

ISSN 0320—9652

АКАДЕМИЯ  
НАУК  
СССР

**БИОЛОГИЯ  
ВНУТРЕННИХ  
ВОД**

**№**

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ**

**72**

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 72

УДК 577 (28)

Бюллетень содержит сообщения о микрофлоре водохранилищ и озер, влиянии химических и физических факторов на гидробионтов. Рассматриваются вопросы морфологии и систематики водорослей и беспозвоночных. Приводится опыт использования зоопланктона в мониторинге состояния водоемов. Представлены результаты исследований физиологии и генетики рыб, термического режима и донных отложений озер.

Представляет интерес для широкого круга гидробиологов, ихтиологов, гидрологов, гидрохимиков.

Ответственный редактор Н.А. ЗИМИНОВА  
Рецензенты: В.Р. МИКРЯКОВ, Г.Е. САБУРОВ

36198-n

Б 2001050100-724 211-86-1У © Издательство „Наука“, 1986 г.  
042(02)-86

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

# БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 72



ЛЕНИНГРАД  
«НАУКА»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1986

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

# БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 72



ЛЕНИНГРАД  
«НАУКА»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1986

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

# БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 72



ЛЕНИНГРАД  
«НАУКА»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1986

ных лабораториях различными методиками, свидетельствует об их противоречивости.

Большой интерес вызвало сообщение Л.Д. Гапочки, В.И. Артюховой: Т.С. Дрожжиной, Г.А. Карауш (МГУ), посвященное устойчивости и чувствительности водорослей к токсикантам. Как известно, водоросли относятся к группе наиболее устойчивых к токсическому воздействию гидробионтов. Поскольку в водной токсикологии долгое время существовало упрощенное представление о характере связи между чувствительностью и устойчивостью гидробионтов к токсикантам и большинство исследователей считало, что высокой устойчивости соответствует низкая чувствительность, водоросли относили к группе низкочувствительных гидробионтов. В докладе приведены новые экспериментальные данные, согласно которым некоторые виды водорослей сочетают в себе высокую чувствительность с высокой устойчивостью к одному и тому же токсиканту. Об этом же свидетельствуют и материалы доклада М.Я. Балоды (Институт биологии АН ЛатвССР), посвященного структурным и функциональным изменениям морского фитопланктона при интоксикации водорослей соединениями тяжелых металлов. Определяя интенсивность роста и скорость фиксации радиоактивного углерода, М.Я. Балода выявила высокую чувствительность морских одноклеточных водорослей к токсикантам, что позволяет использовать их наряду с другими гидробионтами в качестве тест-объектов для определения степени токсичности различных групп веществ.

Всеобщее внимание привлек к себе доклад В.П. Платпира (Институт биологии АН ЛатвССР), в котором на основе экспериментальных данных подвергнуто сомнению распространенное представление о высокой устойчивости микрофлоры морских водоемов к техногенным углеводородам. Опыты показали, что в противоположность н-алканам лишь некоторые техногенные ароматические углеводороды могут быть источником питания для отдельных видов морских бактерий. Большинство же ароматических углеводородов уже при концентрациях выше 0.1 мг/л вызывают удлинение темпов размножения или гибель бактериальных популяций.

Физиолого-биохимические аспекты проблемы чувствительности и устойчивости гидробионтов к токсикантам рассмотрены в докладах Л.В. Васьюковец, А.Н. Крайнюковой (ВНИИВО), В.И. Козловской, Г.М. Чуйко, О.В. Мензиковой, В.А. Непомнящих (ИБВВ АН СССР), Л.В. Михайловой (Сибрыбниипроект), Б.И. Колупаева и А.М. Бейма (НПО Бумпром), А.С. Степаненко и Т.А. Хоружей (Гидрохимический институт), А.И. Путинцева (МГУ). Как в докладах, так и при их обсуждении прозвучала мысль о том, что изучение уровня чувствительности гидробионтов к токсикантам по первичным реакциям имеет самостоятельный научный и практический интерес для выбора методов биотестирования и биоиндикации.

Общая дискуссия подтвердила, что основными объектами токсикологических исследований были и остаются организменный, популяционный и биоценотический. Чувствительность и устойчивость представляют собой основные параметры реакции гидробионтов на

каждом из этих биологических уровней, а проблема соотношения чувствительности и устойчивости — центральная проблема токсикологических исследований на гидробионтах. Полученные к настоящему времени экспериментальные данные показывают, что чувствительность и устойчивость находятся в сложной связи между собой, однако в их основе лежат различные физиолого-биохимические процессы. В феноменологическом плане высокой чувствительности гидробионтов к токсикантам может сопутствовать пониженная, умеренная или даже повышенная устойчивость, а высокая устойчивость может иметь место у гидробионтов с пониженной, умеренной или повышенной чувствительностью.

Участники симпозиума единодушно отметили, что проблема чувствительности и устойчивости к токсикантам, сформулированная два десятилетия тому назад, — одна из фундаментальных проблем современных токсикологических исследований на гидробионтах, и подчеркнули необходимость дальнейшей разработки этой проблемы с привлечением современных инструментальных и полевых методов исследования. Особое внимание рекомендовано уделить влиянию резких изменений и крайних величин основных экологических факторов водной среды (температура, кислород, pH, соленость) на чувствительность и устойчивость гидробионтов к токсикантам.

В.И. Лукьяненко

## ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТОКСИКОЛОГИИ

С 12 по 14 июня 1985 г. в Институте биологии внутренних вод АН СССР состоялся пленум Научного совета по рыбохозяйственной токсикологии. На пленуме были рассмотрены положение о Научном совете, состав Научного совета, современное состояние и ближайшие задачи рыбохозяйственной токсикологии.

Научный совет по рыбохозяйственной токсикологии создан в феврале 1985 г. решением бюро Ихтиологической комиссии в соответствии с рекомендациями Главрыбвода Минрыбхоза СССР и пленума Научного совета АН СССР по проблемам гидробиологии, ихтиологии и использованию биологических ресурсов водоемов. Участники пленума единодушно одобрили идею создания специализированного Научного совета по рыбохозяйственной токсикологии, подчеркнув при этом, что создание Совета в составе высокоавторитетной Ихтиологической комиссии будет способствовать объединению специалистов в разработке целенаправленной программы исследований в области рыбохозяйственной токсикологии, усилению координации научно-исследовательских работ, выполняемых специалистами рыбохозяйственных институтов Минрыбхоза СССР и научными учреждениями других ведомств, окажет действенную помощь Главрыбводу в деле охраны водоемов от загрязнений, активизирует разработку общих и прикладных проблем рыбохозяйственной токсикологии.

Участники пленума всесторонне обсудили положение о Научном совете по рыбохозяйственной токсикологии, который призван стать общесоюзным междуведомственным научным и консультативным центром по вопросам разработки перспектив и общего направления, а также координации отечественных исследований в области рыбохозяйственной токсикологии.

Рассмотрен и утвержден состав Научного совета по рыбохозяйственной токсикологии, в который вошли 38 ведущих специалистов: А.К. Александров, В.А. Аминев, Г.П. Андрушайтис, Е.А. Веселов, К.К. Врочинский, С.И. Гвозденко, О.П. Данильченко, И.И. Дедю, В.Г. Дубинина (ученый секретарь), Ф.С. Замбриборш, И.Е. Зимаков, В.В. Ипатов, А.И. Канаев, А.Ф. Карпевич, Р.Ю. Касимов, А.Г. Касымов, А.А. Кокоза, А.Н. Крайнюкова, Л.А. Лесников (зам. председателя), В.И. Лукьяненко (председатель), Р.А. Маилян, А.Я. Маляревская, В.В. Метелев, И.Е. Мороз, Л.В. Михайлова, С.А. Нишанходжаева, И.В. Помазовская, Г.В. Попова (зам. председателя), Л.П. Рыжков, Г.Е. Сабуров, А.Ф. Самылин, В.С. Сидоров, Ю.Г. Симаков, С.А. Соколова, М.М. Телитченко, И.С. Шестерин, О.А. Черникова, Т.А. Хоружая.

Основное внимание участников пленума было сосредоточено на современном состоянии и ближайших задачах рыбохозяйственной токсикологии. Всестороннее обсуждение этого вопроса показало, что исследования по рыбохозяйственной токсикологии, проводившиеся достаточно энергично в конце прошлого и первой половине текущего столетия, постепенно стали отходить на второй план даже в рыбохозяйственных институтах. Рыба становится второстепенным объектом токсикологических исследований, вследствие чего многие вопросы большой практической значимости (выявление причин гибели в природных водоемах, диагностика отравления рыб, масштабы и выраженность влияния хронического загрязнения водоемов малыми концентрациями токсикантов на рыбопродуктивность, численность и качество популяций экономически ценных видов рыб, причины повышенных отходов личинок и молоди рыб на рыбоводных заводах и ряд других) остаются слабо изученными. Все это ставит перед необходимостью значительной активизации исследований, направленных на выявление общих закономерностей и механизмов влияния различных групп токсических веществ на рыб и рыбохозяйственные водоемы, их кормовые ресурсы, рыбные запасы и рыбный промысел, т.е. дальнейшего развития двух, тесно связанных между собой направлений исследования: ихтиотоксикологии и рыбохозяйственной токсикологии. Если основным объектом ихтиотоксикологии является особь, а предметом — экспериментальное изучение общих закономерностей и механизмов взаимодействия рыб с токсическими веществами, то в центре внимания рыбохозяйственной токсикологии находится рыбохозяйственный водоем в целом, а точнее сложная цепь соподчиненных процессов, конечным проявлением которых является рыбопродуктивность. Иными словами, в центре внимания рыбохозяйственной токсикологии должны быть вопросы, объясняющие пути влияния токсикантов на динамику численности и запасы



экономически ценных видов рыб. Без понимания этих вопросов невозможно разрабатывать мероприятия по восстановлению запасов рыб в водоемах. Следовательно, предметом исследований рыбохозяйственной токсикологии являются общие закономерности и пути влияния различных групп токсикантов на рыбохозяйственный водоем в целом, на условия естественного воспроизводства, нагула и зимовки обитающих в нем экономически ценных популяций рыб. Такая конкретизация предмета со всей очевидностью вскрывает характер взаимоотношений ихтиотоксикологии и рыбохозяйственной токсикологии. Ихтиотоксикология является теоретической и экспериментальной основой рыбохозяйственной токсикологии, специфические задачи которой в свою очередь могут быть успешно решены с привлечением современных методов исследований и представлений экологии, общей и санитарной гидробиологии, гидрохимии и гидрологии.

Определяя круг первоочередных задач рыбохозяйственной токсикологии, участники пленума подчеркнули их сложность и многообразие. Основными являются вопросы ихтиотоксикологической оценки различных групп химических веществ, поступающих в рыбохозяйственные водоемы, и их биологической регламентации путем установления предельно допустимых концентраций, запрещения или ограничения использования высокотоксичных пестицидов вблизи рыбохозяйственных водоемов, введение санитарных зон и т.д. Важнейшей задачей практического плана следует считать также разработку биотестов на рыбах и экспериментальное обоснование возможности использования рыб в качестве биоиндикаторных организмов для оценки уровня загрязнения водоемов. Работа в этом направлении тесно смыкается с решением еще одной первостепенной значимости практической задачей: обоснование принципов и методов ихтиотоксикологического мониторинга загрязненных рыбохозяйственных водоемов. Специального внимания заслуживают вопросы влияния загрязнений на эффективность естественного воспроизводства разных по экологии групп рыб, чувствительность и устойчивость рыб к токсикантам на ранних этапах индивидуального развития (эмбрионы, личинки и мальки), а также влияние загрязнений на качество производителей, используемых для искусственного воспроизводства на рыбных заводах.

Намечаемая в нашей стране грандиозная программа развития аквакультуры ставит перед необходимостью форсированного налаживания работ по ихтиотоксикологической оценке различных групп препаратов, используемых в рыбном хозяйстве (лечебные препараты, анестетики, мышечные релаксанты, пищевые добавки и другие). Особое значение приобретает вопрос о влиянии загрязнений на иммунитет рыб, их устойчивость к паразитарным и инфекционным заболеваниям; изучение общих закономерностей и механизмов накопления токсикантов кормовыми организмами и рыбами, обитающими в загрязненных водоемах, а также отдаленных последствий влияния загрязнений на рыб (мутагенное, гонадотоксическое, эмбриотоксическое, канцерогенное действие).

Диагностика отравления рыбы в природных водоемах — еще одна важнейшая задача рыбохозяйственной токсикологии. Каждый, кто сталкивается с этим вопросом на практике, знает, какая это сложная задача, особенно, если в водоем поступают различные группы веществ. Решить ее можно лишь на основе всесторонних исследований, с учетом широкой гаммы изменений, начиная с поведения рыб и кончая внутренними показателями отклонения от нормы: биохимическими, физиологическими, гистологическими и анатомическими.

Определяя круг первоочередных задач рыбохозяйственной токсикологии, участники пленума обратили внимание на необходимость постоянного совершенствования и разработки новых методов оценки токсичности различных групп веществ для рыб, унификации методов исследования в рыбохозяйственной токсикологии и проведения в ближайшее время специального симпозиума по этим вопросам.

На пленуме был рассмотрен и ряд других вопросов, в том числе методика экономической оценки ущерба, наносимого рыбному хозяйству загрязнением поверхностных и морских вод (доклады Л.А. Лесникова, Б.В. Пересадына, С.А. Соколовой), пути предотвращения нефтяного загрязнения водоемов Обского бассейна (доклад Л.В. Михайловой), по которым приняты соответствующие решения.

В.И. Лукьяненко

УДК 579.68(285.2) + 556.555.6 (28)

А.Н. Б у т о р и н

ЧИСЛЕННОСТЬ И АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ  
В ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛЕНКЕ ИЛОВ  
ОЗЕР ЛАТВИИ

Рядом авторов отмечено, что на границе ила и воды существует очень тонкий слой, отличающийся как от ила, так и от прилегающих слоев воды, большими общей численностью микроорганизмов и количеством активных бактериальных клеток, а также более высокой скоростью потребления меченых субстратов [5, 6]. Очевидно, что эта активная зона переработки веществ, так называемая поверхностная пленка, играет важную роль в жизни водоема. Изучение ее представляет самостоятельный научный интерес.

Численность и активность бактерий в поверхностной пленке илов озер различной трофности изучались нами во время экспедиции в юго-восточную часть Латвийской ССР в июне-июле 1984 г. Большинство из шести обследованных водоемов — мезотрофные, Доткас — евтрофное. Самые большие по площади — озера Свентес, Лукнас и Бригенес: 7.49, 4.6 и 1.4 км<sup>2</sup> соответственно. Площадь прочих значительно меньше и колеблется от 0.02 до 0.23 км<sup>2</sup>.

Грунт отбирали в профундали водоемов. Только в оз. Свентес пробы отобрали в сублиторали одного из заливов.

Отбор проб и постановку опытов по определению темновой ассимиляции углекислоты производили по отработанной ранее методике [1]. Скорость потребления глюкозы микрофлорой ила определяли по методу Райта и Хобби в модификации В.И. Романенко [3] с некоторыми изменениями. В серию пенициллиновых склянок вносили по 1 см<sup>3</sup> ила и такой же объем придонной воды для лучшей гомогенизации проб. В каждые три параллельные пробы микропипеткой вносили меченую глюкозу в количестве 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.4, 4 мкг углерода. После 10-минутной инкубации при комнатной температуре ил в опытных склянках фиксировали формалином. В контрольную пробу, где микрофлора предварительно убивалась формалином, вносили 4 мкг меченой глюкозы. Пробы разводили в мерных колбах до объема 50 мл и интенсивно встряхивали в течение 15 мин. После кратковременного отстаивания пробы 1 мл

Т а б л и ц а 1

Характеристика водной толщи и илов озер Латвии

Озеро	Глубина в месте отбора проб, м	Температура, °С		O <sub>2</sub> , мг/л	
		поверхность воды	дно	поверхность воды	дно
Свентес	12,5	19,6	9,8	9,8	7,9
Заболот- ниеку	15,5	21,0	6,8	10,0	0,3
Ростов- ское	7,6	20,0	8,1	8,8	0
Бригенес	18,0	19,1	7,9	10,6	3,7
Лукнас	3,6	17,8	16,3	11,1	9,5
Доткас	3,5	17,7	15,9	13,4	5,6

взвеси ила профильтровывали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,3 мкм. Для удаления следов неассимилированного субстрата через фильтр пропускали три порции физиологического раствора по 5 мл каждая. Фильтры высушивали, радиоактивность потребленной микроорганизмами глюкозы определяли под счетчиком Гейгера. Обработку результатов, приведенных к общему объему пробы, производили по методу Райта и Хобби [3].

