 300 мл. В качестве питательной среды использовали проавтоклавированную природную воду с добавлением концентрированного раствора азотнокислой меди от 0.1 до 1 мл на опытный объем в зависимости от требуемой концентрации. Колбы засеивали определенным количеством листочков ряски и помещали их на люминостат в большой аквариум, где с помощью ультратермостата поддерживалась постоянная температура 25°. Освещение было непрерывным и составляло 1200 лк. Длительность опыта — 12 суток. Прирост биомассы ряски определяли подсчетом листочков и определением сухого веса, анализ на содержание меди в растворе и сухой биомассе ряски — на атомно-абсорбционном спектрофотометре [4].

Первоначальный этап исследования заключался в подборе концентраций ионов меди, не вызывающих значительных изменений в росте ряски. С этой целью в культуральную среду вносили 60 листочков и раствор азотнокислой меди с таким расчетом, чтобы конечная концентрация Cu^{2+} соответствовала заданной (см. таблицу). ПДК иона меди в отдельных водоемах составляет 1.0 мг/л [6].

Содержание Cu^{2+} в среде от 0.005 до 0.1 мг/л не оказывает существенного влияния на рост ряски малой. При увеличении концентрации меди до 0.5 и 1 мг/л отмечено ее ингибирующее влияние, что проявлялось как в частичном пожелтении и отмирании листочков, так и в уменьшении их числа (см. таблицу).

В связи с этим для выяснения вопроса о поглощении меди и возможности ее накопления ряской дальнейшие исследования проводили при концентрациях 0.01 и 0.1 мг/л. Условия выращивания были аналогичными с той лишь разницей, что исходный засев составлял 100 листочков. Кривые прироста при разных дозах Cu^{2+} были одинаковыми (рис. 1). В течение первых суток опыта наличие

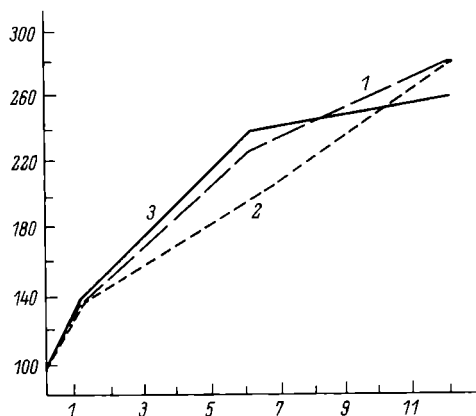


Рис. 1. Скорость роста ряски малой.

1 — концентрация Cu^{2+} 0.01 мг/л, 2 — то же 0.1 мг/л, 3 — контроль. По оси ординат — количество листочков, шт.; по оси абсцисс — время, сутки.

Прирост листочков ряски при разной концентрации меди

Время, сут	Концентрация меди, мг/л						
	К	0.005	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
1	83	82	83	80	79	72	71
6	103	103	95	96	101	85	83
12	167	163	175	173	159	126	122

ионов меди в среде несколько тормозило прирост ряски, однако в последующие сутки количество листочков в опытных вариантах было несколько большим по сравнению с контролем. Подобное ингибирующее действие меди отмечено в работах с водорослями [5, 7, 8].

Определялось содержание Cu^{2+} в сухой биомассе ряски и в растворе. Параллельно велись наблюдения за содержанием меди в пробе без ряски. Наиболее интенсивно поглощение меди происходит в первые шесть суток (рис. 2). В последующие дни, несмотря на продолжающееся увеличение биомассы растений, содержание иона меди в них сохраняется на постоянном уровне. Это, по-видимому, можно объяснить насыщением растительных клеток медью до определенного предела, после чего процессы поглощения затормаживаются и происходит перераспределение иона меди от материнских растений ко вновь образующимся листочкам в процессе вегетативного размножения [2, 3, 7].

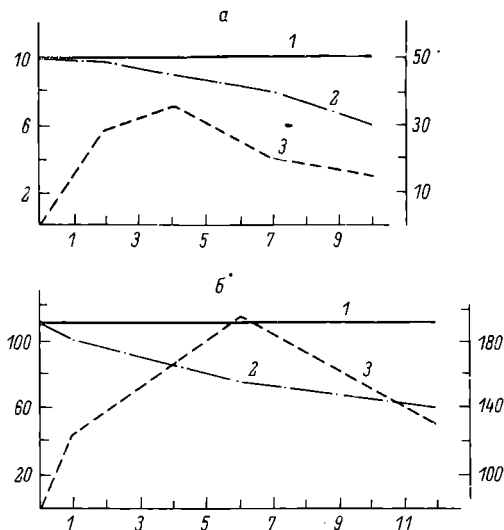


Рис. 2. Скорость поглощения ионов меди ряской малой.

а - концентрация Cu^{2+} 0.01 мг/л, б - то же 0.1 мг/л. 1 - содержание Cu^{2+} в пробе, 2 - в среде, 3 - в ряске. По оси ординат: слева - содержание Cu^{2+} в среде (мгк/л), справа - то же в сухой биомассе ряски (мгк/г) сухого вещества. По оси абсцисс - время, сутки.

Химический анализ показал, что при низком (0.01) уровне меди в среде ряска после 12-суточного культивирования содержит до 0.675 мкг Cu^{2+} , а при увеличении концентрации (0.1) накапливает до 6.60 мкг, что в пересчете на 1 г сухого вещества составляет соответственно 15 и 130 мкг.

Л и т е р а т у р а

1. Гусева К.А. Действие меди на водоросли. - Микробиология, 1940, т. 9, № 5, с. 480-490.
2. Капков В.И. Исследование альгицидного действия комплексных соединений меди. - Автореф. канд. дис. М., 1972. 24 с.
3. Микрякова Т.Ф. Влияние кадмия на рост ряски малой. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1980, № 48, с. 22-25.
4. Морозов Н.П., Тихомирова А.А., Никоненко Е.М. Опыт определения микроэлементного состава морских гидробионтов. - Тр. ВНИРО, 1974, т. 100, с. 28-31.
5. Пакалне Д.С. Влияние микроэлементов на рост хлореллы и содержание элементов питания в клетках. - Автореф. канд. дис. Рига, 1969. 30 с.

6. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, М., 1975. 38 с.
7. Greenfield S.S. Inhibitory effects of inorganic compounds on photosynthesis in *Chlorella*. - Amer. J. Bot., 1942, vol. 29, p. 121-131.
8. Steemann-Nielsen E., Kamp-Nielsen L., Wiium-Andersen S. The effect of Deleterious Concentrations of Copper on the Photosynthesis of *Chlorella pyrenoidosa*. - Physiologia Plantarum, 1969, vol. 22, p. 1121-1133.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 574.64

Б.И. Колупаев

ВЛИЯНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ
И ЧАСТОТУ СЕРДЦЕБИЕНИЙ ДАФНИЙ

Цель настоящей работы – выявление действия моющих средств „Лотос“, „Кристалл“ и технического препарата „Лаурокс-9“, представляющего собой смесь полиоксиэтиленгликолевых эфиров лауриновой кислоты, на основные звенья системы обеспечения кислородного режима организма дафний.

Опыты проводили на 2.5–3-недельных рачках (*Daphnia magna* Str.), культивируемых в лабораторных условиях. Интенсивность вентиляции жабр устанавливали по частоте движений грудных ножек, а скорость кровообращения – по деятельности сердца дафний. Концентрацию кислорода в воде и растворах определяли по методу Винклера [2]. Общее потребление кислорода рачками рассчитывали по изменению содержания этого газа в замкнутых термостатируемых респирометрах. Плотность посадки животных в сосуды фиксировали таким образом, чтобы общее потребление кислорода рачками в течение эксперимента (24 ч) не превышало 25% от его исходного содержания в воде контрольного сосуда. Опыты проводили при температуре 22°. Растворы токсикантов готовили на слабоминерализованной байкальской воде гидрокарбонатного типа. Регистрацию движений грудных ножек и сокращений сердца производили на специальной установке [1]. Средние концентрации токсикантов, вызывающие в течение 24 ч 50%-ную гибель рачков, были равны для препарата „Лотос“ – 146 мг/л, „Кристалл“ – 61, „Лаурокс-9“ – 131 мг/л.

В течение первых часов пребывания дафний в растворах с исследуемыми веществами в сублетальных концентрациях 3, 6 и 10 мг/л наблюдалось замедление частоты движений грудных ножек в пределах, не превышающих границ физиологической нормы. Сердечный ритм рачков в этих условиях колебался в диапазоне, свойственном этому виду животных, находящихся в чистой озерной воде. Суточное нахождение дафний в растворах „Лотос” и „Лаурокс-9” с концентрациями 3 и 6 мг/л сопровождалось незначительным ($P > 0,05$) увеличением у них вентиляции жабр и частоты сердцебиений. В растворах препарата „Кристалл” с такими же концентрациями частотные показатели органов дыхания и кровообращения не отличались от таковых у контрольных особей. Более выраженный характер изменений активности этих органов был зарегистрирован у дафний, находящихся в среде с концентрацией исследуемых веществ 10 мг/л (см. таблицу).

У дафний, подвергнутых в течение 24 ч действию препарата „Лотос” в концентрации 10,0 мг/л, отмечено повышение интенсивности общего потребления кислорода и выделения ими углекислого газа. Соответственно этому у рачков зарегистрированы усиление вентиляции жаберного аппарата и ускорение ритма сердцебиений. Препарат „Кристалл” в подобной же концентрации в течение суток вызывал противоположный эффект — снижение активности исследуемых органов системы обеспечения газового гомеостаза в организме рачков. Препарат „Лаурокс-9” в данной концентрации оказывал стимулирующее действие на деятельность сердца и интенсивность газообмена, не изменяя при этом частоту дыхания. Исследуемые токсиканты, кроме препарата „Лотос”, в более высоких концентрациях (20,0 мг/л) при 24-часовой экспозиции вызывали снижение ($P < 0,01$) интенсивности общего потребления кислорода рачками. Частота сердцебиений рачков в растворах со всеми токсикантами незначительно возрастала ($P > 0,05$), а интенсивность вентиляции жабр имела тенденцию к снижению.

Результаты опытов указывают на то, что в растворах с исследуемыми концентрациями СПАВ („Лотос”, „Кристалл”, „Лаурокс-9”) дафнии сохраняют жизнеспособность в течение 24 ч. Для органов, обеспечивающих поддержание газового гомеостаза в организме рачков в этих условиях, характерен переход на новый режим активности. Относительно низкие концентрации токсикантов (10 мг/л) вызывали направленное увеличение (в растворах „Лотос”) или же снижение (в растворах „Кристалл”) активности органов дыхания и кровообращения, а также интенсивности общего газообмена. Более высокие концентрации „Лотос”, „Кристалл” (20 мг/л) и „Лаурокс-9” (10 и 20 мг/л) вызывали у рачков нарушение соотношения активности органов дыхания, и кровообращения. Подобное явление, судя по результатам наших опытов, регистрируется у исследуемых особей при температурных и газовых воздействиях в экстремальных для данного вида пределах. Это дает основание полагать, что вышеуказанные перестройки активности взаимосвязанных органов дыхания и кровообращения целесообразно использовать в качестве

Влияние СПАВ в концентрации 10 мг/л на показатели системы обеспечения кислородного режима организма дафний (экспозиция 24 ч, температура 22°)

Показатели	Контроль - чистая вода	"Лотос"	Контроль- чистая вода	"Кристалл"	Контроль - чистая вода	"Лаурокс-9"
Частота дыханий в 1 мин						
м	-250	-302	-260	-242	-263	-260
п	± 12	± 22	± 11.3	± 9.7	± 7.1	± 15
р	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$
	-	> 0.05	-	> 0.05	-	> 0.05
Частота сердцебиений в 1 мин						
м	-372	-410	-372	-345	-366	-423
п	± 8.3	± 6.3	± 9.6	± 10.7	± 11	± 14
р	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{16}$
	-	< 0.01	-	> 0.05	-	< 0.01
Общее потребление кислорода, мг·г·ч						
м	0.457	0.548	0.486	0.338	0.477	0.685
п	± 0.018	± 0.019	± 0.015	± 0.021	± 0.036	± 0.088
р	$\frac{10}{10}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{10}{10}$
	-	< 0.01	-	< 0.001	-	> 0.05

П р и м е ч а н и е. м - средняя ошибка, п - число опытов, р - достоверность различий в опыте и контроле.

