

ISSN 0320—9652

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

56

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

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 56



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

N 56

УДК 577.472(28)

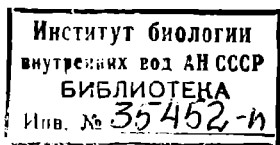
Бюллетень содержит информации о трех важных совещаниях. Наибольшее число статей посвящено работам ихтиологического профиля. Описаны результаты бактериологических и зоологических исследований. Есть работы по фитопланктону, высшей водной растительности и физиологии животных. Описаны новые приборы, предложенные для проведения гидробиологических работ.

Выпуск рассчитан на широкий круг гидробиологов, зоологов, гидрохимиков, гидрологов.

Г л а в н ы й р е д а к т о р А.В. МОНАКОВ

О т в е т с т в е н н ы й р е д а к т о р Б.А. СКОПИНЦЕВ

Р е ц е н з е н т ы: А.Ф. ВОЛКОВ, О.А. ПОПОВА



Б 2001050100-596 709-92, кн.2
055(02)-82

© Издательство „Наука“, 1982 г.

СЕССИЯ НАУЧНОГО СОВЕТА АКАДЕМИИ НАУК СССР ПО ПРОБЛЕМАМ БИОСФЕРЫ

На базе Института биологии внутренних вод АН СССР с 8 по 12 июня 1981 г. проведено заседание сессии Научного совета АН СССР по проблемам биосферы, посвященное Всемирному дню охраны окружающей среды. Основная тема сессии – проблема защиты биосферы в районах интенсивной мелиорации. Важность и значение этой проблемы в свете решений XXVI съезда КПСС очевидны. В „Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981–1985 годы и на период до 1990 года” записано: „Обеспечить дальнейшее развитие мелиорации земель. Ввести в эксплуатацию за счет государственных капитальных вложений 3,4–3,6 млн. гектаров орошаемых и 3,7–3,9 млн. гектаров осушенных земель, обводнить в пустынных, полупустынных и горных районах 26–28 млн. гектаров пастбищ” (Материалы XXVI съезда КПСС, 1981, с.167).

Осуществляемая во многих природных регионах страны в широких масштабах мелиорация болот и заболоченных земель приводит к перестройке экологических систем. Изменению подвергаются обширные районы, в которых нарушаются исторически сложившиеся функциональные связи экологических и биологических компонентов окружающей среды. Несмотря на значительные достижения в области научного обоснования рационального использования природных ресурсов и охраны природы в районах мелиорации и орошения земель, некоторые вопросы этой проблемы требуют дальнейшего изучения.

Заместитель председателя Научного совета Академии наук СССР по проблемам биосферы акад. И.П. Гересимов в своем выступлении при открытии сессии отметил огромное значение науки в решении этих вопросов. Он подчеркнул важность проблемы и предложил сосредоточить внимание на обсуждении трех основных вопросов: влияние Верхневолжских водохранилищ на природные ресурсы и их использование, мелиорация Украинского и Белорусского Полесья и переброска части стока северных рек в южные районы страны.

Первая из них связана с изучением и наиболее эффективным комплексным использованием водохранилищ в народном хозяйстве, вторая – с обобщением опыта мелиорации земель Белорусского и Украинского Полесья и изучением влияния мелиорации на природную среду, третья – с рассмотрением возможных изменений природных условий в районах межзонального перераспределения водных ресурсов на европейской части территории страны.

Проведение сессии на территории Ярославской обл., входящей в состав Нечерноземья, в Институте биологии внутренних вод АН СССР, расположенном на берегу Рыбинского водохранилища, т.е. одного из крупнейших в стране, не случайно и имеет принципиальное значение для предстоящего выполнения значительного объема мелиоративных работ в Нечерноземной зоне. В связи с этим обстоятельством обсуждаемый на сессии круг вопросов вызвал повышенный интерес партийных и советских органов Ярославской области.

На сессии выступил член ЦК КПСС, первый секретарь Ярославского обкома КПСС Ф.И. Лошенко. В своем выступлении он отметил, что в результате создания Рыбинского, Угличского и Горьковского водохранилищ на значительных площадях прибрежной зоны Волги и ее притоков произошло повышение грунтовых вод. Это отрицательно сказалось на мелиоративном состоянии земель, особенно в Масловской зоне, и привело к заметным изменениям в растительном и животном мире. Возникла необходимость разработки генеральной схемы использования и охраны природных ресурсов Ярославского Поволжья.

В работе сессии приняли участие ученые Москвы, Ленинграда, Киева, Минска и других городов страны; они заслушали и обсудили 14 докладов по тематике сессии.

Участники сессии отметили необходимость учета опыта проведения крупномасштабных мелиоративных работ в Полесье для обоснования рационального природопользования и разработки мероприятий по охране окружающей среды, целесообразность расширения комплексных научных исследований и составление целевой программы по проблеме Полесской низменности. Программой должны предусматриваться разработка научной концепции мелиорации земель, изучение влияния мелиорации на природную среду, развитие работ по долгосрочным географическим прогнозам изменений природной среды. Особой заботы заслуживает разработка проблем физико-географического и социально-экономического обоснования целесообразности проведения осушительных и осушительно-увлажнительных мелиораций в ландшафтах типа Белорусского и Украинского Полесья, Мещерской низменности и им подобных.

В ходе работы сессии большое внимание обращалось на необходимость создания в районах широкомасштабной мелиорации биосферных заповедников, национальных парков и заказников, а также создания Красной книги ландшафтов и ценных в природоохранном значении экосистем.

Актуальность географических прогнозов четко прослеживается и при решении вопросов, связанных с межзональной переброской стока, последствия влияния которой на изменение природных условий должны рассматриваться в тесной связи с воздействием других антропогенных факторов и в первую очередь с проведением осушительно-увлажнительных мелиораций.

Н. В. Б у т о р и н

СИМПОЗИУМ „ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ“

В Институте биологии внутренних вод АН СССР 15–17 апреля 1981 г. проходил симпозиум „Теоретические основы биотестирования“, организованный Комиссией по водной токсикологии Научного совета АН СССР по проблеме гидробиологии, ихтиологии и использования биологических ресурсов водоемов и ИБВВ АН СССР. В нем приняли участие 72 человека, представлявшие 21 организацию. Заслушано 19 докладов.

Принципы биотестирования, основные задачи, терминология, ограничения и перспективы развития рассматривались в докладах Н.С. Строганова с соавторами (МГУ), Л.А. Лесникова (ГосНИОРХ) и Б.А. Флерова (ИБВВ АН СССР). Докладчики отметили, что в настоящее время назрела необходимость широкого внедрения приемов биотестирования в практику оценки качества природных и сточных вод, поскольку даже самые современные химические анализы не дают полных и достаточных с практической точки зрения данных. Их дополнение интегральными показателями токсичности, которые могут быть достигнуты путем применения биотестирования, позволит значительно расширить наши знания о характере влияния загрязняющих веществ на водоемы. Основой биотестирования являются теоретические разработки в области водной токсикологии. Следует различать биоиндикацию, базирующуюся на использовании природных популяций и биоценозов, и биотестирование, в основе которого лежит эксперимент. Для контроля природных и сточных вод должны применяться оба метода исследования.

В.И. Лукьяненко (ИБВВ АН СССР) в докладе „Биохимические основы биотестирования“ подчеркнул необходимость более широкого применения различных биохимических методов для целей биотестирования. О роли энзимоиндикации в системе биомониторинга загрязненных вод говорилось в докладе А.М. Никанорова, П.В. Короленко (Гидрохимический институт, Ростов-на-Дону). Вопросы биотестирования сельскохозяйственных сточных вод и пестицидов излагались в докладах Г.В. Поповой с соавторами (ВНИИприрода, ВНИИриса) и И.В. Помазовской, Л.В. Дубровиной (Отдел водных проблем Карельского филиала АН СССР). Авторы отметили, что наряду с определением остаточных количеств пестицидов в гидробионтах необходимо параллельно выявлять биологически вредные последствия, причиняемые токсикантами.

В докладе П.И. Побегайло и Т.Г. Новосадовой (ВНИИВОДГЕО) продемонстрирована успешность применения биотестов на дафниях для оперативного контроля качества очищаемых и сбрасываемых сточных вод, а в сообщении А.Н. Крайнюковой с соавторами (ВНИИВО) показана возможность использования различных инструментальных методов биотестирования для контроля сточных вод. Ю.А. Шербаков и С.Г. Котляр (Саратовское отделение ГосНИОРХ) подчеркнули роль биоиндикации в оценке степени загрязненности водоемов при натурных исследованиях и лабораторном моделировании.

В докладе К.С.Бурдина (МГУ) говорилось о месте биотестирования в системе биологического мониторинга, А.И.Путинцев (МГУ) сделал обзор подготовленных к симпозиуму материалов по методическим вопросам биотестирования. Л.П.Брагинским (Институт гидробиологии АН УССР) были представлены результаты апробации биотестов, проведенной по заданию ГКНТ СМ СССР воднотоксикологическими лабораториями СССР. Участники симпозиума одобрили итоги этой работы, однако признали, что процедуру дальнейшей апробации биотестов следует совершенствовать и применять только точно описанные методики.

После каждого доклада проходило его обсуждение, а в последний день симпозиума состоялась общая дискуссия. В целом, по общему мнению участников, симпозиум достиг своей цели – обсуждены теоретические основы биотестирования и определены возможности его применения (постоянный контроль за качеством общих сточных вод и стоков отдельных цехов предприятий, контроль за степенью очистки сточных вод, контроль за качеством среды природных водных объектов).

Участники симпозиума приняли решение, направленное на развитие работ по биотестированию. Рекомендовано расширение числа тест-организмов и процедур для массового применения в лабораториях, усиление физиолого-биохимических исследований с целью разработки новых биотестов. В решении нашли отражение и конкретные задачи: разработка инструментальных методов биотестирования сточных вод с целью создания автоматизированных средств биологического контроля качества воды (ВНИИВО), ускорение внедрения в практику методики на дафниях (ГКНТ СМ СССР), составление методического руководства по биотестированию на рыбах (ИБВВ АН СССР).

Материалы симпозиума будут опубликованы.

Б.А. Ф л е р о в

І СЕМИНАР СПЕЦИАЛИСТОВ, ИЗУЧАЮЩИХ ХИРОНОМИД (Diptera, Chironomidae)

В Институте биологии внутренних вод АН СССР 24-26 февраля 1981 г. состоялся семинар специалистов, изучающих хирономид. Семинар был организован оргкомитетом и лабораторией биологии и систематики водных организмов института в соответствии с решением дирекции ИБВВ АН СССР и ВГБО. В состав оргкомитета входили А.И.Шилова (председатель), Н.И.Зеленцов, Т.Н.Куражковская (ИБВВ АН СССР), Н.Ю.Соколова (МГУ, Москва) и Э.А.Ербаева (Иркутский университет). В работе семинара участвовало более 50 специалистов различного профиля: гидробиологи, энтомологи, зоологи, физиологи, биохимики и цитологи из 34 научных учреждений и ВУЗов СССР.

В задачи семинара входило ознакомление специалистов с современными аспектами изучения хирономид, информация об изучении хирономид в различных учреждениях СССР, подведение итогов комплексного исследования *Chironomus plumosus* по проекту 86 „Вид и его продуктивность в ареале“ и составление проекта мониторинга в соответствии с тем, что этот вид зарегистрирован в программе ЮНЕСКО „Человек и биосфера“ как обязательный для всестороннего и непрерывного исследования в различных точках ареала и выяснения влияния на него антропогенных факторов.

На семинаре было заслушано 8 пленарных докладов и около 30 кратких сообщений. С основными направлениями современного изучения хирономид собравшихся ознакомила А.И.Шилова. С 1974 по 1980 г. опубликовано около 1200 работ по различным аспектам изучения хирономид. Почти половина публикаций посвящена биологии и экологии хирономид: распределению, сезонной динамике, особенностям роста, развития, поведения, фенологии, продукции, составу пищи, избирательности, пищевым связям и способам питания, вопросам влияния на фауну хирономид различных антропогенных факторов (подогретых и сточных вод, зарегулирования стока, осолонения).

Около 100 работ содержат сведения о фауне и зоогеографии хирономид. По систематике и морфологии опубликовано 240 работ, среди них много новых определителей различных групп хирономид. Физиологические и биохимические исследования хирономид немногочисленны: около 40 публикаций. Помимо общеизвестных работ по обмену, особый интерес представляют исследования полиморфизма гемоглобина *Chironomus* и диагностика видов этого рода по электрофорезу энзимов.

Чрезвычайно успешно развивается новое направление в хирономидологии: функциональная морфология, генетика и биохимия клетки. Проводятся исследования кариотипов различных таксонов: всего семейства, подсемейства или рода, либо тщательное и всестороннее изучение особенностей кариотипа одного вида - *Chironomus plumosus* в различных точках ареала в зависимости от сезона и в процессе онтогенеза.

В Институте цитологии СО АН СССР мотыль *Ch. thummi* используется как лабораторный объект для решения специальных генетических вопросов.

Более 100 работ посвящено болезням хирономид: паразитированию мермитид и водяных клещей, вирусным и грибковым заболеваниям, влиянию различных токсических веществ на личинки хирономид.

Велика роль хирономид в природе. Общеизвестно их значение в питании рыб, водных беспозвоночных и воздушных насекомых. В этом плане появилось много новых работ в нашей стране и за рубежом. Особый интерес представляют публикации о хирономидах, паразитирующих на насекомых и рыбах, вредящих культурным полуводным растениям (рис, кресс) и участвующих в процессах деградации органического вещества, о хирономидах как индикаторах эвтрофирования и загрязнения различного типа, а также как био-

логической помехе в системе водоснабжения и в зонах отдыха туристов.

На пленарном заседании были заслушаны доклады В.Я. Панкратовой „К вопросу об эволюции хирономид“, Н.И. Зеленцова „Систематика и биология ортокладиин рода *Psectrocladius* K.“, Н.Б. Ильиной „Зимовка и диапауза личинок *Chironomus plumosus* L.“, Ф.Л. Максимовой „Структурная организация полигенных хромосом личинок природных популяций *Ch. plumosus* в связи с полиморфизмом вида“, Н.Д. Тагуновой „Хирономиды, указатель отечественной и зарубежной литературы 1974–1979 гг.“.

Краткие сообщения были посвящены цитогенетике и кариосистематике, биологии развития, распределению, сезонной динамике, фауне и систематике хирономид.

Особо следует отметить выступление И.И. Кикнадзе (Институт цитологии СО АН СССР, Новосибирск), посвященное молекулярно-генетическим исследованиям полигенных хромосом слюнных желез *Chironomus thummi*. Детальное изучение структуры хромосом и специальные методики позволили перейти к определению функционального значения отдельных дисков и созданию библиотеки генов этого вида.

Н.Ю. Соколова информировала участников семинара о комплексном исследовании *Chironomus plumosus* в различных точках ареала, результатом которого явилось написание коллективом авторов монографии, посвященной систематике, морфологии, экологии и продукции этого вида.

Исследования по мотылю будут продолжаться по проекту 86, включенному в программу ЮНЕСКО „Человек и биосфера“. Тема по *Chironomus plumosus* зарегистрирована под № 773 в Международном справочнике МАБ (Париж, 1979). Был зачитан список лиц, согласившихся принять участие в программе непрерывных исследований вида, и намечены ответственные за различные разделы темы. В их обязанности входят координация работ, унификация методик исследования хирономид с целью постепенного внедрения общей системы сбора первичного материала и дальнейшей передачи его в информационные банки.

В решении было принято предложение о целесообразности проведения семинара раз в три года и просьба к дирекции ИБВВ АН СССР разрешить впредь проведение этого семинара в пос. Борок, оставив прежним состав оргкомитета.

Участники семинара выразили благодарность дирекции ИБВВ АН СССР, оргкомитету и лаборатории биологии и систематики водных организмов за организацию семинара.

А.И. Ш и л о в а

УДК 576.8

А. В. И в а т и н

ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Изучение микробиологического режима Куйбышевского водохранилища проводится на протяжении многих лет [1]. В 1977 г. задача исследований заключалась в том, чтобы установить изменение численности и биомассы бактериопланктона и его распределение по акватории. Полевые работы проводились на 13 станциях один раз в месяц с мая по октябрь.

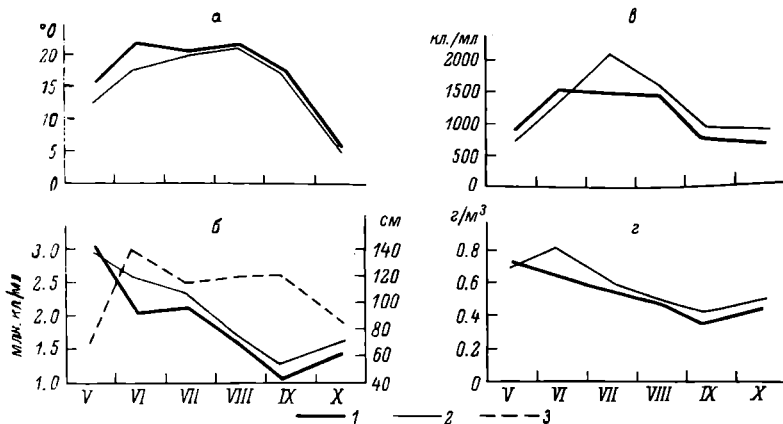
Отбор и обработку проб производили общепринятыми методами [3]. Прямой подсчет бактерий осуществляли при увеличении 1575х. Сапрофитную микрофлору учитывали на МПА в чашках Петри.

Интенсивное прогревание водохранилища и слабое ветровое перемешивание водной толщи в мае-июне обусловили появление температурной стратификации, особенно на глубоководных станциях предплотинных плесов. Разность температур между поверхностными и придонными горизонтами в отдельных случаях достигала 10.7°C.

Численность бактериопланктона в мае-октябре колебалась в пределах 0.15-6.19 млн.кл./мл. Самое высокое содержание бактерий наблюдалось во время весеннего половодья (май), когда значительное их количество поступало в водоем вместе с мутными тальными водами. Весенний пик совпадал с наиболее низкой прозрачностью воды (см. рисунок, б). В последующие месяцы общая численность бактерий снижалась и в сентябре достигала минимального значения - 1.17 млн.кл./мл. В октябре отмечался еще один пик, но он был незначительным и связан, по-видимому, со взмучиванием донных отложений в штормовую погоду, что согласуется с уменьшением прозрачности воды.

От общей численности бактериопланктона на сапрофитную микрофлору приходилось 0.005-0.967% клеток. В целом по водохранилищу в разные месяцы сапрофиты составили 0.020-0.090% от общей численности бактерий, что является свидетельством удовлетворительного качества воды [2]. Много сапрофитных бактерий обнаруживалось летом, особенно в придонных горизонтах воды (см. рисунок, в). При благоприятном температурном режиме интенсивно развивались водоросли; их выделения, а также органическое вещество отмерших остатков, очевидно, способствовали развитию бактерий.