Общую численность бактерий в илах определяли методом микронавесок, гетеротрофных бактерий учитывали на среде Горбенко [4]. Температуру воды определяли с помощью термистора, концентрацию кислорода — по методу Винклера, активную реакцию и окислительно-восстановительный потенциал илов — с помощью полевого ионметра И-102, влажность илов — измерением массы. За показатель общего содержания органического вещества принимали потери при прокаливании ила при 550 °С.

В период исследований в большинстве водоемов наблюдались температурная и кислородная стратификации. Илы отличались высокой влажностью, достигавшей в поверхностной пленке 93–98%. Общее содержание органического вещества в поверхностной пленке колебалось от 23 до 55%. С глубиной влажность ила и содержание органического вещества менялись незначительно. Активная реакция илов была слабощелочная или близка к нейтральной. Окислительно-восстановительный потенциал большинства илов был положительный (табл. 1).

Общее количество бактерий в поверхностной пленке илов различных озер колебалось от 0,46 млрд.кл./г в мезотрофном оз. Свентес до 2,65 млрд.кл./г в евтрофном оз. Доткас, что в 1,1–3 раза

Гори- зонт, см	pH	E <sub>h</sub> , мВ	Влаж- ность, %	Потеря при прокали- вании, %
0-0,3	7,4	+180	93,0	23,8
2-3	-	+190	88,0	21,5
0-0,3	7,2	+280	90,1	50,1
2-3	-	+290	94,3	45,9
0-0,3	7,5	+130	97,2	55,0
2-3	-	+130	95,3	52,4
0-0,3	7,6	+200	95,3	33,4
2-3	-	+180	92,4	33,2
0-0,3	8,4	+150	94,7	41,6
2-3	-	-10	91,7	40,0
0-0,3	7,1	0	94,5	50,2
2-3	-	-10	93,8	49,8

больше, чем на глубине 2-3 см от поверхности. Численность гетеротрофных бактерий в поверхностной пленке илов, за исключением мезотрофного оз. Лукнас, была в 1,2-4,1 раза выше, чем на глубине 2-3 см, и колебалась от 0,6 до 7,3 млн. кл./г (табл. 2).

Величина темновой ассимиляции углекислоты микрофлорой поверхностной пленки илов увеличивалась с повышением трофии водоемов: 0,3 мкг С/г в мезотрофном оз. Свентес и 17 мкг С/г в евтрофном оз. Доткас. Микрофлора, обитающая на поверхности ила, в 1,5-11 раз была более активна, чем в слое 2-3 см от поверхности. Лишь в иле оз. Свентес отмечалось некоторое возрастание темновой ассимиляции на глубине 2-3 см (табл. 2).

Следует отметить, что темновая ассимиляция коррелирует с численностью гетеротрофных бактерий, что указывает на значительный вклад их в величину активности бактериального ценоза.

Скорость ассимиляции глюкозы характеризует активность гетеротрофных бактерий. В поверхностной пленке илов она колебалась от 15,6 до 46 мкг С/г сырого ила в час.

Полученные данные не позволяют установить зависимость активности бактерий от общего содержания в илах органического вещества. Можно лишь предположить, что большое влияние на активность микроорганизмов оказывает его качественный состав, что подтверждается литературными данными [2].

Исследования илов озер Латвии и других регионов [1] позволяют с достаточной степенью достоверности выделить поверхностную пленку в особую зону иловых отложений, по численности и активности микроорганизмов отличающуюся от нижележащих слоев ила.

Т а б л и ц а 2

Численность и активность бактерий в илах озер Латвии  
(в 1 г сырого ила)

Озеро	Горизонт, см	Общая численность бактерий, млрд.кл.	Численность гетеротрофных бактерий, млн.кл.	Темновая ассимиляция углекислоты, мкг С/сут	Скорость потребления глюкозы, мкг С/ч
Свентес	0-0,3	0.46	1.49	0.3	-
	2-3	0.40	1.29	0.5	-
Заболотниеку	0-0,3	0.72	2.40	0.8	15.6
	2-3	0.36	1.36	0.2	-
Ростовское	0-0,3	0.86	1.29	2.3	26.0
	2-3	0.31	0.92	0.2	-
Бригенес	0-0,3	1.09	7.26	12.9	-
	2-3	0.87	2.49	1.6	-
Лукнас	0-0,3	2.19	0.56	1.1	-
	2-3	0.75	1.40	0.7	-
Доткас	0-0,3	2.65	6.15	17.0	46.0
	2-3	1.39	1.47	6.9	-

## Л и т е р а т у р а

1. Б у т о р и н А.Н. Активность микрофлоры в поверхностной пленке донных отложений озер Северо-Двинской системы//Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1984. № 64. С. 3-5.
2. К у з н е ц о в С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность Л., 1970. 198 с.
3. Р о м а н е н к о В.И. Модификация метода определения запасов и скорости потребления органических веществ в илах водоемов//Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1976. № 32. С. 65-68.
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. С о р о к и н а В.А. Образование бактериальной пленки на поверхности озерных илов и влияние ее на обмен веществом между илом и водой//Микробиология. 1938. Т. 7, вып. 5. С. 579-591.
6. N o v i t s k y J.A. Heterotrophic Activity Throughout a Vertical Profile of Seawater and Sediment in Halifax Harbor, Canada//Appl. Environ. Microbiol. 1983. Vol. 45, N 6. P. 1753-1760.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

В.И. Романенко

К ПРОГНОЗУ КОЛИЧЕСТВА БАКТЕРИЙ  
В ВОДЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

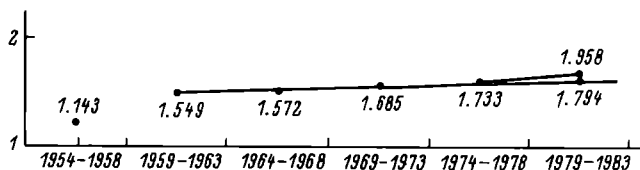
Начиная с 1954 г. ежегодно с мая по ноябрь через каждые 15 сут на шести станциях основной акватории водохранилища [2] анализировалось количество бактерий в воде методом прямого подсчета на мембранных фильтрах по Разумову.

При обработке многолетних данных было установлено, что при осреднении результатов подсчета бактериальных клеток за каждые 5 лет (около 300 анализов) средние величины постоянно возрастают и на графике ложатся на прямую линию под небольшим углом к оси абсцисс [1]. На графике данные за 1954–1958 гг. не включены ввиду того, что эти результаты были получены разными исследователями в период создания лаборатории и подсчет бактерий производился под разными микроскопами. В последующие годы подсчет был сделан под микроскопом МБИ-3 одним специалистом.

С 1959 г. количество бактерий в среднем возросло с 1,55 (1959–1963 гг.) до 1,73 млн.кл./мл (1974–1978 гг.). Это свидетельствует о медленном, но неуклонном евтрофировании Рыбинского водохранилища. Нами [1] путем экстраполирования результатов был дан прогноз количества бактериальных клеток на 1979–1983 гг. – 1,79 млн. кл./мл. В настоящее время мы можем проверить предложенный прогноз (см. рисунок).

Количество бактерий изменялось от 1,33 (1979 г.) до 3,12 млн. кл./мл (1981 г.). Из 5 лет исследований (1979–1983 гг.) в течение 3 лет содержание бактерий выражалось величинами, близкими к средним многолетним (1,33–1,45 млн. кл./мл), в течение 2 лет – очень большим числом бактерий (см. таблицу).

По результатам натурных наблюдений среднее количество бактерий за 1979–1983 гг. оказалось равным 1,96 млн.кл./мл и превышает прогнозируемую величину на 8%. Прогноз практически оправ-



Изменение количества бактерий в воде Рыбинского водохранилища по осредненным данным за 30 лет.

Величина 1,794 – прогнозируемая, 1,958 – полученная по результатам анализов. По оси ординат – количество бактерий, млн.кл./мл; по оси абсцисс – годы осреднения.

Количество бактерий в воде Рыбинского водохранилища  
в 1979–1983 гг.

Год	Количество анализов	Всего бактерий	Среднее количество бактерий
		млн.кл./мл	
1979	66	87.61	1.33
1980	72	104.78	1.45
1981	66	205.66	3.12
1982	66	93.02	1.41
1983	84	208.57	2.48
$\bar{X}$	70.8	139.93	1.96

дался. Средняя за эти годы численность бактерий оказалась выше прогнозируемой, ввиду того что в течение 2 лет из 5 количество бактерий было почти в 2 раза больше средней многолетней величины. Обычно такое явление наблюдается раз в 10 лет, поэтому можно ожидать, что в 1984–1988 гг. средняя величина численности бактерий будет близка к 1.96 млн.кл./мл и лишь в последующем начнет возрастать.

#### Л и т е р а т у р а

1. Романенко В.И. О скорости евтрофирования Рыбинского водохранилища//Докл. АН СССР. 1980. Т. 252, № 4. С. 1021–1022.
2. Рыбинское водохранилище и его жизнь. Л., 1972. 363 с.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

УДК 582.26 : 581.4

С.И. Генкал, И.М. Балонов,  
Л.Г. Корнева

МОРФОЛОГИЯ И ТАКСОНОМИЯ MELOSIRA  
ISLANDICA O.MÜLL. (BACILLARIOPHYTA)

В последние годы электронно-микроскопическому изучению морфологии панциря водорослей рода *Melosira* было посвящено значительное число работ [3–10]. Представители этого рода играют



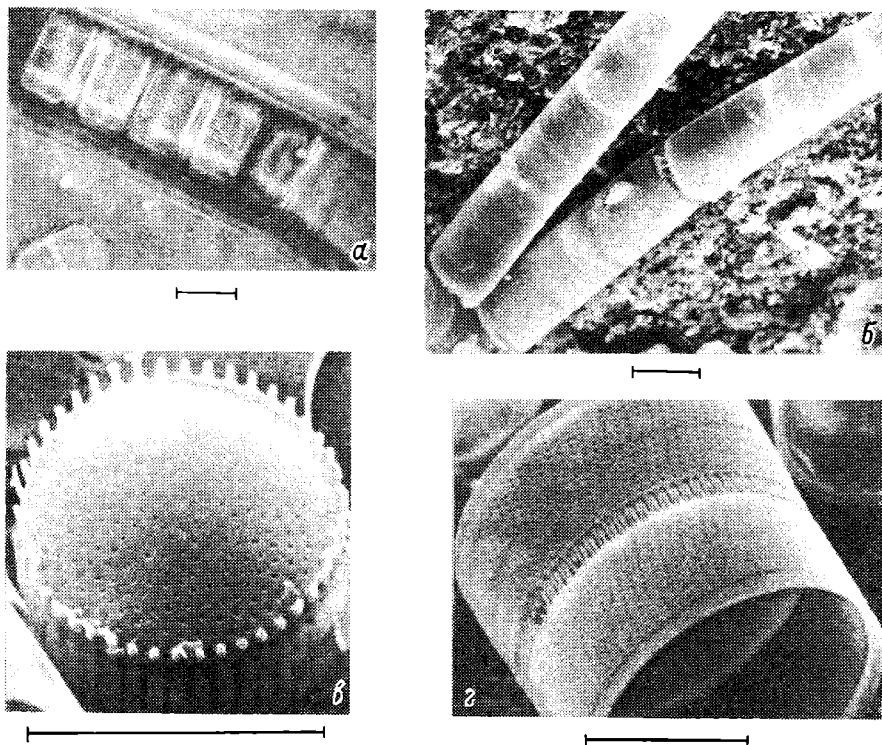


Рис. 1. Электронные микрофотографии деталей панциря *Melosira islandica* O. Müll. (оз. Плещеево).

а, б – общий вид колоний; в – поверхность створки; г – строение шипов и кольцевидной диафрагмы; д-э – структура загиба створки и пояса, а – СМ; б-э – СЭМ. Масштаб соответствует 10 мкм (а-д, ж, э) и 1 мкм (е).

важную роль в альгоценозах пресных водоемов, нередко создавая монодоминантные сообщества. Однако в литературе сведения по изучению *M. islandica* с помощью методов электронной микроскопии отсутствуют, и настоящая работа в определенной степени восполняет этот пробел.

Материалом послужили пробы фитопланктона, собранные на оз. Плещеево (март и май 1983 г.) и Шекснинском водохранилище (октябрь 1976 г.), где этот вид входил в число доминирующих форм. Исследование было проведено под СЭМ (JSM-25S), ТЭМ (BS-613) и СМ (МБИ-6).

Приводим расширенный диагноз вида с учетом данных электронной микроскопии и рекомендуемой терминологии [2, 11].

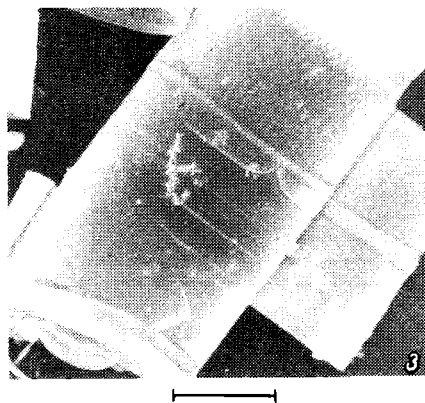
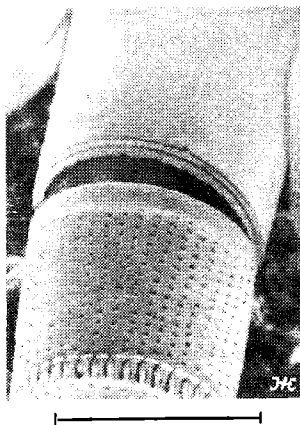
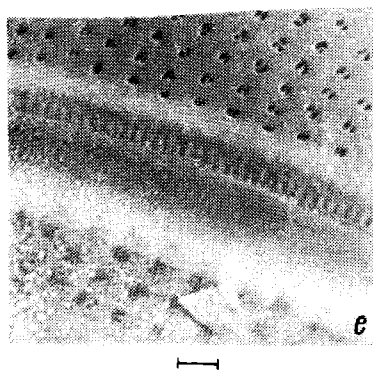
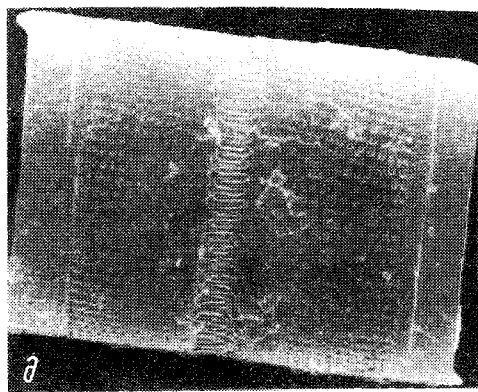


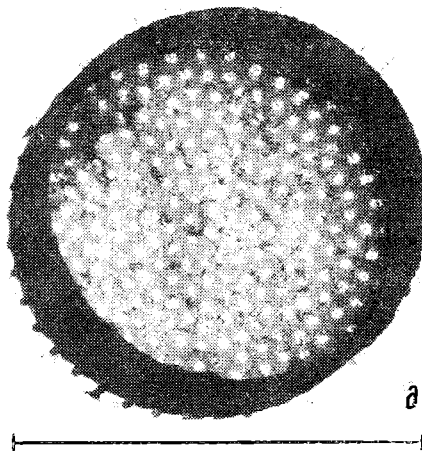
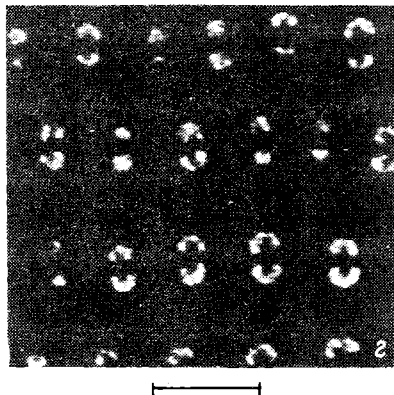
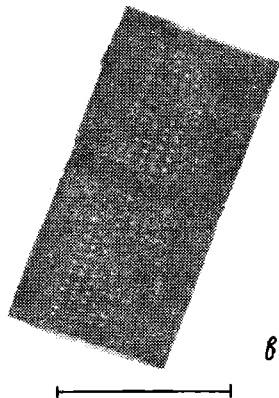
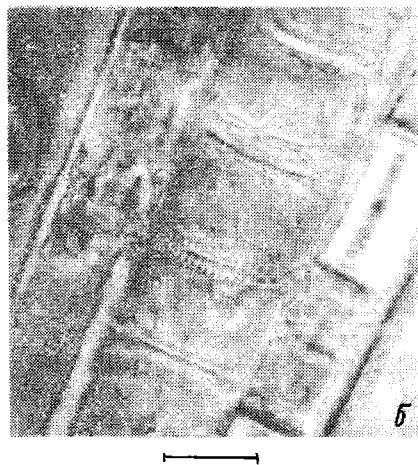
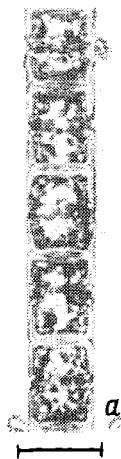
Рис. 1 (продолжение).