показателей начальных изменений в организме, вызываемых токсическими веществами.

Л и т е р а т у р а

1. Колупаев Б.И., Андреев А.А., Самойленко Ю.К. Оптический метод регистрации сердечного ритма у дафний. – Гидробиол. ж., 1977, т. 13, № 3, с. 119–120.
2. Унифицированные методы анализа вод. М., 1973. 376 с.

Институт экологической
токсикологии – Байкальский филиал
ВНПОбумпром

УДК 597.15–11

В.М. В о л о д и н

ПЛОДОВИТОСТЬ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА. 4. ПЛОДОВИТОСТЬ ГУСТЕРЫ

У большинства самок густеры Рыбинского водохранилища перед нерестом в гонадах четко выделяются 2 порции икры, которые должны быть выметаны в данном сезоне размножения, и резервный фонд овоцитов в разных фазах развития. По данному признаку густеру следует отнести к группе порционно мечущих икру рыб. Однако повторный нерест густеры в Рыбинском водохранилище не наблюдался. Вполне вероятно, что 2-я порция икры подвергается резорбции, однако окончательно данный вопрос может быть решен только с применением гистологических методов исследования.

Из 96 исследованных в 1976 г. на плодовитость самок густеры из Волжского плеса 15,6% имели только одну порцию икринок. Особенно много таких особей было среди мелких впервые созревающих самок. Наличие в нерестовом стаде рыб с единовременным икрометанием качественно отличается рыбинскую популяцию густеры на современном этапе формирования водохранилища от предыдущих лет и от популяций других водоемов.

В Рыбинском водохранилище густера впервые созревает в возрасте 3–4 лет. Размерно-половые отношения в нерестовом стаде характеризуются преобладанием самцов среди мелких особей и преобладанием самок среди крупных (табл. 1). Общее же соотношение полов близко 1:1.

Абсолютная плодовитость самок густеры в наших пробах колебалась от 17,8 до 174,5 тыс. икринок и была равной в среднем 97,8 тыс. Относительная плодовитость колебалась от 147 до 443

Изменение количества самок в нерестовом стаде густеры с увеличением возраста рыб, %

	Возраст, годы														
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Количество самок, %	15.0	48.0	45.5	60.0	50.0	52.0	55.6	57.0	44.4	57.7	56.0	57.0	85.0	60.0	86.0
Число исследованных рыб, шт.	12	23	33	57	42	22	18	14	27	26	16	7	16	10	7

Изменение некоторых показателей восприимчивости самок рыбинской густеры с увеличением длины их тела

Показатели воспроизводительной способности	Длина тела рыб, мм						
	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260	261-280	281-300
Абсолютная плодовитость (общая) тыс. шт.	23,1	37,4	47,3	82,4	106,0	118,1	135,3
Абсолютная плодовитость (1 порция) тыс. шт.	21,9	29,2	33,8	55,0	66,5	82,4	100,8
Относительная плодовитость (общая), шт./г	212	267	248	327	329	315	290
Относительная плодовитость (1 порция), шт./г	200	209	171	222	207	209	203
Диаметр икры (1 порция), мм	0,88	0,95	0,98	1,05	1,02	1,10	1,08
Вес 1 икринки (1 порция), мг	0,31	0,37	0,41	0,52	0,46	0,60	0,57
Число рыб с однократным нерестом, % к общему числу рыб данной размерной группы	80,0	15,7	0	12,5	7,2	17,4	18,7

Т а б л и ц а 2 (продолжение)

Показатели воспроизводительной способности	Длина тела рыб, мм						
	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260	261-280	281-300
Коэффициент порционности у порционников, %	82.0	77.9	73.7	65.0	61.2	62.9	65.2
Число исследованных рыб, шт.	5	6	13	15	14	23	16

Т а б л и ц а 3

Изменение некоторых показателей воспроизводительной способности самок рыбинской густеры с увеличением веса тела

Показатели воспроизводительной способности	Вес тела без внутренностей, г								
	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	501-550
Абсолютная плодовитость (общая), тыс. шт.	31.0	47.2	66.9	86.4	115.6	115.6	134.8	142.6	137.3
Абсолютная плодовитость (1 порция), тыс. шт.	26.3	30.6	44.8	60.6	70.2	78.4	90.0	95.1	107.7
Относительная плодови- тость (общая), шт./г	245	246	304	318	343	305	304	295	263
Относительная плодови- тость (1 порция), шт./г	220	168	203	217	209	208	214	197	206
Диаметр икры (1 порция), мм	0,90	1,00	1,01	1,05	1,05	1,09	1,13	1,03	1,15
Вес 1 икринки (1 порция), мг	0,32	0,41	0,53	0,47	0,50	0,57	0,63	0,49	0,69
Число исследованных рыб, шт.	11	9	12	12	8	15	10	12	3

икринок на 1 г веса тела без внутренностей и составила в среднем 293 шт./г. Изменения некоторых показателей воспроизводительной способности самок густеры с увеличением длины и веса их тела представлены в табл. 2-3.

Особи, имеющие на современном этапе 2 четко выраженные порции икры, отличаются значительным увеличением числа икринок 1-й порции. Коэффициент порционности в 1976 г. колебался от 50,0 до 90,3%, тогда как в 1953 г. - от 2,5 до 37,5%.

По имеющимся немногочисленным данным [1, 2] (Л.К. Захаровой обработано на плодovitость 20 рыб, Р.С. Сергеевым с соавт. - 17), на современном этапе формирования Рыбинского водохранилища плодovitость одноразмерных самок, видимо, несколько увеличилась.

Л и т е р а т у р а

1. Сергеев Р.С., Пермитин И.Е., Ястребов А.А. О плодovitости рыб Рыбинского водохранилища. - Тр. Биол. ст. "Борок", 1956, вып. 2, с. 278-300.
2. Захарова Л.К. Материалы по биологии размножения рыб Рыбинского водохранилища. - Тр. Биол. ст. "Борок", 1956, вып. 2, с. 200-265.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

УДК 597.533.2:597-154.31

М.Н. И в а н о в а, В.В. Л а п к и н

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕСНОВОДНОЙ КОРЮШКИ В ВОДОЕМАХ

Пресноводная корюшка *Osmerus eperlanus* (L.), обитающая в многочисленных озерах Северо-Запада СССР, после зарегулирования стока Волги и образования здесь каскада водохранилищ (1942-1972 гг.) акклиматизировалась в водоемах, расположенных южнее прежней границы ареала этого вида. В настоящее время она встречается в Волгоградском водохранилище, находящемся на расстоянии более чем 2000 км от Белого озера, откуда началось ее расселение [2]. В связи с проникновением пресноводной корюшки из холодноводных озер в южные водохранилища мы поставили задачу - изучить отношение рыб этого вида к температурному фактору.

Настоящая работа посвящена определению оптимальных и экстремальных для жизнедеятельности корюшки температур, а также анализу их влияния на распределение и выживание рыб в водоемах разного типа. За оптимальную принята окончательно избираемая рыбами температура, которая считается эколого-физиологическим температурным оптимумом [3], за экстремальную - предельная, поро-

говая, летальная [12]. Объект исследования – корюшка Рыбинского водохранилища. Рыб отлавливали мальковым тралом на русловых участках весной (до нереста) и осенью (перед ледоставом). В опытах использовали половозрелых особей трех возрастных групп (1+, 2+, 3+) длиной тела от 60 до 124 мм.

Избираемые корюшкой температуры исследовали в типовой горизонтальной термоградиентной установке с непроточной водой [8]. Опыты, как правило, продолжались 10–15 суток и прекращались, когда рыбы окончательно выбирали определенную температуру [5]. Регистрацию рыб в градиенте производили визуально 4–6 раз в сутки, в том числе и в ночное время.

Опыты по определению верхнего термического максимума (или летальной температуры) проводились как на рыбах, уже выбравших температурную зону, так и на особях, взятых из соответствующих акклимационных температур (см. таблицу). Температуру воды в боксах повышали ступенчато [11] на 0.5 или на 1° в сутки, т.е. гибель каждой особи в данном температурном режиме регистрировали за время, не превышающее 24 ч. Таким образом, принудительная скорость нагрева воды была значительно медленнее, чем при самопроизвольном выборе рыбой окончательно избираемого температурного уровня – 4 град./сут (см. таблицу). Число рыб в каждом опыте составляло 10–15 особей. Рыб в экспериментальных установках и в акклимационных боксах кормили 1–2 раза в сутки планктонными рачками или олигохетами. Фотопериод соответствовал естественному.

В результате проведенных экспериментов установлено, что большинство исследованных рыб (96%) выбирает температуру около 12°, причем этот выбор не зависит ни от температуры акклимации, ни от сезона года (см. таблицу). Лишь в отдельных случаях годовики в зимний и весенний периоды предпочитали находиться в зоне 1–2°. Время достижения корюшкой стабильного избираемого уровня составляет от 0 до 6 суток и максимально весной в нерестовой период.

Верхние летальные температуры (см. таблицу) при скорости нагрева воды 0.5–1.0 град./сут также практически не зависят от температуры акклимации и сезона года. Для рыб в годовалом возрасте эта температура составляет 28–29°, а для двух- и трехлетних особей – 26–27°.

Влияние температурного фактора на молодь корюшки экспериментально исследовано в прудах института. Оказалось, что сеголетки как рыбинской, так и ладожской корюшки выживали до осени и хорошо росли в течение лета в мелководных прудах с глубиной около 1 м только в годы с холодным летом: в 1969, 1971 и 1978 гг., когда температура воды в них не поднималась выше 22–26°. При наступлении жаркой погоды сеголетки выдерживали температуру воды 25–27° не более 5 дней. В июле и августе 1973 и 1977 гг., когда температура воды поднялась до 27–28° и держалась в этих пределах в течение 7–10 дней, вся молодь в прудах погибла.

Термоадаптационные особенности пресноводной корюшки

Сезон	Число опытов	Размерно-весовой состав		Температура акклимации, °С	Окончательно избираемая температура, °С		Время выбора, сутки	Летальная температура, °С
		длина тела, мм	сырой вес, г		мода	интервал		
Лето	2	103	4,9	12	12	8-19	0	27
		97	6,7	21	13	9-16	2	26
Осень	2	110	10,5	3	11	5-17	3	26
		108	9,0	12	14	7-20	0	27
Зима	4	103	7,8	1	13	5-15	3	27
		93	6,0	1	11	9-15	3	27
		62	1,0	2	2 и 13*	2-15	2	28
Весна	4	110	9,2	12	11	10-15	0	26
		60	0,9	3	2 и 14*	2-16	2	29
		108	10,0	3	13	5-16	2	26
		124	13,7	6	10**	4-12	6	27
		117	10,3	12	14	6-19	0	27

П р и м е ч а н и е. * - годовики, ** - в этой серии опыта в отсеках с температурой 5-7° обнаружена икра.

Полученные в экспериментах данные о температуре воды, которая может считаться оптимальной и экстремальной для корюшки, позволяют объяснить особенности ее распределения и выживания в водоемах. Известно, что отдельные популяции корюшки населяют различные водоемы: крупные и глубоководные (Ладожское и Онежское озера), небольшие и мелководные (Белое, Псковско-Чудское озера и др.). В Ладожском озере наличие больших глубин способствует созданию постоянной стратификации в летний период. Здесь, по данным Н.Т. Архипцевой [1], сеголетки корюшки обитают в эпилимнионе в зоне с температурой 15-18°. Рыбы в возрасте от 1 года до 3 лет нагуливаются на глубинах 10-15 м, где температура не поднимается выше 11-12°. Особи от 3 до 7 лет встречаются на глубинах от 16 до 30 м, где температура сохраняется от 6 до 10°. Аналогичное распределение рыб наблюдается и в другом глубоководном озере - Онежском [6].