Преобладающими формами клеток в бактериопланктоне были кокки, на долю которых приходилось 60-75%. Остальную часть составляли преимущественно палочковидные бактерии.



Изменение температуры воды, прозрачности, численности и биомассы бактерий в Куйбышевском водохранилище в течение вегетационного периода 1977 г.

По оси абсцисс — месяцы; по оси ординат: а — температура воды, б — слева — общая численность бактериопланктона, справа — прозрачность воды по диску Секки, в — численность сапрофитных бактерий, г — биомасса бактериопланктона. 1 — поверхностный, 2 — придонный горизонт воды, 3 — прозрачность.

В течение вегетационного периода средние размеры микробных клеток изменялись от 0,24 до 0,35 мкм³. Приняв удельную массу бактериопланктона за единицу, мы рассчитали его общую биомассу. В различных частях водохранилища она равнялась 0,05–1,51 г/м³. Сезонное изменение биомассы бактерий (см. рисунок, г) в общих чертах совпадает с аналогичными изменениями их численности. Незначительные отклонения в сезонной динамике численности и биомассы связаны с колебаниями средних размеров микробных клеток.

Микробиологическая характеристика отдельных плесов водохранилища по среднесезонным данным за май–октябрь и сведения о прозрачности воды даны в таблице. Особенно низкая прозрачность отмечена в зоне выклинивания подпора вод, а по мере продвижения вниз по течению в плесах, примыкающих к плотине, она увеличивается. Численность и биомасса бактериопланктона при этом, как правило, снижаются. В отличие от предыдущих лет [1] изменение численности сапрофитной микрофлоры по длине водохранилища в 1977 г. было несколько иным. От верхних плесов к средним содержание сапрофитов в воде снижалось, а в нижних (Новодевиченском и Приплотинном) снова повышалось, в то время как раньше достигало здесь самых низких значений. Процентное соотношение сапрофитов и общего числа бактерий изменялось так же. В Волжском плесе количество сапрофитной микрофлоры за все время наблюдений

Среднесезонная численность и биомасса бактериопланктона
в различных плесах водохранилища

Плес	Прозрач- ность во- ды, см	Число бактерий			Биомасса бактерий	
		общее, млн. кл./мл	сапрофи- ты, кл./мл	сапрофи- ты от об- щего чи- сла, %	г/м ³	кДж/м ²
Волжский	80	2.17	2060	0.095	0.63	22.9
Волго-Камский	75	2.33	1000	0.043	0.68	28.7
Тетюшский	100	2.28	900	0.039	0.66	23.9
Ундорский	100	2.04	750	0.037	0.59	21.4
Ульяновский	120	1.82	900	0.049	0.53	20.8
Черемшанский залив	125	1.43	700	0.049	0.41	12.9
Новодевиченский	140	1.63	1100	0.067	0.47	17.2
Приплотинный	160	1.58	1000	0.063	0.46	16.9

в среднем равнялось 2060 кл./мл, или 0.095% от общей численности.

В остальных участках водохранилища численность сапрофитов была

в среднем равнялось 2060 кл./мл, или 0.095% от общей численности. В остальных участках водохранилища численность сапрофитов была меньше. За вегетационный период численность бактериопланктона в среднем по водоему составила около 2 млн. кл./мл, биомасса – 0.58 г/м³, или 21.14 кДж/м². Приняв Р/В-коэффициент равным 83 [1], мы ориентировочно рассчитали продукцию бактериопланктона и получили 210 тыс. т углерода на все водохранилище, или 41 гС/м² (при объеме воды 44 км³ и площади водохранилища 5067 км²).

Таким образом, численность микроорганизмов в Куйбышевском водохранилище в среднем равна 2 млн. кл./мл, биомасса – 0.58 г/м³. Сезонная динамика и распределение бактериопланктона по акватории существенно не отличались от аналогичных данных за прошлые годы. Повышенное содержание сапрофитной микрофлоры (700–2060 кл./мл) наблюдалось по всей акватории водохранилища, особенно в верхних и нижних участках.

Л и т е р а т у р а

1. И в а т и н А.В. Микробиологические процессы продуцирования и деструкции органического вещества в Куйбышевском водохранилище. Автореф. канд. дис. Алма-Ата, 1979. 21 с.
2. Р о м а н е н к о В.И. Микрофлора Волги и некоторых водоемов ее бассейна. – В кн.: Материалы Первой конференции по изучению водоемов бассейна Волги. Куйбышев, 1971, с.89–94.
3. Р о м а н е н к о В.И., К у з н е ц о в С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974. 194 с.

Куйбышевская станция Института
биологии внутренних вод АН СССР

В.М. Кудрявцев, Е.Ю. Безгодова

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИЙ И ИХ ЧИСЛЕННОСТЬ
НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕБЛЕЙ МАКРОФИТОВ

При учете количества бактерий и их распределения в воде и иловых отложениях широко используется метод прямого подсчета. Применение этого метода для определения численности бактерий в обрастаниях микрофитов сопряжено с рядом методических трудностей. Поэтому большинство данных о количестве бактерий на поверхности растений получено методом посева в чашки Петри на МПА [1-3]. Известно, что многие бактерии не растут на стандартных средах [5]. Вследствие этого методом посева на МПА нельзя учесть всю перифитонную микрофлору. Большинство исследователей [1-3] производили их учет после смыва обрастаний с поверхности макрофитов. При этом прикрепленные формы бактерий не смываются и результаты оказываются несколько заниженными. В связи с вышеуказанным нами сделана попытка применить метод прямого учета бактерий в обрастаниях, отделенных с поверхности макрофитов способом смыва и соскоба.

Растения отбирали в июле 1979 г. из небольших обособленных зарослей прибрежья Рыбинского водохранилища. Были обследованы камыш озерный, горец земноводный и кувшинка чистобелая. С подводной части стебля растений вырезали участки длиной 5-7 см в следующем порядке: ниже уреза воды, в средней части стебля и выше корневой системы. Отделение биомассы обрастаний с поверхности растений производили асептически способом соскоба и смыва. Соскобленную часть обрастания в количестве 50 мг переносили в колбы емкостью 50 мл со стерильной водой и тщательно размешивали. Смывание обрастаний с поверхности растений производили путем интенсивного взбалтывания стебля макрофитов со стерильной водой. После осаждения крупных частиц отбирали по 1 мл суспензии и профильтровывали через фильтр фирмы „Сыпор“ с диаметром пор 0.3-0.5 мкм, на котором подсчитывали бактерии [4]. Сапрофиты учитывали по количеству колоний, выросших на РПА. Активность эпифитных бактерий определяли по гетеротрофной ассимиляции CO_2 . Для этого в склянки с водой из зарослей соответствующих растений вносили 50 мг соскобленной слизи и 1 мл раствора $\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3$ активностью 1.4×10^6 имп./мин. А в склянки с суспензией смыва с поверхности растений было внесено такое же количество изотопа с той же активностью. После экспозиции в темноте в течение 1 сут при той же температуре воды, что и в водоеме, пробы фильтровали через мембранный фильтр № 3. Радиоактивность бактерий на фильтрах подсчитывали под торцовым счетчиком Гейгера-Мюллера. Количество ассимилированного бактериями углерода углекислоты рассчитывали по известной формуле Стимана-Нильсена:

$$C\alpha = \frac{r \cdot C_k}{R},$$

где r – радиоактивность бактерий в расчете на всю склянку, имп./мин; C_k – содержание углерода гидрокарбонатов, мг/л; R – радиоактивность внесенного в склянку изотопа, имп./мин. Контролем служила чистая вода из зарослей макрофитов. Продукцию бактериальной биомассы определяли по гетеротрофной ассимиляции CO_2 [6]. Расчет производили на 1 см^2 поверхности стебля. Параллельно в зарослях определяли плотность зарастания, температуру воды, pH и содержание кислорода.

Плотность зарастания была максимальной у камыша (в среднем 130 экз./м^2), наименьшей – у горца (30 экз./м^2) и у кувшино: (45 экз./м^2).

Температура воды в течение июля в зарослях макрофитов колебалась от $18,8$ до $20,5^\circ\text{C}$, pH воды практически не изменялся и был равен $8,0$, содержание кислорода – $7,22\text{--}8,13\text{ мг/л}$; в открытой части температура воды в этом же месяце была 17°C и содержание кислорода – $7,0\text{ мг/л}$.

Благоприятный температурный режим и наличие доступного органического вещества в зарослях и на поверхности макрофитов положительно влияют на развитие микроорганизмов, и количество бактерий здесь в $1,5$ раза больше, чем в открытой части, т.е. более $3,0\text{ млн.кл./мл}$. Содержание сапрофитов, растущих на РПА, колебалось в пределах от $0,17$ до $0,24\text{ тыс.кл./мл}$. Гетеротрофная ассимиляция CO_2 изменялась от $3,1$ до $4,5\text{ мкгC/(л·сут)}$, продукция бактериальной биомассы – от $52,3$ до $75,9\text{ мкгC/(л·сут)}$. В среднем величины гетеротрофной ассимиляции CO_2 и продукции бактериальной биомассы в воде зарослей макрофитов в $1,5$ раза выше, чем в открытой части водоема.

Экологические условия в зарослях макрофитов могут существенно влиять на развитие биоценозов обрастаний: водорослей, простейших и других организмов. Значительную долю в них составляют микроорганизмы. Количество их может варьировать в широких пределах – от сотен тысяч до нескольких миллионов клеток на 1 см^2 поверхности растений. Как отмечают Хоссел и Бэйкер [7], плотность эпифитных бактерий зависит от физической природы поверхности макрофитов, количества питательных веществ, поедания хищниками и выделения веществ, стимулирующих или ингибирующих развитие этих бактерий.

Наши наблюдения показывают (см. таблицу), что максимальная численность бактерий была в обрастаниях горца в среднем в $1,5$ раза больше, чем на стеблях кувшинки и камыша. Число бактерий на стеблях камыша убывало по направлению от уреза воды к низележащим горизонтам, а на стеблях кувшинки – наоборот. На поверхности горца численность бактерий была максимальной в средней части стебля, а в верхней и нижней его частях она была почти одинаковой.

Численность бактерий (тыс. кл./см²) и гетеротрофная ассимиляция и продукция (мкгС/см²) бактериальной биомассы в обростах макрорифтов

Растения	Стебель, см	Вес сос- коблен- ной сли- зи, мг/см ²	Соскоб				Смыв			
			число бактерий		асси- мля- ция	про- дукция	число бак- терий		ас- сими- ляция	про- дук- ция
			общее	сапро- фиты			об- щее	сапро- фиты		
Камыш озерный, <i>Scirpus lacustris</i>	0-10	1.19	592	2.5	0.53	8.8	354	0.7	0.20	3.3
	40-50	1.28	502	3.4	0.51	8.5	287	0.8	0.21	3.5
	70-80	0.43	184	0.3	0.21	3.5	233	0.1	0.15	2.5
	Среднее	0.96	426	2.1	0.42	6.9	291	0.5	0.18	3.1
	0-10	2.88	783	5.7	0.83	13.9	459	2.0	0.17	2.8
Гореч земноводный, <i>Polygonum amphibium</i>	40-50	9.00	1067	8.2	1.51	25.1	259	1.5	0.48	8.0
	70-80	2.50	806	5.5	1.08	18.0	359	1.4	0.32	5.3
	Среднее	4.79	885	6.4	1.14	19.0	359	1.6	0.32	5.3
	0-10	0.98	373	0.6	0.52	8.6	199	0.3	0.20	3.3
	50-60	1.98	672	4.0	0.62	10.3	226	0.8	0.29	4.8
Кувшинка чистобелая, <i>Nymphaea candida</i>	100-120	2.60	714	4.3	0.78	13.0	191	0.2	0.24	4.0
	Среднее	1.85	586	2.9	0.61	10.6	205	0.4	0.24	4.0

Результаты количественного учета в значительной мере зависят от способа отделения обрастаний с поверхности растений. При соскобе снимается большинство бактерий. При смыве многие из них, вероятно, остаются на поверхности растений в прикрепленном виде. Например, численность бактерий на поверхности камыша, определенная при смыве, в 1.7 раза меньше, чем при соскобе. В обрастаниях горца и кувшинки эта разница соответственно равнялась 1.8 и 4.1. Содержание сапрофитов, растущих на РПА, составляло 0.2–0.7% от общего числа бактерий. Распределение сапрофитов на поверхности стеблей растений идентично общему количеству бактерий, учтенному методом прямого счета.

Величины гетеротрофной ассимиляции CO_2 бактериями изменялись в пределах от 0.15 до 1.5 $\text{мкгC}/(\text{см}^2 \cdot \text{сут})$. В обрастаниях горца они были значительно выше, чем камыша и кувшинки. В смыве обрастаний величины ассимиляции CO_2 бактериями были в 2.5–3.5 раза ниже, чем в соскобе.

В литературе почти нет данных о продукции бактерий в обрастаниях макрофитов. В связи с этим нами была сделана попытка определить с некоторым приближением продукцию бактериальной биомассы, исходя из величин гетеротрофной ассимиляции CO_2 . В средней части стебля горца продукция бактериальной биомассы равнялась 25.1 $\text{мкгC}/(\text{д} \cdot \text{сут})$. Максимальные величины наблюдали на стеблях горца, минимальные – камыша. Характер изменения продукции бактериальной биомассы на поверхности стеблей растений хорошо совпадает с распределением общей численности. Продукция бактериальной биомассы в обрастаниях, определенная при соскобе, в 2.0–3.5 раза выше, чем при смыве.

Таким образом, общая численность бактерий, количество сапрофитов, растущих на РПА, гетеротрофная ассимиляция CO_2 и продукция бактериальной биомассы в воде зарослей водных растений были в среднем в 1.5 раза выше, чем в открытой части водоема.

Благоприятные экологические условия в зарослях макрофитов стимулируют развитие биоценозов в обрастаниях. Значительную долю в них составляют бактерии, численность которых колебалась от сотен до нескольких миллионов клеток на 1 см^2 . В распределении бактерий на поверхности отдельных видов макрофитов установлена определенная закономерность. В смыве обрастаний по сравнению с соскобом получены заниженные результаты: общая численность бактерий в 1.5–2.8 раза, количество сапрофитов в 4–7, гетеротрофная ассимиляция CO_2 и продукция бактериальной биомассы в 2.3–3.5 раза.

Л и т е р а т у р а

1. Антипчук А.Ф. О количестве гетеротрофных бактерий на некоторых высших растениях в карповых прудах. – Гидробиол. журн., 1979, т.10, № 1, с.63–64.

2. К р а ш е н и н н и к о в а С.А. Микробиологические процессы распада водной растительности в литорали Рыбинского водохранилища. – Бюл. Ин-та биол. водохр., 1958, № 2, с.3–6.
3. М а р г о л и н а Г.Л., К у к л и н В.В. Микробиологические процессы в зарослях высших водных растений Рыбинского водохранилища. – В кн.: Гидробиологический режим прибрежных мелководий Верхневолжских водохранилищ. Ярославль, 1976, с.74–83.
4. Р а з у м о в А.С. Прямой метод учета бактерий в воде. Сравнение с методом Коха. – Микробиология, 1932, т.1, вып.2, с.131–146.
5. Р о м а н е н к о В.И., Н и к и ф о р о в а Е.П. Среда для культивирования олигокарбофильных водных бактерий. – В кн.: Биологическое самоочищение и формирование качества воды. М., 1975, с.75–77.
6. Р о м а н е н к о В.И., К у з н е ц о в С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Лабораторное руководство. Л., 1974. 194 с.
7. Н o s s e l J.C., B a k e r J.H. A note on the enumeration of epiphytic bacteria by microscopic method with particular reference to two freshwater plants. – J. Appl. Bacteriol., 1979, vol.46, p. 87–92.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 578.088.9 : 547.562.1 : 577.472(28)

Н.А.Л а п т е в а

СКОРОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ МИКРОФЛОРОЙ В ВОДЕ ОЗЕР РАЗНОГО ТИПА ТРОФИИ

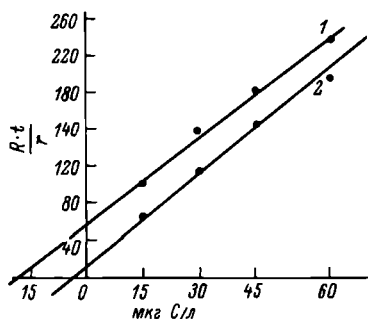
Большинство водных микроорганизмов активно размножается при очень низких концентрациях органического вещества (порядка 1 мгС/л); для определения скорости его усвоения широко используется радиоуглеродный метод, разработанный Райтом и Хобби [3, 5]. Большинство работ выполнено с глюкозой, меченой по углероду, которую вносят в низких концентрациях в пробу воды, и после определенного периода инкубации определяют радиоактивность бактериопланктона [1, 2, 4].

Материалы были собраны с 15 июня по 15 июля 1975 г. на 6 озерах ЛатвССР, различающихся по трофии, температурному и кислородному режимам.

Пробы отбирали в зарослях высшей водной растительности, в центре на разных глубинах водной толщи. Их разливали по 30 мл в склянки объемом 50 мл, сюда же вносили глюкозу, меченую по

Определение запасов глюкозы в пробах воды из зон эпилимниона (1) и гипolimниона (2) хтониоолиготрофного оз. Заболотнику.

По оси абсцисс - количество вещества, внесенного в воду во время анализа; по оси ординат - величина $\frac{R \cdot t}{r}$. (Пояснения см. в тексте, с. 17).



углероду в количестве 15, 30, 45, 60 мкгС/л в двойной повторности. Пробы инкубировали на той глубине, с которой брали воду. При температуре воды 15–20°C пробы выдерживали 1 ч, ниже 15°C – 2 ч. Затем их фиксировали формалином, фильтровали через мембранный фильтр № 3, промывали 10 мл озерной воды и определяли радиоактивность микроорганизмов на фильтре под торцовым счетчиком Гейгера. В контрольных склянках фиксацию бактерий проводили тотчас же после внесения изотопа.

Расчеты запаса глюкозы в естественной воде (S) и время ее оборота (T), т.е. время, за которое происходит полное потребление субстрата в среде бактериями, производили графическим способом (см. рисунок). Прямая линия, соединяющая точки, полученные при разных концентрациях глюкозы, вносимой в пробы, отсекает отрезок оси абсцисс влево от ординаты, приблизительно равный естественному ее содержанию в воде, а отрезок на оси ординат соответствует времени оборота данного органического вещества.