Melosira islandica O. Müll. (Syn.: M. islandica subsp. helvetica O. Müll.) - [1]: 125, рис. 14.

Панцирь коротко цилиндрический (рис. 1, 2). Хлоропласты дисковидные, многочисленные (рис. 2, а). Клетки соединены в нитевидные колонии (рис. 1, а, б; 2, а, б). Поясок состоит из открытых ободков (рис. 1, д, ж, з; 3, б, ж, з). Створки диаметром 3-28 мкм, высотой 4-21 мкм. Поверхность структурирована беспорядочно расположенными, вероятно, псевдолокулярными ареолами,

Рис. 2. Электронные и световые микрофотографии деталей панциря Melosira islandica O. Müll. (оз. Плещеево).

а - расположение хлоропластов в клетках колонии; б - шипы; в, г - структура загиба створки; д, е - структура поверхности створки. а, б - СМ; в-е - ТЭМ. Масштаб соответствует 10 мкм (а-в, д) и 1 мкм (г, е).



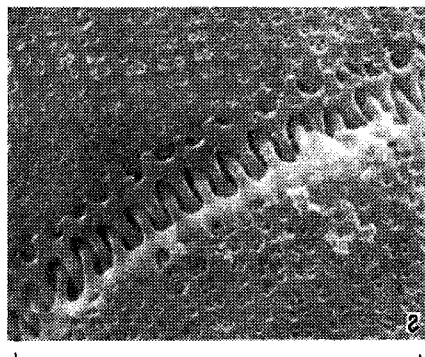
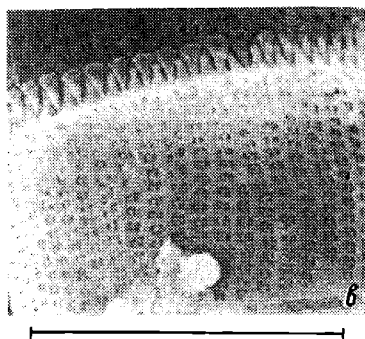
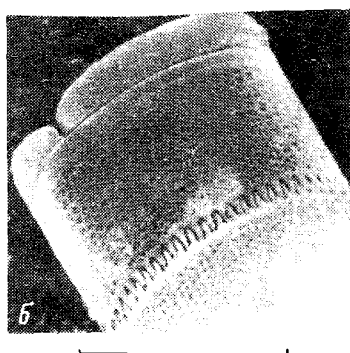
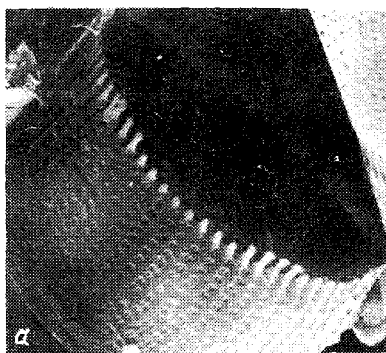


Рис. 3. Электронные микрофотографии деталей панциря *Melosira islandica* O. Müll. (Шекснинское водохранилище).

а-д — структура ареол загиба створки и шипов; е — кольцевидная диафрагма; ж, з — поясок, а-з — СЭМ. Масштаб соответствует 10 мкм.

закрытыми с внутренней поверхности крибрумом, а с внешней — ротой (рис. 1, в; 2, д, е). На 10 мкм приходится 9–16 рядов ареол и 11–17 ареол в ряду. У края ареолы более крупные, чем в центральной части створки (рис. 2, д). По краю створки расположены шипы с расширяющейся слегка закругленной или ветвящейся апикальной частью (рис. 1, г, д; 2, б; 3, а-е). Загиб створки с продольными прямыми или слегка изогнутыми рядами псевдолокулярных ареол, имеющих то же строение, что и на поверхности створки (рис. 1, г-з; 2, в, г; 3). Ареолы образуют поперечные (прямые или слегка волнистые) ряды. Сулькус и псевдосулькус узкие и неглубокие, в поперечном разрезе V-образные (рис. 1, а). Имеется внедряющаяся внутрь кольцевидная диафрагма (рис. 1, г; 3, е).

Ауксоспоры конечные.

Покоящиеся споры отличаются от обычных вегетативных клеток

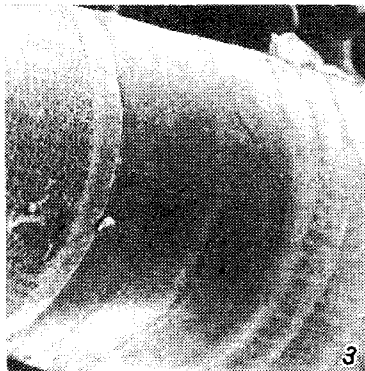
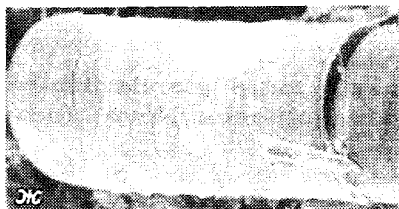
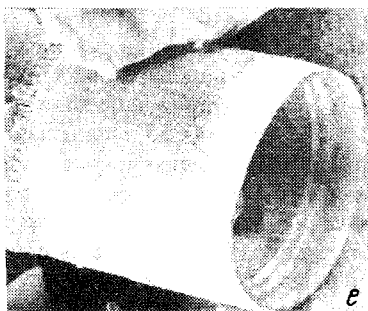
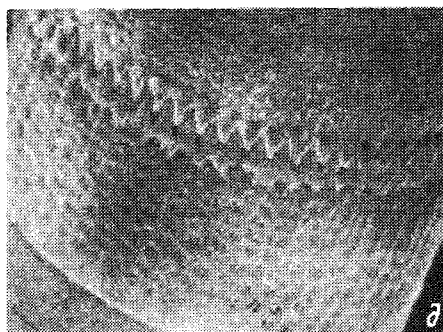


Рис. 3 (продолжение).

утолщенной оболочкой, более грубой структурой и выпуклыми створками. Их размеры: длина 20,6–32,4 мкм, высота 10,3–18,2 мкм, ширина 5,4–14,4 мкм. На 10 мкм приходилось 10,8–11,2 рядов ареол, 14–17 ареол в ряду.

Пресноводный планктонный вид, встречающийся в водоемах евтрофного и олиготрофного типа.

Область распространения в СССР ограничивается преимущественно северными районами.

Клетки изученной нами популяции из оз. Плещеево имели диаметр 11–22 мкм. На 10 мкм приходилось 13–16 рядов ареол, 14–20 ареол в ряду. В Шекснинском водохранилище встречались клетки диаметром 12–18 мкм. На 10 мкм приходилось 13–16 рядов ареол и 22 ареолы в ряду. Рассматривая у изученных популяций число рядов ареол в 10 мкм, можно отметить, что наблюдаемый диапазон изменчивости этого признака охватывает *islandica* status  $\alpha$ , status  $\beta$  и subsp. *helvetica* [1]. Если же учитывать число ареол, приходящееся на 10 мкм ряда, то особей плеще-

евской популяции следует отнести одновременно к *islandica* status  $\beta$  и subsp. *helvetica*. Рассматриваемый признак в шекснинской популяции вообще не совпадает с описанием [1]. Следовательно, диапазон изменчивости этого признака более широкий, чем приводится в диагнозе.

Как следует из наших материалов, даже в одной популяции используемые в диагностике этих таксонов признаки значительно изменяются, поэтому мы вполне согласны с рядом исследователей о незначительности морфологических отличий subsp. *helvetica* от типовой формы, что недостаточно для выделения какой бы то ни было систематической категории. Это подтверждается тем, что области распространения вида и подвида совпадают и у рассматриваемых форм отсутствуют экологические особенности [1, 12].

### Л и т е р а т у р а

1. Скабичевский А.П. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М., 1960. 350 с.
2. Anonymous. Proposals for a standartization of diatom terminology and diagnoses//Nova Hedwigia. 1975. Beih. 53. S. 323-354.
3. G r a w f o r d R.M. The fine structure of the frustule of *Melosira varians* C.A. Agardh.//Brit. Phycol. J. 1971. Vol. 6, N 2. P. 175-186.
4. G r a w f o r d R.M. The frustule of the initial cells of some species of the diatom genus *Melosira* C. Agardh.//Nova Hedwigia. 1975. Beih. 53. S. 37-50.
5. G r a w f o r d R.M. The taxonomy and classification of the diatom genus *Melosira* C.A. Agardh.: III. *Melosira lineata* (Dillw.) C.A. Ag. and *M. varians* C.A. Ag.//Phycologia. 1978. Vol. 17, N 3. P. 237-250.
6. G r a w f o r d R.M. Filament formation in the diatom genera *Melosira* C.A. Agardh. and *Paralia* Heiberg//Nova Hedwigia. 1979. Beih. 64. S. 121-133.
7. G r a w f o r d R.M. The diatom genus *Aulacoseira* Thwaites: its structure and taxonomy//Phycologia. 1981. Vol. 20, N 2. P. 174-192.
8. F i o r i n M.E. The fine structure of some pelagic fresh-water diatom species under the scanning electron microscope//Sven. bot. tidskr. 1970. Vol. 64, N 1. P. 51-68.
9. K o b a y a s i H., N o z a w a M. Fine structure of the fresh-water centric diatom *Aulacosira ambigua* (Grun.) Sim.//Jap.J. Phycol. 1981. Vol. 29. N 2. P. 121-128.

10. Kobayashi H., Nozawa M. Fine structure of the fresh-water centric diatom *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim.//Jap. J. Phycol. 1982. Vol. 30, N 2. P. 139-146.
11. Ross R., Eileen J.C., Karayeva N.I., Mann D.G., Paddock T.B.B., Simonsen R., Sims P.A. An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell//Nova Hedwigia. 1979. Beih. 64. S. 513-533.
12. Stoermer E.F., Kreis R.G., Sisk-Good L.A. A systematic, quantitative, and ecological comparison of *Melosira islandica* O. Müll. with *M. granulata* (Ehr.) Ralfs from the Laurentian Great Lakes//J. Great Lakes Res. 1981. Vol. 7, N 4. P. 345-356.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

УДК 574.583(28) : 591 + 574.5.087(28)

А.Н. Дзюбан, М.Ю. Рытова

# ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ В МОНИТОРИНГЕ ВОДОЕМОВ ПО ЗООПЛАНКТОНУ

Зоопланктон является одним из важных показателей при гидро-биологическом контроле загрязнения внутренних водоемов, осуществляемом в разных регионах СССР подразделениями Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Обработка проб зоопланктона — очень трудоемкая и длительная работа. Для сокращения времени на статистическую обработку мы предложили использовать электронно-вычислительную машину. Для этого составили техническое задание, разработали форму входной таблицы, куда вносятся результаты оптической обработки проб и данные, необходимые для вычисления ряда показателей (см. приложение 1), а также таблица „Массив постоянных характеристик“, хранящаяся в памяти машины. Вторая таблица содержит закодированный список зоопланктеров бассейна Волги, в котором каждая форма имеет свой кодовый номер с индексом сапробности у индикаторных видов ( $q$ ), показателем зоны сапробности ( $S$ ) и принятой сырой массой зоопланктеров ( $i$ ) (см. приложение 2).

В кодовом списке заложены систематическая принадлежность и бинарное название видов. Схема кодировки восьмизначная.

0 0 00 00 00  
1 2 3 4 5,

где 1 - класс, 2 - отряд, 3 - семейство, 4 - род, 5 - вид. Например, *Daphnia longispina* имеет кодовый номер 91030102, который показывает, что вид относится к классу 9 - Crustacea (90000000), отряду 1 - Cladocera (91000000), семейству 03 - Daphnidae (91030000), роду 01 - *Daphnia* (91030100) и что в числе видов, отнесенных к этому роду, *longispina* значится под номером 2.

Такая схема кода позволяет ввести в программу для машины условия сортировки видов по их систематической принадлежности в целом и по принадлежности к любым интересующим группам в пробе. Код позволяет дополнять список до 99 видов каждого рода. В наш кодированный список внесены 400 форм волжских зоопланктеров, указанных в „Руководстве по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений” [2], и виды, найденные нами в малых реках Среднего и части Нижнего Поволжья.

Учитывая цель мониторинга, в память машины наряду с кодированным списком зоопланктеров внесены шестибальная шкала оценки качества вод (уровня загрязнения) и показатели зон сапробности [1] для перехода от среднего индекса сапробности, вычисляемого машиной по каждой пробе, к классу чистоты вод. Это позволит установить связь величин средней сапробности с зоной сапробности и с шестибальной шкалой качества вод.

На основе технического задания в информационно-вычислительном центре Приволжского территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды разработали программу „Получение стандартных режимно-справочных обобщений качества воды”. Запрограммирована она на языке КОБОЛ. Машинная реализация производится на ЕС-1022. Получив закодированную по этой программе информацию, ЭВМ осуществляет все расчеты и в кратчайший срок выдает отчетные таблицы по форме, принятой в Государственном комитете СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. В них приводятся обусловленные нами в техническом задании данные по всем станциям: номер станции, дата, место, время и горизонт отбора пробы; видовой состав, численность и биомасса каждого вида; общие численность и биомасса; отношение численности каждого вида к общему количеству зоопланктеров (в процентах); количество видов и их численность для коловраток, ветвистоусых, каланид и циклопид; сапробная валентность индикаторных видов и принадлежность их к зоне сапробности, средняя сапробность и класс чистоты вод по пробе, взятой на станции обследуемого участка, и принадлежность этого участка к той или иной зоне сапробности.

Таким образом, использование ЭВМ освобождает от большого количества расчетных операций и от кропотливого составления сложных отчетных таблиц. Кроме того, ЭВМ исключает случайные ошибки и описки. За счет освобождающегося времени можно уве-



личить количество контролируемых водоемов или детально изучать во времени и пространстве динамику загрязнения какого-то из них.

## Л и т е р а т у р а

1. Волга и ее жизнь. Л., 1978. 250 с.
2. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., 1983. 239 с.

Лаборатория гидробиологии  
Приволжского управления  
по гидрометеорологии  
и контролю природной среды

## П р и л о ж е н и е 1

### Зоопланктон

Входная таблица

Номер станции (створа) на схеме - 49.

Время отбора пробы (месяц, день, час, минута) - 06241500.

Место отбора пробы - 0.93.

Горизонт лова - 0.5.

Коэффициент разбавления  $K_1$  - 100.

Коэффициент пересчета  $K_2$  - 10.