В Учинском водохранилище корюшка чаще всего придерживается слоя с температурой 11-12°; изотерма 14° - верхняя граница ее распределения в толще воды [9]. Поэтому летом в связи с постепенным прогревом воды корюшка опускается в более глубокие слои. Так, в июне она ловится на глубине 5-8 м, в июле - 7-9 м, а если прогрев идет более интенсивно, то даже на глубине 12-14 м [9].

Мелководные озера летом прогреваются до дна. Для Белого озера, например, в теплое время года характерна почти полная гомо-

термия. Естественно, что в таких водоемах иногда создаются неблагоприятные условия для обитания корюшки, особенно для рыб старшего возраста. Например, жарким летом 1972 г. была отмечена массовая гибель корюшки в мелководных озерах всего Северо-Запада СССР [4]. Подобное явление наблюдалось и в Рыбинском водохранилище [7], в котором вода в июле-августе 1972 г. прогрелась от поверхности до дна до 25°. По нашим наблюдениям, при температуре воды выше 24° корюшка перестает питаться, и у нее начинает быстро исчезать полостной жир. Так, с июня по август 1972 г. коэффициенты жирности у особей рыбинской популяции уменьшились с 315 до 10‰. В глубоководных Ладожском и Онежском озерах гибели корюшки в 1972 г. не наблюдалось.

Анализируя приведенный материал, можно заключить, что наиболее оптимальный температурный режим для пресноводной корюшки, особенно для рыб старших возрастных групп, характерен для глубоководных озер, которые слабо прогреваются в летний период (не выше 18° у поверхности). В таких водоемах корюшка отличается максимальной продолжительностью жизни. Например, в Ладожском озере рыбы живут до 7-9 лет [1]. Температурный режим мелководных озер благоприятен для рыб младших возрастов. Как показали многочисленные исследования, продолжительность жизни корюшки в Белом озере, Псковско-Чудском, Ильмене и других не превышает 3 лет [10]. К этой же группе водоемов следует отнести и водохранилища Средней и Нижней Волги. Для них, как и для мелководных озер Северо-Запада СССР, в летний период характерна гомотермия с высокими температурами (21-23°).

Следовательно, температурный режим — один из основных факторов, который определяет вертикальное распределение корюшки в водоемах, продолжительность ее жизни, возможность расселения рыб данного вида по широте.

Л и т е р а т у р а

1. А р х и п ц е в а Н.Т. Промысловое-биологическая характеристика ладожской корюшки. — Изв. Всесоюз. н.-и. ин-та озern. и речн. рыбн. хоз-ва, 1956, т. 38, с. 125-138.
2. В а с и л ь е в Л.И. О снетке Рыбинского водохранилища. — Зоол. ж., 1951, т. 30, вып. 6, с. 590-593.
3. И в л е в В.С. Эколого-физиологический анализ распределения рыб в градиентных условиях среды. — Тр. совещ. по физиологии рыб. М., 1958, с. 288-296.
4. К у д е р с к и й Л.А., Ф е д о р о в а Г.В. Снижение запасов снетка в больших водоемах Северо-Запада европейской части СССР в 1973-1975 гг. — В кн.: Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. Л., 1977, № 20, с. 3-8.
5. Л а п к и н В.В., С в и р с к и й А.М., С о п о в Ю.Н. Избираемая температура и температура акклимации рыб. — Зоол. ж., 1979, т. 58, вып. 11, с. 1659-1670.

6. Н и к о л а е в И.И. Зоопланктон и температура воды как факторы продуктивности и распределения основных промысловых рыб Онежского озера – ряпушки и корюшки. – В кн.: Зоопланктон Онежского озера. Л., 1972, с. 269–282.
7. П е р м и т и н И.Е., П о л о в к о в В.В. Особенности образования и динамики структуры скоплений пелагических рыб. – В кн.: Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. Л., 1978, с. 78–105.
8. П о д д у б н ы й А.Г., Г о л о в а н о в В.К., Л а п к и н В.В. Сезонная динамика избираемых температур рыб. – В кн.: Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. Л., 1978, с. 151–167.
9. С п а н о в с к а я В.Д. Ихтиофауна Учинского водохранилища и ее особенности. – В кн.: Учинское и Можайское водохранилища. М., 1963, с. 269–310.
10. Ф е д о р о в а Г.В. Белозерская форма озерной корюшки. – Автореф. канд. дис. Л., 1953. 20 с.
11. B r e w e r G. Preliminary observations on the lower minimum temperature requirements of the northern anchovy. – Marine Studies of San Pedro Bay, California, 1974, part 7, p. 21–43.
12. F r y E.E.J. The effect of environmental factors on the physiology of fish. – In: Fish physiology. N.-Y. – London, 1971, vol. 6, p. 1–98.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597.554.3.08–15

А.Н. К а с ь я н о в

О МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ НЕРЕСТОВОГО СТАДА ПЛОТВЫ RUTILUS RUTILUS (L.) ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Экологические морфы (прибрежная и ходовая) плотвы в Рыбинском водохранилище различаются по темпам роста, коэффициентам упитанности и плодовитости [2, 5].

Исследования Ю.Г. Изюмова (устное сообщение) показали, что за последние годы увеличились различия 2 морф плотвы по ряду пластических, счетных и неметрических признаков.

Места нагула морф в данном водоеме различны. Прибрежная плотва обитает в мелководной зоне, питаясь низшими растениями и зарослевой фауной. Ходовая плотва рассредоточена вдали от берега в речных плесах и озерной части водоема, питается преимущественно дрейссеной [6].

Нерест прибрежной и ходовой морф происходит на одних и тех же нерестилищах. Субстратом для кладки икры служит преимущественно залитая прибрежно-водная прошлогодняя растительность [3].

Цель настоящей работы – изучение с помощью методов популяционной феноетики неоднородности плотвы на данном нерестилище по срокам подхода производителей в репродуктивный период.

В данных исследованиях использовалась новая методика, основанная на анализе распределения частот дискретных морфологических признаков – фенотипов с высокой наследственной обусловленностью. Всего проанализировано 60 фенотипов. В качестве основных взяты варианты формулы глоточных зубов, числа отверстий на правой и левой сторонах *dentale* (4-4, 5-5) и частоты встречаемости ЛАА переходных позвонков [9].

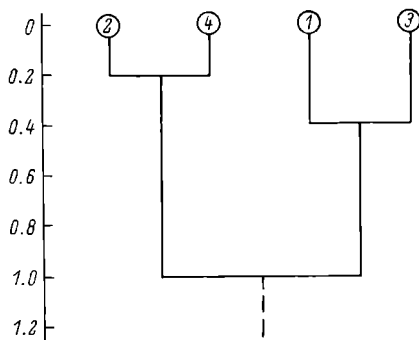
Исходным материалом для данной работы служили 420 экз. плотвы, отобранных с типичного нерестилища в районе Красного Ручья в течение всего нереста 11-25 мая 1979 г. По интенсивности подхода производителей время нереста можно разделить на 2 периода: с 11 по 19 мая – пик нереста, с 20 по 25 мая – спад нереста. Отлов производился сетями с номерами ячеи 30, 40, 60, 70 мм, 100-метровым неводом и поплавочной удочкой. Пол и стадия зрелости определялись по общепринятой методике И.Ф. Правдина [7]. Нами рассматриваются данные по нерестившимся самцам и самкам плотвы только в стадии зрелости 6-2 и 5.

В качестве сравнительного материала использовались данные по плотве, пойманной сетями в районе Шумаровского острова на глубине 5 м в начале мая 1978 г. (до начала нереста) и неводом в прибрежье в районе Красного Ручья в середине июня (после периода размножения). Исследования плотвы, отловленной в глубоководной и прибрежных частях Волжского плеса, показали, что морфы различаются по частоте встречаемости многих признаков: мандибулярных фенотипов 4-4, 5-5, фенотипов глоточных зубов, фенотипа ЛАА (см. таблицу).

Анализ морфологических признаков плотвы, отобранной в 1978 и 1979 гг., показал, что значения частот вышеуказанных признаков у ходовой плотвы близки к таковым у плотвы, нерестившейся во время пика нереста, а частоты фенотипов прибрежной морфы приблизительно равны частотам фенотипов плотвы, метавшей икру во втором периоде (см. таблицу). Это сходство наиболее отчетливо видно по частотам встречаемости зубного фенотипа 5-5: 0.269 в 1-м периоде нереста и 0.288 у ходовой морфы, 0.169 у плотвы, нерестившейся во 2-м периоде и 0.168 у прибрежной морфы.

Исходя из приведенных данных, можно предположить, что вначале в основной массе нерестится ходовая морфа плотвы, а во 2-м периоде преобладает прибрежная. Для проверки данного предположения мы вычислили значения обобщенных расстояний между группами по формуле А.С. Серебровского [8].

$$h = \frac{p_i - p_j}{p_i + p_j},$$



Дендрограмма сходства и различия 4 группировок плотвы.

1 - плотва, пойманная 11-19 мая, 2 - то же 20-25 мая, 3 - ходовая плотва (р-н Шумаровского острова), 4 - прибрежная плотва (р-н Красного Ручья). По вертикали - суммарный показатель обобщенных расстояний (Σh), отн. ед.

Частоты основных фенотипов плотвы Волжского плеса
Рыбинского водохранилища (по данным 1978-1979 гг.)

Морфа	Глоточные зубы		Дентале		V_L	n
	6-5	5-5	4-4	5-5	ЛАА	
11-19 V 1979	105 0.921	9 0.078	27 0.234	31 0.269	22 0.186	118
20-25 V 1979	121 0.858	17 0.121	46 0.323	24 0.169	31 0.216	143
Ходовая (р-н Шумаровского о-ва), 2-3 V 1978	68 0.919	5 0.074	11 0.151	21 0.288	12 0.158	76
Прибрежная (Красный Ручей), 15-17 VI 1978	157 0.853	24 0.131	74 0.413	30 0.168	40 0.220	182

П р и м е ч а н и е. Верхние цифры - объем выборки, нижние - частоты.

где p_i – частота фена в i -й группе, p_j – частота фена в j -й группе. На основе полученных значений построена дендограмма, которая четко отражает сходство и различие данных групп плотвы (см. рисунок).

Исследования неоднородности нерестового стада леща Куйбышевского водохранилища были проведены А.В. Лукиным с соавторами [4]. На большом фактическом материале они показали, что в начале периода размножения к местам нереста подходят лещи, среди которых частоты встречаемости рыб с двурядными глоточными зубами невелики, а затем в основном особи с данным признаком. Ю.П. Алтухов [1] с помощью расчетов для белковых локусов показал тенденцию нарастания H_e (суммарный уровень гетерозиготности) вместе с выравниванием соотношения полов в процессе нерестового хода производителей калининского стада кеты.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают неоднородность нерестовых стад рыб в данных водоемах. Следовательно, можно предположить, что у плотвы Рыбинского водохранилища различие между морфами поддерживается их одновременным нерестом.

Л и т е р а т у р а

1. Алтухов Ю.П. Популяционная генетика рыб. М., 1974. 246 с.
2. Володин В.М. Плодовитость плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в Рыбинском водохранилище. – Вopr. ихтиол., 1963, т. 3, вып. 2(27), с. 266–274.
3. Захарова Л.К. Материалы по биологии размножения рыб Рыбинского водохранилища. – Тр. Биол. ст. „Борок“, 1955, вып. 2, с. 200–267.
4. Лукин А.В., Данилов Н.Н., Тихонов К.П. Биологическая дифференциация популяций весенне-нерестующих рыб Куйбышевского водохранилища. Казань, 1976. 77 с.
5. Поддубный А.Г. Об адаптивном ответе популяции плотвы на изменение условий обитания. – В кн.: Биология рыб волжских водохранилищ. М.; Л., 1966, с. 131–138.
6. Поддубный А.Г. Экологическая топография популяций рыб в водохранилищах. Л., 1971. 309 с.
7. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. Л., 1966. 245 с.
8. Серебровский А.С. Генетический анализ. М., 1970. 342 с.
9. Яковлев В.Н., Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н. Фенетический метод исследования популяций карповых рыб. – Биол. науки, 1981, № 2, с. 98–101.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

Г.А. Виноградов, Е.С. Даль,
В.Т. Комов

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ АММОНИЯ И ЗАКИСЛЕНИЯ СРЕДЫ
НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
У ПРЕСНОВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ. 1. ИЗУЧЕНИЕ
АДАПТАЦИЙ К АММОНИЙНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Действие солей аммония на водных животных исследовалось многими авторами [2, 3]. Однако вопрос о пределах фенотипической адаптации, о специфичности реагирования и функционирования систем ионной регуляции и других метаболических процессов у водных животных в условиях резкого колебания концентраций аммония фактически не изучен. Цель настоящей работы – исследование баланса натрия, дыхания и некоторых других показателей метаболизма у рыб, ракообразных и моллюсков в условиях резкого повышения концентраций аммония во внешней среде.