Скорость потребления глюкозы микрофлорой рассчитывали по формуле:

$$V = \frac{r \cdot (S + A)}{R \cdot t},$$

где V – скорость потребления глюкозы, мкг/(л·ч); ($S + A$) – запас + количество глюкозы, внесенной в пробу воды, мкг/л; r – радиоактивность микроорганизмов на фильтре в конце опыта, имп./мин; t – время инкубирования проб, ч; R – радиоактивность препарата, внесенного в воду, имп./мин.

С наибольшей интенсивностью потребляют глюкозу микроорганизмы в зоне фотосинтеза евтрофного оз. Доткас – 1.7 мкгС/(л·ч) и мезотрофного оз. Вишню – 0.7–1.0 мкгС/(л·ч) (см. таблицу). Микрофлора олиготрофных озер в этой ландшафтной зоне ассимилировала ее в 3–30 раз медленнее; так, в озерах Дридзас и Бригенес глюкоза потреблялась со скоростью 0.05 и 0.09 мкгС/(л·ч) соответственно. Величина ассимиляции глюкозы в воде оз. Резнас колебалась от 0.22 до 0.6 мкгС/л, при этом в зарослях она была максимальной, а в оз. Заболотнику с повышенной цветностью воды (70°) соответствовала 0.34 мкгС/(л·ч).

Озеро	Тип озера по трофии	Глубина отбора проб, м	Температура, °C	Численность бактерий, млн. кл./мл	Скорость усвоения, мкгС/ (л.ч)	Время обора, ч	Природная концентрация глюкозы, мкгС/л
Доткас	Евтрофный	0.5	20.0	5.50	1.70	0	0
Вишкю: центр	Мезотрофный	0.5	21.0	0.45	0.70	40.0	27.5
заросли		—	18.0	0.80	1.00	12.5	12.5
Резнас: центр	Олиготрофный	0.5	19.0	0.50	0.22	23.5	5.0
у берега		0.5	16.0	0.60	0.6	120.5	73.5
заросли		0.5	20.0	0.80	0.39	80	35.0
Дридзас	"	0.5	18.0	1.00	0.050	0.0	0.0
		12.0	9.0	0.42	0.034	0.0	0.0
Бригенс	"	0.5	22.0	0.57	0.090	183	16.5
		8.0	13.0	0.35	0.060	250	15.0
		19.0	7.0	0.27	0.064	154	10.0
Заболотниеку	Хтониоолиготрофный	0.5	23.5	0.80	0.34	54.0	18.5
		5.0	11.0	0.80	0.12	80.5	10.0
		7.0	9.0	0.30	0.09	100.0	9.0
		14.0	7.0	0.41	0.28	10.0	2.7

Время оборота глюкозы варьировало от 0 до 180 ч и в основном зависело от скорости ее потребления и естественной концентрации, которая в прибрежной зоне оз.Резнас достигала 65 мкгС/л, тогда как в евтрофном оз.Доткас и олиготрофном оз.Дридзас Т приближается к 0.

В олиготрофных стратифицированных озерах потребление глюкозы по вертикали происходит с разной скоростью и соответствует неравномерному распределению бактерий. Величины ассимиляции глюкозы колебались в пределах 0,05-0,34 мкгС/(л·ч). При этом с наибольшей быстротой она усваивалась микрофлорой в поверхностном слое эпилимниона, где максимальное количество бактерий достигало 0,57-1,0 млн.кл./мл. Снижение скорости потребления глюкозы бактериями до 0,034-0,09 мкгС/(л·ч) происходило в слое резкого температурного скачка, что, по-видимому, связано с влиянием температуры на фотосинтез водорослей.

В зоне гипolimниона оз.Бригенес наблюдалось небольшое снижение величины ассимиляции глюкозы, а в оз.Заболотнирку - увеличение ее в 3 раза по сравнению с термоклином; соответственно возрастало и общее количество бактерий.

Высокую скорость потребления низких концентраций ряда органических соединений при максимальной численности микроорганизмов также наблюдали Морган и Кальф в Арктических озерах [4].

Подводя итоги, можно сказать, что чем озеро евтрофированнее, тем величина скорости потребления глюкозы выше. Это в свою очередь свидетельствует о высокой физиологической активности микрофлоры в воде данных водоемов.

Л и т е р а т у р а

1. Р о м а н е н к о В.И. Содержание и интенсивность потребления микроорганизмами метанола, ацетата и глюкозы в воде Рыбинского водохранилища зимой. - Информ. бюл. „Биол.внутр. вод“, 1978, № 39, с.6-8.
2. A l l e n H.L. Chemo-organotrophic utilization of dissolved organic compounds by planktic algal and bacteria in a pond. - Int. Rev. gesamt Hydrobiol., 1969, vol.54, p.1-33.
3. H o b b i e Y.E., W e b b K.L. Utilization of dissolved free aminoacids by estuarine microorganisms. - Ecology, 1974, vol.55, p.551-563.
4. M o r g a n Y.Y., K a l f f Y. Bacterial dynamics in high Arctic lakes. - Freshwater Biol., 1972, vol.2, p.217-228.
5. W r i g h t R.T., H o b b i e Y.E. The uptake of organic solutes in lake water. - Limnol. and Oceanogr., 1965, vol.10(1), p.22-28.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

Е.В.Лебедева

ВЫДЕЛЕНИЕ И КУЛЬТИВИРОВАНИЕ НИТРИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Нитрифицирующие бактерии относятся к группе микроорганизмов, выделение чистых культур которых сопряжено с известными трудностями.

Наиболее благоприятной для выделения аммонийоокисляющих бактерий является среда Сориано и Уокера [6]. Состав среды, г/л дистиллированной воды: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 0,5, KH_2PO_4 - 0,2,

$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,04, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,04, железо лимоннокислое - 0,0005, 1 мл 0,05%-ного раствора фенолового красного. Перед использованием pH среды устанавливают 5%-ным стерильным раствором NaHCO_3 до значений 7,5-7,8 и вносят 1 мл раствора микроэлементов по Пфеннигу и Липперту [5]. При развитии аммонийоокисляющих бактерий образуется азотистая кислота и присутствующий в среде индикатор изменяет окраску. Этой средой удобно пользоваться при массовых посевах, например, при выделении чистых культур или количественном учете аммонийоокисляющих бактерий. При использовании этой среды для культивирования бактерий нужно постоянно регулировать pH прибавлением 0,1%-ного стерильного раствора NaHCO_3 , так как подкисление среды оказывает неблагоприятное воздействие на нитрификаторов.

Для культивирования аммонийоокисляющих бактерий благоприятна среда Хармза [4]. Наличие в среде углекислого кальция обеспечивает постоянство pH, а адсорбция на нем бактерий способствует их длительному выживанию. Состав среды Хармза, г/л дистиллированной воды: NH_4Cl - 0,5, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,1, KH_2PO_4 - 0,02, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,01, CaCO_3 - 2,5. После стерилизации pH среды устанавливается 7,4-7,8. Перед использованием в среду вносят 1 мл раствора микроэлементов Пфеннига.

Состав раствора микроэлементов по Пфеннигу, г/л дистиллированной воды: трилон Б (этилендиаминтетрауксусная кислота) - 5, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 2, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,1, $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,03, H_3BO_4 - 0,3, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,2, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,01, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,02, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 0,03.

Для культивирования нитритоокисляющих бактерий благоприятна среда Ватсона и Вотербари [7]: NaNO_2 - 0,07, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,1, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,006, KH_2PO_4 - 0,02 г/л. Эти соли вносят в смесь водопроводной (700 мл) и дистиллированной (300 мл) воды. После стерилизации устанавливается значение pH среды около 7,5. Перед использованием в среду вносят 1 мл раствора микроэлементов по Пфеннигу.

О развитии аммонийокисляющих бактерий судят по образованию нитритов, а нитритокисляющих — по исчезновению нитритов.

Питательные среды для нитрификаторов обладают определенной селективностью, обеспечивая преимущественное развитие той или иной группы бактерий. Так, аммонийокисляющие бактерии *Nitrosospira*, *Nitrosomonas* и *Nitrosovibrio* хорошо растут на средах Сориано и Хармза, а *Nitrosolobus* — только на среде Хармза. На среде Ватсона развивается преимущественно *Nitrobacter*.

Для выделения нитрифицирующих бактерий в чистую культуру применяли метод разведений. При этом необходимо, чтобы выделяемая культура была активна и преобладала в культуре накопления. Нужно также иметь в виду, что использование среды, приготовленной на основе растворимых солей, обеспечивает более быстрое выделение бактерий, нежели на среде, содержащей твердую фазу. Для выделения нитрификаторов делают ряд десятикратных разведений из накопительной культуры. Учитывая повышенную потребность нитрификаторов в кислороде, в пробирки наливают по 4,5 мл соответствующей среды и вносят по 0,5 мл суспензии бактерий. Как показал опыт нашей работы, чистые культуры, как правило, получают в 7–8 разведениях, поэтому число пробирок с этими разведениями должно быть не менее 40. Время инкубирования аммонийокисляющих бактерий на средах Сориано и Хармза составляет 30–40 сут при 28°C. Нитритокисляющие бактерии нуждаются в продолжительной лаг-фазе, поэтому время их инкубирования составляет 120 сут. О развитии культур судят по образованию нитритов или нитратов, а при культивировании на среде Сориано также по изменению цвета индикатора.

Чистоту полученных культур проверяют по Рубан [1], Кларку и Шмидту [3]. Для этого осуществляют посевы на мясо-пептонный и картофельный агары, на разбавленный дистиллированной водой мясо-пептонный бульон (1:100), а также на среды следующего состава: а) дрожжевой экстракт — 0,3%, мясо-пептонный бульон — 0,8%, глюкоза — 1%; б) минеральная среда для нитрифицирующих бактерий, глюкоза — 0,1%, дрожжевой экстракт — 0,05%, гидролизат казеина — 0,05%. Кроме того, аммонийокисляющие бактерии высевают на среду для нитритокисляющих бактерий и наоборот. После 7–10 сут инкубирования посевы проверяют на присутствие посторонней микрофлоры, чистоту культур контролируют микроскопированием.

Количественный учет нитрифицирующих бактерий проводят, как правило, методом наиболее вероятного числа. Модификация этого метода приведена в статье Балсера и Шмидта [2]. Согласно этому методу, 10 г исследуемого образца помещают в цилиндр, куда наливают 95 мл деионизированной воды, закрывают резиновой пробкой и встряхивают в течение 3 мин. Десятикратные разведения полученной суспензии готовят на фосфатном буфере (концентрация 0,1 моль/л, pH 7,2). Для учета аммонийокисляющих бактерий используют среду Сориано, для нитритокисляющих — среду Ватсона. В пробирки наливают по 4,5 мл соответствующей среды и вносят 0,5 мл суспензии

бактерий в фосфатном буфере. Разведения делают не менее чем в трех повторностях. Результаты посевов обрабатывают по таблицам Мак-Крэди.

Л и т е р а т у р а

1. Р у б а н Е.Л. Физиология и биохимия нитрифицирующих микроорганизмов. М., 1961. 57 с.
2. B e l s e r L.W., S c h m i d t E.L. Diversity in the ammonia-oxidizing nitrifier population of a soil. - Appl. and Environ. Microbiol., 1978, vol.36, p.584-588.
3. C l a r k C., S c h m i d t E.L. Growth response of *Nitrosomonas europaea* to amino acids. - J. Bacteriol., 1967, vol.93, p.1302-1308.
4. H a r m s H., K o o p s H.P., W e h r m a n n G. An ammonia-oxidizing bacterium, *Nitrosovibrio tenuis* nov.gen. nov.sp. - Arch. Microbiol., 1976, vol.108, p.105-111.
5. P f e n n i g N., L i p p e r t K.D. Über das Vitamin B₁₂ - Bedarfsis phototropher Schwefelbakterien. - Arch. Mikrobiol., 1966, Bd 55, S.245-252.
6. S o r i a n o S., W a l k e r N. Isolation of ammonia oxidizing bacteria. - J. Appl. Bacteriol., 1968, vol.31, p.493-497.
7. W a t s o n S.W., W a t e r b u r y J.B. Characteristics of two marine nitrite oxidizing bacteria, *Nitrospira gracilis* nov.gen.nov.sp. - Arch. Mikrobiol., 1971, Bd 77, S.203-230.

Институт микробиологии АН СССР

УДК 541.144.7 : 576.8

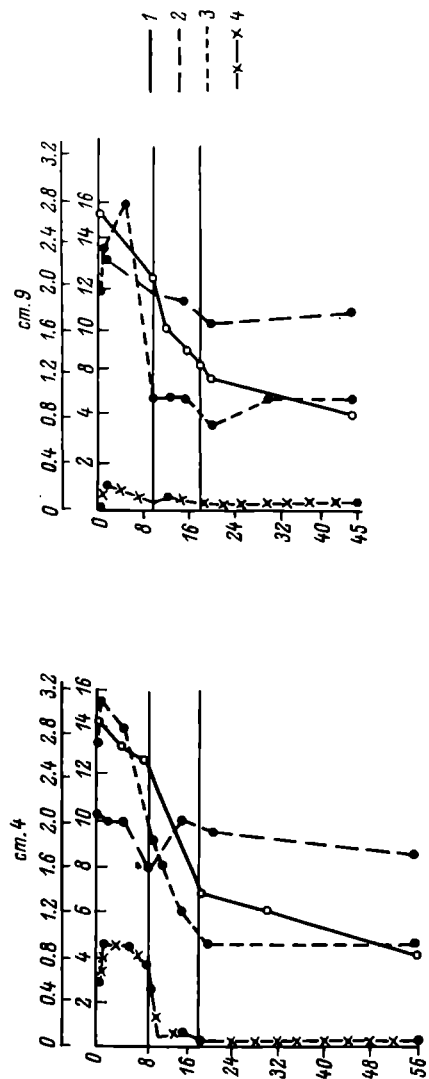
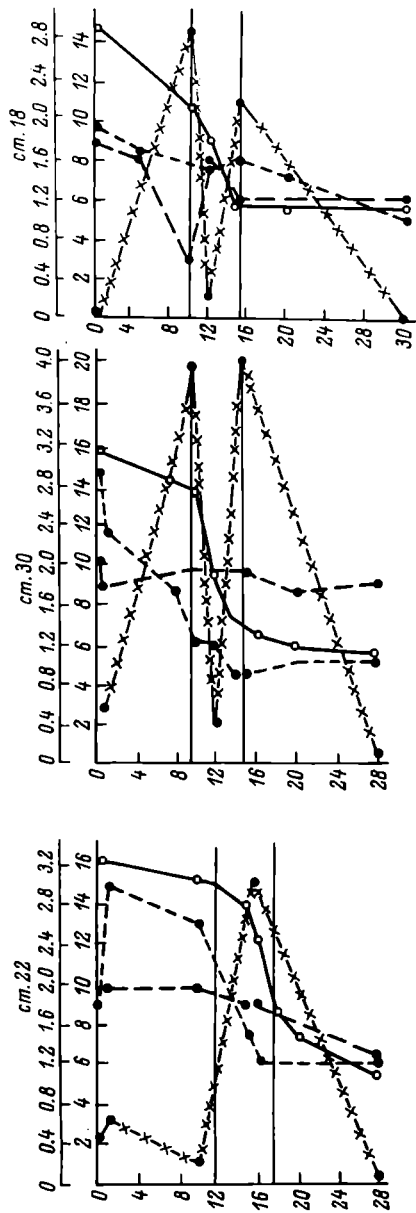
О.И.Т и ф е н б а х, Н.А.Л а п т е в а

ЧИСЛЕННОСТЬ И АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ВОДНОЙ ТОЛШЕ ОЗ. СЕВАН

Исследования проводили в июне 1980 г. на 6 стандартных станциях № 2, 4, 9 Малого Севана и № 18, 22, 30 Большого Севана. Пробы воды отбирали батометром Рутнера с глубин, соответствующих зонам эпилимниона, термоклина и гиполимниона. Общее количество бактерий, содержание олиготрофов и сапрофитов определяли по описанным ранее методам [2, 3], бактериальную ассимиляцию углекислоты измеряли по радиоуглеродной методике [4], содержание

Численность бактерий в оз. Севан в июне 1980 г.

Станция	Глубина, м	Число олиго- трофов, млн.кл./мл.	Число сапрофитов, кл.	Общее число бак- терий, млн.кл./мл	Отношение числа са- профитов к общему числу бактерий	Общее число бактерий в илах, млрд.кл./г ила
4	0	0.1	14600	2.8	0.5	1.6
	1.0	0.1	-	3.1	-	
	10	1.0	40000	1.8	2.1	
	15	0.1	54000	1.3	4.2	
9	55	0.1	9000	0.9	1.0	1.1
	0	0.1	322	2.1	0.01	
	1	1.0	-	2.5	-	
	10	0.1	16800	1.0	1.6	
2	12	1.0	-	1.2	-	
	15	1.0	12000	1.2	1.1	
	45	0.1	18600	1.1	1.7	
	0	1.0	4900	2.3	0.22	0.41
22	16	0.1	20000	2.2	0.4	
	0	-	3430	1.8	0.18	1.1
	1	0.1	2150	2.0	0.07	
	16	1.0	23000	1.2	2.00	
18	28	1.0	-	1.3	-	0.65
	0	0.1	204	1.92	0.01	
	1	0.1	770	1.88	0.04	
	10	1.0	2900	-	-	
30	15	0.1	11300	1.6	0.7	
	30	1.0	20000	1.1	1.9	
	0	0.1	1340	2.9	0.04	0.35
	1	0.1	3500	2.3	0.15	
	10	0.1	-	1.2	-	
	12	0.1	19400	1.2	1.6	
	15	0.1	62000	0.88	7.1	
	28	0.1	28000	1.2	2.4	



кислорода – по Винклеру, карбонатов – прямым титрованием и прозрачность воды – по диску Секки.

Высокогорное оз. Севан характеризуется повышенной минерализацией воды, в которой карбонаты и гидрокарбонаты составляют около 80% от общего количества растворенных солей, pH воды 8.5–9.0 [6].

В период исследования прозрачность воды на всех станциях была равна 2.5 м и лишь на ст. 30 – 3.2 м. Зарегистрирована четкая температурная стратификация, в результате которой водная толща разделялась на 3 зоны: эпилимнион занимал 10-метровый слой воды, термоклин в Малом Севане был растянут от 10 до 18 м, а в Большом Севане составлял 5–6 м, остальная масса приходилась на гипolimнион. Содержание кислорода во всей толще воды составляло 6–10 мг/л, и резкое его снижение до 3 мг/л наблюдалось лишь в зоне термоклина на ст. 18 (см. рисунок).