№	Кодовый номер зоопланктеров	Количество экземпляров в пипетке			Количество единичных экземпляров в пробе (тотальный просмотр)	Индивидуальная масса зоопланктера, мг
		1	2	3		
1	11130101	2	5	1	-	-
2	11130103	2	1	0	-	-
3	11130100	-	-	-	2	0.0005
4	91070101	2	1	1	-	0.0600
5	91050102	-	-	-	3	0.0100
6	91030102	-	-	-	10	0.0700
7	92010201	20	27	25	-	0.0700

## П р и л о ж е н и е 2

### Список зоопланктеров

(фрагмент)

Кодовый номер	Название зоопланктеров	♂	♀	i
10000000	Класс Колдовратки (Rotatoria)	-	-	-
11000000	Отряд Ploimida	-	-	-

Кодовый номер	Название зоопланктеров	$\eta$	$s$	$i$
11010000	Сем. Notammatidae	-	-	-
11010201	Notammata copeus	1.00	0	0,00009
11130000	Сем. Brachionidae	-	-	-
11130304	Keratella quadrata	1.55	0	0,00040
90000000	Класс Ракообразные (Crustacea)	-	-	-
91000000	Отряд Ветвистоусые (Cladocera)	-	-	-
91030000	Сем. Daphniidae	-	-	-
91030102	Daphnia longispina	2.00	-	-
92000000	Отряд Cyclopoida	-	-	-
92010000	Сем. Cyclopidae	-	-	-
92010201	Eucyclops serrulatus	1.85	-	-

УДК 597-153 : 591.524.11

В.Ф. Ш у й с к и й

# ОЦЕНКА ВЫЕДАНИЯ БЕНТОСА ОЗ. КАЛИЩЕВСКОГО ПРИ ИЗОЛЯЦИИ УЧАСТКА ЛИТОРАЛИ ОТ РЫБ-БЕНТОФАГОВ

При рыбохозяйственных исследованиях часто необходимо быстро оценить ход таких важнейших биологических процессов, как выедание нехищного макрозообентоса хищными донными беспозвоночными и рыбами. Для этого в литорали оз. Калищевского мы использовали специальный садок, изолировавший от рыб участок дна. Садок площадью 0,25 м<sup>2</sup> установили на глубине 0,75 м. Стенки его, достигавшие поверхности воды, затянули газом № 15, сверху садок оставили открытым. В ходе исследования определяли численность ( $n$ ), биомассу ( $B$ ) видов сообщества и среднюю массу особи каждой популяции ( $\bar{W} = \frac{B}{n}$ ) в естественных условиях в начале ( $n_1, B_1, \bar{W}_1$ ) и в конце ( $n_2, B_2, \bar{W}_2$ ) эксперимента ( $\Delta t_I = 30$  сут), в опытных условиях - в конце ( $n_3, B_3, \bar{W}_3$ ). Величины продукции и рациона животных рассчитывали физиологическим способом. Эксперимент проводили в 1982 г. дважды: с 10 июля по 8 августа ( $\Delta t_I$ ) и с 9 августа по 8 сентября ( $\Delta t_{II}$ ). Сравнение потенциальных и реализованных показателей в развитии бентоса за определенное время ( $\Delta t$ ) с учетом его исходного состояния позволило оценить элиминацию беспозвоночных и рассчитать продукцию популяций некоторых видов. Оказалось, что при интерпретации получаемых данных необходимо учитывать некоторые особенности трофической структуры бентоса.

В илистой литорали озера доминируют личинки хирономид *Stictochironomus crassiforceps* (от 24 до 70% биомассы), вислоккрылок *Sialis lutaria* (23-47%) и моллюски сем. *Sphaerii-*

dae - *Euglesa pulchella*, *E. subtruncata*, *E. obtusalis*, *E. ponderosa* - (2-32%). *Stictochironomus crassiforceps*-фильтраторы+собиратели, для которых пищей служат детрит и в меньшей степени сестон. Личинки вислоккрылок - факультативные хищники (собиратели+хвататели), питаются детритом, планктонными ракообразными и хирономидами. В зависимости от обилия (доступности) *S. crassiforceps* встречается хирономид в кишечниках *Sialis lutaria* варьировала от 0 до 85%. Сфебриды - фито- и детритофаги, фильтраторы. Защищенные раковиной моллюски были недоступны для *S. lutaria* и выедались исключительно рыбами, а в экспериментальных условиях были вообще ограждены от выедания. Сравнение величин средних масс особей донных животных в естественных и экспериментальных условиях (табл. 1) позволяет судить о влиянии выедания на размерно-возрастную структуру их популяций. Так, у *S. lutaria*  $\bar{W}_3 > \bar{W}_2$  для обоих периодов. Очевидно, рыбы выедали преимущественно более крупных особей. У личинок *Stictochironomus crassiforceps* в период  $\Delta t_I$  также  $\bar{W}_2 < \bar{W}_3$ , но в период  $\Delta t_{II}$  -  $\bar{W}_2 > \bar{W}_3$ . Поскольку хирономиды выедались не только рыбами, но и вислоккрылками, изучение их элиминации с помощью садка затруднено. Однако учитывая, что период  $\Delta t_I$  совпал со временем появления молоди *Sialis lutaria*, можно предположить, что молодые личинки вислоккрылок предпочитают мелких хирономид. Таким образом, размерная избирательность выедания бентоса рыбами и хищными беспозвоночными различна. Поэтому при ликвидации пресса рыб-бентофагов возможно значительное изменение размерной структуры популяций личинок насекомых. Это затрудняет сравнение данных, полученных в экспериментальных и естественных условиях, и в итоге усложняет оценку элиминации. Однако у сфебрид  $\bar{W}_2 = \bar{W}_3$  для обоих периодов. По-видимому, размерно-возрастная структура популяций этих моллюсков не изменялась при выедании их рыбами.

Наряду с искажением размерной структуры популяций некоторых животных при оценке элиминации бентоса возникает и другая сложность: изменение в экспериментальных условиях в соотношении численности нехищных и хищных животных. На изолированном участке литорали пресс хищных беспозвоночных, не контролируемый рыбами, значительно усиливался. Рацион личинок вислоккрылок в опытных условиях по сравнению с контрольными за  $\Delta t_I$  был в 2,8 раза, а за  $\Delta t_{II}$  в 1,6 раза больше (табл. 2). Возникновение такого аномально мощного пресса хищных беспозвоночных искажало естественный ход развития бентоса. Так, во время интенсивного пополнения молодью популяций личинок вислоккрылок ( $\Delta t_{II}$ ) численность *Stictochironomus crassiforceps* в садке оказалась в 1,3 раза меньше, чем в естественных условиях. Ликвидация пресса рыб привела в этот период не только к возрастанию рациона вислоккрылок, но и к уменьшению продукции хирономид. Напряженность трофических отношений при этом существенно увеличилась: отношение рациона *Sialis lutaria* к продукции *Stic-*

Т а б л и ц а 1

Биомасса ( $B$ , мг/м<sup>2</sup>), численность ( $n$ , экз./м<sup>2</sup>) и средняя масса особи ( $\bar{W}$ , мг) животных, взятых из илистой литорали оз. Калишевского

Объект исследования	$\Delta t_1$		
	$\frac{B_1}{n_1} = \bar{W}_1$	$\frac{B_2}{n_2} = \bar{W}_2$	$\frac{B_3}{n_3} = \bar{W}_3$
Sphaeriidae	$\frac{2271}{627}=3.6$	$\frac{676}{387}=1.7$	$\frac{1430}{840}=1.7$
Stictochironomus crassiforceps	$\frac{4}{53}=0.1$	$\frac{823}{2613}=0.3$	$\frac{3881}{6133}=0.6$
Sialis lutaria	$\frac{2727}{147}=18.6$	$\frac{1911}{53}=35.8$	$\frac{5295}{120}=44.1$

Т а б л и ц а 1 (продолжение)

Объект исследования	$\Delta t_{II}$		
	$\frac{B_1}{n_1} = \bar{W}_1$	$\frac{B_2}{n_2} = \bar{W}_2$	$\frac{B_3}{n_3} = \bar{W}_3$
Sphaeriidae	$\frac{676}{387}=1.7$	$\frac{257}{107}=2.4$	$\frac{649}{267}=2.4$
Stictochironomus crassiforceps	$\frac{823}{2613}=0.3$	$\frac{8378}{5372}=1.6$	$\frac{4702}{4159}=1.1$
Sialis lutaria	$\frac{1911}{53}=35.8$	$\frac{3006}{160}=18.8$	$\frac{4999}{120}=41.7$

Т а б л и ц а 2

Соотношение суточных величин рациона *Sialis lutaria* (над чертой) и продукции *Stictochironomus crassiforceps* (под чертой) в илистой литорали оз. Калишевского, мг/(м<sup>2</sup>.сут)

Условия	10 VII 1982	9 VIII 1982	8 IX 1982
Естественные	$\frac{35.5}{0.2}=177.50$	$\frac{24.6}{33.1}=0.74$	$\frac{38.7}{335.1}=0.16$
Экспериментальные	-	$\frac{68.8}{155.0}=0.44$	$\frac{62.5}{188.0}=0.35$

tochironomus crassiforceps было равно 0.16 в естественных условиях и 0.35 – в экспериментальных,

Таким образом, при значительном развитии хищных беспозвоночных фактор выедания бентоса рыбами может приводить к уменьшению напряженности трофических отношений в донном сообществе и к увеличению его продуктивности. В то же время популяционная динамика сфериид, защищенных раковиной, не зависела от мощности пресса хищных беспозвоночных. Кроме того, сферииды активно выедались рыбами. Так, снижение биомассы моллюсков было в значительной степени обусловлено их выеданием рыбами: в течение  $\Delta t_I$  – на 58% и в течение  $\Delta t_{II}$ , когда практически завершилось отмирание крупных особей, – на 94%. Размерно-возрастная структура популяций сфериид, по нашим данным, при выедании не изменялась. Все это позволило использовать сфериид в качестве тест-объектов. Для количественной оценки влияния фактора выедания на сфериид (и следовательно, на весь макрозообентос) мы использовали индексы  $\underline{a}$  („сопротивляемость сфериид выеданию“),  $\underline{v}$  („интенсивность выедания“),  $\underline{a} = \frac{n_2}{n_3}$ ;  $\underline{v} = \frac{n_3 - n_2}{n_3 + n_4}$ .  $\underline{a} \in [0; 1]$ ;  $\underline{v} \in [0; 1]$ .  $\underline{a}=0$  при истреблении популяции,  $\underline{a}=1$  при отсутствии выедания;  $\underline{v}=0$  при отсутствии выедания,  $\underline{v}=1$  при усилении влияния фактора. Сопротивляемость сфериид выеданию зависит не только от интенсивности самого выедания, но и от скорости отрождения моллюсками молоди. Для количественного выражения скорости их размножения принято рассчитывать такие показатели популяционной динамики, как врожденная скорость естественного увеличения численности ( $r_m$ ), максимальная мгновенная удельная скорость роста численности в природных популяциях ( $r_{mp}$ ), действительная мгновенная скорость увеличения численности ( $r$ ) [1]. Однако скорость отрождения молоди можно также приблизительно оценивать, сопоставляя величины средних масс особей сфериид ( $\bar{W}$ ). Учитывая, что выедание сфериид рыбами в илистой литорали не было размерно-избирательным и не влияло на величину  $\bar{W}$  ( $\bar{W}_2 = \bar{W}_3$ ), интенсивность размножения моллюсков определяли при помощи индекса  $\underline{c}$ .  $\underline{c} = \frac{\bar{W}_1 - \bar{W}_2}{\bar{W}_1 + \bar{W}_2} = \frac{\bar{W}_1 - \bar{W}_3}{\bar{W}_1 + \bar{W}_3}$ .  $\underline{c} \in ]-1; +1[$ . При возрастании интенсивности пополнения популяций молодь  $\underline{c} \rightarrow +1$ , при отсутствии отрождения и изменении индекса только за счет роста моллюсков  $\underline{c} \rightarrow -1$ . Очевидно, что индекс  $\underline{c}$  может быть правильно рассчитан только в том случае, когда воздействие пресса рыб не изменяет размерно-возрастной структуры популяций сфериид (неизбирательное выедание;  $\bar{W}_2 = \bar{W}_3$ ). Для периода  $\Delta t_I$ :  $a_I = 0.46$ ,  $v_I = 0.31$ ,  $c_I = 0.35$ ; для  $\Delta t_{II}$ :  $a_{II} = 0.40$ ,  $v_{II} = 0.25$ ,  $c_{II} = -0.31$ . Сопоставление индексов показывает, что в середине лета ( $\Delta t_I$ ) выедание моллюсков шло более интенсивно, чем в конце лета ( $\Delta t_{II}$ ), но сопротивляемость сфериид выеданию в период  $\Delta t_I$  была все же выше благодаря интенсивному отрождению молоди. Полученные данные использовали также для расчета скоростей выедания и продукции сфериид [2].

Несомненно, вышеописанный метод дает менее точные результаты, чем способы, основанные на детальном популяционном ана-

лизе. Тем не менее он позволяет непосредственно оценить интенсивность и размерную избирательность выедания бентоса рыбами, сравнить воздействие на бентос пресса рыб и жищных беспозвоночных. Кроме того, этот метод дает возможность измерить величины выедания и продукции популяций тех видов донных животных, которые не связаны трофическими связями с другими видами макрозообентоса (например, сферииды). Рассчитывая величины индексов a, v и c, можно количественно сравнивать интенсивность выедания, размножения сфериид и способность их популяций сопротивляться воздействию пресса рыб. Соотношение этих показателей позволяет судить об условиях существования всего макрозообентоса. Эксперименты с изоляцией участка бентали целесообразно проводить наряду с регулярной бентосной съемкой.

### Л и т е р а т у р а

1. А л и м о в А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. Л., 1981. 248 с.
2. Ш у й с к и й В.Ф. Расчет продукции сфериид в условиях интенсивного воздействия на них пресса рыб-бентофагов (на примере мезотрофного оз. Калишевского Лужского района)//Проблемы рыбохозяйственных исследований внутренних водоемов северо-запада европейской части СССР: Тез. докл. Петрозаводск, 1984. С. 55-56.

Государственный научно-исследовательский  
институт озерного и речного  
рыбного хозяйства

---

УДК 576.895.122 : 615.9

А.Е. Ж о х о в

### О ВЛИЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ НА ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ ТРЕМАТОД

В экологической паразитологии все более широкое распространение получают взгляды, согласно которым гельминтов, несмотря на их качественное своеобразие, следует рассматривать как равноправных членов экологических сообществ, в том числе водных.

Изучению влияния загрязнений на водные экосистемы посвящено большое число работ. Подобными исследованиями охвачены почти все группы животных и растений, тогда как гельминты в этом отношении составляют исключение.

На организменном уровне гельминты подвергаются действию загрязняющих веществ непосредственно (свободноживущие стадии)

и опосредованно (через организм хозяина). На популяционном уровне загрязнения влияют на гельминтов через популяции животных-хозяев, и именно изучение вопроса в этом аспекте наиболее перспективно для правильного понимания происходящих в экосистемах изменений.

В своей работе мы поставили целью на конкретном примере показать влияние загрязнения водоема на циклы развития трематод на организменном и популяционном уровнях. С этой целью изучалось действие меди и цинка на суточную продукцию 4 видов церкарий – *Bunodera luciopercae* Müller, 1776; *Phyllodistomum elongatum* Nybelin, 1926; *Opisthioglyphe ranae* Froelich, 1791; *Diplostomum paracaudum* Iles, 1959, – паразитирующих у моллюсков *Pisidium amnicum*, *Planorbis purpura*, *Lymnaea stagnalis*. Испытывалось действие металлов в концентрациях 0.01, 0.1, 1, 2 и 3 мг/л. Опыты проводились с двухстворчатыми моллюсками при температуре воды 22–24 °С, с легочными – при 18–20 °С. Каждый опыт ставился в двойной или тройной повторности по методике, предложенной Эвансом [4]: в течение 6 сут у моллюсков подсчитывалась суточная продукция церкарий в чистой воде, затем за такой же период в соответствующем растворе с определенной концентрацией металла.

Суточная продукция *Bunodera luciopercae* в растворах с содержанием меди 1 мг/л снижалась в среднем на 45%, в растворах с концентрациями 2 и 3 мг/л выход церкарий полностью прекращался, часть моллюсков при этом погибала.

Цинк оказывал слабое токсическое действие и гибели моллюсков не вызывал.

На суточную продукцию *Phyllodistomum elongatum* низкие концентрации меди не влияли, тогда как в растворах с содержанием меди 1 и 2 мг/л выход церкарий полностью прекращался в первые сутки и в течение 4 сут все моллюски погибали.

Цинк во всех концентрациях не влиял на продукцию церкарий и гибели моллюсков не вызывал.

Суточная продукция *Opisthioglyphe ranae* постепенно снижалась с увеличением концентрации меди. Если в растворах с содержанием меди 0.01 мг/л суточная продукция церкарий снижалась в среднем на 58%, то в растворах с содержанием 2 мг/л – на 69%.

Цинк слабо влиял на продукцию *O. ranae*.

С увеличением концентрации меди суточная продукция *Diplostomum paracaudum* постепенно снижалась, но значительно меньше, чем у других видов трематод. В растворах с содержанием меди 0.01 мг/л суточная продукция снижалась всего на 7%, а в растворах с концентрацией 2 мг/л – на 58%.

Таким образом, испытанные в экспериментах концентрации меди и цинка, которые могут присутствовать и в естественных загрязненных водоемах, весьма существенно снижают продукцию церкарий.

В загрязненных водоемах из сообществ гидробионтов выпадают прежде всего олигосапробные виды, такие как личинки насекомых,

ракообразные, пиявки. Моллюски проявляют к загрязнению большую устойчивость, чем другие беспозвоночные. Для многих видов трематод, у которых вторым промежуточным хозяином служат водные беспозвоночные, именно второй промежуточный хозяин является наиболее слабым звеном в жизненном цикле, более других страдающим от загрязнения.