Опыты проводились на трех видах животных. Речной рак *Astacus leptodactylus* обитает в пресных водах, обладает хорошо развитой гиперосмотической регуляцией, содержит в гемолимфе около 190 мм/л натрия. Двусторчатый моллюск беззубка *Anadonta cygnea* – стеногалинный пресноводный вид с менее выраженной гиперосмотической регуляцией, содержит в гемолимфе около 15 мм/л натрия. Колюшка девятиглая *Pungitius pungitius* (L.) – эвригалинный вид, обладающий гипер- и гипоосмотической регуляцией, содержит натрия в крови около 150 мм/л. В экспериментах использованы 42 рака весом 20–30 г, 16 моллюсков весом 90–120 г и 12 колюшек весом 0,5–1,0 г. Опыты с моллюсками и раками проводили при температуре 15–18°, с колюшками при 8–11° и значениях pH среды 6,5–7,2. Аммоний в среду добавляли в виде солей NH_4Cl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Проницаемость жаберного эпителия определяли по скорости выхода ионов в дистиллированной воде. Активное поглощение натрия находили по разности между потерями этих ионов в дистиллированной воде и в растворе, содержащем 10 г/л NaCl . Для активизации транспорта ионов перед опытом выдерживали животных в дистиллированной воде в течение 2 суток. Концентрацию натрия в растворе измеряли методом фотометрии в пламени. Интенсивность дыхания устанавливали полярографическим методом, используя хлорсеребряный и платиновый электроды при напряжении 0,6 В. Активность сукцинатдегидрогеназы в жабрах определяли модифицированным методом Кинга [1]. Скорость фильтрации у моллюсков измеряли по изменению мутности взвеси тонко растертой глины (30 мг/л) при экспозиции 1,5 ч с использованием фотоэлектрокалориметра и рассчитывали по методу Виллиамсена с учетом небιологического оседания. Одновременно в каждом опыте использовали 4–8 животных и столько же в контроле.

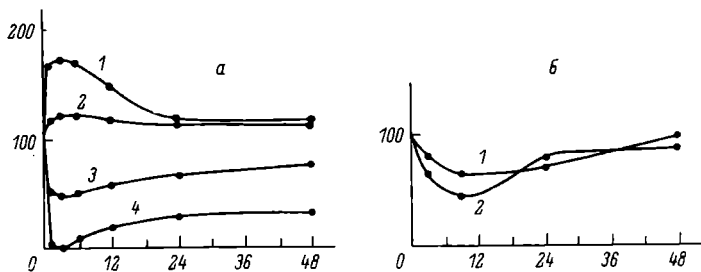


Рис. 1. Влияние аммония на метаболические процессы у речного рака.

а – влияние аммония на общую потерю и поглощение натрия. 1 – скорость потери натрия в 10 мЭкв/л NH_4^+ , 2 – то же в 2 мЭкв/л NH_4^+ , 3 – скорость поглощения натрия в 2 мЭкв/л NH_4^+ , 4 – то же в 10 мЭкв/л NH_4^+ . По оси ординат – потери и транспорт натрия, % от контроля.

б – влияние аммония на потребление кислорода и активность сукцинатдегидрогеназы. 1 – активность сукцинатдегидрогеназы в жабрах рака в 2,5 мЭкв/л NH_4^+ , 2 – потребление кислорода в 2,5 мЭкв/л NH_4^+ . По оси ординат – функциональная активность, % от контроля; по осям абсцисс – время, ч.

В наших экспериментах LC_{50} (96 ч) в растворах солей аммония составляла для раков и моллюсков 3–6 мЭкв/л, для колшошки – 5–10 мЭкв/л.

Исследование влияния солей аммония на поглощение и потери натрия у раков показало, что при концентрациях аммония, превышающих 1 мЭкв/л (18 мг/л), происходит нарушение равновесия между утечкой и поступлением натрия. Первоначально в течение 2–3 ч наблюдаются угнетение поглощения натрия и увеличение выхода его в наружную среду. Степень отклонения от сбалансированного состояния зависит от концентрации аммония. В последующее время происходит постепенное восстановление интенсивности транспорта натрия и скорости утечки его в наружную среду (рис. 1, а). Через 24–36 ч оба процесса стабилизируются, однако поглощение натрия происходит менее интенсивно, чем в нормальных условиях, а проницаемость эпителия остается увеличенной. Потери натрия превышают его поступление в организм.

Потребление кислорода раками в растворе аммония 2,5 мЭкв/л снижается в первые часы опыта на 50% и затем полностью восстанавливается в течение суток. Активность сукцинатдегидрогеназы – одного из основных ферментов энергетического обмена – коррелирует с потреблением кислорода в процессе адаптации к аммонии (рис. 1, б). Возможно, дефицит кислорода и снижение энергетического обмена в жабрах служат причиной усиленного угнетения

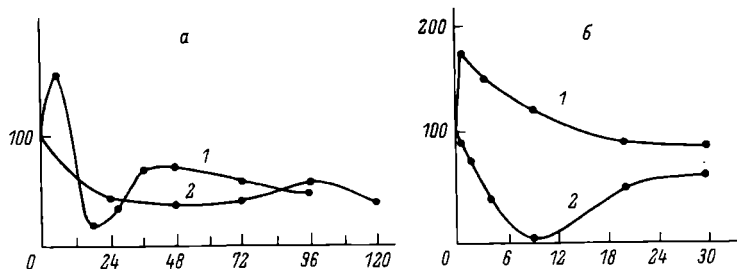


Рис. 2. Влияние аммония на метаболические процессы у беззубки и колюшки.

а – влияние аммония на потребление кислорода и скорость фильтрации у беззубки. 1 – потребление кислорода в 5 мЭкв/л NH_4^+ , 2 – скорость фильтрации в 2 мЭкв/л NH_4^+ . По оси ординат – функциональная активность, % от контроля.

б – влияние аммония на общую потерю и поглощение натрия у колюшки. 1 – скорость потери натрия в 10 мЭкв/л NH_4^+ , 2 – скорость поглощения натрия в 10 мЭкв/л NH_4^+ . По оси ординат – потеря и транспорт натрия, % от контроля; по осям абсцисс – время, ч.

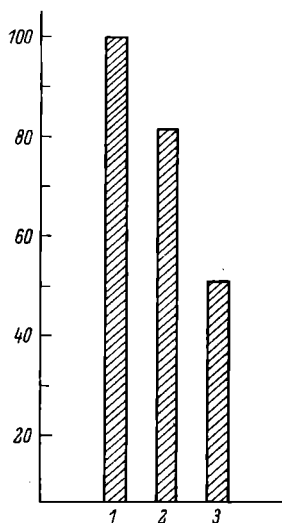
Влияние NH_4^+ (5 мЭкв/л) на баланс Na у беззубки

№ животного	Потери Na^+ в речной воде (мг/животное/ч)		
	Контроль	1 ч воздействия	10 ч воздействия
1	0,013	0,080	0,030
2	0	0,060	0,080
3	0	0,015	0,015
4	0	0,025	0,010

транспорта натрия в первые часы опыта. Через сутки акклимации наблюдается процесс восстановления интенсивности дыхания и активности сукцинатдегидрогеназы. Скорость поглощения натрия восстанавливается лишь частично.

Нарушение обмена натрия под воздействием солей аммония происходит и у беззубки. Обмен натрия у нее находится в равновесии в речной воде, содержащей 10 мг/л NaCl . После внесения в такую воду 5 мЭкв/л аммония баланс нарушается и животные начинают терять натрий (см. таблицу).

Потребление кислорода беззубкой в 5 мЭкв/л аммония возрастает в первые часы опыта, затем снижается, достигая минимума через сутки. Через 4 суток дыхание угнетено на 50% (рис. 2, а). Скорость фильтрации также в значительной степени подвержена влия-



Способность холинэстеразы нервных ганглиев *Limnaea stagnalis* гидролизовать субстраты.

1 - ацетилтиохолинйодид, 2 - пропионилтиохолинйодид, 3 - бутилтиохолинйодид. По оси ординат - гидролизующая способность фермента, %.

через раскрывшиеся ротовое и половое отверстия. У погибающих животных вес резко снижался - моллюски „сжимались“.

Изменение активности холинэстеразы у моллюсков, подвергавшихся воздействию хлорофоса, наблюдалось уже в первые часы опыта, еще до наступления достоверных изменений веса (см. таблицу). Через 3 ч опыта гидролизующая способность фермента снижалась на 38,7%, через 6 ч - на 54,3%. Достоверные изменения веса наступали к 24 ч, когда активность холинэстеразы была снижена уже на 71,1%. У погибающих животных фермент был угнетен почти полностью, гидролизующая способность фермента сохранялась лишь на 9,1%.

Исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что холинэстераза нервных ганглиев *L. stagnalis* чувствительна к хлорофосу. При сопоставлении изменений веса животных и активности холинэстеразы нервных ганглиев установлено, что увеличению веса предшествует ингибирование фермента. Несомненно, что в патогенезе отравления *L. stagnalis* хлорофосом угнетению холинэстеразы нервной ткани принадлежит существенная роль.

Изменение веса и активности холинэстеразы нервных ганглиев *L. stagnalis* при интоксикации хлорофосом

Время опыта, ч	Количество животных	Средний вес животных, %	Активность холинэстеразы, %
0	15	100	100
3	15	100	62,3*
6	15	108,4	45,7*
24	15	126,3*	28,9*
48**	15	160,5*	15,2*
48***	12	97,1	9,1*

П р и м е ч а н и е. * - различие между контролем и опытом достоверно при доверительном уровне 0,99, ** - живые моллюски, *** - погибающие моллюски.

1. В и н о г р а д о в Г.А., Г д о в с к и й П.А. Исследование действия хлорофоса на водно-солевой обмен пресноводных брюхоногих моллюсков. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1976, № 32, с. 50–53.
2. К о з л о в с к а я В.И., В о л к о в а Т.В. О совместном действии полихлорпинена и хлорофоса на *Limnaea stagnalis*. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1981, № 49, с. 47–51.
3. М а у р е р Г. Диск-электрофорез. М., 1971. 244 с.
4. К а р н о в с к у М.У., R o o t s L. A direct-coloring thiocholine method for cholinesterases. – J. Histo-lytochem., 1964, vol. 12, N 3, p. 219–221.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

УДК 597.554.3–111

Н.Ф. С и л к и н

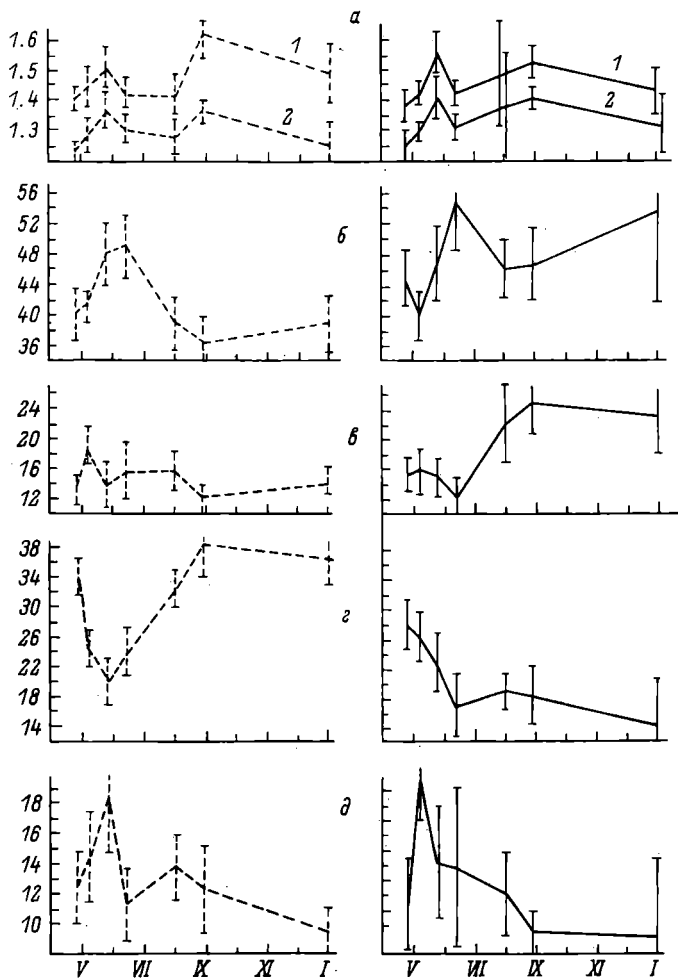
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕЛКОВ СЫВОРОТКИ КРОВИ СИНЦА

Исследование сезонной динамики сывороточных белков рыб позволяет оценить их адаптационные способности к меняющимся условиям среды в течение года и выявить степень влияния условий нереста, нагула и зимовки на физиологическое состояние организма [1–3, 6–8].