Общее количество бактерий по акватории всего озера распределялось почти равномерно и колебалось в пределах 1.8–3.0 млн.кл./мл. Максимальные величины обнаружены в поверхностных горизонтах воды ст. 4 и 30 (см. рисунок и таблицу). Число олигокарбофильных микроорганизмов составило 0.1–1.0 млн.кл./мл. Численность сапрофитных бактерий на разных станциях колебалась от сотен до десятков тысяч в 1 мл воды. Наибольшее их содержание совпадало с максимумом общего числа микроорганизмов. Соотношение сапрофитов к их общему количеству в зоне эпилимниона выражается десятичными и сотыми долями процента, что характерно для чистых вод [5].

Темновая ассимиляция углекислоты, которая характеризует интенсивность микробиологических процессов, в поверхностных слоях воды была невелика, хотя общее количество бактерий довольно высокое. Величины ее колебались от 2.8 до 4.5 мкгС/л, а в воде ст. 9 и 18 были ниже единицы (см. рисунок). Это указывает на то, что большая часть бактерий в зоне эпилимниона относится к аплотонной микрофлоре, попадающей сюда с течением рек, которые несут промышленные и бытовые стоки, с пылевыми бурями, а также в результате наличия в озере большого числа моторных лодок и судов.

Численность бактерий и ассимиляция ими углекислоты изменялись по глубине одновременно со снижением температуры. Так, общее содержание бактерий уменьшалось в зоне температурного скачка, тогда как количество сапрофитов увеличивалось примерно в 2–5 раз, а на некоторых станциях – в 50 раз. Число олиготрофов повыша-

Распределение температуры, кислорода, а также микроорганизмов в оз. Севан (вертикальный разрез).

22, 30, 18, 4, 9 – номера станций. По оси абсцисс: для кривой 1 – температура воды, °С; для кривой 2 – содержание кислорода, мгО₂/л; для кривой 3 (верхняя ось) – число бактерий, млн.кл./мл; для кривой 4 – ассимиляция углерода, мкгС/(л·сут); по оси ординат – глубина, м.

лось с 0.1 до 1 млн.кл./мл. Увеличение обеих групп бактерий связано с тем, что в этом слое в силу возрастания плотности воды скапливаются отмерший фитопланктон и детрит, разложение органического вещества которых на первых этапах ведут сапрофитные бактерии, а затем олиготрофные микроорганизмы. В гипolimнии численность бактерий была немного ниже, чем в термоклине.

Соотношение сапрофитов и общего количества бактерий в термоклине и гипolimнии повышается и соответствует уровню ефтрофных озер. Ассимиляция бактериями углекислоты также колеблется по глубине.

В Малом Севане активная микрофлора сосредоточена в зоне эпимлимниона, где бактерии ассимилируют углекислоту со скоростью 4.5-1.0 мкгС/(л.сут), а в слое термоклина - со скоростью 0.3-0.5 мкгС/(л.сут). В Большом Севане наибольшие величины темновой ассимиляции определены в зоне температурного скачка, 11-20 мкгС/(л.сут). Такое различие в активности микрофлоры в этом слое объясняется интенсивным разложением органического вещества в Малом Севане еще в поверхностных горизонтах воды. В зоне гипolimниона ассимиляция повсюду ниже 1 мкгС/(л.сут).

Общее количество бактерий в иловых отложениях глубоководной части Малого Севана было равно 1.0-1.6 млрд.кл. на 1 г сырого ила. В Большом Севане их содержание колебалось от 0.35 до 1.1 млрд.кл. на 1 г сырого ила.

Таким образом, общее число бактерий в эпимлимнии увеличилось по сравнению с июнем 1966 г. примерно в 2-3 раза, а в зоне гипolimниона и в иловых отложениях уменьшилось в 1.5-2 раза [1].

Л и т е р а т у р а

1. Г а м б а р я н М.Е. Микробиологические исследования озера Севан. Ереван, 1968. 165 с.
2. К у з н е ц о в С.И., Р о м а н е н к о В.И., К у з н е ц о в а Н.С., К а р п о в а Н.С. Характеристика микробиологических и гидрологических процессов в Рыбинском водохранилище в 1974 г. - В кн.: Гидрологические и гидрохимические аспекты изучения водохранилищ. Л., 1978, с.148-161.
3. Л а п т е в а Н.А., Д а у к ш т а А.С., М о н а к о в а С.В. Численность бактерий в озерах Латвии, учитываемых методом предельных разведений на среде с естественным содержанием органического вещества. - Информ. бюл. „Биол. внутр.вод“, 1978, № 37, с.16-21.
4. Р о м а н е н к о В.И., К у з н е ц о в С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974. 194 с.
5. Р о м а н е н к о В.И. Микрофлора Волги и некоторых водоемов ее бассейна. - В кн.: Волга-1. Куйбышев, 1971, с.89-94.
6. Э к о л о г и я гидробионтов озера Севан. - Тр. Севан, гидробиол. ст., 1979, т.27, 231 с.

Институт биологии внутренних вод АН СССР

А.И. Б а к а н о в

РАЗМЕРЫ АГРЕГАЦИЙ БЕНТОСА
НА СЕРЫХ ИЛАХ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Сбор материала проводился на серых русловых илах Волжского плеса Рыбинского водохранилища в июне 1977 г. Ранее при прямой бентосной съемке нами было показано, что здесь имеется большое скопление бентоса протяженностью около 14 км, внутри которого обнаружены его агрегации диаметром примерно 45 м [2, 3]. Более подробно изучить пространственное распределение организмов на таких глубинах (16–17 м) с помощью прямой съемки было невозможно, поэтому для обнаружения агрегаций меньшего масштаба мы воспользовались методом парных проб, предложенным австралийским почвенным зоологом Хьюджесом [7]. Этот метод позволяет оценить средний радиус агрегации — r , ее площадь — S_a , количество агрегаций на исследованном участке — n и долю, которую составляет площадь агрегаций от всего участка — $\Sigma S_a/S$. Методика расчетов этих величин изложена нами ранее [1].

Для численности доминирующих по биомассе видов *Chironomus plumosus* L. и *Isochaetides newaensis* Mich. показатели агрегированности не рассчитывались, так как эти организмы были распределены случайно. Проверка случайности проводилась с помощью показателя дисперсии $D = \sigma^2/\bar{x}$, где \bar{x} — средняя арифметическая, σ — среднеквадратическое отклонение. Если величина D для данных организмов отличается от 1 меньше чем на удвоенную ее ошибку S_D , то с вероятностью 95% можно считать их распределение случайным. Расчет ошибки проводился по формуле [4]:

$$S_D = \frac{\sigma^2}{\bar{x}^2} \sqrt{\frac{2\bar{x}^2 + \sigma^2}{n}}.$$

В нашем случае для *Ch. plumosus* $D = 2.4 \pm 0.9$, для *I. newaensis* $D = 0.8 \pm 0.25$.

Поскольку в реальных условиях в грунтах водоема четко очерченные агрегации обнаружить невозможно, бентос распределен непрерывно с определенными вариациями плотности, то, очевидно, исследователь сам должен решить, участки с какой биомассой или численностью организмов относить к агрегациям. В представленной таблице показатели агрегированности приводятся для трех уровней: к агрегации уровня I относятся участки, плотность организмов на которых $\geq 1/2 \bar{x}$, к агрегациям уровня II — $\geq 3/4 \bar{x}$, уровня III — $\geq \bar{x}$. Эти нижние границы плотности приведены в таблице в столбце „Уровень“.

Показатели агрегированности бентоса

Организмы	Уро- вень	Числен- ность, экз./м ²	Био- масса, г/м ²	r	S _α	n	$\frac{\Sigma S_{\alpha}}{S},$ %
Хирономиды	I	162	-	5.1	81.7	98	80
	II	243	-	2.8	24.6	272	67
	III	324	-	1.6	8.0	628	50
	I	-	4.45	10.8	366.4	23	84
	II	-	6.68	1.9	11.3	524	59
	III	-	8.9	1.0	3.1	1047	32
Олигохеты	I	1396	-	5.7	102.1	87	89
	II	2094	-	2.5	19.6	393	77
	III	2792	-	0.8	2.0	2138	43
	I	-	5.3	3.6	40.7	208	85
	II	-	7.95	0.8	2.0	2892	58
	III	-	10.6	0.8	2.0	2138	43
Моллюски	I	154	-	2.5	19.6	393	77
	II	231	-	1.9	11.3	654	74
	III	308	-	1.0	3.1	1047	32
	I	-	0.24	1.9	11.3	654	74
	II	-	0.35	0.8	2.0	1767	35
	III	-	0.47	0.6	1.1	2356	26
Ch. plumosus	I	-	4.35	10.8	366.4	23	84
	II	-	6.52	1.7	9.1	755	69
	III	-	8.7	0.9	2.5	1402	35
I. newaensis	I	-	2.3	0.8	2.0	2513	50
	II	-	3.45	0.6	1.1	2749	30
	III	-	4.6	0.6	1.1	2749	30
Общий бентос	I	1720	-	5.7	102.1	87	90
	II	2580	-	3.6	40.7	208	85
	III	3440	-	0.8	2.0	2138	45
	I	-	10	12.1	460	21	95
	II	-	15	1.9	11.3	524	60
	III	-	20	0.85	2.3	1767	40

В зависимости от цели исследований могут быть и другие подходы к установлению границ агрегаций. Например, по классификации ГосНИОРХ [5] к высококормным для рыб-бентофагов относятся водоемы со средней биомассой кормового бентоса 8.1 г/м². Если к агрегациям относить участки, имеющие биомассу больше этой величины, то на исследованной площади $r = 5.7$ м, $S_{\alpha} = 102.1$ м², $n = 87$, высококормные участки составляют 89% площади русловых илов.

Приведенные в таблице величины рассчитаны на основе эмпирических данных, если же выборка достаточно велика (не менее 50 пар проб), то можно выбрать теоретическое статистическое распре-

деление, соответствующее эмпирическому, и в расчетах использовать уже теоретические частоты; полученные данные, будучи в определенной степени избавлены от случайных флюктуаций, окажутся более точными [6].

Использование этого метода ограничивается расстоянием (q) между пробами одной пары. Если радиус агрегации $r < q/2$, то его оценка получится завышенной [7], в нашем случае с помощью этого метода невозможно уловить агрегации с $r < 0.6$ м без изменения величины q .

Как и всякий метод, основанный на случайной выборке из генеральной совокупности, этот метод дает оценку агрегированности с определенной ошибкой репрезентативности, однако ни автор метода [7], ни применявшие его исследователи [6] не указывают способа нахождения ошибки. В процессе расчетов частота попадания пробы в агрегацию приравнивается к вероятности этого события, правомерность такого предположения невозможно сценить по одной выборке, следовательно, ошибку репрезентативности данного метода можно найти только путем взятия большого числа выборок на одном участке. Трудоемкость бентосных работ делает нереальным получение подобных данных, что является серьезным недостатком метода парных проб, ограничивающим его применение. Незнание ошибки репрезентативности не позволяет определить достоверность разности между показателями агрегированности различных организмов.

Вышеописанный метод до сих пор не применялся при изучении пресноводных экосистем, он может быть рекомендован для ориентировочной оценки агрегированности бентосных организмов в пределах относительно однородного биотопа, занимающего площадь до нескольких квадратных километров.

Л и т е р а т у р а

1. Б а к а н о в А.И. Изучение агрегированности бентоса методом парных проб. – В кн.: Проблемы экологии Прибайкалья. Иркутск, 1979, ч. I, с. 144–145.
2. Б а к а н о в А.И. Крупномасштабное распределение кормового бентоса в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1978, № 38, с. 32–37.
3. Б а к а н о в А.И. Среднемасштабное распределение кормового бентоса в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1979, № 43, с. 18–23.
4. Б а к а н о в А.И., С м е т а н и н М.М. Стандартные ошибки индексов агрегированности. – Экология, 1980, № 2, с. 100–103.
5. П и д г а й к о М.Л., А л е к с а н д р о в а Б.М., И о ф ф е Ц.И., М а к с и м о в а Л.П., П е т р о в В.В. С а в а т е е в а Е.Б., С а л а з к и н А.А. Краткая биологопродукционная характеристика водоемов Северо-За-

- пада СССР. - В кн.: Улучшение и увеличение кормовой базы для рыб во внутренних водоемах СССР. Л., 1968, с.205-228.
6. G ä r d e f o r s D., O r r h a g e L. Patchiness of some marine bottom animals. A methodological study. - Oikos, 1968, vol.19, N 2, p.311-322.
7. H u g h e s R.D. The study of aggregated populations. - In: Progress in soil zoology. London, 1962, p.51-55.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 594.2.12.3

Е.М. К о р г и н а

ВЛИЯНИЕ ПОДОГРЕТЫХ ВОД КОСТРОМСКОЙ ГРЭС НА ФАУНУ СФЕРИИД

В Горьковском водохранилище в 1971-1972 гг. исследовалось влияние сбросных вод Костромской ГРЭС на фауну гидробионтов, в том числе и на двустворчатых моллюсков-сфериид.

Отбор проб макробентоса проводился в летне-осенний период: в июне - дважды в месяц, в остальные месяцы - один раз. Для количественных определений пробы отбирались дночерпателем Экмана-Берджа (площадь захвата $1/40 \text{ м}^2$), а для качественных - скребком. Промывали пробы через газ № 15.

Наблюдения велись на 5 постоянных станциях: три из них (5, 10, 11) располагались в зоне влияния подогретых вод, контрольные (2, 4) - вне этой зоны. Пробы на каждой станции отбирались в нескольких точках (от 2 до 5), расположенных на разных глубинах. В каждой точке дночерпателем бралось по 8 проб. Таким образом, на каждой станции отбиралось 40 проб, что позволило получить достоверные результаты. Параллельно измерялись глубина и температура воды.

Температура воды в зоне подогрева за период исследования в самое теплое время (июль-август) составляла $26-27^\circ\text{C}$, а на контрольном участке - $20-21$. Таким образом, разница температуры воды в эти месяцы достигала $6-7^\circ\text{C}$.

В районе Костромской ГРЭС обнаружено 12 видов сфериид. Наиболее многочисленными были *Euglesa henslowana*, *Amesoda solida*, *Neopisidium moitesserianum* и *N. tenuilineatum*, встречаемость которых составляла соответственно 75, 49, 47, 32%. *Musculium lacustre* были единичны. Более крупные шаровки (*Sphaeriastrum*, *Amesoda*) по биомассе преобладали над горошинками (*Neopisidium*, *Euglesa*), хотя значительно уступали им по численности. Численность и биомасса первых составляли 15 экз./м² и 1.11 г/м², вторых - 105 экз./м² и 0.30 г/м².

Численность и биомасса *Euglesa henslowana*
в зоне влияния подогретых вод и вне ее в 1972 г.

Дата	В зоне влияния теплых вод			Вне зоны влияния теплых вод		
	ст.10	ст.11	среднее	ст.2	ст.4	среднее
7-8 VI	$\frac{78}{0.20}$	$\frac{70}{0.59}$	$\frac{74}{0.40}$	$\frac{84}{0.41}$	$\frac{8}{0.04}$	$\frac{31}{0.24}$
27-28 VI	$\frac{62}{0.18}$	$\frac{327}{0.89}$	$\frac{195}{0.54}$	$\frac{100}{0.27}$	$\frac{15}{0.02}$	$\frac{57}{0.15}$
23-26 VII	$\frac{5}{0.01}$	$\frac{176}{0.50}$	$\frac{91}{0.25}$	$\frac{40}{0.17}$	$\frac{22}{0.09}$	$\frac{31}{0.13}$
20-23 VIII	$\frac{3}{0.02}$	$\frac{58}{0.36}$	$\frac{31}{0.19}$	$\frac{26}{0.12}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{14}{0.06}$
22-24 IX	$\frac{2}{0.02}$	$\frac{64}{0.29}$	$\frac{33}{0.16}$	$\frac{29}{0.09}$	$\frac{11}{0.03}$	$\frac{20}{0.06}$
30 X-XI	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{71}{0.09}$	$\frac{16}{0.04}$	$\frac{44}{0.07}$
В с е г о	-	-	$\frac{72}{0.26}$	-	-	$\frac{33}{0.12}$

П р и м е ч а н и е. Над чертой - численность, экз./м², под чертой - биомасса, г/м².

Распространение моллюсков в этом районе в значительной степени зависело от типа грунта. Станции с подобными типами грунтов наблюдались в обеих зонах.

Для выяснения влияния сброса подогретых вод на видовой состав сферид был использован показатель фаунистического сходства $S = \frac{100 \cdot d}{(a+b)-d}$, где d - число общих видов, a , b - число видов в одном и другом сообществе [2].

При сравнении видового состава сферид на отдельных станциях в летнее время (июнь-июль) этот показатель не испытывает существенных отклонений ($S_{5,10} = 50 \div 77\%$, $S_{10,2} = 66 \div 75\%$) и сравнительно высок, что указывает на большое сходство видового состава сравниваемых сообществ. В период с августа по ноябрь включительно разнообразие видового состава сферид на станциях в подогреваемой и неподогреваемой зонах четко прослеживается. Так, в августе-ноябре $S_{10,2} = 33.3\%$.

Самый распространенный и многочисленный моллюск в Костромском водохранилище - *Euglesa henslowana*, жизненный цикл которого изучался В.И. Митропольским [1].

Средняя численность и биомасса *E. henslowana* за обследованный период выше в зоне влияния теплых вод (72 экз./м^2 , 0.26 г/м^2), чем в неподогреваемой зоне (33 экз./м^2 , 0.12 г/м^2) (см. таблицу). Сезонная динамика численности и биомассы данного моллюска в обеих зонах четко выражена. В зоне сброса теплых вод наибольшая численность и биомасса *E. henslowana* отмечены в июне (195 экз./м^2 , 0.54 г/м^2), затем идет постепенное снижение их к сентябрю, а в октябре–ноябре данный вид в пробах уже не встречался. На двух контрольных станциях наибольшая численность отмечена также в июне и снижается к сентябрю, а в октябре–ноябре происходит второе повышение численности и биомассы моллюска преимущественно за счет вновь отродившейся молодежи (см. таблицу).