Сравнительное изучение паразитофауны водных животных проводилось нами на загрязненном участке р. Которосль в районе г. Ярославля и на двух чистых контрольных участках — в р. Которосль (К), выше города, и в р. Туношне (Т), протекающей за пределами города.

На загрязненном участке р. Которосль моллюски *Bithynia tentaculata* встречаются лишь единичными экземплярами. Они служат промежуточными хозяевами (первыми и вторыми) для трематод *Sphaerostoma* sp. На чистом участке р. Которосль зараженность битиний *Sphaerostoma* sp. достигала 4.1%, в р. Туношне — 3.5%. На участке реки, входящем в черту города, битинии из-за их низкой численности личинками *Sphaerostoma* не заражены. Снижение численности битиний нарушает весь цикл развития гельминта. Плотва из Которосли в районе города была заражена трематодами *S. globiporum* на 1.6% при индексе обилия 0.05, из реки, протекающей выше города, — на 13.7% при индексе обилия 0.3, а из р. Туношны — на 4.8% при индексе обилия 0.1.

У трематоды *Allocreadium isoporum* Loos, 1894 — паразита карповых рыб — жизненный цикл осуществляется с участием моллюсков *Sphaeriastrum rivicola* и личинок ручейников и подёнок. Зараженность моллюсков партенитами *Allocreadium isoporum* на загрязненном участке реки (8.6%) более чем в 2 раза ниже по сравнению с чистыми (18.3% (К) и 19.2% (Т)). Личинки ручейников и подёнок на участке р. Которосль, протекающей в районе города, встречаются крайне редко. Выпадение из цикла развития второго промежуточного хозяина делает невозможным заражение дефинитивного. Плотва из р. Которосль, протекающей в районе города, заражена трематодами *A. isoporum* на 3.2% при индексе обилия 0.13, тогда как в той же реке, но выше города она заражена этими паразитами на 15.7% при индексе обилия 3.5, а в р. Туношне — на 14.3% при индексе обилия 0.8.

Обычным паразитом окуней является трематода *Bunodera luciopercae*. Ее жизненный цикл протекает с участием моллюсков *Pisidium amnicum* и ветвистоусых рачков. Экстенсивность заражения моллюсков партенитами *Bunodera luciopercae* на загрязненном участке реки (25%) сравнима с таковой на чистых участках (25% (К) и 43% (Т)). При загрязнении водоемов численность и видовое разнообразие ветвистоусых рачков резко снижаются [2], в результате чего уменьшается зараженность популяции рачков метацеркариями *B. luciopercae*. При этом снижается и зараженность дефинитивного хозяина. На загрязненном участке р. Которосль экстенсивность заражения окуней бунодерами достигала 41% при индексе обилия 3.1, в то же время в р. Которосль,



протекающей выше города, — 100% при индексе обилия 12, а в р. Туношне — 46% при индексе обилия 6,8.

Из приведенных выше примеров следует, что для численности популяций трематод решающим фактором является численность популяций промежуточных хозяев.

Очевидно, что при неблагоприятных условиях, вызванных сбросом сточных вод, не снизится степень заражения хозяев лишь теми видами трематод, у которых вторым промежуточным хозяином служат устойчивые к загрязнению животные, а также видами трематод, встречающихся без второго промежуточного хозяина. К последним относится, в частности, *Phyllodistomum elongatum* — обычный паразит карповых рыб. Первый промежуточный хозяин данного вида — моллюск *Pisidium amnicum*. Второго промежуточного хозяина у этих трематод нет, рыбы заражаются ими, поедая церкарий, по внешнему виду и поведению похожий на личинок комаров. В течение 2 лет зараженность моллюсков парthenитами *Phyllodistomum elongatum* на загрязненном участке реки была выше (15,5%), чем на чистых (10,5% (К) и 5,3% (Т)). Зараженность плотвы на загрязненном (4,8%) и на чистых участках (2% (К) и 11,9% (Т)) сравнима. Устойчивость первого промежуточного хозяина к загрязнению и отсутствие в цикле развития второго промежуточного хозяина обеспечивают устойчивость паразита этого вида к неблагоприятным условиям.

Трематоды родов *Diplostomum* и *Cotylurus* стадию метацеркарий проходят в рыбах. Эти паразиты даже в загрязненных водоемах имеют второго промежуточного хозяина достаточной численности. Следует добавить, что первый промежуточный хозяин этих трематод — моллюск рода *Lymnaea* очень устойчив к загрязнению. В наших исследованиях лимнеиды из участка реки, находящегося в черте города, имели самую высокую зараженность парthenитами диплостоматид (14,2%) по сравнению с таковой на чистых участках рек (1,5% (К) и 7% (Т)). В соответствии с этим в реке, расположенной в районе города, зараженность рыб метацеркариями рода *Diplostomum* была выше. У плотвы экстенсивность инвазии метацеркариями рода *Diplostomum* достигала на загрязненном участке реки 100% при индексе обилия 51, на чистых участках 94,1% при индексе обилия 17,8 (К) и 100% при индексе обилия 44,5 (Т). Зараженность окуней метацеркариями из рода *Diplostomum* на загрязненном участке реки также была выше (52,9%, 2,8), чем на чистых (47,1%, 0,76 (К) и 22,7%, 0,33 (Т)). Таким же образом соотносится зараженность окуней метацеркариями *Cotylurus pileatus* (Rud., 1802), составляющая 100%, 41,9 на загрязненном участке и 94,1%, 13,9 (К) и 86,4%, 34,4 (Т) — на чистых. На загрязненном участке р. Которосль существует очаг диплостоматидной и стригейдной инвазий. Подобную паразитологическую ситуацию в загрязненных водоемах отмечали и другие авторы [1, 3].

Таким образом, даже слабое загрязнение приводит к изменению паразитологической ситуации в водоеме. Снижается зараженность

рыб взрослыми трематодами непатогенных видов, возрастает зараженность метасцеркариями патогенных видов трематод, способных вызывать гибель рыб.

## Л и т е р а т у р а

1. А н и к е е в а Л.В. Влияние сточных вод Сегежского целлюлозно-бумажного комбината на гельминтофауну рыб Выгозера// Экология паразитических организмов в биогеоценозах Севера. Петрозаводск, 1982. С. 83-94.
2. И в а н о в а М.Б. Влияние загрязнения на планктонных ракообразных и возможность их использования для определения степени загрязнения рек//Методы биологического анализа пресных вод. Л., 1976. С. 68-80.
3. К о с т а р е в Г.Ф. Динамика паразитофауны леща и судака Камского водохранилища в зависимости от экологических условий и антропогенного воздействия на среду обитания. - Пермь, 1977. 23 с. Деп. в ВИНТИ 6 05 77, № 1824-77.
4. E v a n s N.A. Effects of copper and zinc on the life cycle of *Notocotylus attenuatus* (Digenea: Notocotylidae)//Intern. J. Parasitol. 1982. Vol. 12, N 4. P. 363-369.

Ярославский университет

---

УДК 595.182 : 574.3.34

В.А. Г о л о в ч и ц

### ВЛИЯНИЕ СВЕТА И ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ КОЛОВРАТКИ *BRACHIONUS CALYCIFLORUS PALLAS*

Температура и свет являются одними из наиболее важных абиотических факторов среды как в естественных экосистемах, так и при культивировании коловраток в качестве живого корма для личинок карповых и осетровых рыб. В связи с этим, исследования совместного влияния данных факторов на рост популяций коловраток весьма актуальны.

Эксперименты проводили на животных, полученных из покоящихся яиц из грунта полей фильтрации оз. Нарочь (БССР) и адаптированных к соответствующим температурному и световому режимам. Рост популяций *Brachionus calyciflorus* исследовали в диапазоне температур 20-39 °С с шагом в 5 °С. При каждой из температур изучали влияние четырех фоторежимов: круглосуточного

Таблица 1

Мгновенная скорость роста численности популяций ( $r$ ) за сутки, максимальная численность ( $n_{max}$ , экз./мл) и время до ее достижения ( $\tau$ , сут) при выращивании популяций *Brachionus calyciflorus* в различных условиях

Параметр	Температура, °C	Фоторежим			
		КО	ДСД	КСД	КТ
$r$	20	0,44	0,62	0,66	0,48
	25	0,89	0,96	0,92	0,91
	30	1,32	1,26	1,24	1,22
	35	1,58	1,56	1,49	1,55
	39	0	0,61	0,77	1,09
$n_{max} \pm \sigma$	20	37 $\pm$ 13	111 $\pm$ 19	325 $\pm$ 35	82 $\pm$ 4
	25	487 $\pm$ 6	592 $\pm$ 6	497 $\pm$ 41	669 $\pm$ 87
	30	642 $\pm$ 80	584 $\pm$ 12	553 $\pm$ 157	791 $\pm$ 357
	35	925 $\pm$ 265	880 $\pm$ 63	684 $\pm$ 84	844 $\pm$ 141
	39	15 $\pm$ 5	57 $\pm$ 14	208 $\pm$ 40	439 $\pm$ 20
$\tau$	20	4,50	6,00	9,00	10,00
	25	5,50	5,00	5,00	7,00
	30	4,00	4,00	6,00	6,00
	35	3,30	3,30	3,30	3,30
	39	1,50	4,00	5,00	4,00

освещения (КО – 24 ч света), длинного светового дня (ДСД – 16 ч света, 8 ч темноты), короткого светового дня (КСД – 8 ч света, 16 ч темноты), круглосуточной темноты (КТ – 24 ч темноты). Освещенность в экспериментах составляла 20 клк (среднедневная на широте г. Минска в весенне-летний период). Начальная численность животных – 5 экз./мл. Яйцовое отношение в начале опытов во всех вариантах было около 0,5. Кормление проводили 2 раза в сутки, доводя численность водорослей (*Chlorella* sp.) до 50 млн. кл./мл.

Полученные данные показали, что мгновенная скорость роста численности популяций ( $r$ ) *Brachionus calyciflorus* имеет четко выраженную температурную зависимость с максимумом при 35 °C (табл. 1). В интервале температур от 20 до 35 °C значения  $r$  и максимальной численности популяций ( $n_{max}$ ) увеличиваются с увеличением температуры во всех вариантах фоторежимов.

В области температур 25–35 °C фоторежим не оказывает значительного влияния на рост экспериментальных популяций, что выражается в близких значениях  $r$  в различных фоторежимах для каждой из температур.

Повышение температуры до 39 °C замедляет рост популяций. При этом свет начинает играть роль лимитирующего фактора. Максимальные значения  $r$  и  $n_{max}$  получены в фоторежиме КТ. С увеличением продолжительности фазы освещения от 8 до 16 ч

жимом. Реакция популяций на фоторежим в сильной мере зависит от освещенности. Предварительная адаптация к более высокой температуре и фоторежиму КО ускоряет рост популяций при последующем культивировании при 25 и 30 °С.

## Л и т е р а т у р а

1. М и т я н и н а И.Ф. Рост и развитие дафний и коловраток в онтогенезе и последовательных партеногенетических популяций в зависимости от температуры: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1983, 19 с.

Институт зоологии АН БССР

---

УДК 574.64 : 595.143

И.И. Т о м и л и н а, Л.Н. Л а п к и н а

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПИЯВОК К ХЛОРОФОСУ

В настоящей работе под адаптацией понимается привыкание к некоторым концентрациям токсиканта, которое проявляется в течение всей жизни организма (т.е. имеется в виду фенотипическая адаптация). Экспериментальные работы по изучению привыкания водных организмов к токсическим веществам противоречивы. Одни говорят о возможности проявления фенотипической адаптации [1, 4], другие — об ее отсутствии [2, 3]. Цель настоящей работы — выяснить способность пиявок класса *Hirudinea* адаптироваться к одному из ФОС — хлорофосу.

Материалом для исследований служили представители сем. *Hirudinidae*: *Haemopsis sanguisuga* (L., 1758) и *Hirudo medicinalis* (L., 1758). Первых отлавливали в природе (окрестности пос. Борок Ярославской области), вторых приобретали на биофабрике Главного аптечного управления Министерства здравоохранения РСФСР. До начала опытов хищных пиявок (*Haemopsis sanguisuga*) кормили олигохетами, молодь пиявок или мышечными волокнами рыбы. Кровососущих пиявок (*Hirudo medicinalis*) не подкармливали, так как они месяцами могут обходиться запасами законсервированной в желудке крови, высосанной ранее.

Эксперимент по выявлению адаптации к токсиканту проводился в два этапа: первый включал предэкспозицию подопытных червей в сублетальной концентрации хлорофоса, при этом контрольные пиявки находились в чистой воде; второй, следующий непосредственно первым, включал 48-часовую экспозицию подопытных и конт-

Т а б л и ц а 1

Влияние продолжительности предэкспозиции *Haemoris sanguisuga* в сублетальном растворе хлорофоса (1.5 мг/л) на их гибель в последующем остром опыте (температура 19 °С)

Продолжительность предэкспозиции, сут	Количество пиявок	Число погибших пиявок при 48-часовой экспозиции в тестирующем растворе хлорофоса (15 мг/л), %	
		подопытные	контрольные
0.5	60	16.3±5.4	73.7±11.1
1	20	65	75
2	20	80	60
4	20	90	55

рольных червей в тестирующем остротоксичном растворе того же вещества. На первом этапе эксперимента использовали различные концентрации токсических веществ и разное время предэкспозиции. На втором этапе условия не изменялись. После завершения эксперимента пиявок в течение трех дней содержали в чистой воде для окончательного установления состояния животных. Сравнивались количество погибших пиявок, имевших (подопытные) и не имевших (контрольные) предварительного контакта с ядом.

Эксперименты показали, что воздействие хлорофоса в концентрации 1.5 мг/л в течение 12 час (48-часовая  $LC_{50}$  0.1) на пиявок *Haemoris sanguisuga* приводит к статистически достоверному снижению их смертности в остротоксичном растворе (15 мг/л) по сравнению с контрольными. С увеличением продолжительности первичного воздействия той же концентрации хлорофоса до 24 час наблюдается примерно одинаковая смертность по сравнению с контролем, а увеличение предэкспозиции до 48–96 час приводит к заметной гибели пиявок (табл. 1).

Адаптация к хлорофосу может возникнуть и при длительном его действии, если концентрация яда мала. Молодь пиявок *Hirudo medicinalis*, предварительно находившаяся в растворе хлорофоса (0.0005 мг/л – 1/1000 от  $LC_{100}$ ) в течение 14 сут, после переноса в остротоксичный раствор (0.5 мг/л) показала статистически достоверную большую выживаемость по сравнению с контролем.

Увеличение концентрации токсиканта до 0.001 мг/л (1/500 от  $LC_{100}$ ) приводило к увеличению смертности подопытных пиявок, которая, однако, не превышала смертность в контроле (табл. 2).

Для ответа на вопрос, можно ли повысить устойчивость пиявок к хлорофосу, применяя другие фосфорорганические соединения, были поставлены опыты со взрослыми *H. medicinalis*, предвари-

Т а б л и ц а 2

Влияние 14-суточной предэкспозиции *Hirudo medicinalis* в сублетальных концентрациях хлорофоса на выживаемость их в остроотоксичном растворе хлорофоса (0,5 мг/л)

Концентрация яда в предэкспозиции, мг/л	Число особей в опыте (3 повторности)	Гибель пиявок в растворе хлорофоса 0,5 мг/л ( $LC_{100}$ ), %
0,0005	30	50±6,6
0,01	30	83,3±5,6
Контроль	30	93,3±5,6

Т а б л и ц а 3

Влияние 24-часового пребывания пиявок *Hirudo medicinalis* в различных ФОС на их последующую выживаемость в остроотоксичном растворе хлорофоса (0,3 мг/л)

Токсикант и его 48-часовая токсикологическая характеристика	Число особей в опыте	Предэкспозиция; концентрации токсикантов	Гибель пиявок в растворе хлорофоса 0,3 мг/л ( $LC_{50}$ ), %
Хлорофос ( $LC_{50}$ 0,3 мг/л)	30	0,03	28,6±6,2
ДДВФ ( $LC_{50}$ 0,1 мг/л)	30	0,01	5,0±0,9
Карбофос	30	1,10	100
( $LC_{50}$ 11 мг/л)	30	0,10	66,8±5,6
Контроль	30	—	48,3±4,7

тельно выдержанными в сублетальных концентрациях ДДВФ, карбофоса и хлорофоса (табл. 3).