Несмотря на то что синец в ряде водоемов нашей страны имеет значительный удельный вес в ихтиоценозах и важное промысловое значение, вопрос о сезонной динамике белков с точки зрения оценки состояния рыб в каждый период их жизни до настоящего времени слабо разработан. Между тем эти знания необходимы при разработке биохимических критериев устойчивого существования синца.

Цель настоящего исследования – изучение сезонной динамики белков сыворотки крови синца и сравнение выявленных изменений с сывороточными белками леща [4].

Материалом для исследования послужила сыворотка крови, полученная от 150 половозрелых экземпляров синца, содержащихся в прудах со времени нереста и до ледостава. Весной рыбу отлавливали неводом на нерестилище, зимой – ставными сетями из водоема. Электрофорез сывороточных белков проводился на ацетат-целлюлозной пленке. По результатам полного биологического анализа рассчитывалась упитанность рыб. Полученные результаты обработаны статистически на ЭВМ „Минск-22“. Ниже приводятся сроки взятия проб и количество опытных рыб.



Сезонная динамика упитанности и сывороточных белков крови синца.

а - упитанность: 1 - по Фултону, 2 - по Кларк. По оси ординат - отн. ед., б - альбумины, в - α , г - β , д - γ -глобулины. По оси ординат - относительное содержание белка, %. Пунктирная линия - самки, сплошная - самцы. По оси абсцисс - месяцы. Вертикальные линии - доверительные интервалы.

Пол	22 V	6 VI	21 VI	13 VII	29 VIII	26 IX	13 I
Самка	19	18	15	10	18	7	10
Самец	9	12	10	6	5	8	4

В результате проведенных анализов установлено, что белковые фракции в сыворотке крови синца полиморфны, при электрофорезе выявляются альбумины и α_1 , α_2 , α_3 , β_1 , β_2 , γ_1 , γ_2 -глобулины (в данном сообщении приводятся суммарные значения фракций α , β и γ -глобулинов). Количественные характеристики белков меняются в течение года, а характер динамики у самок и самцов различен. Упитанность опытных рыб изменялась в тех же пределах, что и у синца Рыбинского водохранилища [5]. В сентябре коэффициент упитанности по Фультону (см. рисунок, а) у самок был выше, чем у самцов ($P < 0.05$).

Количество низкомолекулярных белков-альбуминов в течение года у самок синца изменяется в больших пределах, чем у самцов. После нереста, начиная с мая, процентное содержание альбуминов в сыворотке крови самок и самцов нарастает к середине июля от 40 до 50%, затем происходит снижение (см. рисунок, б). У самок количество данного белка в сентябре составляет 37%, а у самцов 46% ($P < 0.05$). Синцы по содержанию этих белков и их динамике отличаются от леща.

У самок количество α -глобулинов остается практически на одном уровне – 13–16%, кроме одного достоверно большего значения, выявленного 6 июня и исчезнувшего через 2 недели. У самцов снижение α -глобулинов по сравнению с нерестовым уровнем происходит в середине июля ($P < 0.05$), после чего их количество в сыворотке возрастает до 25% (см. рисунок, в). У лещей в отличие от синца этих белков гораздо больше, а характер сезонных изменений у самок и самцов сходен.

После нереста процентное содержание β -глобулинов в сыворотке самок резко снижается к концу июня – от 34 до 20%, а к осени вновь увеличивается – 38% (см. рисунок, г). Аналогичные колебания были отмечены нами и у самок леща. В мае у самцов синца в сыворотке крови содержится относительно большое количество β -глобулинов – 28%, которое снижается до 17% (середина июля) и далее осенью и зимой существенно не меняется.

Характер сезонных изменений γ -глобулинов у синца существенно отличается от такового у леща. Половых различий по количеству γ -глобулинов у обоих видов не наблюдается. После нереста увеличение у самцов заканчивается на 20 дней быстрее, чем у самок (см. рисунок, д).

Таким образом, проведенные исследования показали, что в сыворотке крови синца, начиная с августа, количество альбуминов и α -глобулинов у самцов выше, чем у самок, а β -глобулинов – ниже. После нереста γ -глобулины нарастают быстрее, чем у самок ($P < 0.02$).

1. И п а т о в В.В., Л у к ь я н е н к о В.И. Сывороточные белки рыб: гетерогенность, структура и функции. - Успехи соврем. биол., 1979, т. 88, вып. 1(4), с. 108-124.
2. К и р с и п у А., Л а у г а с т е К. О сезонных изменениях белкового обмена у леща. - В кн.: Современные вопросы экологической физиологии рыб. М., 1979, с. 174-178.
3. М и к р я к о в В.Р., С и л к и н Н.Ф., С и л к и н а Н.И. Антимикробные свойства сыворотки крови рыб. - В кн.: Физиология и паразитология пресноводных животных. Л., 1979, с. 125-132.
4. С и л к и н Н.Ф. Сезонные изменения белков сыворотки крови леща Рыбинского водохранилища. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1977, № 34, с. 60-64.
5. Х а ш е м М.Т. Состояние популяции синца *Abramis balle-
rus* (L.) в Моложском отроге Рыбинского водохранилища. - Вopr. ихтиол., 1968, т. 8, вып. 5(52), с. 858-868.
6. Ш а т у н о в с к и й М.И. Роль экологической физиологии при изучении динамики популяций рыб. - В кн.: Экологическая физиология и биохимия рыб. Астрахань, 1979, т. 1, с. 48-50.
7. Ш у л ь м а н Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М., 1972. 368 с.
8. Ш у л ь м а н Г.Е. Основные черты метаболизма у рыб в различные периоды годового цикла. - В кн.: Экологическая физиология и биохимия рыб. Астрахань, 1979, т. 1, с. 52-53.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

УДК 597-12+591.69-7

Г.Ф. К о с т а р е в

ГИПЕРМИКСОБОЛИОЗ РЫБ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ СПОР У МУХОВОЛУС MÜLLERI BÜTSCHLI, 1882

У двух экземпляров плотвы Камского и Воткинского водохранилищ в 1977-1978 гг. были обнаружены на хвостовом стебле гигантские опухоли (рис. 1), идентичные наблюдавшимся при шишечной, или бубонной болезни усачей [1-3].

Содержимое опухоли состояло из продуктов дегенерации тканей рыб, различной формы и величины цист миксоспоридии *Mухobolus mülleri*. В цистах различались панспоробласты на всех стадиях развития, зрелые споры овальной и яйцевидной формы. Грушевидные полярные капсулы по размерам несколько больше или равны, или чаще меньше половины длины споры. Их узкие концы сближа-

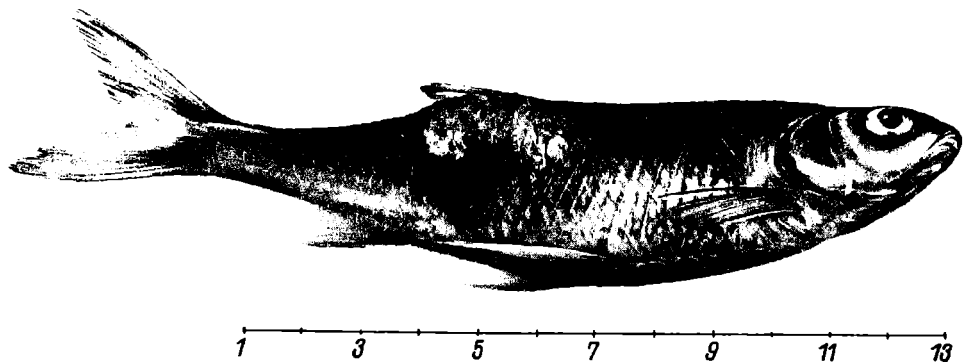


Рис. 1. Гипермикسوبолиоз плотвы Воткинского водохранилища, вызванный кнidosпоридией *Myxobolus mülleri* (возраст рыбы 4+, длина тела без „С” 135 мм, масса 50 г; август 1977 г.).

ются к небольшому треугольному интеркапсулярному отростку. Длина спор колеблется от 13,20 до 13,86 мкм, ширина – от 9,90 до 10,56 мкм, толщина – от 5,28 до 7,26 мкм, а величина полярных капсул составляет 5,28–7,26 x 2,64–3,96 мкм.

Изменчивость спор у этого же вида кнidosпоридий наблюдается и у леща. Так, при исследовании его паразитофауны в мае 1973 г. и июне 1974 г. в устьевой акватории Обвинского краевого плеса и верхнего участка Камского водохранилища также были обнаружены на жабрах цисты *Myxobolus mülleri*. Экстенсивность заражения при этом составляла соответственно по участкам 12% (от 25 рыб) и 13,3% (от 15 вскрытых рыб) при интенсивности 3–6 цист на рыбу. В них наряду с типичными спорами встречались и атипичные: сигарообразные, четырехкапсульные, с расхождением полярных капсул и сдвигом одних в глубь споры, с изменением величины шовного валика, с одним или двумя хвостовыми отростками или одновременно с ними, с передними непарными и парными отростками (рис. 2). Однако наиболее часто атипичные споры были представлены разновидностями с хвостовыми и передними отростками. Размеры парных хвостовых отростков у спор „формы рода *Hennoguya*” варьировали от 5,28 до 13,20 мкм, непарных – 9,90–11,88 мкм. У спор „формы рода *Neohennoguya*” хвостовые отростки имели длину 5,94–12,54 мкм, передние, более короткие, – 1,98–7,26 мкм. Споры первой разновидности (до 1–2%) располагались в цистах равномерно среди нормальных спор, второй – были сосредоточены в одной части цист и составляли около 4% от числа всех спор.

По классификации С.С. Шульмана [3], кнidosпоридия *Myxobolus mülleri* по скорости опускания на дно относится к спорам, занимающим промежуточное положение между медленно- и быстро-

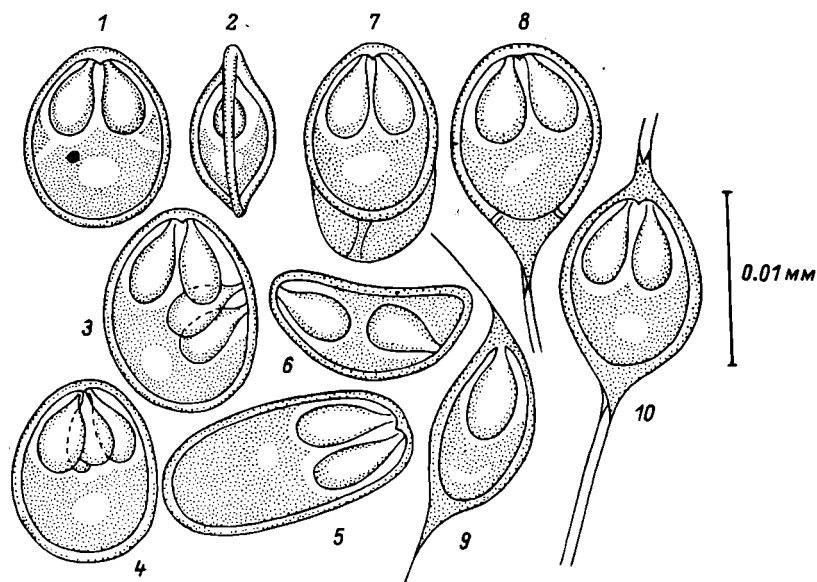


Рис. 2. Изменчивость спор *Myxobolus mülleri* с жабр леща Камского водохранилища.