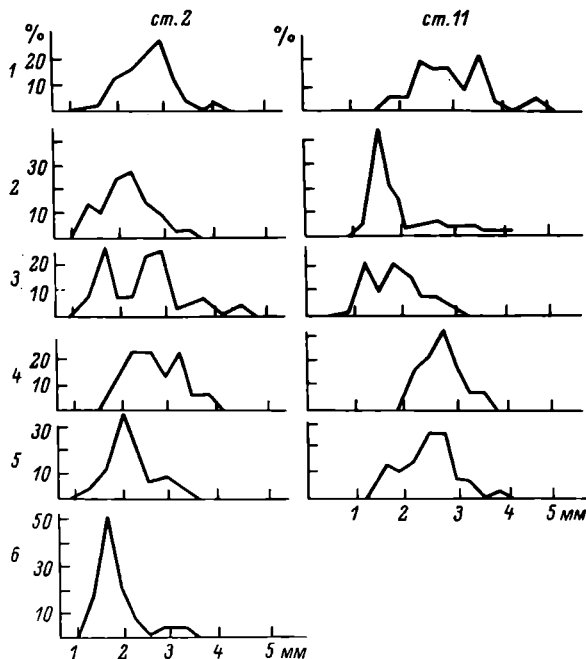
Анализируя состав популяции *E. henslowana* за обследованный период, можно определить сроки массового отрождения молодежи и вычислить скорость роста поколения. Жизненный цикл этого моллюска в данных широтах не превышает года; зимой их питание, рост и размножение прекращаются. Первые оформленные эмбрионы наблюдаются у особей, достигших 70% своей окончательной длины. В районе Костромской ГРЭС они встречаются у моллюсков, имеющих раковину длиной 2.3 мм, а отрождение молодежи наблюдается у моллюсков длиной 3.2 мм. Пополнение популяции происходит со второй половины мая до середины октября.

В зоне влияния подогрева (ст. 10 и 11) массовое появление молодежи началось в первой декаде июня. На ст. 10 при температуре 21.6°C 7–8 июня молодежь составила 63% популяции. Средняя длина раковин отродившихся моллюсков равнялась 0.9 мм.

За 20 сут молодежь достигла 1.5 мм. Скорость роста равна 0.03 мм/сут. На ст. 11 27–28 июня группа моллюсков размером 1.5 мм составляла 47% популяции (см. рисунок). Предполагая, что скорость роста данного моллюска на ст. 10 и 11 одинакова, можно считать, что молодежь на этой станции появилась также в первой декаде июня. Отрождение молодежи на станции продолжалось до октября.

На контрольных станциях первое отрождение молодежи моллюсков происходило в третьей декаде июня. Второй пик численности молодежи (длина тела до 1.5 мм) зарегистрирован на ст. 2 в конце октября.

Естественно, что ее рост проходил при более низких температурах, чем рост молодежи июньского отрождения. Экспериментально показано [1], что скорость роста *E. henslowana* при понижении температуры от 20°C до 10°C уменьшается в 2.5 раза и равняется 0.01 мм/сут. Перепад температур в водоеме близок к такому в эксперименте, поэтому допустимо, что рост осенней молодежи проходил в первой половине сентября.



Состав популяции *Euglesa henslowana* на ст. 2 и 11 в летне-осенний период 1972 г.

Сроки отбора проб: 1 - 7-8 VI, 2 - 27-28 VI, 3 - 23-26 VII, 4 - 20-23 VIII, 5 - 22-24 IX, 6 - 31 X-1 XI. По оси абсцисс - размер моллюсков; по оси ординат - % моллюсков данного размера в популяции.

Л и т е р а т у р а

1. М и т р о п о л ь с к и й В.И. Наблюдения над жизненным циклом *Pisidium henslowanum* (Sheppard) (Mollusca, Lamellibranchia). - Информ.бюл. „Биол. внутр. вод“, 1970, № 6, с.23-26.
2. L a s w i l i c h o w s k a K. Bottom fauna in the basin of the River Kamienica Nawojowska. - Acta hydrobiol., 1968, vol.10, N 3, p.319-341.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А.М.А н д р е е в а

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ООГЕНЕЗ У СИНЦА
РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

При изучении оогенеза у синца нами было установлено, что в отдельных плесах Рыбинского водохранилища одни и те же стадии зрелости половых желез наступают не одновременно (это, очевидно, обусловлено неодинаковым температурным режимом плесов); было высказано предположение, что для перехода развития гонад в IY стадию зрелости необходимо стабильное понижение температуры водных масс. С целью проверки этого предположения 10 и 11 мая 1979 г., сразу же после нереста, неводом отловили 200 половозрелых самок синца длиной 220–236 мм и посадили их в два одинаковых по площади и глубине нагульных пруда. Один из них снабжался артезианской водой, другой подпитывался водой из водохранилища. В первом, „холодном“ пруду, температура в течение опыта была в среднем на $2,5^{\circ}\text{C}$ ниже, чем во втором, „теплом“, с колебаниями в отдельные дни от долей градуса до 5°C . В течение лета из обоих прудов в одни и те же сроки отлавливали по 7–10 рыб и подвергали их полному биологическому анализу. Кусочки гонад фиксировали смесью буэн-диоксан, проводили через диоксан, диоксан-парафин и заливали в парафин. Срезы толщиной 7–8 мкм окрашивали гематоксилином с докраской пикроиндигокармином. Просмотр препаратов и микрофотосъемку производили с помощью микроскопов МБИ-6 и МБИ-15.

Первый анализ состояния половых желез был проведен 22 мая. Температура воды в „теплом“ пруду за истекший промежуток времени колебалась от $15,5^{\circ}\text{C}$ до $20,0^{\circ}\text{C}$ и в среднем была равна $16,9^{\circ}\text{C}$, в „холодном“ соответственно $13,5$ – $19,0^{\circ}\text{C}$, т.е. в среднем $15,1^{\circ}$. Половые железы самок синца в обоих прудах оказались в одинаковой YI–II стадии зрелости. Следы прошедшего нереста сохранились в виде многочисленных спавшихся атретических фолликулов, оставшихся после вымета икры. Новая генерация была представлена в основном ооцитами цитоплазматического роста. Наряду с ними в яичниках имелось довольно большое количество ооцитов с краевой вакуолизацией цитоплазмы, имевших диаметр порядка 300 мкм. Их наличие дает основание характеризовать данную стадию зрелости гонад не как YI–II, а как YI–III (см. рисунок, а).

Через 2 нед в очередной пробе, взятой 6 июня, следы нереста в яичниках самок из „теплого“ пруда можно было отметить лишь по сравнительно немногочисленным атретическим телам в виде плотных групп клеток фолликулярного эпителия (см. рисунок, б), тогда как у самок из „холодного“ пруда еще сохранилось большое количество атретических фолликулов (см. рисунок, в). Состояние ооцитов новой генерации в яичниках самок обоих прудов существенно не изменилось. Превращение атретических фолликулов в атрети-

ческие тела можно считать завершением восстановительного периода развития половых желез после нереста. Средняя температура воды в „теплом“ пруду за это время достигала 18,5°C при колебаниях в отдельные дни от 13,0 до 23,0°C, в „холодном“ соответственно 17,8°C (12,0–21,0°C).

Посленерестовый восстановительный период в половых железах самок из „холодного“ пруда закончился только к 21 июня. К этому времени развитие ооцитов новой генерации в яйчниках самок из „теплого“ пруда заметно продвинулось вперед. В краевой зоне их цитоплазмы образовалось несколько рядов вакуолей (см. рисунок, г), тогда как у самок из „холодного“ – только 1–2 ряда. В промежутке с 6 по 21 июня температура воды в прудах колебалась от 12 до 22°C и составила в среднем 17,8° в „теплом“ и 15,5°C в „холодном“.

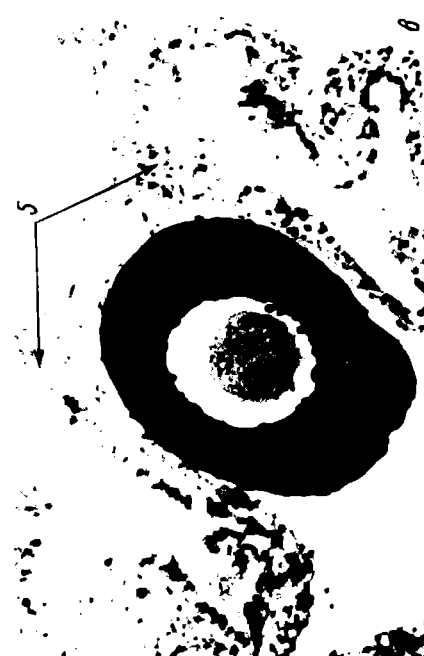
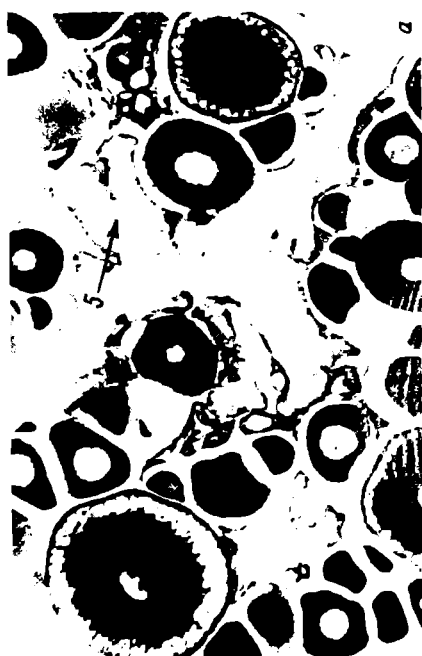
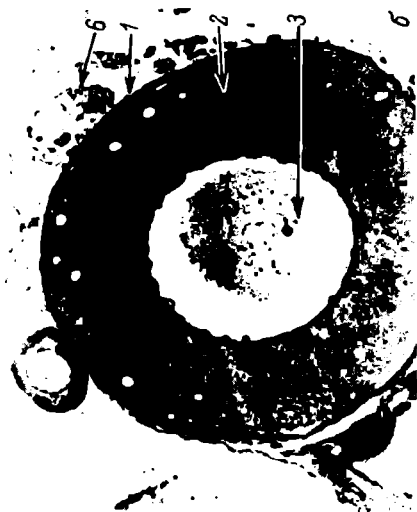
В пробе от 13 июля у части особей из „теплого“ пруда в периферийной зоне ооцитов обнаружены первые глыбки желтка (см. рисунок, д), что свидетельствовало об окончании периода вакуолизации цитоплазмы и переходе развития половых желез самок этого пруда из III в IV стадию зрелости. В „холодном“ пруду вакуолизация цитоплазмы была еще далека от завершения. Разница температуры воды в прудах между 22 июня и 13 июля составила в среднем 3,2°C.

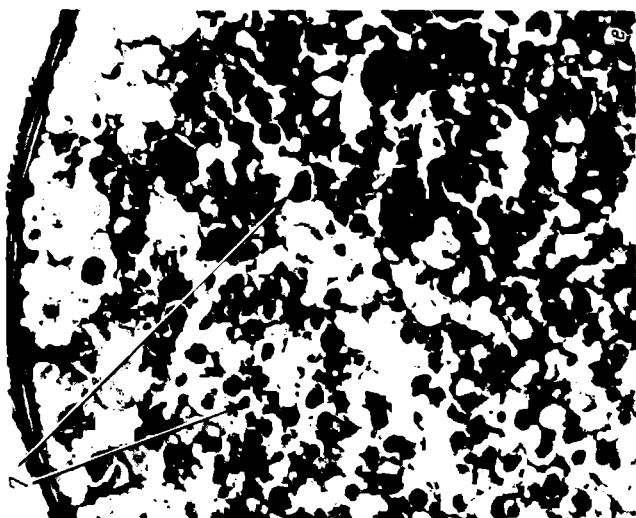
Начало отложения желтка в ооцитах самок „холодного“ пруда отмечено лишь в пробе от 25 июля, т.е. переход развития половых желез из III в IV стадию зрелости у самок этого пруда произошел на 12 сут позже, чем в „теплом“. В последнем к этому времени глыбки желтка заполнили весь промежуток от оболочки до ядра и начали оттеснять вакуоли к периферии ооцита (см. рисунок, е). Температура воды в обоих прудах с 13 по 25 июля несколько понижалась, но разница между ними сохранилась и составила в среднем 3,1°C.

В течение августа морфологические различия в состоянии гонад самок из „теплого“ и „холодного“ прудов постепенно сгладились, и при спуске прудов, произведенном 26 сентября, они не отличались ни по внешнему виду, ни по гистологическому строению.

Таким образом, несмотря на сравнительно небольшую разницу в температуре, развитие половых желез самок в „теплом“ пруду происходило заметно быстрее, чем в „холодном“. В первом из них посленерестовое восстановление яйчников завершилось в течение месяца, тогда как самкам из „холодного“ пруда для этого понадобилось 45 сут. Отложение желтка в ооцитах, знаменующее переход развития гонад в IV стадию зрелости, в „теплом“ пруду началось через 2 мес после нереста, а в „холодном“ – через 2,5 мес.

Проведенный эксперимент показал, что сигналом к началу отложения желтка в ооцитах служит не только устойчивое понижение температуры водных масс, как это предполагалось нами и многими другими исследователями, но и необходимая определенная сумма тепла в период посленерестового восстановления половой железы





Гистологическое строение ооцитов цитоплазматического и трофоплазматического роста сища Рыбинского водохранилища.

а - яичник сища УГ-III стадии зрелости, б - следы прошедшего нереста у самок из „теплого” пруда, в - то же из „холодного” пруда, г - ооцит в начальной стадии вакуолизации, д - ооцит в начальной стадии наполнения глыбовидным желтком, е - ооцит в стадии наполнения глыбовидным желтком. 1 - оболочка, 2 - цитоплазма, 3 - ядро, 4 - вакуоли, 5 - лопнувшие фолликулы, 6 - атретические тела, 7 - глыбки желтка, а - об.3.5х, ок.7х; б-е - об.10х, ок.7х.

и вакуолизации цитоплазмы. Для синца Рыбинского водохранилища она, по-видимому, должна составлять не менее 1200 градусо-дней. В нашем опыте, в частности, отложение желтка в ооцитах самок „теплого” пруда начиналось по достижении 1220, а в „холодном” — 1287 градусо-дней.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597.0/5-11

В.М. В о л о д и н

ПЛОДОВИТОСТЬ МАССОВЫХ ВИДОВ РЫБ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.

5. ПЛОДОВИТОСТЬ УКЛЕИ, ШУКИ И ЧЕХОНИ

Уклея — один из массовых видов рыб водохранилища. В период нереста образует значительные скопления, в остальное время держится разреженно, в связи с чем ее запасы промыслом практически не используются.

Самки уклеи могут достигать половой зрелости в возрасте 3 лет, но основная масса становится половозрелой в 4 года. Самцы созревают на год раньше [3].

Как и густера, уклея относится к группе порционно мечущих икру рыб. Число порций, видимо, непостоянно. Так, в 1976 г. из числа исследованных на плодовитость самок 15% имели 2 порции икры, остальные — 3. В 1977 г. с 3 порциями встречались лишь единичные особи. У подавляющей массы самок в яичниках было только 2 порции икринок. У особей с 3 порциями количество икры 1-й порции составляет в среднем 51%, 2-й — 32 и 3-й — 17%. У особей с 2 порциями коэффициент порционности, по данным 1976 г., в среднем равен 57%. Как и у густеры, судьба 2-й и 3-й порции икры неизвестна.

Абсолютная плодовитость самок рыбинской уклеи в наших пробах колебалась в пределах 5.2–13.2 тыс. икринок и составила в среднем 11.1 тыс. шт. Относительная плодовитость соответственно 220–998 (474) шт./г веса тела без внутренностей. Плодовитость и размер икры изменяются с увеличением длины и веса тела самок (табл. 1–2).

Плодовитость щуки исследована лишь у 16 экз., а чехони — у 12. Некоторые показатели воспроизводительной способности этих видов рыб по имеющимся материалам 1976 г. приведены в табл. 3–4. Подробные данные о плодовитости чехони в период 1962–1963 гг. представлены в работе В.Д. Спановской и В.А. Григораш [3].

Судя по нашим немногочисленным экземплярам, плодовитость одноразмерных самок чехони в 1976 г. была значительно ниже, чем в 1953 и в 1962–1963 гг. [1–2]. Плодовитость щук с длиной тела более 50 см, видимо, наоборот, увеличилась.

Т а б л и ц а 1

Изменение некоторых показателей воспроизводительной способности самок рыбной уклеи с увеличением длины их тела

Показатели	Длина тела рыб, мм										
	111-115	116-120	121-125	126-130	131-135	136-140	141-145	146-150	151-155	156-160	
Абсолютная плодовитость: общая, тыс. шт.	6.5	9.2	9.8	10.3	11.1	11.3	12.3	11.8	13.2	11.4	
1-я порция, тыс. шт.	4.1	5.0	4.8	5.4	5.7	5.5	6.4	6.6	7.8	6.3	
Относительная плодовитость: общая, шт./г	541	642	525	497	494	447	442	378	368	308	
1-я порция, шт./г	341	308	263	259	258	224	229	206	216	170	
Диаметр икры, 1-я порция, мм	1.16	1.08	1.13	1.12	1.14	1.13	1.18	1.11	1.10	1.06	
Вес 1 икринки, 1-я порция, мг	0.53	0.51	0.57	0.58	0.60	0.57	0.62	0.54	0.55	0.46	
Коэффициент порционности, %	63.0	54.3	50.3	53.1	53.1	49.8	51.5	54.3	56.4	55.1	
Число исследованных рыб, экз.	1	6	15	29	53	24	5	10	6	1	

Т а б л и ц а 2

Изменение некоторых показателей воспроизводительной способности самок
рыбной уклеи с увеличением веса тела

Показатели	Вес тела без внутренностей, г													
	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37
Абсолютная плодовитость:														
общая, тыс. шт.	8.0	7.6	9.0	9.8	10.5	11.1	10.6	10.7	12.0	11.6	14.6	10.2	15.3	11.8
1-я порция, тыс. шт.	5.1	4.0	4.8	5.0	5.4	5.9	5.4	5.3	6.1	5.0	8.6	5.4	8.7	7.7
Относительная плодовитость:														
общая, шт./г	670	559	567	550	535	519	453	425	438	388	458	306	429	320
1-я порция, шт./г	430	296	295	279	276	270	230	209	223	168	273	162	244	208
Диаметр икры, 1-я порция, мм	0.92	1.14	1.20	1.14	1.11	1.15	1.12	1.14	1.14	1.19	1.09	1.15	1.13	0.99
Вес 1 икринки, 1-я порция, мг	0.36	0.55	0.59	0.59	0.62	0.61	0.58	0.57	0.55	0.68	0.50	0.59	0.55	0.61
Число исследованных рыб, экз.	2	3	2	14	24	33	28	19	7	2	3	5	5	3

Т а б л и ц а 3

Изменение некоторых показателей воспроизводительной способности самок
рыбинской щуки с увеличением длины тела

Показатели	Длина тела рыб, мм					
	300-400	401-500	501-600	601-700	701-800	801-900
Коэффициент упитанности по Кларк, %	0.81	0.84	0.77	0.79	0.77	0.76
Коэффициент зрелости гонад, %	10.5	14.1	15.4	29.1	28.5	23.8
Показатель относительной плодовитости, %	0.06	0.06	0.05	0.08	0.05	0.04
Абсолютная плодовитость, тыс.шт.	9.4	17.7	37.0	102.7	119.7	142.5
Относительная плодовитость, шт./г	22	26	30	50	38	30
Диаметр икры, мм	2.16	2.18	2.26	2.25	2.68	2.59
Вес 1 икринки, мг	4.80	5.54	5.21	5.81	7.54	7.93
Число исследованных рыб, экз.	6	3	3	1	2	1