Воздействие эквивалентными сублетальными концентрациями ФОС (0,1 от  $LC_{50}$ ) привело к неоднозначным результатам. Наиболее выраженный адаптационный эффект получен под влиянием ДДВФ: гибель в опыте была гораздо меньше (5%), чем в контроле (48%). „Адаптогенность“ хлорофоса ниже, но примерно соответствует той, что наблюдалась в опытах с *Haemopsis sanguisuga* (гибель червей в опыте на 40% ниже, чем в контроле). Предварительный контакт с карбофосом оказал усугубляющее действие на *Hirudo medicinalis* в  $LC_{50}$  хлорофоса. Уменьшение концентрации карбофоса до 0,1 мг/л снижало смертность пиявок.

Таким образом, показана принципиальная возможность осуществления червями класса *Hirudinea* фенотипической адаптации к действию токсикантов антропогенного происхождения. Однако она может реализоваться в строго определенных условиях, связанных

с природой яда, силой его воздействия (концентрацией) и временем контакта с ним. Вероятность создания таких условий в природе невелика. Длительное существование популяции в загрязненных токсическими веществами водоемах определяется механизмами генотипической адаптации.

## Л и т е р а т у р а

1. Г р о м о в В.В. Выступление//Критерий токсичности и принципы методик по водной токсикологии. М., 1971. Т. 78. С. 274-278.
2. К а р п е в и ч А.Ф. Об адаптивности и пластичности водных организмов//Реакции гидробионтов на загрязнение. М., 1983. С. 13-29.
3. Ф л е р о в Б.А. Изучение адаптации гуппи к фенолу//Гидробиол. журн. 1970. Т. 6, № 3. С. 104-106.
4. F r o m m P.O. Toxic action of water soluble pollutants on freshwater fish//Water Pollut. Contr. Res. Washington, 1970. 56 p.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

УДК 595. 771 (285.2)

С.И. Б е л я н и н а

## ХРОМОСОМНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ CHIRONOMUS PLUMOSUS L. В ВОДОЕМАХ СССР

Полиморфизм – одно из универсальных явлений, характерное для всех уровней организации живых систем. Изучение хромосом ряда видов двукрылых, как известно, привело к выводу о значительном хромосомном полиморфизме природных популяций этой группы насекомых и важности исследования данного явления для понимания микроэволюции видов. Любой кариотип возникает в ходе последовательных хромосомных перестроек, фиксации которых приводит к появлению репродуктивной изоляции [7-10].

Кариологический анализ *Chironomus plumosus* [1-4, 11], полиморфного на всех стадиях развития вида хирономид, позволил четко определять личинок этого вида и наметить пути изучения эволюции его кариотипа.

Нами исследованы кариотипы личинок *Ch. plumosus* из различных местообитаний на территории СССР. За стандартный кариотип (с последовательностью дисков в плечах хромосом: I – плечи АВ, II – DC, III – EF, IV – G) принята хромосомная структура

также закономерного сцепления определенной инверсии в длинных хромосомах с каким-либо типом хромосомы 1Y. По-видимому, пока трудно говорить о какой-то закономерности в распределении инверсионных генокомплексов по ареалу *Ch. plumosus*.

В составе кариофонда исследованных нами популяций *Ch. plumosus* 27 типов гетерозиготных парацентрических инверсий, затрагивающих весь хромосомный набор. Наиболее широко распространены восемь инверсий, остальные являются эндемичными. Инверсии A/A<sub>2</sub> и A/A<sub>3</sub> образуют четкие зоны распределения – первая перестройка характерна для популяций, встречающихся только до Урала, вторая – на Урале и после него. Перестройки в хромосоме 1Y редки, что облегчает хромосомную диагностику этого вида по строению хромосомы 1Y, самой короткой в хромосомном наборе. В ульяновской популяции обнаружен соматический мозаицизм по гетерозиготной парацентрической инверсии в хромосоме I.

На основании полученных данных *Ch. plumosus* рассматривается нами не только как полиморфный, но и как политипический вид, подтверждая тем самым подобное мнение, высказанное ранее [4, 5]. В ряде мест обитания *Ch. plumosus* (в Бerezинском пруду у г. Саратова и в р. Волге у Астраханского заповедника), где одновременно встречены особи двух рас („омской” и „основной”), по-видимому, наблюдается репродуктивная изоляция между представителями разных рас. Доказательством этого является отсутствие личинок с гибридными кариотипами. Морфологическая дифференциация между особями разных рас из смешанных популяций отсутствует или незначительна. Следовательно, можно говорить о симпатрическом обитании кариотипических рас *Ch. plumosus* и наличии определенной дивергенции между ними.

## Л и т е р а т у р а

1. Б е л я н и н а С.И. Хромосомный полиморфизм *Chironomus plumosus* из различных частей ареала: II. Кариотипическая структура трех географически разобнесенных популяций//Цитология. 1977. Т. 19, № 5. С. 565–579.
2. Б у х т е е в а Н.М. Характеристика кариотипа и инверсионного полиморфизма *Ch. plumosus* L. из Восточной Сибири//Цитология. 1974. Т. 16, № 3. С. 358–361.
3. М а к с и м о в а Ф.Л. К вопросу о кариотипе *Chironomus plumosus* L. усть-ижорской популяции Ленинградской области//Цитология. 1976. Т. 18, № 6. С. 1264–1277.
4. М а к с и м о в а Ф.Л. К вопросу о цитодиагностике личинок *Chironomus plumosus* L.//Кариосистематика беспозвоночных животных. Л. 1979. С. 51–55.
5. М а к с и м о в а Ф.Л. Инверсионный полиморфизм природных популяций *Chironomus plumosus* L.//Новые данные по кариосистематике двукрылых насекомых. Л. 1980. С. 31–39. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР; Т. 95).



6. Максимова Ф.Л., Петрова Н.А. Географическая изменчивость кариотипа *Chironomus plumosus*//Зоол. журн. 1978. Т. 7, № 12. С. 1816-1826.
7. Чубарева Л.А. Хромосомный полиморфизм в природных популяциях кровососущих мошек и некоторых других двукрылых насекомых// Цитология. 1974. Т. 16, № 3. С. 267-280.
8. Чубарева Л.А. Характеристика кариотипических признаков плезиоморфных видов мошек и предполагаемые пути эволюции кариотипа семейства Simuliidae//Зоол. журн. 1977. Т. 54, № 10. С. 1492-1501.
9. Шербakov Е.С. О кариотипической диагностике филогенетического родства у мошек//Зоол.журн. 1968. Т.17, № 3. С. 395-400.
10. Dobzhansky Th. Evolutionary and population genetics//Science. 1963. Vol. 142, N 3596. P. 1131-1135.
11. Keyl H.G., Keyl J. Die cytologische Diagnostik der Chironomiden: I. Bestimmungstabelle für die Gattung Chironomus auf Grund der Speicheldrüsenchromosomen//Arch. Hydrobiol. 1959. Bd 56, N 1-2. D. 43-57.

Саратовский медицинский институт

---

УДК 591.639

И.И. Широков

# БИОЛОГИЯ МОЛОДИ БАЙКАЛЬСКОГО ОЗЕРНОГО СИГА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ

Известно, что повышение рыбопродуктивности водоемов, особенно в условиях Сибири, возможно за счет освоения новых объектов разведения, главным образом сиговых. Однако нередко в целях достижения быстрейшего хозяйственного эффекта даются необоснованные рекомендации по вселению популярных объектов рыбоводства, получить посадочный материал которых легко [1]. Только для Байкала было рекомендовано около 30 видов и форм рыб, в том числе ряд сиговых [3, 4]. Такое вселение может привести к необратимым изменениям ихтиоценозов Байкала, нарушить уникальный генофонд. Поэтому вселение новых видов рыб в Байкал и его бассейн нецелесообразно. Повышение рыбопродуктивности водоемов байкальского бассейна вполне возможно за счет аборигенных видов [1].

Одним из объектов искусственного разведения может стать байкальский озерный сиг. Однако биотехнология его разведения до сих пор не разработана. В настоящее время сотрудники Лимнологического института проводят работы, направленные на решение этой задачи.

Большую часть исследований проводили в 1982–1984 гг. на базе Бурдугузского производственно-экспериментального рыбцеха (Иркутское водохранилище). Икру получали от производителей сига из Чивыркуйского залива и инкубировали в аппаратах Вейса. Эксперименты по изучению температурного и кислородного порогов, питания, роста и выживаемости проводили как минимум в двухкратной повторности. Кроме того, провели наблюдение за ростом и питанием молоди при подращивании ее в садках (1980–1981 гг.) в сорах и заливах Байкала, а также в Бурдугузском пруду (1982, 1984 гг.).

Температурный порог. Верхний температурный порог определяли путем постепенного (в течение 12–24 ч) повышения температуры с 6–10 °С. Содержание кислорода во время опытов не падало ниже 7 мг/л. Результаты показали, что наиболее чувствительны к повышению температуры только что выклюнувшиеся личинки. Гибель их наступала при температуре 20–24 °С. С возрастом значения летальных температур несколько повышаются: личинки (возраст 15 сут, масса 30 мг) гибнут при 27,5–28 °С, мальки (возраст 40 сут, масса 250 мг) – при 29,5–30 °С, сеголетки (возраст 90 сут, масса 3500 мг) – при 30–30,5 °С. Температура, при которой молодь прекращает питаться, на 2–4 °С ниже летальной.

Кислородный порог. Опыты по определению кислородного порога для рыб массой от 40 до 6000 мг проводили в интервале температур 3–21 °С. Кислород определяли по методу Винклера. Установлено, что кислородный порог зависит от размеров и возраста молоди. У личинок он колеблется от 1,2 до 2,5 мг/л, у мальков – от 2 до 4,1, у сеголеток от 1,4 до 2,2 мг/л. Кислородное голодание наблюдалось при содержании кислорода соответственно 2–3,5, 2,5–4,7 и 2–3 мг/л. Пороговая концентрация кислорода для одновозрастной, однородной молоди зависит от индивидуальных особенностей и в отдельных случаях может различаться почти в 2 раза. Среди одновозрастной молоди разного размера устойчивость к недостатку кислорода выше у более крупных особей. При резком снижении содержания кислорода сижки не успевают адаптироваться и порог повышается. При повышении температуры воды чувствительность мальков и сеголеток к дефициту кислорода увеличивается.

Высокая экологическая пластичность молоди по отношению к температурным и кислородным факторам позволяет успешно подращивать ее в водоемах озерно-прудового типа, температура воды в которых не подымается выше 25–26 °С, а содержание кислорода не падает ниже 4–5 мг/л.

Питание. При инкубации икры в Бурдугузском рыбцехе выклев личинок происходит во второй половине мая. Средняя их масса составляет 8–9 мг, длина тела 11,5–12 мм. Размеры желтка у личинок модальных сроков выклева 1,16–1,23 мм, масса 0,95–1,07 мг. В экспериментальных условиях при избытке пищи (моина, науплии артемии) некоторая часть личинок начинает питаться уже через 4–6 ч после выклева. Сроки массового перехода на смешанное питание зависят от температуры воды. При температуре 11–

17 °C основная масса личинок потребляет корм к концу первых суток; при 5–7 °C в первые сутки питаются лишь 10–15% рыб, несмотря на достаточное количество пищи. Только на пятые сутки все личинки переходят на смешанное питание. Они способны питаться и при очень малом содержании зоопланктона, биомасса которого в Бурдугузском пруду составляла в конце мая–начале июня 1984 г. 12–53 мг/м<sup>3</sup>, а численность – 7–53 тыс. экз./м<sup>3</sup>, причем основу составляли коловратки. Тем не менее к концу первых суток выклева питалось 80% личинок, на седьмые – 100%.

Пищевой спектр личинок сига довольно широк и в значительной степени определяется количественным и качественным составом кормовой базы. Так, в составе пищи личинок длиной 11,8–15 мм мы отметили 32 вида зоопланктона. При низком уровне развития кормовой базы они питаются мелкими формами зоопланктона – коловратками, науплиусами веслоногих, способны также потреблять личинок хирономид размером до 2 мм, олигохет (1,5 мм), нематод (до 2 мм), мелких остракод (0,2–0,3 мм). По мере роста сигов пищевой спектр их закономерно расширяется. Личинки массой 40–45 мг способны поедать практически все виды веслоногих и большинство ветвистоусых рачков, мелких куколок комаров, а в эксперименте даже личинок песчаной широколобки размером 4–5 мм [2].

Мальки и сеголетки питаются планктоном и бентосом, а при их недостатке и воздушными насекомыми.

Таким образом, уже начиная с личиночных этапов развития молодь озерного сига характеризуется высокой пищевой пластичностью и способна максимально использовать кормовую базу водоема.

Рост и выживаемость. При разработке биотехнологии краткосрочного заводского подращивания личинок до 40–45 мг и до стадии малька (около 300 мг) мы изучали влияние температуры на рост и выживаемость личинок. Опыты проводили в 40–70-литровых аквариумах. Были испытаны температурные режимы 5–7, 10, 13–14, 14–16, 16, 17–18 °C. Установлено, что по мере увеличения температуры от 5 до 18 °C темп роста увеличивается, а выживаемость падает; при 5–10 °C темп роста низок, но выживаемость высока – не ниже 95%; при 17–18 °C темп роста значительно выше, но смертность составляет 60–90%. Оптимальной же для роста и выживаемости является температура 13–16 °C, при которой обеспечиваются достаточно высокие темп роста и выживаемость. Использование оптимальной температуры (в сочетании с оптимальной плотностью посадки и режимом кормления) при краткосрочном заводском подращивании личинок позволяет довести их выживаемость до 90% и более, что дает возможность значительно увеличить эффективность такого способа получения посадочного материала.

Первые опыты по выращиванию молоди в прудах показали, что выживаемость ее очень высока. Так, в пруду Бурдугузского рыбцеха (площадь 1,6 га, средняя глубина 1,4 м) выход сеголеток, несмотря на повышение плотности посадки (60–70 тыс. экз./га), составил 60–90%, что значительно выше рыбоводных нормативов, принятых для сиговых рыб.

В экспериментальных условиях провели сравнение темпов роста и выживаемости байкальского озерного сига, омуля посольской популяции и омуля, акклиматизированного в Братском водохранилище. При температуре 13–16 °С молодь выращивали 80 сут, при 16–18 °С до 90 сут. В качестве корма использовали моюну, циклопов, личинок и куколок комаров. Норма кормления составляла для личинок 50–100% от массы тела, для более крупной молоди – 50–75%. Результаты опытов показали, что выживаемость сига, байкальского и братского омуля практически одинакова. Однако с первых личиночных этапов развития сиг растет быстрее, чем омуль. Масса тела у личинок и мальков сига при оптимальной (13–16 °С) и повышенной температурах (16–18 °С) выше на 20–25%. С возрастом эти различия все более увеличиваются. В Байкале у половозрелых сигов масса тела уже в 3 раза выше, чем у одновозрастных омулей.

Таким образом, молодь байкальского озерного сига обладает целым рядом ценных для рыбоводства качеств: высокой адаптационной способностью к температурным и кислородным факторам, широким пищевым спектром, способностью питаться при низком уровне развития кормовой базы, хорошим темпом роста, высокой выживаемостью. Это позволяет с полным основанием отнести его к перспективным объектам искусственного разведения не только в бассейне оз. Байкал, но и в других водоемах Сибири. Сиг не менее ценный объект разведения, чем традиционный омуль, который широко используется в рыбоводстве Прибайкалья и Забайкалья. Тем более, что растет он быстрее омуля, а при акклиматизации в озерах и водохранилищах размножение сига в отличие от омуля не лимитируется наличием пригодных для нереста рек. Вовлечение в широкое хозяйственное использование байкальского озерного сига позволит повысить рыбопродуктивность водоемов Байкальского бассейна.

#### Л и т е р а т у р а

1. К а р а с е в Г.Л. Теоретические и практические вопросы реконструкции фауны рыб Сибири//Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. Новосибирск, 1983. С. 9–15.
2. М а м о н т о в А.М., Ш и р о б о к о в И.И. Характеристика производителей байкальского озерного сига Чивыркуйского залива//Рыбохозяйственное значение прибрежно-соровой зоны озера Байкал. Иркутск, 1981. С. 77–87.
3. М о с к а л е н к о Б.К. Байкал сегодня и в 2000 году. Иркутск, 1978. 128 с.
4. Т а л и е в Д.Н. Проблемы акклиматизации в Байкале новых пород рыб//Изв. Биол.-геогр. НИИ при Иркутском ун-те. Иркутск, 1950. Т. 11, вып. 2. С. 48–51.