Споры: 1, 2 – нормальные, 3, 4 – четырехкапсульные, 5 – сигарообразные, 6 – с расхождением полярных капсул, 7 – с разрастанием шовного валика, 8 – с парными хвостовыми отростками, 9 – с непарными передними и хвостовыми отростками, 10 – с парными передними и хвостовыми отростками.

опускающимися. Возможно, образование у них дополнительных непарных и парных хвостовых и передних отростков (равно и появление сигарообразной формы тела, расширение шовного валика) увеличивает поверхность споры, чем и создает дополнительные условия для длительного парения ее в толще воды, чтобы расселяться на дальние расстояния в случае изменения среды 2-го порядка – речных условий существования на водохранилищные. На явление изменчивости спор у кнidosпориций рода *Myxobolus* впервые обратили свое внимание Телоан [5] и Немечек [4]. С.С. Шульман [2, 3] более детально показал изменчивость формы спор, их створок, нарушения, связанные с размерами и расположением полярных капсул у *Myxobolus kawabatae*, *M. gigi*, *M. uniporus* с касаток бассейна р. Амур. Причиной появления этих изменений авторы считают нахождение кнidosпориций, имеющих индийское происхождение, в иных климатических условиях и подвергающихся в большей степени воздействию окружающей среды [3].

Очевидно, проявление гипермиксоболиоза и изменение формы тела у кнidosпоридий рыб камских водохранилищ можно объяснить действием мутационной изменчивости, возникающей от содержания в водохранилищной воде повышенных концентраций химических реагентов сточных вод промышленных предприятий. В частности, появление вышеуказанных изменений формы тела и образование четырехкапсульных спор могли произойти вследствие мутационной изменчивости, происходящей в ядрах 1-й и 2-й пар споробласта, которые вместе с окружающей их протоплазмой дают соответственно начало створкам и образуют полярные капсулы.

Л и т е р а т у р а

1. О с м а н о в С.О. Паразиты рыб Узбекистана. Ташкент, 1871. 532 с.
2. Ш у л ь м а н С.С. Простейшие. – В кн.: Определитель паразитов пресноводных рыб СССР. М.; Л., 1962, с. 7–197.
3. Ш у л ь м а н С.С. Миксоспоридии фауны СССР. М.; Л., 1966. 504 с.
4. N e m e s z e k A. Beitrage zur Kenntnis Myxo- und Microsporiden der Fische. – Arch. Protistenkunde 1911, Bd 22, S. 143–169.
5. T h e l o h a n P. Recherches sur les Myxosporides. – Bull. Sci. Fr. Belg., 1895, Bd 26, S. 100–394.

Естественный институт
при Пермском университете

УДК 556.555.6

В.П. К у р д и н

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НОВИНКИНСКОГО, БЕЛОУСОВСКОГО И ВЫТЕГОРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Новинкинское, Белоусовское и Вытегорское водохранилища расположены каскадом на северном склоне Волго–Балтийского водораздела. Они входят в систему водоемов Волго–Балтийского канала, являющегося частью Волго–Балтийского водного пути им. В.И. Ленина. Через эти водохранилища проектируется трасса переброски воды из Онежского озера в бассейн Волги.

Ложа водохранилищ подстилаются четвертичными отложениями, которыми заполнена пра-долина р. Вытегры, врезанная в известняки коренных пород. Водохранилища небольшие, их площади зеркала и полные объемы воды при нормальном подпорном уровне воды (НПУ) соответственно равны $2,5 \text{ км}^2$ и $0,02 \text{ км}^3$ для Новинкинского, $7,1 \text{ км}^2$ и $0,05 \text{ км}^3$ для Белоусовского и $20,0 \text{ км}^2$ и $0,06 \text{ км}^3$

для Вытегорского водохранилища. Значительные средние годовые объемы воды ($0,223 \text{ км}^3$ для ряда с 1964 по 1976 г.), поступающие из Шекснинского водохранилища через Пахомовский гидроузел в верхнее Новинкинское водохранилище, используются для нужд судоходства и только отчасти для выработки электроэнергии, они обеспечивают большой водообмен водохранилищ. В 1976 г. коэффициент водообмена для Новинкинского водохранилища был равен 115, для Белоусовского – 92, для Вытегорского – 85.

Гидродинамическая активность водной массы трех водохранилищ невелика, поскольку действие ветра на водную поверхность водоемов ограничено небольшими разгонами волны и высокими частично залесенными берегами. Стоковые течения носят пульсационный характер, определяемый режимом работы шлюзов. Значительное влияние на процесс формирования донных отложений течения оказывают только вблизи от шлюзовых камер, где в нижних подходных каналах при опорожнении камер могут наблюдаться большие их скорости.

Формирование донных отложений водохранилищ в основном происходит за счет аллохтонного источника грунтообразующего материала. Этим источником служат взвеси, образующиеся в Ковжинском плесе Шекснинского водохранилища и в водораздельном канале, соединяющем плес с Пахомовским гидроузлом, нижний бьеф которого находится в подпоре от Новинкинского гидроузла. На этих участках Шекснинского водохранилища наибольшая мутность воды 26 июля 1976 г. достигала 518 г/м^3 , а 14 мая 1977 г. – 249 г/м^3 . Образование в Ковжинском плесе и водораздельном канале такого большого количества взвесей, не свойственного водоемам северной части европейской территории СССР, где мутность воды в естественных условиях меньше 25 г/м^3 , происходит из-за интенсивного судоходства, создающего в навигацию возможности для постоянного взвешивания частиц грунта и для размыва дна и берегов. Этому способствует конфигурация водораздельного канала и мелиорированных участков Ковжинского плеса, выполненных по принципу „равновеликого объема“, т.е. без укрепления откосов в расчете на их естественное выколачивание в процессе эксплуатации судоходного пути. Мутность воды на участке источника взвесей (от Белоозерского плеса до Пахомовского гидроузла Шекснинского водохранилища) начинает возрастать с последних чисел апреля или с начала мая, т.е. с открытием навигации, достигает максимальных значений в июне и держится примерно на одном уровне до ноября, после чего, по мере сокращения количества проходящих по Волго-Балту судов, уменьшается. В январе-марте и в декабре Пахомовский гидроузел сбросов воды не производит.

Донные отложения всех водохранилищ представлены в основном глинистым илом. Ввиду незначительной гидродинамической активности водоемов илы занимают всю площадь дна практически от уреза воды при НПУ. Исключение составляют небольшие участки дна у шлюзовых камер и на отрезках судоходных трасс, примыкающих к ним, с глубинами меньше 5 м. На этих участках залегают

Т а б л и ц а 1

Гранулометрический состав, коэффициенты сортировки (S_o), асимметрии (S_k) и величины медианы (M_d) донных отложений водохранилищ

Характеристики	Новинкинское		Белоусовское		Вытегорское	
	пределы колебаний	среднее	пределы колебаний	среднее	пределы колебаний	среднее
Сумма частиц, %:						
песчаных (1.0-0.1 мм)	1.7-11.4	6.0	1.7-18.4	6.6	4.4-19.7	10.0
пылеватых (0.1-0.01 мм)	15.6-24.0	19.7	20.6-35.1	28.1	25.3-47.1	34.5
илистых и глинистых (<0.01 мм)	64.7-78.8	74.3	48.7-76.0	65.3	44.3-65.6	55.5
S_o	1.6-4.4	2.6	2.7-4.3	3.6	2.3-5.8	4.0
S_k	0.8-2.9	1.4	0.8-1.9	1.4	1.0-2.4	1.8
M_d	0.005-0.007	0.005	0.003-0.012	0.007	0.005-0.018	0.010
Донные отложения	Глинистый ил	Ил и глинистый ил	Ил и глинистый ил	Ил и глинистый ил	Ил и глинистый ил	Ил и глинистый ил

Т а б л и ц а 2

Накопление донных отложений в некоторых водохранилищах Волго-Балтийской водной системы

Характеристики	Новинкинское	1963-1977 гг.		Вытегорское	Рыбинское
		Белоусовское	Вытегорское		
Накопление донных отложений, тыс. м ³	897	1274	1655	283000	1941-1965 гг.
Удельная интенсивность заиления, тыс. т	646	866	993	103000	
Средняя интенсивность заиления, тыс. т/км ² год	18.5	8.7	3.5	0.9	
Скорость накопления отложений, см/год	2.56	1.28	0.59	0.25	
Средний сухой объемный вес, г/см ³	0.72	0.68	0.60	0.36	

маломощные илистые пески на глине. Отмеченная особенность распределения донных отложений наиболее выражена в Вытегорском водохранилище, где судоходная трасса, совмещенная с русловым углублением, свободна от ила на протяжении 5 км. Содержание органического вещества (по потере в весе при прокаливании) в донных отложениях Новинкинского, Белоусовского и Вытегорского водохранилищ соответственно равно 4,6, 4,9 и 5,9% при наибольшей мощности отложений — 67, 57 и 33 см.

На гранулометрическом составе и накоплении донных отложений сказывается отстойный эффект каскада водохранилищ (табл. 1, 2). Отстойный эффект прослеживается на мощности отложений и на средневзвешенной мутности воды, которая в Новинкинском, Белоусовском и Вытегорском водохранилищах соответственно была равна 27–29 июля 1976 г. 149,3, 59,5 и 11,3 г/м³, а 15–17 мая 1977 г. — 103,4, 16,1 и 9,6 г/м³.

Необычны увеличение медианного диаметра частиц и уменьшение содержания сумм илистых и глинистых фракций в донных отложениях при движении вниз по каскаду водохранилищ. Причины аномалии следующие: однородность гранулометрического состава взвесей — основного источника грунтообразующего материала; периодичность и небольшие скорости течения воды за пределами участков у шлюзовых камер (средние скорости течения не превышают 0,02 м/с); адгезия, т.е. слипание частиц грунта в агрегаты под воздействием биологических и других факторов; разделение водоемов, в частности Новинкинского водохранилища, цепочкой тесно расположенных островов на два участка, один из которых, значительно больший по площади, является как бы отстойником взвесей, поскольку не затрагивается течениями, возникающими при опорожнении шлюзовых камер вышерасположенного гидроузла. Обычны для водохранилищ обширные глубоководные заливы, которые также служат отстойниками взвесей.

Обращает на себя внимание большая скорость заиления всего каскада и особенно Новинкинского водохранилища (табл. 2). В этом водоеме удельная интенсивность заиления в 20 раз больше, чем в Рыбинском водохранилище. Среднегодовая скорость накопления донных отложений уменьшается вниз по каскаду более чем в 4 раза при сравнительно незначительном изменении среднего объемного сухого веса отложений — 0,72, 0,68 и 0,60 г/см³.