Т а б л и ц а 4

Изменение некоторых показателей воспроизводительной способности самок рыбинской чехони с увеличением длины тела

Показатели	Длина тела рыб, мм									
	281-290	290-300	301-310	311-320	321-330	331-340	341-350	351-360		
Вес, г	190	-	270	297	315	363	372	427		
Коэффициент упитанности по Кларк, %	0.85	-	0.95	0.95	0.94	0.93	0.86	0.95		
Коэффициент зрелости гонад, %	16.9	-	17.8	15.1	16.8	14.6	14.7	16.0		
Показатель относительной плодовитости, %	0.43	-	0.34	0.33	0.38	0.34	0.25	0.29		
Абсолютная плодовитость, тыс.шт.	23.2	-	28.2	30.5	39.4	42.6	32.5	43.5		
Относительная плодовитость, шт./г	122	-	105	102	125	117	89	102		
Диаметр икры, мм	1.38	-	1.30	1.52	1.40	1.44	1.44	1.53		
Вес 1 икринки, мг	1.38	-	1.70	1.48	1.34	1.28	1.69	1.58		
Число исследованных рыб, экз.	1	-	1	2	1	3	2	2		

1. В о л о д и н В.М. Плодовитость чехони *Pelecus cultratus* (L.) в Рыбинском водохранилище. – В кн.: Биология рыб волжских водохранилищ. Л., 1966, с.9–20.
2. С е р г е е в Р.С., П е р м и т и н И.Е., Я с т р е б к о в А.А. О плодовитости рыб Рыбинского водохранилища. – Тр. биол. ст. „Борок”, 1956, вып.2, с.278–300.
3. С п а н о в с к а я В.Д., Г р и г о р а ш В.А. Материалы по экологии размножения рыб Учинского водохранилища. – В кн.: Учинское и Можайское водохранилища. М., 1963, с.322–336.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597–12+612.017 : 574 : 587

В.Р. М и к р я к о в, А.И. Б а к а н о в

О СВЯЗИ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ СЫВОРОТКИ КРОВИ ЛЕЩА С НЕКОТОРЫМИ УСЛОВИЯМИ НАГУЛА

Многолетние исследования антимикробиальных свойств сыворотки крови леща в разные периоды года показали, что изучаемые параметры непостоянны. Характер и направленность изменений этих показателей в течение года определяются внутренними ритмами жизнедеятельности (рост, созревание, нерест и т.д.) и условиями нагула и зимовки рыб [5]. В период нереста и после него величины защитных свойств сыворотки рыб снижаются, во время нагула повышаются, а в зимний период существенно не меняются. Одновременно было установлено, что функционирование механизмов естественного иммунитета в разные годы происходит с разной интенсивностью, особенно во время нагула [5]. Высказано предположение, что одной из важных причин, обуславливающих неодинаковую активность функционирования иммунологической системы в период нагула, является обеспеченность рыб пищей.

Для проверки этого предположения нами проведено исследование особенностей изменения защитных свойств сыворотки крови леща летом в разные по содержанию кормовых объектов годы. Для сравнения исследуемых характеристик использовали материал, собранный в Волжском плесе Рыбинского водохранилища в июне, июле и августе 1975, 1977 и 1978 гг. В качестве иммунологического показателя у рыб изучали бактерицидные свойства сыворотки крови (БАСК). Отлов рыб проводили путем траления с экспедиционных судов в районе Коприно и Шумаровских островов. Кровь для получения сыворотки собирали из хвостовой артерии по общепринятой методике. Отделение сыворотки от сгустка крови проводили через

24 ч. Кровь и сыворотку хранили в холодильнике при температуре 4°C в стерильных пробирках. Активность БАСК определяли на 5-е сутки от момента взятия крови. О защитных свойствах сыворотки крови судили по данным влияния 0.2 мл сыворотки на рост и развитие 50 млн. микробов – возбудителей аэромоназа рыб *Aeromonas punctata*. Степень роста микробов в присутствии сыворотки крови определяли с помощью радиоактивного углерода ^{14}C [6], вносимого в опыт в виде стерильного раствора бикарбоната натрия активностью 75–100 тыс. имп./мин.

По способности сыворотки крови рыб подавлять развитие микробов обследованные нами лещи условно были разбиты на 4 класса. К I классу отнесены особи, сыворотки которых не угнетали развитие микробов, ко II – лещи с уровнем БАСК от 1 до 33%, к III – с величиной БАСК 34–66% и к IV – от 67 до 100%.

О характере связи кормовой базы с защитными свойствами сыворотки крови леща судили по данным сопоставления средней биомассы бентоса на 1 м² и общей средней активности антимикробных свойств сыворотки за июнь, июль и август, а также по доле рыб, относящихся к тому или иному классу, по БАСК.

Пробы бентоса отбирались на серых илах русловой части Волжского плеса Рыбинского водохранилища, в районе с. Коприно и Шумаровских островов. Одновременно отбиралось от 6 до 42 проб. Сбор бентоса проводили с помощью дночерпателя ДАК-250 [1]. Грунт из дночерпателя промывался через мельничный газ № 9. Учет и обработку материала осуществляли по общепринятой стандартной методике [2].

Результаты сравнительного анализа исследуемых показателей свидетельствуют о том, что в годы с различной биомассой кормовых организмов меняются как средние арифметические защитных свойств сыворотки крови, так и процент лещей, относящихся к тому или иному классу по БАСК. По-видимому, изменение иммунологических показателей связано с колебанием уровня биомассы бентоса. В годы с более высокой биомассой бентоса в районе нагула рыб уровень БАСК был в 1.5–2 раза выше, чем в годы с низким содержанием бентосных организмов (табл. 1). Например, летом 1975 г. биомасса зообентоса в среднем равнялась 24.5 г/м² и была выше, чем в соответствующие периоды 1977 и 1978 гг., на 6.6 и 10.3 г/м². При этом уровень антимикробных свойств сыворотки крови был максимальным в 1975 г. и минимальным – в 1978 г. Летом 1975 г. не только средний уровень антимикробных свойств оказался выше по сравнению с таковыми в последующие годы, но и процент рыб IV класса в 1.5–2 раза больше, чем в 1977–1978 гг. Соответственно доля рыб I класса, сыворотка которых не подавляла развитие бактерий, в годы с низким уровнем биомассы макрозообентоса была в 5 раз больше (33%), чем в годы с высоким уровнем содержания бентоса.

При рассмотрении состава бентоса установлено, что снижение уровня биомассы в 1977 г. по сравнению с 1975 г. произошло за счет олигохет и моллюсков, а в 1978 г. – за счет всех групп кор-

Т а б л и ц а 1

Биомасса бентоса и БАСК лещей

Годы	Биомасса бентоса, г/м ²	Число рыб, экз.	М ± m БАСК, %	Распределение лещей по классам, %			
				I	II	III	IV
1975	24.5	75	85±3.7	7	4	8	81
1977	17.9	70	58.0±6.0	19	1	27	53
1978	14.2	72	42.0±8.2	33	11	13	43

П р и м е ч а н и е. М – среднее арифметическое, m – его ошибка.

Т а б л и ц а 2

Состав микрозообентоса в разные годы, г/м² сырой биомассы

Кормовые организмы	1975 г.	1977 г.	1978 г.
Хирономиды	8.9	8.4	4.8
Олигохеты	14.5	9.0	8.8
Моллюски	1.1	0.5	0.6
Суммарный бентос	24.5	17.9	14.2

мовых объектов (табл.2). Однако доля хирономид в биомассе бентоса летом 1978 г. снижалась в большей степени, чем олигохет и моллюсков. Вполне вероятно, что изменение в соотношениях кормовых объектов сказалось на показателях иммунологической реактивности рыб. Из полученных данных следует, что антимикробный эффект сыворотки крови, отражающий общее физиолого-биохимическое состояние хозяина [5] и являющийся показателем функциональной активности иммунологической системы рыб, зависит от условий нагула, обеспеченности пищей и ее состава.

Это подтверждается данными наших ранее проведенных исследований по изучению влияния голодания на интенсивность антителообразования у рыб [4]: у голодающих карпов антителообразовательная функция падает. Сходные результаты были получены в дальнейшем В.И. Лукьяненко [3]. Однако не следует исключать роль других факторов, оказывающих значительное влияние на функционирование механизмов иммунитета, таких как температура воды, подготовленность рыб к нересту и т.д. Данные по температуре воды у дна в период сбора материала свидетельствуют о том, что в исследуемые годы она была разной. В 1975 и 1977 гг. температура воды колебалась в пределах 14.5°C в начале, 24 в середине и 18.7°C в конце лета, тогда как в 1978 г. она соответственно равнялась 10.5,

18.6 и 17°C. Все это позволяет утверждать, что температура воды, видимо, также оказывала существенное влияние как на продуктивность зообентоса, так и на функционирование механизмов иммунитета рыб.

Л и т е р а т у р а

1. Б а к а н о в А.И. Новые модели дночерпателей и оценка агрегированности бентоса. – Гидробиол. журн., 1979, т.15, вып.3, с.87–93.
2. Б а р у ц к и й Е.В. К вопросу о технике количественного учета донной фауны. У. Стандартные методы фиксации и количественной обработки озерного бентоса. – Тр. Лимнол. ст. в Косине, 1935, вып.19, с.105–125.
3. Л у к ъ я н е н к о В.И. Иммунобиология рыб. М., 1971. 364 с.
4. М и к р я к о в В.Р. Влияние фенола на количество белка в сыворотке карпов *Cyprinus carpio* L. в условиях хронического эксперимента. – В кн.: Физиология водных организмов и их роль в круговороте органического вещества. Л., 1969, с.70–73.
5. М и к р я к о в В.Р. Актуальные вопросы иммунологии рыб. – В кн.: Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. Л., 1978, с.116–133.
6. М и к р я к о в В.Р., Г о н ч а р о в Г.Д., Р о м а н е н к о В.И. Использование гетеротрофной ассимиляции углекислоты для изучения бактериостатических свойств сыворотки рыб. – ДАН СССР, 1967, т.177, № 5, с.1216–1218.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597-113.4 : 519.2

М.М.С м е т а н и н

О СОПОСТАВЛЕНИИ АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ И „ХАРАКТЕРИСТИКИ“ РОСТА РЫБ

Одним из наиболее распространенных показателей, использующихся при описании экстенсивности роста рыб, служит средняя абсолютная скорость роста:

$$V_i = \frac{l_{i+1} - l_i}{t_{i+1} - t_i}, \quad (1)$$

где l_i, l_{i+1} — значения какого-либо параметра, например, длины тела рыбы, в момент времени t_i и t_{i+1} , $i = 0 \div n - 1$. При этом V_i аналогична средней скорости прямолинейного движения в кинематике и применяется для оценки неравномерности роста на разных интервалах времени.

В.В. Васнецовым [4] был предложен другой показатель экстенсивности роста — „характеристика роста“, вычисляемая по формуле:

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

где c_i — удельная скорость роста. По мнению В.В. Васнецова [4], при умножении удельной скорости роста на исходную длину тела l_i учитывается зависимость скорости роста от размеров рыбы. Поэтому он считал H_i наиболее точным количественным показателем, который рекомендовал применять не только для выделения периодов роста, но и как показатель его скорости.

Впоследствии было показано, что получаемая в результате сложных вычислений H_i представляет собой показатель, близкий по смыслу абсолютному приросту в единицу времени, но отличающийся от него по величине [1–3, 5, 6, 12]. Однако характеристика роста получила широкое распространение в работах ихтиологов при анализе периодичности роста рыб и пользоваться ею рекомендовано даже в важнейших учебных пособиях по ихтиологии [8, 9, 13].

Задача настоящей статьи — количественное сопоставление средней абсолютной скорости и характеристики роста рыб. Для такого сопоставления наиболее просто оценить разность

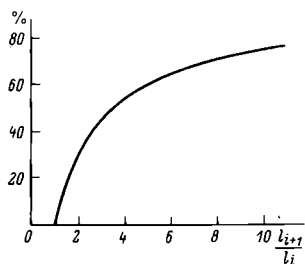
$$\Delta_i = V_i - H_i = \frac{1}{t_{i+1} - t_i} [l_{i+1} - l_i - (\ln l_{i+1} - \ln l_i) l_i], \quad (3)$$

которую можно интерпретировать как абсолютную систематическую ошибку экстенсивности роста при использовании H_i вместо V_i . Видно, что Δ_i зависит от четырех аргументов, что осложняет анализ ее величины от изменения переменных.

Ранее М.В. Мина и Г.А. Клевезаль [7] вывели соотношение между V_i и H_i , зависящее только от удельной скорости роста c_i и показали, что чем выше c_i , тем больше абсолютная скорость превосходит характеристику роста. Однако c_i зависит от нескольких аргументов, в том числе от величины временного интервала $t_{i+1} - t_i$. Это побудило нас выполнить дальнейшие преобразования с тем, чтобы придать уравнению вид, более удобный для анализа соотношения между V_i и H_i .

Для сопоставления абсолютной скорости и характеристики роста мы воспользовались формулой относительной систематической ошибки:

$$\varepsilon_i = \frac{V_i - H_i}{V_i} 100\% = \left(1 - \frac{H_i}{V_i}\right) 100\%. \quad (4)$$



Зависимость систематической относительной ошибки (%) характеристики роста от отношения последовательных длин тела рыб ($\frac{l_{i+1}}{l_i}$).

Преобразуя ее, получаем выражение, зависящее только от соотношения $\frac{l_{i+1}}{l_i}$.

$$\epsilon_i = \left(1 - \frac{\ln \frac{l_{i+1}}{l_i}}{1 - \frac{l_{i+1}}{l_i}} \right) 100\% . \quad (5)$$

Анализ функции $\epsilon_i = \epsilon_i \left(\frac{l_{i+1}}{l_i} \right)$ показывает, что систематическая ошибка сравнительно мала только в небольшой окрестности точки $\frac{l_{i+1}}{l_i} = 1$ и возрастает с увеличением аргумента (см. рисунок). Причем наиболее быстрое увеличение функции (на 30.7%) наблюдается в часто встречающейся на практике области значений $\frac{l_{i+1}}{l_i}$ – от 1 до 2. Поэтому при использовании вместо V_i характеристики роста помимо статистической ошибки [11], как правило, появляется и значительная систематическая погрешность. Например, у густеры, выращиваемой в прудах экспериментальной базы ИБВВ АН СССР „Сунога“, средняя длина тела в возрасте 1 год составляла 47 мм, а в возрасте 2 года – 92 мм, следовательно, $\epsilon_i > 33\%$.

Еще большие систематические ошибки получаются при увеличении отношения $\frac{l_{i+1}}{l_i}$. Так, по данным А.В.Пупыриковой [10], в течение 132 сут средняя длина молоди щуки увеличилась от 11.9 до 138.7 мм. Вычисления показывают, что систематическая ошибка $\epsilon_i > 76\%$.

Следовательно, характеристика роста, вычисляемая более сложным образом, чем абсолютная скорость роста, имеет еще и систематическую ошибку, достигающую при интенсивном росте нескольких десятков процентов. Это свидетельствует о несомненных преимуществах абсолютной скорости как количественного показателя экстенсивности роста и о нецелесообразности использования „характеристики роста“ при анализе этого процесса.

1. Б р ю з г и н В.Л. О характеристике роста рыб. – *Вопр. ихтиологии*, 1960, вып.25, с.75–91.
2. Б р ю з г и н В.Л. О методах изучения роста рыб по чешуе, костям и отолидам. – *Вопр. ихтиологии*, 1963, т.3, вып.2(27), с.347–365.
3. Б р ю з г и н В.Л. Методы изучения роста рыб по чешуе, костям и отолидам. Киев, 1969. 188 с.
4. В а с н е ц о в В.В. Опыт сравнительного анализа роста карповых рыб. – *Зоол. журн.*, 1934, вып. 3, с. 540–584.
5. Д я ч у к И.Е. О показателях темпа роста рыб. – *Гидробиол. журн.*, 1974, т.10, № 2, с.105–110.
6. Ж и в к о в М. Критический анализ некоторых относительных показателей интенсивности роста рыб. – *Изв. на Зоол. ин-та с музеев*, 1972, кн.36, с.81–101.
7. М и н а М.В., К л е в е з а л ь Г.А. Рост животных. Анализ на уровне организма. М., 1976. 291 с.
8. Н и к о л ь с к и й Г.В. Экология рыб. М., 1974. 368 с.
9. Н и к о л ь с к и й Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов. М., 1974. 448 с.
10. П у п ы р н и к о в а А.В. Сезонные изменения в питании и росте молоди щуки. – *Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та рыбн. хоз-ва и океаногр.* М., 1953, т.24, с. 238–245.
11. С м е т а н и н М.М. О статистической оценке точности показателей темпа роста рыб. – *Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“*, 1979, № 41, с.74–79.
12. Ш м а л ь г а у з е н И.И. К вопросу о методике сравнительного анализа роста рыб. – *Зоол. журн.*, 1935, т.14, вып. 4, с.802–804.
13. Ч у г у н о в а Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М., 1959. 164 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597:553.2–153

А.В.С т е р л и г о в, Г.В.Ю ш к о в а

ПИТАНИЕ МОЛОДИ СИГА В МАЛЫХ ОЗЕРАХ КАРЕЛИИ

Сиг (*Coregonus lavaretus*), являясь полиморфным видом, образует множество форм, которые отличаются не только по морфологическим показателям, но и по характеру питания. И если изучению питания взрослых сегов посвящено значительное количество

исследований, то молоди уделяется гораздо меньше внимания. Данный вопрос относится к ряду актуальных проблем рыбоводства озерных районов страны, в частности Карельской АССР, Архангельской и Мурманской областей.

В настоящей работе рассматриваются данные по питанию личинок и сеголетков сига-лудогы, чудского и пяозерского, выращиваемых в малых озерах южной Карелии (Вешкелишкая группа). Молодь сига добывалась активными орудиями лова (сачки, невода). Анализ подввергнуто содержимое 510 пищеварительных трактов, обработанных количественно-весовым методом.

Выклев личинок сига в Карелии происходит в первой половине мая. В течение первых 2 сут они не питаются. На 3-4-е сутки большинство из них переходит на смешанное (эндо-экзогенное) питание, продолжающееся около 2 нед. Затем молодь полностью переходит на экзогенную пищу.

В период вселения личинок в зоопланктоне малых озер преобладают веслоногие рачки, которые и составляют существенную часть содержимого пищеводов молоди. На долю науплий и колеподитных стадий циклопов приходилось 45-100% от веса пищевого комка у личинок чудского сига (озера Салмиколамба, Пеккольское, Вешкелишколамба) и 44-88% у личинок сига-лудогы (озера Карасевое и Чикиярви).