Лимнологический институт  
Сиб. отд-ния АН СССР

М.В. Г а н ч е н к о

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ОСЕВОГО СКЕЛЕТА В СЕМЬЯХ ОТ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СКРЕЩИВАНИЙ БЕЛОГО ТОЛСТОЛОБИКА

В работе исследована структура внутривидовой изменчивости белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) по параметрам осевого скелета. Генотипическое разнообразие определено методом индивидуальных скрещиваний с последующим сравнением семей.

Изучено 253 экз. годовика, принадлежащих к 6 различным семьям (см. рисунок).

Основываясь на литературных данных [1, 2], учитывали число позвонков: общее (О), в грудном (Г), переходном (П) и хвостовом (Х) отделах. При статистической обработке данных использовали стандартные биометрические методы и некоторые методы многомерного анализа.

Различия в среднем числе позвонков в каждом из выделенных отделов и общего числа позвонков по абсолютной величине незначительны (табл. 1). Однако даже они оказываются статистически достоверными. Так, при вычислении критерия Стьюдента для 15 возможных пар (сравнение по общему числу позвонков) в 13 случаях было получено значение, превышающее стандартное. Статистически достоверные различия между семьями по параметрам Г, П, Х наблюдаются реже: в 8, 7 и 5 случаях соответственно. Для сопоставления уровней меж- и внутрисемейной изменчивости каждого из отделов нами проведен однофакторный дисперсионный анализ (фактор-семья), где в качестве варьирующих величин были взяты численные значения параметров О, Г, П, Х (табл. 2).

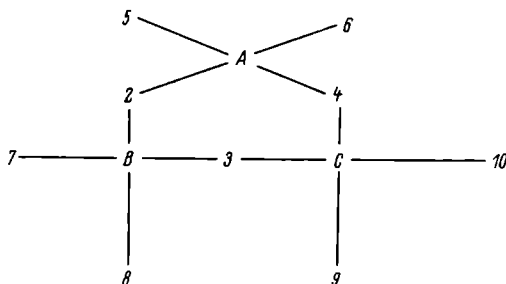


Схема скрещиваний белого толстолобика.

Цифры — самцы; буквы — самки.

Т а б л и ц а 1

Изменчивость числа позвонков в отделах осевого скелета  
белого толстолобика

Семья	Общее число		Грудной отдел	
	$\bar{X} \pm M_x$	$CV \pm M_{CV}$	$\bar{X} \pm M_x$	$CV \pm M_{CV}$
B-2	40.0 $\pm$ 0.05	0.6 $\pm$ 0.06	15.1 $\pm$ 0.07	0.9 $\pm$ 0.12
B-3	40.1 $\pm$ 0.08	1.5 $\pm$ 0.09	15.2 $\pm$ 0.08	2.8 $\pm$ 0.17
B-8	39.8 $\pm$ 0.01	1.3 $\pm$ 0.17	14.9 $\pm$ 0.07	2.6 $\pm$ 0.35
B-7	40.6 $\pm$ 0.09	1.2 $\pm$ 0.16	15.0 $\pm$ 0.03	1.2 $\pm$ 0.15
C-4	40.9 $\pm$ 0.08	1.0 $\pm$ 0.13	15.5 $\pm$ 0.10	2.9 $\pm$ 0.40
A-4	39.8 $\pm$ 0.05	1.2 $\pm$ 0.09	15.1 $\pm$ 0.03	1.8 $\pm$ 0.13

Т а б л и ц а 1 (продолжение)

Семья	Переходной отдел		Хвостовой отдел	
	$\bar{X} \pm M_x$	$CV \pm M_{CV}$	$\bar{X} \pm M_x$	$CV \pm M_{CV}$
B-2	7.1 $\pm$ 0.07	1.9 $\pm$ 0.24	17.9 $\pm$ 0.06	0.7 $\pm$ 0.06
B-3	7.1 $\pm$ 0.08	7.1 $\pm$ 0.59	17.9 $\pm$ 0.09	3.3 $\pm$ 0.27
B-8	7.0 $\pm$ 0.09	6.7 $\pm$ 0.90	17.9 $\pm$ 0.10	2.9 $\pm$ 0.39
B-7	7.2 $\pm$ 0.08	6.0 $\pm$ 0.78	18.3 $\pm$ 0.11	3.3 $\pm$ 0.42
C-4	7.7 $\pm$ 0.12	8.2 $\pm$ 1.14	17.9 $\pm$ 0.08	2.3 $\pm$ 0.22
A-4	7.1 $\pm$ 0.04	2.8 $\pm$ 0.22	17.7 $\pm$ 0.05	2.8 $\pm$ 0.22

П р и м е ч а н и е.  $\bar{X}$  - среднее значение,  $M_x$  - его ошибка,  $CV$  - коэффициент вариации,  $M_{CV}$  - его ошибка.

Статистически достоверные межсемейные различия устанавливаются по всем параметрам, хотя доля их влияния ( $\eta$ ) на изменчивость этих параметров незначительна. Судя по величинам факториальных ( $CV_f$ ) и остаточных ( $CV_e$ ) коэффициентов вариации, уровень межсемейной изменчивости соизмерим с внутрисемейной.

Вклад каждого из отделов позвоночника в изменчивость общего числа позвонков оценен множественным коэффициентом корреляции (табл. 3).

Вычисления показали, что изменчивость общего числа позвонков в равной степени зависит от соотношений ГПХ и ПХ. Это означает, что общее число позвонков определяется главным образом соотношением числа позвонков переходного и хвостового отделов. Изменчивость этого соотношения может быть изучена только на группе рыб, поэтому значимость его следовало проверять путем сравнения семей, в каждой из которых структура осевого скелета

Т а б л и ц а 2

Дисперсионный анализ параметров осевого скелета у семей белого толстолобика

Параметр	df	SS	MS	F	F <sub>05</sub>	$\eta$	CV <sub>f</sub>	CV <sub>e</sub>
О	5	7.26	0.24	30.6	2.3	0.30	1.0	1.2
Г	5	1.62	0.14	11.0	2.3	0.20	1.2	2.5
П	5	1.69	0.22	7.6	2.3	0.12	2.5	6.6
Х	5	2.09	0.27	7.8	2.3	0.13	1.1	2.9

П р и м е ч а н и е. df – число степеней свободы, SS – сумма квадратов, MS – средний квадрат, F – эмпирическое значение критерия Фишера, F<sub>05</sub> – стандартное значение критерия Фишера,  $\eta$  – показатель силы влияния, CV<sub>f</sub> – факториальный коэффициент вариации, CV<sub>e</sub> – остаточный коэффициент вариации.

Т а б л и ц а 3

Множественные коэффициенты корреляции параметров осевого скелета

Коррелирующие параметры	Численные значения
О-ГПХ	0.81±0.037
О-ГП	0.33±0.059
О-ГХ	0.54±0.053
О-ПХ	0.81±0.037

Т а б л и ц а 4

Результаты сравнения корреляционных матриц параметров осевого скелета белого толстолобика

Гибридная семья	В-8	В-2	А-4	С-4
В-3	100.1	147.4	189.9	173.7
В-8		157.4	191.6	162.1
В-2			218.1	155.6
А-4				193.4

могла быть описана наиболее адекватным образом — в виде корреляционной матрицы параметров  $O, \Gamma, \Pi, X$ .

Сравнение корреляционных матриц 5 семей белого толстолобика проводили с использованием многомерного критерия Бартлетта [3] (табл. 4).

Различия во всех парах сравнения статистически достоверны ( $\chi^2_{05}=16.8$ ). Иными словами, структура корреляции указанных параметров осевого скелета обнаруживает четко выраженные межсемейные различия. Следует отметить, что при сравнении отдельных параметров у пары семей А-4 — В-8 и В-2 — В-3 не показали достоверных различий ни по общему числу позвонков, ни по их числу в каком-либо конкретном отделе.

Таким образом, по результатам дисперсионного анализа установлены статистически достоверные различия семей от индивидуальных скрещиваний белого толстолобика как по общему числу позвонков, так и по числу в грудном, переходном и хвостовом отделах осевого скелета. Наиболее полно различия между семьями выявляются при описании структуры осевого скелета как системы коррелирующих параметров  $O, \Gamma, \Pi, X$ . Это позволяет полагать, что именно структура связей контролируется генотипически.

#### Л и т е р а т у р а

1. Т а р а н е ц А.Я. О некоторых особенностях строения передних позвонков у карповых//Зоол. журн. 1946. Т. 25, вып. 1. С. 118-123.
2. 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//Биол. науки. 1981. № 2. С. 98-101.
3. (К e n d a l l М.Г., S t u a r t А.) К е н д а л л М.Дж., С т ь ю а р т А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М., 1976. 735 с.

Кубанский университет

---

УДК 597.442-1.05 + 591.69-7

Л.Б. П о п о в а

#### ВЛИЯНИЕ ПАРАЗИТОВ НА ОБЩИЙ БЕЛОК СЫВОРОТКИ КРОВИ СТЕРЛЯДИ (ACIPENSER RUTHENUS)

В настоящее время имеется мало работ, посвященных влиянию паразитов на общий белок (ОБ) сыворотки крови рыб. Рядом авторов отмечено снижение содержания ОБ у рыб, инвазированных



диграммой и лигулидами [3, 4]. Вместе с тем при слабом поражении, а также при хронической форме болезни ОБ может оставаться в пределах нормы [5]. У рыб с хронической и острой формами заболеваний содержание ОБ в сыворотке крови выше по сравнению с контролем [6]. Предполагается наличие зависимости между снижением уровня ОБ сыворотки крови карпов, зараженных *Khawia sinensis*, и интенсивностью инвазии [7]. Следует отметить, что большинство исследований выполнено на прудовых рыбах, т.е. в условиях, когда факторы абиотической и биотической природы (температура, кислородный режим, плотность посадки, кормовая база) могут оказаться ведущими, особенно в комплексе с инвазией.

Исследований, выполненных на рыбах из естественных водоемов, крайне мало, а влияние паразитов на ОБ крови у осетровых рыб вообще не изучено.

Сбор материала осуществляли на р. Волге (тона „Мужичья“), в июне–октябре 1984 г. Всего исследовано 192 рыбы на различных стадиях зрелости гонад, разных пола и возраста. Стерлядь отбирали из неводных уловов. Для анализа использовали живую рыбу без внешних повреждений. Сыворотку крови исследовали рефрактометрическим методом. Рыбу подвергали полному паразитологическому и ихтиологическому анализам. Упитанность рыб определяли по Фулгону. Данные подвергали статистической обработке на ЭВМ „Минск-22“. Большинство рыб (90%) оказались инвазированными 12 видами паразитов, характерных для стерляди.

Мы попытались выявить корреляционную зависимость между интенсивностью инвазии, общим белком, а также упитанностью, возрастом и полом рыб.

Сравнивали три группы рыб, различающиеся по интенсивности инвазии, – слабая (1–10 паразитов), средняя (11–50) и значительная (51 паразит и выше). Заметна устойчивая тенденция к снижению ОБ в зависимости от степени зараженности. Количество ОБ в крови инвазированных рыб оказалось ниже ( $P > 0,05$ ) по сравнению с контролем. Вместе с тем интенсивность инвазии связана с упитанностью рыб. Группа рыб, значительно пораженная паразитами, по упитанности достоверно отличается от незараженных рыб ( $P < 0,001$ ).

Степень инвазии	Число рыб, экз.	ОБ	$P_1$	Упитанность	$P_2$
Контроль	19	$30,2 \pm 2,0$		$0,5 \pm 0,13$	
Слабая	34	$28,4 \pm 1,4$	0,05	$0,52 \pm 0,018$	0,05
Средняя	48	$27,6 \pm 0,9$	0,05	$0,55 \pm 0,013$	0,05
Значительная	43	$23,5 \pm 1,5$	0,05	$0,58 \pm 0,014$	0,001

Примечание.  $P_1$  и  $P_2$  – уровни доверительной вероятности.

С возрастом (от 2 до 8 лет) происходит нарастание уровня содержания ОБ как у незараженных рыб, так и у инвазированных. Коэффициент корреляционной связи ( $r$ ) степени инвазии с ОБ достаточно высок для рыб 5-8-летнего возраста, как для самок ( $r = -0.486$ ,  $P < 0.001$ ), так и для самцов ( $r = -0.332$ ,  $P < 0.05$ ).

Выявлена положительная связь между интенсивностью инвазии и упитанностью, длиной, массой 5-8-летних рыб. У самок этот коэффициент корреляции с упитанностью равен 0.409,  $P < 0.05$ , с длиной 0.388,  $P < 0.05$ , массой 0.434,  $P < 0.05$ , у самцов соответственно 0.328,  $P < 0.05$ , 0.268,  $P > 0.05$ , 0.497,  $P < 0.05$ . У 2-4-летних рыб эта зависимость не обнаружена.

Возраст	Число рыб, экз.	Длина, см	Масса, г	ОБ, г/л	Упитанность
Не зараженные рыбы					
2-4 года	12	35.9±1.0	244.1±21.8	30.0±2.8	0.51±0.015
5-8 лет	6	44.5±2.0	438.3±80.1	31.3±3.2	0.51±0.028
Инвазированные рыбы					
2-4 года	72	35.7±0.5	258±11.0	25.5±0.8	0.53±0.01
5-8 лет	72	47.1±0.8	673.9±54.6	27.7±1.1	0.6±0.01

Некоторое объяснение этому факту можно получить из данных таблицы, где показан индекс обилия пяти классов паразитов двух возрастных групп стерляди. Интенсивность инвазии у рыб старшей возрастной группы в 2-2.5 раза выше, чем у 2-4-летних рыб, причем это увеличение происходит за счет трематод, нематод, скребней.

Уровень содержания ОБ в крови у 2-4-летних инвазированных рыб составляет 24.4-26.6 г/л (по самкам и самцам), что на 11-18% ниже по сравнению с незараженными. У 5-8-летних рыб ОБ ниже, чем в контроле (7.7% - у Trematoda, Cestoda, 17.2% - у Nematoda). Таким образом, степень снижения ОБ в крови сходна с той, что имеет место при относительно невысокой инвазии Monogenoidea, Cestoda и при значительной инвазии Trematoda, Nematoda, Acanthocephala. Аналогичные сдвиги физиологических и биохимических показателей у осетровых рыб отмечались и ранее [1].

Содержание ОБ в крови инвазированных самок в большинстве случаев ниже, чем у самцов. Это можно объяснить тем, что в белковой системе самок происходят более глубокие, чем у самцов, изменения, связанные с большими затратами белка при синтезе икры.

В заключение можно сказать, что в результате инвазии стерляди паразитами происходит снижение содержания ОБ в сыворотке крови. Степень зараженности обратно связана с содержанием обще-

Связь степени зараженности различными паразитами двух возрастных групп (2+4+; 5+8+) стерляди с индексом обилия (экз.); общим белком (г/л) и упитанностью

Паразит	Показатель	2+4+				5+8+	
		♀	♂	♀	♂	♀	♂
Monogenoidea	Индекс обилия	6.1±1.3	3.6±0.8	4.9±0.8	6.0±1.5	5.2±0.8	4.4±0.9
	ОБ	25.8±0.8	27.6±2.2	26.6±1.2	25.4±2.2	28.4±1.6	31.0±2.3
	Упитанность	0.52±0.02	0.56±0.02	0.54±0.01	0.6±0.02	0.6±0.01	0.6±0.02
Trematoda	Индекс обилия	26.9±10.9	22.6±7.3	24.9±6.6	61.5±19.1	64.5±37.5	66.4±60.6
	ОБ	23.8±1.3	25.6±2.0	24.7±1.2	26.4±2.7	28.9±1.7	30.4±2.0
	Упитанность	0.57±0.02	0.53±0.03	0.55±0.02	0.61±0.05	0.63±0.03	0.64±0.02
Cestoda	Индекс обилия	5.90±2.1	3.5±0.7	4.4±0.9	2.1±0.3	2.2±0.2	2.3±0.4
	ОБ	24.8±1.1	24.1±1.6	24.4±1.0	28.9±1.6	28.9±1.3	29.0±2.0
	Упитанность	0.53±0.02	0.5±0.02	0.51±0.01	0.61±0.01	0.6±0.01	0.59±0.02
Nematoda	Индекс обилия	18.7±7.7	35.1±13.5	27.6±8.2	36.4±14.7	46.1±14.1	50.5±19.5
	ОБ	25.9±1.1	24.8±1.8	25.3±1.0	23.5±2.5	25.9±1.5	26.9±1.8
	Упитанность	0.56±0.02	0.49±0.02	0.52±0.01	0.59±0.03	0.59±0.02	0.59±0.02
Acanthocephala	Индекс обилия	17.7±6.7	20.3±6.8	19.1±4.6	45.9±18.6	46.2±9.8	46.4±11.4
	ОБ	25.2±1.3	26.0±1.8	25.6±1.1	24.7±2.6	26.8±1.5	28.1±1.7
	Упитанность	0.55±0.02	0.53±0.01	0.54±0.01	0.62±0.02	0.6±0.01	0.59±0.02

го сывороточного белка и прямо с длиной, массой и упитанностью рыб. Полученные данные согласуются с выводами, касающимися заражения естественной популяции трески Баренцева моря [2]. Эта связь „интенсивность инвазии-упитанность-общий белок” является свидетельством сбалансированности системы „паразит-хозяин” у эволюционно древнего представителя рода *Acipenser*.