Значительное накопление донных отложений и большая мутность воды в Новинкинском, Белоусовском и Вытегорском водохранилищах в случае реализации проекта переброски воды из Онежского озера в бассейн р. Волги должны учитываться при оценке ее качества, так как в этом случае возможно ухудшение качества воды на верхних участках Шекснинского водохранилища из-за увеличения ее мутности.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

Д.Г. Воденичаров, Т.Г. Атавина,
Д.И. Стом

ОСТАНОВКА ДВИЖЕНИЯ ЗООСПОР КАК КРИТЕРИЙ ТОКСИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Использование только химических методов анализа воды не позволяет дать интегральную оценку ее свойств как среды обитания гидробионтов. По этой причине в последнее время возрос интерес к биологическому контролю качества вод, в частности с помощью водорослей [4]. Для этой цели широко применяют одноклеточные зеленые водоросли из класса *Protococcophyceae* [6-8]. Протококковые водоросли удобны для использования в качестве тест-объекта, так как к настоящему времени хорошо известны условия их культивирования и состав оптимальных сред. Но протококковые обладают довольно высокой устойчивостью к воздействию неблагоприятных агентов, в том числе и токсикантов, поэтому тесты, основанные на их использовании, характеризуются „относительно невысокой чувствительностью” [3]. Указанное обстоятельство ведет к тому, что обнаружить токсиканты можно лишь при значительном увеличении их концентрации. Невысокая чувствительность обуславливает и другой недостаток – длительность получения ответа. Так, например, Г.К. Барашков и Н.М. Киристева [2] предложили способ оценки токсичности веществ, в котором в качестве тест-объекта использовали хлореллу. Несмотря на то что авторам удалось „существенно повысить чувствительность”, ответ получается лишь спустя 3-4 суток.

Резкого повышения чувствительности и экспрессности можно достигнуть использованием в качестве теста подвижных одноклеточных форм водорослей [11], число видов которых ограничено. Одним из возможных путей расширения числа растительных объектов, пригодных для биотестирования по обездвиживанию, могут служить водоросли, которые в обычном состоянии не способны к активному движению, но обладают подвижной стадией – зооспорами. Целью данного сообщения и явилась проверка возможности применения зооспор для определения относительной токсичности фенольных соединений.

Объектами исследования служили *Chlorococcum macrostigmatum*, *Chlorococcum vacuolatum*, *Hypnomonas ellipsoidea*. В качестве токсических агентов использовались фенольные соединения: пирокатехин, гидрохинон, резорцин, п-бензохинон, изученные в наших предыдущих работах [9, 10]. Растворы веществ готовили на среде, используемой для культивирования. Зооспоры получали следующим образом. Водоросли выращивались в пробирках на косячках с агаризованной средой № 6 [1]. Пробирки заливались стерильной жидкой средой того же состава и оставлялись на сутки на свету при комнатной температуре. Образующиеся зоо-

Время обездвиживания зооспор

Концентрация, М	<i>Chlorococ- cum mac- rostigmatum</i>	<i>Chlorococcum vacuolatum</i>	<i>Hypnomonas ellipsoidea</i>
--------------------	--	------------------------------------	-----------------------------------

п-бензохинон

1 x 10 ⁻³	Мгновенно	Мгновенно	Мгновенно
1 x 10 ⁻⁴	"	"	"
5 x 10 ⁻⁵	"	"	"
1 x 10 ⁻⁵	12,6 мин	3,2 мин	Более 1 сут
5 x 10 ⁻⁶	17,5 мин	Более 1 сут	То же
1 x 10 ⁻⁶	Менее 1 сут	То же	То же

Гидрохинон

1 x 10 ⁻³	Мгновенно	66,6 с	30 с
1 x 10 ⁻⁴	31 с	12,2 мин	13,2 мин
1 x 10 ⁻⁵	20 мин	Более 1 сут	Более 1 сут
1 x 10 ⁻⁸	Более 1 сут	То же	То же

Пирокатехин

1 x 10 ⁻²	60 с	11,6 мин	17,3 мин
1 x 10 ⁻³	2 ч	3 ч	Более 1 сут
1 x 10 ⁻⁴	Более 1 сут	Более 1 сут	Более 1 сут

Резорцин

1 x 10 ⁻¹	Мгновенно	Мгновенно	Мгновенно
5 x 10 ⁻²	"	"	30 с
1 x 10 ⁻²	40 мин	Менее 1 сут	Менее 1 сут
1 x 10 ⁻³	Более 1 сут	Более 1 сут	Более 1 сут

споры активно перемешались в среде. После этого испытуемые растворы смешивались в равных объемах с суспензией зооспор. Пробы наносились пипеткой на предметное стекло с углублением и просматривались под микроскопом. О токсичности растворов испытуемых соединений мы судили по времени обездвиживания зооспор. Опыты проводились в 40 повторностях.

Зооспоры проявляют относительно высокую чувствительность к фенольным соединениям (см. таблицу). Из трех видов водорослей наименее устойчивы к испытуемым веществам зооспоры *Chlorococcum macrostigmatum*, наиболее резистентны - *Hypnomonas ellipsoidea*. Из использованных веществ наивысшую активность обнаруживал п-бензохинон. Он вызывал мгновенную остановку вплоть до концентрации 5×10^{-5} М. Наименьшую токсичность

проявлял резорцин. Если сопоставить токсичность по величинам действующих концентраций и в качестве изoeffекта брать мгновенное обездвиживание, то по активности резорцин был ниже, чем п-бензохинон на три порядка.

Представленные данные (см. таблицу) позволяют расположить испытанные соединения в порядке уменьшения их токсичности в следующий ряд: п-бензохинон, гидрохинон, пирокатехин, резорцин.

Установленное в опытах с зооспорами соотношение токсичности испытываемых соединений согласуется с результатами, полученными в экспериментах, в которых использовались другие водоросли и тест-функции [5, 9], а также хорошо увязывается с гипотезой, согласно которой повышение токсичности полифенолов тесно связано с их способностью переходить в хиноны [10]. Действительно, труднее всего в реакции окисления вовлекается резорцин, легче — гидрохинон, пирокатехин занимает промежуточное положение. Такое же соотношение обнаруживается и при сопоставлении их биологической активности (см. таблицу). Кроме того, большая по сравнению с пирокатехином эффективность гидрохинона, по всей вероятности, связана с трудностями получения его препаратов, свободных от присутствия хинона.

Известно, что чувствительность к повреждающим агентам отдельных организмов на разных этапах их развития резко колеблется. Поэтому положительной стороной обсуждаемого теста следует считать возможность с минимальными затратами иметь в любое время года материал, находящийся в стандартном физиологическом состоянии.

Остановка движения зооспор при действии раствором токсикантов может служить экспрессным методом, существенно превышающим по чувствительности стандартные биотесты, в которых используются протококковые водоросли. Тест на обездвиживание зооспор требует малых затрат рабочего времени и отличается простотой технического исполнения. Это делает его особенно ценным для использования в условиях заводских лабораторий и станций по контролю за качеством вод.

Л и т е р а т у р а

1. Барашков Г.К., Киристаева Н.М. Способ оценки токсичности различных веществ сточных и природных вод. 1974. — А.с. № 557098. Биол. № 17, М., 1977.
2. Барашков Г.К., Киристаева Н.М. Количественное определение токсичности различных агентов с помощью хлореллы как тест-объекта. — Гидробиол. ж., 1977, т. 13, № 2, с. 104–108.
3. Брагинский Л.П. Биологические тесты как метод токсичности водной среды. — В кн.: Методы анализа природных и сточных вод. М., 1977, с. 27–48.
4. Владимирова М.Г., Семеновенко В.Е. Интенсивная культура одноклеточных водорослей. М., 1962. 58 с.

5. С том Д.И., И в а н о в а Г.Г., Т и м о ф е е в а С.С.
Альгидные свойства полифенолов и их способность окислять-
ся водорослями. - В кн.: Материалы международного симпози-
ума „Эвтрофикация и охрана вод“. Дрезден, 1973, с. 134-184.
6. Х о б о т ъ е в В.Г., К а п к о в В.И. Культивирование
зеленых водорослей и использование их в токсикологических
экспериментах. - В кн.: Методики биологических исследований
по водной токсикологии, М., 1971, с. 219-231.
7. B ö h m H., K o c h m a n n W., B a r t h A.,
G ü n t h e r G., K r a m e r W., K r ü -
g e r H., L ö t t g e W. Verfahren zur Sele-
ktion biochemisch wirksamer Substanzen. 1972. BDR
N 2145787.4, IPI C 12k, 1/04.
8. B r i n g m a n n G., K ü h n R. Der Al-
gen - Titer als Maßstab der Eutrophierung von
Wasser und Schlamm. - Ges.-Ing., Berlin, 1956,
Bd 77 (374).
9. S t o m D.I. Influence of polyphenols and qui-
nones on aquatic plants and their blocking of SH-
groups. - Acta hydrochim. et hydrobiol., 1977, Bd 5,
H. 3, S. 291-298.
10. S t o m D.I., I v a n o v a G.G., B a s h -
k a t o v a Y.V., T r u b i n a T.P., K o -
z h o v a O.M. About the Role of Quinones in
the Action of Some Polyphenols on the Streaming
of Protoplasm in Nitella sp. Cells. - Acta hydrochim.
et hydrobiol., 1974, Bd 2, H. 5, S. 407-412.
11. S t o m D.I., K o z h o v a O.M. Combined
action of polyphenols, quinones, reducers and cer-
tain other compounds on aquatic plants. - Polskie
arch. hydrobiol., 1976, vol. 23, N 3, p. 401-408.

Научно-исследовательский институт биологии
при Иркутском университете

УДК 597-113.4:519.2

М.М. С м е т а н и н, Т.Л. С м е т а н и н а

К ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ КОНСТАНТЫ РОСТА РЫБ

Константа роста, характеризующая периодичность этого процес-
са, вычисляется по формуле

$$K_i = \frac{\ln l_{i+1} - \ln l_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot \frac{t_{i+1} + t_i}{2}, \quad (1)$$

где l_i и l_{i+1} - значения анализируемого параметра, например

длины тела в последовательные моменты времени t_i и t_{i+1} , $l = 0 + n - 1$. И.И. Шмальгаузен [9, 10] считал, что значения K_i приблизительно постоянны для отдельных периодов роста и резко меняются при переходе от одного периода к другому. Показано [6, 8], что, вычисляя K_i , часто удается выделить периоды роста у рыб. Однако при этом, как правило, приводятся только средние значения, что не дает возможности оценить точность полученных величин и достоверность различий. Цель настоящего сообщения — указать методику статистической оценки точности константы роста.

При распределении, близком к нормальному, величину возможной погрешности среднего значения константы для каждого периода можно определить классическим способом [5]. Так, для 13 последовательных значений константы первого периода роста севрюги, рассчитанного по исходным данным А.Н. Державина [2, 9] с вероятностью 0,95, значения K_i находятся в интервале $0,672 \pm 0,015$; для 15 значений второго периода — $0,582 \pm 0,061$. Использование критерия Стьюдента показывает, что различие между средними значениями констант в этих периодах достоверно с вероятностью не меньшей, чем 0,99.

При вычислении отдельных значений K_i Н.И. Чугунова [8] рекомендует использовать не индивидуальные, а средние длины рыб каждого возраста, т.е. возникает ситуация, когда нужно оценить точность функции нескольких переменных, ошибки которых определяются предварительно.

Очевидно, что при $l_i > 0$, $l_{i+1} > 0$, $t_i \neq t_{i+1}$ функция $K_i = K_i(l_i, l_{i+1}, t_i, t_{i+1})$ непрерывна относительно всех аргументов и имеет производные. Это дает возможность воспользоваться методикой нахождения предельной абсолютной косвенной ошибки $\Delta_1 K_i$ [1, 4], согласно которой получаем

$$\Delta_1 K_i = \frac{1}{t_{i+1} - t_i} \left[\frac{(t_{i+1} + t_i) \Delta l_{i+1}}{2 l_{i+1}} + \frac{(t_i + t_{i+1}) \Delta l_i}{2 l_i} + \frac{t_i (l_{i+1} - l_i) \Delta t_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} + \frac{t_{i+1} (l_{i+1} - l_i) \Delta t_i}{t_{i+1} - t_i} \right] \Delta t_i \quad (2)$$

где $\Delta l_i, \Delta l_{i+1}, \Delta t_i, \Delta t_{i+1}$ — возможные погрешности аргументов. Предварительно оценив их и пользуясь формулой (2), можно определить $\Delta_1 K_i$. При этом необходимо иметь в виду, что, во-первых, о предельной ошибке здесь говорится в вероятностном смысле, так как ошибки аргументов оцениваются для избранного уровня вероятности. Во-вторых, предполагается самая невыгодная ситуация, когда все частные погрешности имеют одинаковые знаки.