В питании личинок на 3-7-е сутки после выпуска в озеро помимо указанных компонентов встречается молодь дафний, босмин и полифемусов. Личинки сига в это время довольно часто потребляют мелких личинок хирономид, захватывая их в верхних слоях воды. В дальнейшем по мере развития летнего планктона и роста молоди сига его пища становится более разнообразной с преобладанием ветвистоусых рачков (табл. 1).

Накормленность личинок сига в озерах варьировала значительно, что, видимо, обусловлено разным уровнем развития кормовых организмов, их доступностью для разновозрастной молоди. Наиболее высокие индексы наполнения пищеварительного тракта, как правило, наблюдались во 2-3-ю пятидневку активного питания, затем они постепенно снижались. Личинки сига в малых озерах находят пищу, необходимую для нормального роста и развития, поэтому массовой их гибели при переходе на активное питание не наблюдается. Личинки с пустыми пищеводами встречались редко.

Характер питания сеголетков сига определяется особенностями развития кормовой базы водоема. Например, сеголетки чудского сига в оз. Куалико питались преимущественно рачковым планктоном [2], тогда как в оз. Салмиколамба существенную роль играли донные беспозвоночные (табл. 2).

Спектр питания чудского сига в первый год жизни в малых водоемах Карелии отличается значительным разнообразием, включающим до 38 компонентов, что вполне согласуется с литературными данными [1, 3-6]. В его пище были широко представлены кладоцеры (17 видов), которые часто преобладают и в весовом отношении. Среди этой группы организмов наиболее охотно поедается *Daph-*

Т а б л и ц а 1

Компоненты питания личинок сига-лудог в оз. Чикийрви,
% по весу

Компоненты пищи	Размеры и возраст личинок			
	12.6 мм, 7-8 сут	14.3 мм, 12-13 сут	15.1 мм, 17-18 сут	18.2 мм, 22-23 сут
Копеподитные стадии Cyclops	88	12.5	2.5	20.8
Копеподитные стадии Meso-cyclops	-	22.4	2.1	3.0
Nauplii Copepoda	-	0.4	-	-
Bosmina	7.5	58.8	65.0	14.8
Daphnia cristata	4.5	6.3	7.0	2.8
Ceriodaphnia	-	-	1.9	3.4
Polyphemus pediculus	-	-	21.5	55.2

Т а б л и ц а 2

Состав пищи сеголетков чудского сига, % по весу

Компоненты пищи	Оз. Куалико			Оз. Салмиколамба			
	июнь	август	сентябрь	июнь	июль	сентябрь	март
Кладощеры	29	98	87	4.6	53.3	95.5	1.1
Копеподы	-	2	11	-	0.2	0.3	2.9
Хирономиды	71	-	2	95.4	46.0	4.0	36.4
Другие группы бентоса	-	-	-	-	0.5	0.2	60.0

nia cristata, D.longispina, Leptodora kindtii, Diaphanosoma brachiurum, Bosmina obtusirostris.

В некоторых озерах (Вешкелишкая ламба, зимой - Куалико) в рационе сеголетков чудского сига доминировали копеподы, а именно копеподитные стадии циклопов. Существенное место в питании занимали личинки и куколки хирономид. В марте в оз. Салмиколамба молодь наряду с личинками хирономид в большом количестве поедала личинок Ephemeroptera (60.6% по весу). Изредка в пище встречались личинки стрекоз, водные клопы, моллюски и нематоды. Кроме того, в пищевом комке этой формы сига обнаружены имаго насекомых (оз. Пеккольское) и повсюду в небольшом количестве остатки растительности и детрита.

Для сеголетков сига-лудогы также характерно смешанное питание рачковым планктоном и бентосом. В озерном питомнике Карасевое в питании молоди сига основную роль играли личинки и куколки хирономид и кладоцеры (*Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia pulhella*, *Diaphanosoma brachyurum*). В этом водоеме сеголетки поедали копепод, гелеид, хаборуса и воздушных насекомых. Осенью после отмирания кладоцер и вылета хирономид в питании преобладали детрит (60% по весу), фрагменты жесткой растительности и водоросли. Основу животной пищи в этот период составляли личинки хирономид (50% по встречаемости и 12% по весу).

Несколько иной характер питания сеголетков сига-лудогы был в оз. Вешкелицламба, где помимо вышеуказанных организмов встречались личинки поденок и вислокрылок, остракоды и пизидиум. Однако основу питания сеголетков в этом водоеме составляли личинки хирономид и кладоцеры. Личинки поденок доминировали в пище молоди сига этой разновидности в оз. Карьерная ламба. Молодь сига-лудогы, так же как и чудского, оказалась довольно нетребовательной в пищевом отношении. В составе пищи встречены 35 видов и групп организмов, доступных по размерам и местам обитания.

Сеголетки пяозерского сига летом питались теми же организмами, что и молодь сига-лудогы и чудского. Своеобразным был пищевой рацион этого сига осенью в оз. Карасевое, где сеголетки поедали в большом количестве олигохет (*Tubificidae*). В ноябре и декабре их доля в пищевом комке составляла 70% по весу.

При сравнении содержимого пищеварительных трактов молоди разных форм сига в одних и тех же водоемах выявлено различие в их спектре питания. Так, сеголетки чудского сига в сентябре-октябре 1969 г. в оз. Вешкелицламба потребляли преимущественно планктонные формы (свыше 90% веса пищи), а сеголетки лудогы в 1971 г. — бентосные организмы (более 60% по весу).

Как уже отмечалось, сеголетки пяозерского сига осенью 1970 г. в оз. Карасевое в массе поедали олигохет, тогда как вселенная в последующие годы в этот питомник молодь сига-лудогы их вовсе не потребляла. В их кишечниках было встречено большое количество детрита (64% по весу). Интенсивность питания сеголетков исследованных форм сига варьировала в широких пределах. Индексы наполнения желудков были равны 13–143‰. Питается молодь сига круглогодично, но наиболее высокая накормленность отмечена весной и летом. Несмотря на то что молодь добывалась активными орудиями лова, у всех форм сига встречены особи с пустыми желудками, что свидетельствует о перерывах в их питании.

Из вышеизложенного следует, что молодь сига обладает исключительной пластичностью в отношении пищи. На питании сеголетков сказывается специфичность развития кормовой базы водоемов, и в меньшей степени — морфологические особенности форм сига. В разнотипных озерах Карелии молодь сига находит необходимую для роста и развития кормовую базу, что открывает широкие перспективы для массового подращивания молоди в рыбоводных хозяйствах.

1. А л е ш и н Г.В. Материалы по сига и ряпушке, акклиматизированным в озерах Урала. - Тр. Урал. отд. ВНИОРХ, Свердловск, 1939, т.1, с.142-178.
2. Г о р д е е в а Л.Н., З а б о л о ц к и й А.А. Кормовые ресурсы озер-питомников и их использование молодью различных форм сига. - В кн.: Тезисы докладов конференции биологов Карелии, посвященной 50-летию образования СССР. Петрозаводск, 1972, с.71-74.
3. Г р а н д и л е в с к а я - Д е к с б а х М.Л. Питание чудского сига, рипуса, их гибридов, акклиматизированных в озерах Урала. - Изв. ВНИПРХ, 1957, т.39, с.138-143.
4. Д о м р а ч е в Н.Ф. Питание и рост рыб Псковского и Чудского озера. Чудской сиг. - Изв. Отд-ния прикл. ихтиол., Л., 1929, т.10, вып.2, с.132-142.
5. К о в а л е в П.М. О питании личинок сига в Чудском озере. - Уч. зап. Новгород. гос. пед. ин-та, 1966, т.5, с.152-160.
6. Ш и р к о в а А.Л. Сиг Чудского озера. - В кн.: Гидробиология и рыбное хозяйство Псковско-Чудского озера. Таллин, 1966, с.128-137.

СеврыбНИИпроект

УДК 597.554.13-15 : 575

В.Н. Я к о в л е в , Ю.Г. И з ю м о в , А.Н. К а с ь я н о в

К ИЗУЧЕНИЮ ЛОКАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК ПЛОТВЫ RUTILUS RUTILUS L. ОЗ. ПЛЕЩЕЕВО

С 1924 по 1962 г. удельный вес плотвы в уловах на оз.Плещеево снизился с 60 до 8-10%. Одновременно наблюдалось снижение средних размеров рыб в уловах и уменьшение темпов роста [5]. Авторы последней работы объясняют это явление ухудшением кормовой базы в результате эвтрофирования и перенаселения, связанного с уменьшением пресса хищников. Однако фактических данных, подтверждающих эту гипотезу, не приводится.

В 1978-1979 гг. мы начали изучение популяций плотвы оз.Плещеево с целью выяснить их современное состояние. Работы проводятся в рамках комплексной программы исследований ИБВВ АН СССР на этом водоеме.

Материал собирался в районе тони Сушни и в районе впадения р.Трубеж (там же был собран материал предшествующими авторами). Расстояние между станциями 4-5 км. Всего было отловлено 250 экз. плотвы. Помимо стандартной биометрической обработки, была использована разработанная нами [7] методика фенетических

исследований, позволяющая анализировать популяции по счетным признакам с высокой наследственной обусловленностью (фены глоточных зубов, преоперкулярного и мандибулярного каналов, структурные фены переходного отдела позвоночника). Для повышения точности определений возраста последние велись по зонам роста на cleitrum, поскольку эта регистрирующая структура дает меньше искажений, чем чешуя. Кость предварительно просветлялась в 96%-ном спирте.¹ Достоверность различий распределений признаков определялась по показателю Л.А. Животовского [2].

Установлено, что плотва из района р.Трубеж и плотва из района тони Сушни представляют 2 субпопуляции (локальные популяции), достоверно различающиеся по числу чешуй в боковой линии ($r = 0.969$), числу позвонков ($r = 0.943$), предкрышки ($r = 0.900$) и по темпам роста (см. рисунок). Плотва района р.Трубеж растет немного быстрее, чем из района тони Сушни, однако обе популяции характеризуются аномально низкими темпами роста. Можно констатировать, что снижение роста с 1962 по 1977 г. более значительно, чем за предыдущее десятилетие.

Однако продолжительность жизни рыб и процент старших возрастных групп в уловах не уменьшились. Не изменилось и соотношение самцов и самок в нерестовый период, которое остается близким 1:1.

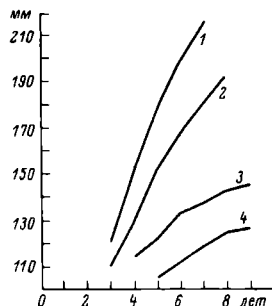
Наполненность кишечников хорошая, в питании трубежской плотвы преобладают моллюски *Valvata* и *Bythinia*, а плотва из района тони Сушни питается в основном нитчаткой и хидоридами. Эти данные согласуются с высокими показателями биомассы бентоса на литорали озера (устное сообщение А.И.Баканова). Поскольку отрицательное влияние эвтрофикации сказалось только на ограниченных участках профундали, гипотеза о резком ухудшении кормовой базы не оправдывается. К тому же рост и упитанность такого бентофага, как лещ, по-видимому, не снизились.

Одной из возможных причин катастрофического снижения роста плотвы может явиться нарушение популяционного гомеостаза в результате выпадения одной или нескольких локальных популяций. К такому следствию могло привести перекрытие р.Вексы, препятствующее проходу плотвы на нерест. Опасность нарушения популяционного гомеостаза обоснована в работах С.М.Коновалова [3, 4] и Ю.П.Алтухова [1]. Для проверки гипотезы необходимо выяснение полной популяционной структуры плотвы в оз.Плещеево и межпопуляционных взаимодействий.

¹ Материалы по питанию обработаны Н.Н. Жгаревой, исследующей фауну литорали озера, за что авторы ей очень признательны.

Линейный рост плотвы Плещеева озера.

1 – по данным С.В. Суетова [6], 2 – по данным И.И. Макковеевой с соавторами [5], 3 – наши данные (I группировка, из района впадения р. Трубеж), 4 – наши данные (II группировка, из района тони Сушни). По оси абсцисс – возраст, годы; по оси ординат – длина тела.



Л и т е р а т у р а

1. А л т у х о в Ю.П. Популяционная генетика рыб. М., 1974. 246 с.
2. Ж и в о т о в с к и й Л.А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам. – Журн. общ. биол., 1979, № 4. с.587–608.
3. К о н о в а л о в С.М. Субизолят как относительно жесткая система. Структура субизолята. – Журн. общ. биол., 1974, т.35, № 6, с.819–838.
4. К о н о в а л о в С.М. Субизолят как относительно жесткая система. Функции субизолята. – Журн. общ. биол., 1975, т.36, № 6, с.819–838.
5. М а к к о в е е в а И.И., К у л е м и н А.А., Ч в а н - к и н а М.А., С о л о п о в а М.И. Рыбохозяйственное исследование Плещеева озера. – Докл. на науч. конф., 1964, т.II, вып.4, с.58–73.
6. С у е т о в С.В. Биология и темп роста некоторых промысловых пород рыб Переславского озера. – Тр. Лимнол. ст. в Косине, 1934, вып.18, с.65–69.
7. Я к о в л е в В.Н., И з ю м о в Ю.Г., К а с ь я н о в А.Н. Фенетический метод исследования популяций карповых рыб. – Журн. биол. науки, 1981, вып. 2, с. 88–101.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

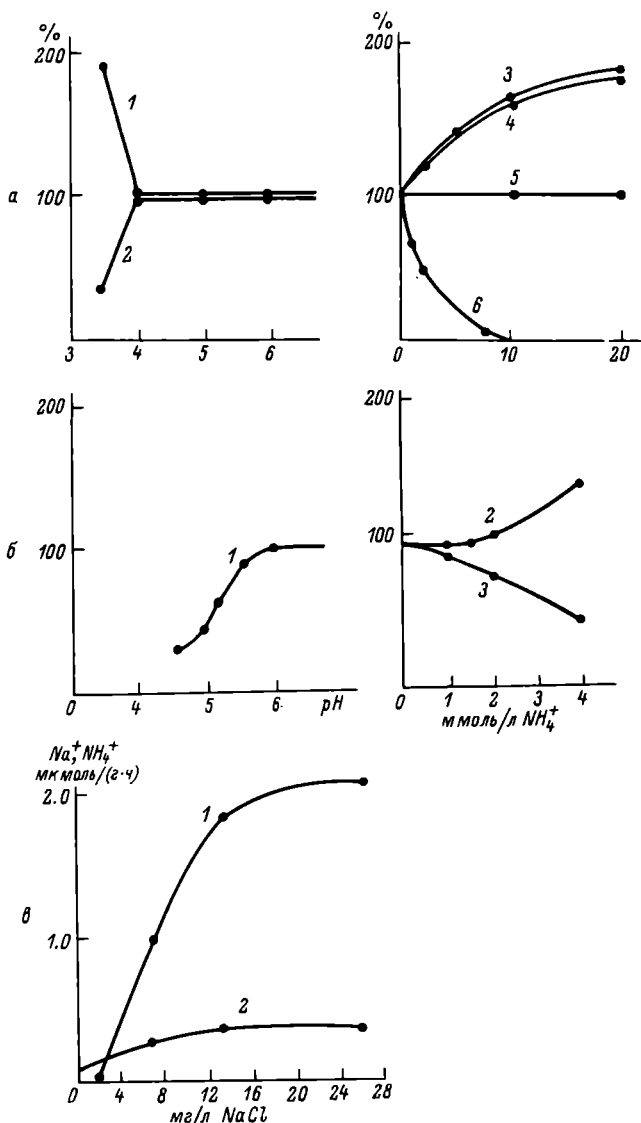
Г.А. Виноградов, Е.С. Даль, В.Т. Комов

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ АММОНИЯ И ЗАКИСЛЕНИЯ СРЕДЫ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У ПРЭСНОВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ. 2. ИССЛЕДОВАНИЕ $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ - И H^+/Na^+ -ОБМЕНА В ЖАБРАХ РАКА И КОЛЮШКИ

В последние годы накапливаются данные о взаимосвязи процессов осморегуляции с выделением продуктов азотистого обмена и поддержанием кислотно-щелочного равновесия. У водных животных в некоторых эпителиальных тканях обнаружен активный транспорт ионов натрия, сопряженный в одних случаях с перемещением ионов аммония, в других – ионов водорода [1–4]. Немногочисленные работы содержат противоречивые сведения относительно наличия H^+/Na^+ - или $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ -обмена в жабрах рыб и ракообразных, что не позволяет судить о видовой специфичности того или иного обмена, о распространенности среди пресноводных животных и о значении для удаления метаболитов NH_4^+ и H^+ и поддержания кислотно-щелочного гомеостаза во внутренней среде.

В экспериментах использовались речные раки *Astacus leptodactylus* массой 20–30 г (48 экз.), колюшка девятииглая *Pungitius pungitius* (L.) массой 0.6–1.0 г (12 экз.) и колюшка трехиглая *Gasterosteus aculeatus* L. массой 1–2 г (12 экз.). Опыты с колюшкой трехиглой и раками проводились при температуре 14–18°C, с колюшкой девятииглой – при 8–11°C. Аммоний в среду добавляли в виде NH_4Cl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Концентрацию аммония в гемолимфе раков повышали путем инъектирования их растворенными в физиологическом растворе NH_4Cl (30 ммоль/л). Концентрацию натрия в растворе измеряли методом пламенной фотометрии, концентрацию иона хлора – потенциометрически с помощью хлорсеребряного электрода. Содержание аммония в среде определяли фотокалориметрически с реактивом Несслера и посредством аммоний-селективного электрода. Одновременно в каждом опыте и контроле использовали по 4–8 животных. Полученные результаты обработаны статистически.

В кратковременных экспериментах с экспозицией 15–30 мин исследовалось влияние солей аммония в концентрациях 1–20 ммоль/л на параметры ионного обмена у рака, ответственные за поддержание гомеостаза электролитов гемолимфы. Определение скорости общей потери ионов натрия и хлора в дистиллированной воде показало, что соли аммония увеличивают проницаемость жаберного эпителия для этих ионов. Степень нарушения тем существеннее, чем выше концентрация аммония в наружной среде (см. рисунок). Присутствие в воде аммония, начиная с концентрации 1 ммоль/л, угнетает поглощение натрия и не влияет на сорбцию хлора. С повышением концентрации NH_4^+ эффект ингибирования транспорта натрия усиливается.



Влияние наружной концентрации Na^+ , NH_4^+ и H^+ на обмен в жабрах.