Использование формулы (2) приводит к завышению результирующей ошибки. Вероятность того, что статистические ошибки четырех независимых переменных будут одного знака, составляет $p = \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$, т.е. сравнительно небольшую величину. Поэтому имеет смысл кроме предельной вычислять еще и среднеквадратическую погрешность. Применяя методику, указанную А.Н. Зайделем [3], получаем

$$\Delta_2 K_i = \frac{1}{t_{i+1} - t_i} \sqrt{\left[\frac{(t_i + t_{i+1})^2 \Delta l_{i+1}^2}{4 l_{i+1}^2} + \frac{(t_i + t_{i+1})^2 \Delta l_i^2}{4 l_i^2} + \frac{t_i^2 (l_{i+1} - l_i)^2 \Delta t_{i+1}^2}{(t_{i+1} - t_i)^2} + \frac{t_{i+1}^2 (l_{i+1} - l_i)^2 \Delta t_i^2}{(t_{i+1} - t_i)^2} \right]} \quad (3)$$

В этом случае суммируются не абсолютные значения ошибок, как в соотношении (2), а извлекается корень из суммы их квадратов.

Для использования формул (2, 3) нужно знать погрешности определения средних длин и возрастов рыб. Полные погрешности этих параметров могут иметь несколько составляющих. По одной из классификаций ошибки измерений делятся на промахи систематические и случайные [3]. Промах – грубая погрешность, сделанная вследствие неверной записи, неправильно прочитанной цифры и т.д. При небольшом числе измерений промах может сильно исказить результат и границы доверительного интервала. Поэтому прежде всего следует определить, не являются ли отдельные резко отличающиеся значения промахами. Как правило, это решается с помощью математической статистики [7].

Различие между систематическими и случайными погрешностями в определенной степени условно и чаще всего связано с методикой и с применяемой аппаратурой. Однако при использовании каждой конкретной методики разделение погрешностей на систематические и случайные оказывается вполне оправданным. Влияние случайных ошибок может быть существенно уменьшено при многократном повторении опыта. Вклад систематических погрешностей увеличением числа опытов уменьшить нельзя. Для этого нужно усовершенствование аппаратуры или изменение методики. Таким образом, исключив промахи, учтя по возможности систематические и определив случайные ошибки отдельных переменных по формулам (2) и (3), можно оценить результирующую предельную и среднеквадратическую погрешности константы роста. Если анализируется рост рыб с заранее известным возрастом, то $\Delta t_i = \Delta t_{i-1} \approx 0$ и формулы упрощаются.

В качестве примера использования выведенных формул оценены $\Delta_1 K_i$ и $\Delta_2 K_i$ для плотвы в возрасте от 1 года до 4 лет, выращенной в прудах экспериментальной базы „Сунога“. Измерения длины тела производились в конце апреля–начале мая 1972–1975 гг. при пересадке рыб из зимовального в нагульные пруды. Промерялось не менее 25 одновозрастных особей. Значения ошибок репрезентативности, рассчитанные по формулам (2) и (3), округлены (см. таблицу).

Использование критерия Стьюдента показывает, что различие между средними значениями константы роста K_1 и K_2 с вероятностью 0.95 достоверно, а между K_2 и K_3 недостоверно, т.е. характер роста плотвы во 2–3–й годы более однороден, чем, например, в 1–2–й и 2–3–й годы ее жизни. Оценка достоверности разности здесь оказалась возможной только после определения ошибок репрезентативности константы роста.

Видно, что определение точности константы роста связано с проведением довольно большого объема вычислений. Приведенные в данной статье формулы легли в основу программы, составленной одним из авторов для ЭВМ „Минск-22“, что значительно облегчает расчеты.

Константы роста плотвы, их предельные ($\Delta_1 K_i$)
и среднеквадратические погрешности ($\Delta_2 K_i$)
для вероятности 0,95

Возраст, годы	Длина тела, мм ($l_i \pm \Delta l_i$)	Среднее значение константы роста	$\Delta_1 K_i$	$\Delta_2 K_i$
1	51 \pm 2	1,19	0,09	0,06
2	113 \pm 2	0,33	0,08	0,06
3	129 \pm 2	0,24	0,16	0,12
4	138 \pm 4			

Отметим, что в ряде случаев выделение периодов роста при использовании только константы линейного роста затруднительно. Более точное выявление периодичности возможно при анализе совокупности параметров роста, при использовании кроме константы и других показателей, но рассмотрение этого вопроса не входит в задачу данного сообщения.

Л и т е р а т у р а

1. Г у т е р Р.С., О в ч и н с к и й Б.В., Р е з н и к о в с к и й П.Т. Программирование и вычислительная математика. М., 1965. 448 с.
2. Д е р ж а в и н А.Н. Севрюга, биологический очерк. - Изв. Бакинской ихтиол. лабор., Баку, 1922, т. 1. 247 с.
3. З а й д е л ь А.Н. Ошибки измерений физических величин. Л., 1974. 108 с.
4. К о п ч е н о в а Н.В., М а р о н И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах. М., 1972. 368 с.
5. П л о х и н с к и й Н.А. Биометрия. М., 1970. 367 с.
6. Р а б и н е р с о н А.И. О применении метода Шмальгаузена определения константы роста к некоторым вопросам ихтиологии. - Изв. отд.-ния прикл. ихтиол. науч.-произв. исслед. ГОИА, 1929, т. 9, вып. 1, с. 42-46.
7. Р а б и н о в и ч С.Г. Погрешности измерений. Л., 1978. 262 с.
8. Ч у г у н о в а Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М., 1959. 164 с.
9. Ш м а л ь г а у з е н И.И. О закономерностях роста у животных. - Природа, 1928, № 9, с. 815-838.
10. Ш м а л ь г а у з е н И.И. Определение основных понятий и методика исследования роста. - В кн.: Рост животных, М., 1935, с. 8-60.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

Информации

Семинар по вопросам измерения и моделирования свойств водных масс озер и водохранилищ (Н.В. Буторин)	3
--	---

Конференция по проблеме использования и охраны природных ресурсов Ярославской области (А.С. Стрельников)	5
--	---

Сообщения

О.И. Ти ф е н б а х. Морфологическая характеристика микроорганизмов оз. Севан	7
Г. Н а с ы р о в. Микробиологическая характеристика оз. Ипкуль	12
В.И. Р о м а н е н к о, М.В. М е л ь н и к о в а, Н.П. С м и р - н о в, В.Л. К о ж а р а, Э.С. Б и к б у л а т о в. Количество бактерий и их активность в подземных источниках по берегам рек Сурхоб и Обихингоу	16
В.М. К у д р я в ц е в. Разложение водорослей плесневыми грибами и дрожжами в экспериментальных условиях	19
Т.А. И е ш к о. Фитопланктон Пертозера в 1976 г.	22
Г.А. Л у к и н а, Т.Ф. М и к р я к о в а. Влияние условий минерального питания на рост ряски малой	25
Т.Ф. М и к р я к о в а. Рост ряски малой при различных концентрациях меди	28
Б.И. К о л у п а е в. Влияние синтетических поверхностно-активных веществ на интенсивность дыхания и частоту сердцебиений дафний	31
В.М. В о л о д и н. Плодовитость массовых видов рыб Рыбинского водохранилища. 4. Плодовитость густеры	34
М.Н. И в а н о в а, В.В. Л а п к и н. Влияние температуры на жизнедеятельность и распределение пресноводной корюшки в водоемах	37
А.Н. К а с ь я н о в. О морфологической разнокачественности нерестового стада плотвы <i>Rutilus rutilus</i> (L.) Волжского плеса Рыбинского водохранилища	41
Г.А. В и н о г р а д о в, Е.С. Д а л ь, В.Т. К о м о в. Влияние солей аммония и закисления среды на метаболические процессы у пресноводных животных. 1. Изучение адаптаций к аммонийному загрязнению	45

	Стр.
В.И. Козловская, Т.В. Волкова, В.Т. Комов. Холинэстераза нервных ганглиев и водный обмен у <i>Limnaea stagnalis</i> при интоксикации хлорофосом	49
Н.Ф. Силкин. Сезонные изменения белков сыворотки крови синца	51
Г.Ф. Костарев. Гипермиксоболиоз рыб камских водохранилищ и изменчивость спор у <i>Myxobolus mülleri</i> Bütschli, 1882	54
В.П. Курдин. Донные отложения Новинкинского, Белоусовско- го и Вытегорского водохранилищ	57
Д.Г. Воденичаров, Т.Г. Атавина, Д.И. Стом. Остановка движения зооспор как критерий токсичного дейст- вия фенольных соединений	61
М.М. Сметанин, Т.Л. Сметанина. К оценке точно- сти константы роста рыб	64

Informations

Seminar on the problems of measurement and modelling the characteristics of lakes and reservoirs water masses (N.V. Butorin)	3
Conference on the problem of use and protection of natural resources of the Jaroslavl region (A.S. Strelnikov)	5

Articles

O.I. T i f e n b a c h. Morphological characteristics of microorganisms in the lake Sevan	7
G. N a s y r o v. Microbiological characteristics of the lake Ipkul	12
V.I. R o m a n e n k o, M.V. M e l n i k o v a, N.P. S m i r n o v, V.L. K o j a r a, E.S. B i k b u l a t o v. Quantity of bacteria and their activities in the underground springs by the banks of the rivers Surhob and Obyngou . .	16
V.M. K u d r j a v t s e v. Decomposition of algae by mould fungi and yeasts under experimental conditions	19
T.A. I e s h k o. Phytoplankton of the lake Pertose-ra in 1976	22
G.A. L u k i n a, T.F. M i k r j a k o v a. Influence of mineral feeding on growth of lesser duckweed	25
T.F. M i k r j a k o v a. Growth of lesser duckweed at different concentrations of copper	28
B.I. K o l u p a e v. Influence of synthetic surface-active materials on the system respirations intensity and the palpitation's frequency of Daphnia . .	31
V.M. V o l o d i n. Fecundity of mass species of fishes in the Rybinsk reservoir.4. Fecundity of silver bream	34
M.N. I v a n o v a, V.V. L a p k i n. Influence of temperature on vital activity and distribution of freshwater smelts in reservoir	37

	Page
A.N. K a s y a n o v. On morphological quality differences of roach spawning stock <i>Rutilus rutilus</i> (L.) in the Volga arm of the Rybinsk reservoir	41
G.A. V i n o g r a d o v, E.S. D a l l, V.T. K o m o v. Influence of ammonium salts and souring of environment on metabolic processes of freshwater animals. Communication I. Study of adaptation to pollution with ammonium	45
V.I. K o s l o v s k a j a, T.V. V o l k o v a, V.T. K o m o v. Cholinesterase of nerve ganglion and water metabolism in <i>Limnacea stagnalis</i> by chlorophosis intoxication	49
N.F. S i l k i n. Seasonal albumen changes of blood serum of blue bream	51
G.F. K o s t a r e v. Hypermyxobolus of Kama reservoirs fishes and change of spores in <i>Myxobolus milleri</i> Bütschli, 1882	54
V.P. K u r d i n. Bottom sediments of Novinkinsky, Belousovsky and Vytegorsky reservoirs	57
D.G. V o d e n i t c h a r o v, T.G. A t a v i n a, D.I. S t o m. Stop of the zoospores movement as criterion of toxic action of phenol combination	61
M.M. S m e t a n i n, T.L. S m e t a n i n a. To estimation of constant exactness of fish growth..	64

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень № 55

Утверждено к печати

Институтом биологии внутренних вод
Академии наук СССР

Редактор издательства Ю.И. Галкин
Технический редактор В.В. Шиханова
Корректор О.М. Бобылева

ИБ № 20267

Подписано к печати 11.05.82. М-26458. Формат 60х90 1/16. Бумага
офсетная № 1. Печать офсетная. Печ. л. 4.5. Усл. печ. л. 4.50. Усл. кр.-
отт. 4.75. Уч.-изд. л. 4.58. Тираж 1050. Изд. № 8269. Тип. зак. 1422.
Цена 70 к.

Издательство „Наука“. Ленинградское отделение
199164, Ленинград, В-164, Менделеевская лин., 1

Ордена Трудового Красного Знамени Первая типография издательства „Наука“
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12