а - речной рак: 1, 3 - потери Na^+ ; 2, 6 - транспорт Na^+ ; 4 - потери Cl^- ; 5 - транспорт Cl^- . б - колюшка: 1, 3 - транспорт Na^+ ; 2 - потери Na^+ . По оси абсцисс: слева pH среды, справа - концентрация NH_4^+ в среде; по оси ординат - обмен Na^+ , % от контроля. в - колюшка: 1 - транспорт Na^+ ; 2 - экскреция NH_4^+ . По оси абсцисс - концентрация Na^+ в среде; по оси ординат - скорость поглощения Na^+ и экскреции NH_4^+ .

Т а б л и ц а 1

Влияние инъекций аммония на экскрецию аммония и активный транспорт натрия у речного рака

Время измерения	Экскреция NH_4^+ , мкмоль/(г·ч)			Транспорт Na^+ , мкмоль/(г·ч)
	в дистиллированной воде	в растворе NaCl , 0,5 ммоль/л	Na^+ -зависимая	
До инъекции 0–10 мин	0.153±0.047	0.309±0.102	0.156	0.210±0.021
После инъекции: через 0–10 мин	0.745±0.212	1.252±0.382	0.507	0.592±0.132
через 10–40 мин	0.521±0.164	0.837±0.244	0.312	0.386±0.086

Кроме ионов аммония возможным противоионом для активного транспорта натрия через жабры могут быть ионы водорода. В этом случае увеличение концентрации водородных ионов (сдвиг pH в кислую сторону) должно угнетать поглощение натрия из воды, что было показано для некоторых пресноводных рыб [1]. Однако изменение концентрации водородных ионов в широком диапазоне (pH от 8,0 до 4,0) не выявило влияния pH на поглощение и потери натрия у речного рака (см. рисунок, а). Из результатов этого эксперимента следует, что ионы аммония действуют на ионную проницаемость жабр неизбирательно, увеличивая ее как для катионов, так и для анионов. С другой стороны, выявляется специфическая взаимосвязь между присутствием иона аммония и активным транспортом Na^+ .

Изучение скорости экскреции аммония в дистиллированной воде и в растворе NaCl , содержащем ионы натрия в концентрации, достаточной для полного насыщения натрий-транспортирующей системы (0,5 ммоль/л), показало, что выход аммония стимулируется ионами натрия. При добавлении в дистиллированную воду натрия выход аммония увеличивается в 3 раза, что свидетельствует о наличии Na^+ -зависимой экскреции аммония (табл. 1).

Инъектирование ракам раствора NH_4Cl , увеличивающее концентрацию NH_4^+ в гемолимфе на 2,5 ммоль/л, усиливает более чем в 2 раза как транспорт Na^+ , так и Na^+ -зависимый выход аммония (табл. 1).

Содержание раков в изоионическом растворе NaCl (190 ммоль/л) вызывает увеличение транспорта натрия в 3 раза в первые часы опыта. После 24-часового пребывания в солевом растворе активное поглощение натрия практически прекращается. Na^+ -зависимый выход аммония, рассчитанный по разности величин экскреции у жи-

Т а б л и ц а 2

Влияние функциональной активности Na^+ -транспортирующей системы на экскрецию аммония у речного рака

Время пребывания в изо-ионическом растворе NaCl , ч	Наружная среда	Транспорт Na^+ , мкмоль/(г·ч)	Экскреция NH_4^+ , мкмоль/(г·ч)	Na^+ -зависимая экскреция NH_4^+ , мкмоль/(г·ч)
0	0.2 ммоль/л NaCl	0.185 ± 0.022	0.267 ± 0.027	0.110
	Дистиллированная вода	0	0.157 ± 0.036	0
0.5	190 ммоль/л NaCl	0.540 ± 0.030	0.384 ± 0.039	0.229
	190 ммоль/л NaCl + динитрофенол	0.188 ± 0.027	0.232 ± 0.056	0.092
24	190 ммоль/л NaCl	0	0.155 ± 0.042	0
	190 ммоль/л NaCl + динитрофенол	0	0.140 ± 0.051	0

вотных с максимальным транспортом натрия и при его отсутствии, составляет около 60% от величины его общего выделения (табл. 2). Угнетение активного поглощения натрия динитрофенолом ($2.5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) на 65% одновременно ингибирует на 60% Na^+ -зависимую экскрецию аммония.

Результаты этих опытов свидетельствуют, что значительная часть аммония, выделяющегося в воду, связана с перемещением натрия в организм против градиента концентрации. Стимуляция и угнетение транспорта натрия через жабры вызывает аналогичные изменения в экскреции аммония. В нормальных условиях общий выход аммония соответствует суммарному поглощению натрия.

Влияние аммония на обмен натрия у колюшки трехиглой сходно с таковым у речного рака. Подавление транспорта Na^+ наблюдается, как и у рака, начиная с концентрации 1 ммоль/л, и увеличивается с повышением его содержания в среде. Na^+ -транспортирующая система жабр колюшки трехиглой в отличие от таковой у рака реагирует на изменение pH среды. Увеличение концентрации водородных ионов в воде угнетает поглощение Na^+ при значениях pH ниже 8.0 (см. рисунок, б).

Исследование скорости выделения аммония в зависимости от содержания Na^+ в среде проводили на колюшке девятииглой. При концентрации Na^+ , достаточной для насыщения Na^+ -транспортирующей системы (0.5 ммоль/л), выход аммония был в 2–2.5 раза больше, чем в дистиллированной воде (см. рисунок, в). В отличие от раков Na^+ -зависимое выделение аммония у колюшки значитель-

но меньше интенсивности поглощения натрия. Скорость Na^+ -зависимой экскреции у нее составляет лишь 1/8 часть скорости транспорта натрия.

Анализ полученных результатов дает основания полагать, что у речного рака и двух видов колюшки осуществляется экскреция ионов аммония, сопряженная в различной степени с поглощением натрия. Вероятно, у пресноводных животных, конечным продуктом азотного обмена которых является аммоний, $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ -обмен имеет универсальное значение для удаления его из организма. Значимость такого обмена для транспорта ионов натрия через жабры и его роль в этом процессе по отношению к H^+/Na^+ -обмену, занимающему важное положение в поддержании кислотно-щелочного равновесия у разных видов, могут существенно отличаться. Несомненно, что регуляция $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ - и H^+/Na^+ -обменов служит одним из механизмов адаптации пресноводных животных к кислотному и аммонийному загрязнению.

Л и т е р а т у р а

1. В и н о г р а д о в Г.А. Адаптация водных животных с различными типами осморегуляции к понижению pH внешней среды. - В кн.: Физиология и паразитология пресноводных животных. Л., 1979, с.17-25.
2. E v a n s D.H. Ionic exchange mechanisms in fish gills. - Comp. Biochem. and Physiol. A, 1975, vol.51, p.491-495.
3. M a e t z J., G a r c i a - R o m e u F. The mechanism of sodium and chloride uptake by the gills of a freshwater fish, *Carassius auratus*. II. Evidence for $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ and $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ exchanges. - J. Gen. Physiol., 1964, vol.47, N 6, p.1209-1227.
4. S h a w J. The absorption of sodium ions by the crayfish *Astacus pallipes* (Lereboullet). II. The effect of the external anion. - J. Exp. Biol., 1960, vol.37, p.534-547.

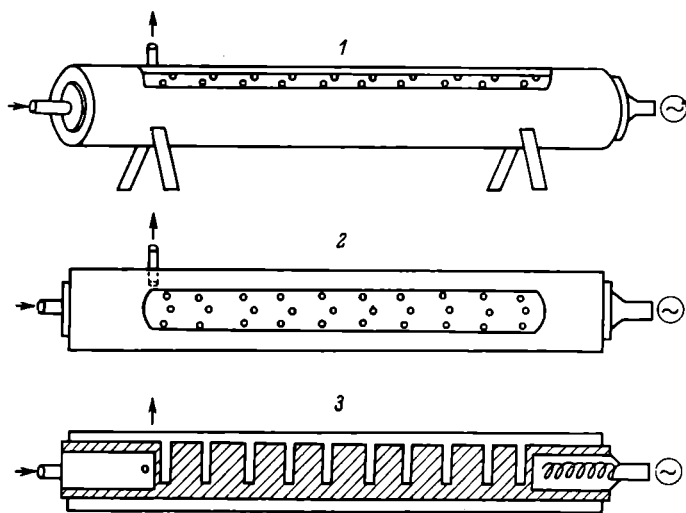
Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В.И. Романенко

ПОЛИТЕРМОСТАТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРНОГО ОПТИМУМА РАЗВИТИЯ БАКТЕРИЙ

Промышленностью политермостаты не выпускаются, и исследователи определяют оптимумы развития бактериальных культур в обычных термостатах, время от времени меняя температуру, что чрезвычайно осложняет работу. Нами изготовлен и используется в лаборатории микробиологии ИБВВ АН СССР простой политермостат, в котором можно инкубировать микроорганизмы в пробирках в диапазоне температур от 13 до 50°C; при необходимости диапазон можно изменить.

В круглом стержне из дюраля марки „Д-16“ длиной 120 и диаметром 10 см на боковой стороне высверливаются по 3 в ряд отверстия диаметром 1,8 и глубиной 7 см для пробирок по всей длине стержня через каждые 8,5 см с некоторым смещением в каждом ряду (см. рисунок). В его торцах высверливаются 2 больших стаканобразных отверстия диаметром 8 и глубиной 10 см. В один стакан вставляют нагревательную спираль, намотанную на керамический стержень, контакты от которой выводят наружу, а сам он закрывается металлической пластинкой с помощью шурупов. Другой стакан также за-



Схематическое изображение политермостата.

1 - общий вид, 2 - вид сверху, 3 - в разрезе: слева - стакан, через который пропускается вода (стрелками показано направление тока воды), справа - стакан со спиралью.

крывается крышкой, и в него монтируются два металлических патрубка: один через крышу, второй — через отверстие в боковой стенке стакана. Металлический стержень покрывается кожухом из тонкой жести для безопасности и уменьшения теплообмена с воздухом и к нему крепятся 4 ножки.

Во время работы пробирки с питательной средой, инокулированной бактериями, помещают в отверстия на Γ -ковой стороне стержня. Через стакан с патрубками пропускают воду от водопроводной сети, а спираль с противоположной стороны стержня подключают в электросеть через ЛАТР. Таким образом, в результате охлаждения стержня, с одной стороны, и подогрева — с другой, по нему устанавливается градиент температур. Изменяя нагрев спирали и поток воды, добиваются устойчивости этого градиента по всему стержню. Так, у нас в лаборатории устанавливались следующие температуры от охлаждаемого к нагреваемому концу: 1–14, 2–18, 3–23, 4–25, 5–30, 6–34, 7–38, 8–39, 9–44, 10–48°C. Зимой можно получить более низкие температуры, летом воду можно предварительно пропускать через холодильник.

Перед работой прибор калибруется и проверяется. Для этого в отверстия помещают пробирки одинакового размера с водой, в которые ставят термометры и добиваются нужного диапазона температур и устойчивой работы прибора.

О развитии бактерий можно судить по изменению их количества, определяемому методом прямого подсчета клеток, что весьма трудоемко. Легче проанализировать развитие бактерий по гетеротрофной ассимиляции CO_2 [1, 2]. Для этого в пробирки со средой, зараженной бактериями, приливают по 1 мл стерильного раствора карбоната, помеченного ^{14}C с активностью под счетчиком Гейгера $1.5 \cdot 10^6$ имп./мин, при использовании сцинтилляционных счетчиков активность препаратов ^{14}C можно уменьшить в 5–7 раз. Пробирки закрывают резиновыми пробками и инкубируют в зависимости от активности развития бактерий от 5 до 24, иногда 48 ч, после чего их содержимое фиксируют формалином и фильтруют через мембранные фильтры. В заключение фильтры обрабатывают слабой соляной кислотой для удаления $\text{Na}_2^{14}\text{CO}_3$, и после просушки радиоактивность бактерий определяется под счетчиком Гейгера. Для большей достоверности анализы следует повторить несколько раз и результаты осреднить.

Нами были использованы для этой же цели меченые органические соединения (глюкоза, гидролизат белка и пр.). Однако при этом возникают большие трудности, так как в одних пробирках бактерии быстро потребляют меченый субстрат и успевают частично выбросить его в виде $^{14}\text{CO}_2$, в других его ассимиляция задерживается, возникает диспропорция и результаты заметно колеблются. Вероятно, в некоторых случаях развитие бактерий может быть определено на нефелометре.

Для стабилизации нагрева прибор можно зарегулировать. Для этого в ближайшую к нагревателю ячейку наливают глицерин и вставляют металлическую трубку, в которую помещают обычный

контактный термометр. Кончик его с ртутью вводят в глицерин. Контакты от него соединяют с устройством, периодически включающим и выключающим нагревательную спираль по сигналу от термометра. Такое устройство легко сделать. В этом случае прибор работает автоматически и более безопасен в пожарном отношении. Поскольку между термометром и нагревателем имеется расстояние, то сработка контактов происходит с некоторым запаздыванием, которое выражается для описанных условий величиной $\pm 1^{\circ}\text{C}$, т.е. с амплитудой в 2, иногда в $2,5^{\circ}\text{C}$. При этом по всему стержню перемещается синусоидальная волна нагрева с небольшой амплитудой, что не имеет существенного значения для результатов. Во всех случаях результаты необходимо повторять не менее 3-5 раз.

Л и т е р а т у р а

1. Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов (лабораторное руководство). М.; Л., 1963. 128 с.
2. Романенко В.И. Гетеротрофная ассимиляция CO_2 как индикатор развития бактерий. - ДАН СССР, 1966, т.168, № 1, с.195-198.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИИ

Сессия Научного совета Академии наук СССР по проблемам биосферы (Н.В. Б у т о р и н)	3
Симпозиум „Теоретические основы биотестирования” (Б.А. Ф л е р о в)	5
I Семинар специалистов, изучающих хирономид (Diptera, Chironomidae) (А.И. Ш и л о в а)	6

СООБЩЕНИЯ

А.В.И в а т и н. Численность и биомасса бактериопланктона в Куйбышевском водохранилище	9
В.М. К у д р я в ц е в, Е.Ю. Б е з г о д о в а. Распределение бактерий и их численность на поверхности стеблей макрофитов	12
Н.А. Л а п т е в а. Скорость потребления глюкозы микрофлорой в воде озер разного типа трофии	16
Е.В. Л е б е д е в а. Выделение и культивирование нитрифицирующих бактерий	20
О.И. Т и ф е н б а х, Н.А. Л а п т е в а. Численность и активность микроорганизмов в водной толще оз.Севан	22
А.И. Б а к а н о в. Размеры агрегаций бентоса на серых илах Рыбинского водохранилища	27
Е.М. К о р г и н а. Влияние подогретых вод Костромской ГРЭС на фауну сфериид	30
А.М.А н д р е е в а. Влияние температуры на оогенез синца Рыбинского водохранилища	34
В.М. В о л о д и н. Плодовитость массовых видов рыб Рыбинского водохранилища. 5. Плодовитость уклей, щуки и чехони	38
В.Р. М и к р я к о в, А.И. Б а к а н о в. О связи антимикробных свойств сыворотки крови леща с некоторыми условиями нагула	43
М.М. С м е т а н и н. О сопоставлении абсолютной скорости и „характеристики” роста рыб	46
А.В. С т е р л и г о в, Г.В. Ю ш к о в а. Питание молоди сига в малых озерах Карелии	49

В.Н. Яковлев, Ю.Г. Изюмов, А.Н. Касьянов. К изучению локальных группировок плотвы <i>Rutilus rutilus</i> L. оз. Плещеево	53
Г.А. Виноградов, Е.С. Даль, В.Т. Комов. Влия- ние солей аммония и закисления среды на метаболические про- цессы у пресноводных животных. 2. Исследование $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ - и H^+/Na^+ -обмена в жабрах рака и колюшки	56
В.И. Романинко. Политермостат для определения темпера- турного оптимума развития бактерий	61

CONTENTS

INFORMATIONS

Session of the Scientific Council of the Academy of Sciences of the USSR on the biosphere probleme (N.V.B u t o r i n)	3
The Symposium „Theoretical foundations of biotesting" (B.A.F l e r o v)	5
The 1st seminar of specialists studying chironomids (Diptera, Chironomidae) (A.I.S h i l o v a)	6

COMMUNICATIONS

A.V.I v a t i n. Abundance and biomass of bacterio-plankton in the Kuibyshev reservoir	9
V.M.K u d r i j a v t s e v, E.Ju.B e s g o d o v a. Distribution of bacteria and their abundance on the surface of macrophytes stalks	12
N.A.L a p t e v a. Rate of glucose consumption by microflora in the water of lakes of various trophic ranks	16
E.V.L e b e d e v a. Isolation and cultivation of nitrifying bacteria	20
O.I.T i f e n b a c h, N.A.L a p t e v a. Abundance and activity of microorganisms in Lake Sevan	22
A.I.B a k a n o v. Aggregations of benthos on grey silt in the Rybinsk reservoir	27
E.M.K o r g i n a. Influence of heated water of the Kostroma Hydroelectric power station on the sphaeriides fauna	30
A.M.A n d r e e v a. Influence of temperature on oogenesis of blue bream in the Rybinsk reservoir	34
V.M.V o l o d i n. Fecundity of the mass species of fishes in the Rybinsk reservoir. 5. Fecundity of bleak, pike and sabrefish.	38
V.R.M i k r i j a k o v, A.I.B a k a n o v. On connection of antimicrobial properties of bream blood serum with feeding conditions	43
M.M.S m e t a n i n. On comparison of the absolute rate and „characteristics" of fish growth . . .	46
A.V.S t e r l i g o v, G.V.J u s h k o v a. Feeding of juvenile whitefish in the small lakes of Karelia	49
V.N.J a k o v l e v, Ju.G.I s j u m o v, A.N.K a s s j a n o v. To the study of local groups of roach Rutilus rutilus L. of the lake Pletcheevo	53

- G.A. V i n o g r a d o v, E.S. D a l, V.T. K o m o v.
Influence of ammonium salts and medium acidity on metabolic processes in freshwater animals. 2. Study of $\text{NH}_4^+/\text{Na}^+$ - and H^+/Na^+ -exchange in the gills of crayfish and stickleback
- V.I. R o m a n e n k o. Polythermostat for determination of temperature optimum for bacterial development

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень № 56

Утверждено к печати

Институтом биологии внутренних вод Академии наук СССР

Редактор издательства Л.С. Евстигнеева

Технический редактор В.В. Шиханова

Корректор Л.Я. Комм

ИБ № 20268

Подписано к печати 09.07.82. М-26556. Формат 60х90 1/16. Бумага
офсетная № 1. Печать офсетная. Печ. л. 4 1/4 = 4,25 усл. печ. л.
Усл. кр.-отт. 4,50. Уч.-изд. л. 4,22. Тираж 1150. Изд. № 8280.
Тип. зак. № 1600 Цена 65 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