## Л и т е р а т у р а

1. А н д р е е в В.В., М а р к о в Г.С. Влияние некоторых гельминтов на организм осетровых рыб//Зоол. журн. 1971. Т. 50, вып. 1, с. 15-24.
2. К а р а с е в А.Б. Зараженность нематодой (*С. aduncum* Rud, 1802) и некоторые биологические показатели сеголеток трески//Исследования биологии, морфологии и физиологии гидробионтов. Апатиты, 1983. С. 60-64.
3. Л ю б и н а Т.В. Изучение белкового состава сыворотки крови рыб при лигулезе//Сборник науч. работ Сиб. НИИ. Омск, 1970. Вып. 17. С. 285-291.
4. Л ю б и н а Т.В. Влияние диграммоза на белковый состав сыворотки крови карасей//VII Всесоюз. совещ. по болезням и паразитам рыб: Тез. докл. М., 1974. С. 154-157.
5. С в и р е п о Б.Г. Белки крови прудовых рыб в норме и при некоторых заболеваниях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Львов, 1978. 23 с.
6. Г о л о в н е в Л.Н., К у л и к о в а А.Н., Я с и н с к а я Л.Н., С и в о л о ц к а я В.А. Фракционный состав белков сыворотки крови карпа (*Cyprinus carpio*) при бронхионекрозе//Вопр. ихтиологии. 1983. Т. 23, № 6. С. 1008-1012.
7. Z b i g n i e w J., D a n u t a S. Niemczuk-wiktor Poziom Karpi (*Cyprinus carpio*) zarazonyctasiemcem *Khawia sinensis* Hsii, 1935//Wiadomości parazytol. 1981. Vol. 27, N 6. P. 705-711.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Б.И. Колупаев, Т.И. Крекешева

# УДЕЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ КАРОТИНОИДОВ В ТКАНЯХ ГИДРОБИОНТОВ В НОРМЕ И ПРИ ГИПОКСИИ

Существенное значение в приспособлении животных к изменяющимся условиям внешней среды имеют каротиноиды [1, 2]. Эти пигменты, по мнению В.Н. Карнаухова и Г.Г. Федорова [3], участвуют в энергообеспечении клеток при неблагоприятных условиях, когда митохондрии не могут нормально функционировать.

Вопрос о содержании каротиноидов у разных видов водных животных, обитающих в неодинаковых экологических условиях, не выяснен.

Целью нашей работы явилось выяснение удельной концентрации каротиноидов в нормальных условиях и при гипоксии у животных, обитающих в условиях узкого диапазона колебаний газового и химического состава воды (оз. Байкал), более высокого перепада температур и изменений гидрохимического режима (соровая часть оз. Байкал), значительного диапазона изменений температуры воды, газового состава (мелкие водоемы байкальской впадины).

В качестве объектов исследования использовали гольянов (*Phoxinus phoxinus*), отловленных в осенний период в прибрежной части оз. Байкал, окуней (*Perca fluviatilis* L.) – обитателей соровой части оз. Байкал, бокоплавов – эндемичных байкальских (*Eulimnogammarus verrucosus*) из оз. Байкал и палеарктических (*Gammarus lacustris*) из мелких водоемов байкальской впадины. Всего 25 особей. У животных, находящихся в нормальных (байкальская вода с температурой 6 °С и содержанием кислорода 11.4 мг/л) и гипоксических условиях, определяли удельную концентрацию каротиноидов по методу Карнаухова [1].

Результаты опытов показали, что у окуня и гольяна наибольшая концентрация каротиноидов характерна для кожи рыб, а наименьшая – для головного мозга (табл. 1). Во всех исследуемых тканях (за исключением кожи) окуня – обитателя водоемов с более высоким диапазоном колебаний факторов внешней среды, содержание каротиноидов незначительно отличалось от концентрации этого пигмента у гольяна, обитающего в среде с меньшим диапазоном колебаний экзогенных факторов.

У байкальского эндемичного бокоплава, не встречающегося с существенными изменениями факторов внешней среды, удельная концентрация каротиноидов была ниже ( $9.8 \pm 0.85$  мг на 100 г сырой ткани), чем у палеарктического бокоплава ( $12.1 \pm 0.97$  мг на 100 г сырой ткани), обитающего в условиях с более широким диапазоном колебаний экзогенных факторов. В теле байкальского эндемичного моллюска содержание каротиноидов было значительно ниже ( $2.23 \pm 0.19$  мг на 100 г сырой ткани), чем у бокоплавов. Нахож-

Т а б л и ц а 1

Удельная концентрация каротиноидов (мг на 100 г сырой массы ткани) в тканях рыб

Вид	Головной мозг	Селезенка	Печень	Мышцы	Кожа
Гольян	0,305±0,04	0,583±0,05	0,710±0,08	0,675±0,07	5,7±0,8
Окунь	0,313±0,04	0,613±0,07	0,543±0,08	0,794±0,09	8,3±1,3
Р	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	<0,1

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2: Р – достоверность разницы в содержании каротиноидов у гольяна и окуня.

Т а б л и ц а 2

Удельная концентрация каротиноидов у гольянов, моллюсков и бокоплавов, находящихся в воде с пониженным содержанием кислорода

Объект исследования	Начальная и конечная концентрация кислорода в воде, мг/л		
	11,4–11,4 контроль	11,4–5	11,4–2
Гольян:			
мозг головной	0,305±0,04	0,134±0,016 (P<0,001)	0,784±0,1 (P<0,001)
селезенка	0,583±0,05	0,297±0,05 (P<0,001)	0,548±0,08 (P>0,1)
Байкальский эндемичный моллюск	2,23±0,19	2,36±0,23 (P>0,1)	2,04±0,08 (P>0,1)
Байкальский эндемичный бокоплав	9,8±0,85	9,1±0,9 (P>0,1)	9,3±0,8 (P>0,1)
Палеарктический бокоплав	12,1±0,97	11,5±1,2 (P>0,1)	12,8±0,65 (P>0,1)

дение гольянов в течение суток в условиях падения содержания кислорода в воде с 11,4 до 5 мг/л (уменьшение концентрации кислорода в результате поглощения его рыбами в респирометрах) сопровождалось существенным снижением удельной концентрации каротиноидов в головном мозге и селезенке рыб. При более низких концентрациях кислорода в воде содержание каротиноидов в головном мозге опытных гольянов было выше, чем у контрольных особей; в селезенке рыб концентрация этого пигмента имела почти такие же значения, что и у контрольных особей (табл. 2). У байкальских и палеарктических бокоплавов, так же как и у байкальского эндемичного моллюска, в гипоксических условиях не происходило существенного изменения в концентрации каротиноидов.

Результаты этих исследований указывают на то, что удельная концентрация каротиноидов в тканях головного мозга, селезенки, печени и мышц в нормальных условиях у окуня имеет значения, близкие к таковым у гольяна. У исследуемых бокоплавов содержание каротиноидов выше, чем у моллюсков. Разница в содержании этого пигмента у экологически различных видов бокоплавов незначительна.

При гипоксии удельная концентрация каротиноидов в тканях рыб изменяется, а у бокоплавов и моллюсков остается такой же, как и в нормальных условиях.

## Л и т е р а т у р а

1. Карнаухов В.Н. О роли каротиноидов в адаптации к гипоксии//Молекулярные аспекты адаптации к гипоксии. Киев, 1979. С. 42-54.
2. Карнаухов В.Н., Миловидова Н.Ю., Каргополова И.Н. Каротиноиды и устойчивость морских моллюсков к загрязнению среды//Журн. эволюц. биохимии и физиологии. 1977. Т. 13, № 2. С. 134-138.
3. Карнаухов В.Н., Федоров Г.Г. Каротиноиды в адаптации клеток животных к высокогорной гипоксии. Пушино, 1982. 44 с. (Препринт/ОНТИ НЦБИ АН СССР).

Институт экологической токсикологии  
Байкальский филиал ВНПОбумпром

---

УДК 556.555.4

Б.М. З о б к о в

### ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ МЕЛКОВОДНОГО ВОДОЕМА В ПОДЛЕДНЫЙ ПЕРИОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АВТОНОМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

При исследовании термического режима малых озер Карелии неоднократно отмечалось, что в зимний период на некоторых из них водные массы как в придонных, так и в средних слоях имеют температуру, равную, а иногда и значительно превышающую 4 °С. Подобное явление наблюдалось на оз. Ахвенайнен, Финляндии [1]. Такой эффект наблюдался на озерах небольшой площади порядка 10-20 км<sup>2</sup>, с трапецидальной котловиной со средней глубиной в пределах нескольких метров, явно выраженной глубоководной частью с глубинами 10-20 м и площадью в несколько десятков квадратных метров, донными отложениями мощностью более 1 м.

Однако анализ данного явления в настоящее время не нашел должного отражения в литературе. В значительной степени это связано с трудностями постановки наблюдений в зимнее время и отсутствием приборов длительного автономного действия.

Для выяснения причин возникновения и для изучения этого аномального, с точки зрения гидростатической устойчивости водных масс, явления на оз. Урос (южная Карелия) в 1983–1984 гг. были проведены детальные наблюдения за электропроводностью, температурой воды и донных отложений. Наряду с периодическими исследованиями в первой декаде декабря 1983 г. в глубоководной части озера был установлен прибор норвежского производства, регистрирующий температуру (TR-1 системы AANDERAA с термокосой длиной 10 м). Дискретность измерений составила 180 мин, разрешающая способность датчиков  $0,023^{\circ}\text{C}$ . За период с декабря 1983 г. по апрель 1984 г. включительно для горизонтов воды и поверхности донных отложений получено 108 000 значений температуры. Для каждого датчика введены поправочные коэффициенты. С использованием ЭВМ „Искра 1256“ и графопостроителя построены графики временного хода температуры воды по горизонтам (рис. 1).

Устойчивый ледостав на оз. Урос в 1983 г. наступил во второй декаде ноября. В водоеме в этот период отмечался годовой минимум температуры. К моменту установки прибора температура воды на горизонте 1 м составляла  $0,29^{\circ}\text{C}$ , в придонном слое (9 м) –  $3,5^{\circ}\text{C}$ . Вертикальный ее градиент менялся с глубиной. Между горизонтами 1 и 2 м он составлял  $0,45^{\circ}\text{C}/\text{м}$ , в слое от 3 до 4 м –  $1,1^{\circ}\text{C}/\text{м}$ , в придонных слоях –  $0,02^{\circ}\text{C}/\text{м}$ . В дальнейшем происходил плавный рост температуры воды с увеличением градиентов между горизонтами. При приближении температуры воды придонных слоев к  $4^{\circ}\text{C}$  рост ее несколько замедлялся, а затем температура резко увеличивалась. Особенно четко это наблюдалось на горизонтах 6 и 7 м, где температура в течение 2–3 сут скачкообразно повышалась на  $0,2\text{--}0,3^{\circ}\text{C}$ . На горизонтах 1, 2, 3 м за весь период наблюдений температура не поднималась выше  $3^{\circ}\text{C}$ , ее рост на горизонтах от 5 м и ниже после 10 января 1984 г. замедлился, стал плавным, а вертикальные градиенты между слоями практически не изменялись.

По полученным данным проведен поиск вида зависимости роста температуры во времени. Оптимальными для всех горизонтов оказались экспоненциальные уравнения регрессии при корреляционных отклонениях от 0,82 до 0,96.

Измерения температуры в донных отложениях термощупом 8 декабря 1983 г. показали небольшие ее изменения в верхнем 0,3-метровом слое, где вертикальный градиент не превышал  $0,5^{\circ}\text{C}/\text{м}$ . На глубине 0,8 м температура достигала  $9^{\circ}\text{C}$ , а вертикальные градиенты в слое 0,3–0,8 м –  $15^{\circ}\text{C}/\text{м}$ . Такое распределение температуры соответствует началу процесса теплообмена между донными отложениями и водной средой и свидетельствует о значительном теплозапасе в грунтах.



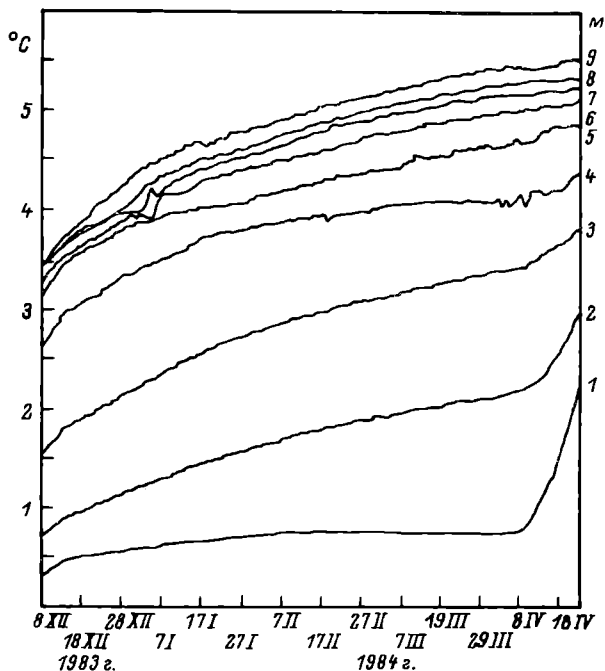


Рис. 1. Временной ход температуры воды на различных горизонтах в оз. Урос.

По оси ординат: слева — температура воды, справа — горизонты измерения температуры. По оси абсцисс — дата.

Динамика изменений температуры воды по вертикали за период в 10 сут характеризуется следующими особенностями. 8 декабря 1983 г. наблюдались две точки перегиба профиля, находящиеся между горизонтами 2–3 м и 8–9 м, а к концу срока наблюдений (18 апреля 1984 г.) остается лишь один между горизонтами 8–9 м (рис. 2). Выпуклость кривой наряду с монотонным ростом температуры свидетельствует о том, что молекулярный тип обмена является основным в изучаемом процессе.

Расчет теплообмена внутри водной массы показал, что термический режим озера в подледный период определяется теплообменом между дном и водной массой, а в глубоководной части и между плотностными течениями из мелководных районов.

Данные о распределении плотности воды по вертикали позволяют сделать вывод, что стратификация по минерализации воды вносит определяющий вклад в устойчивость водных масс. Значения минерализации в 20 мг/л в придонных слоях позволяют устойчиво находиться там воде, имеющей температуру 4 °C и более.

На основе данных по вертикальному распределению температуры и электропроводности воды в глубоководной части оз. Урос, полу-

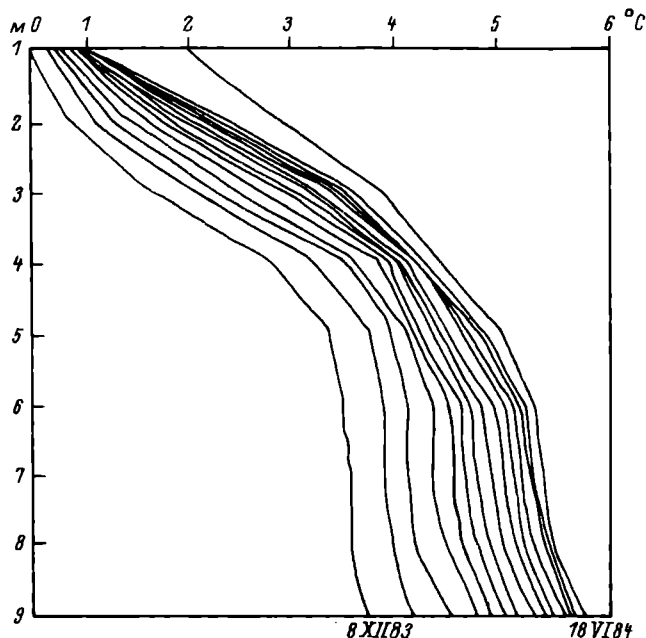


Рис. 2. Вертикальные профили температуры воды в оз. Урос за период с 8 XII 1983 г. по 18 VI 1984 г. Интервал наблюдений 10 сут.

По оси ординат – глубина; по оси абсцисс – температура.

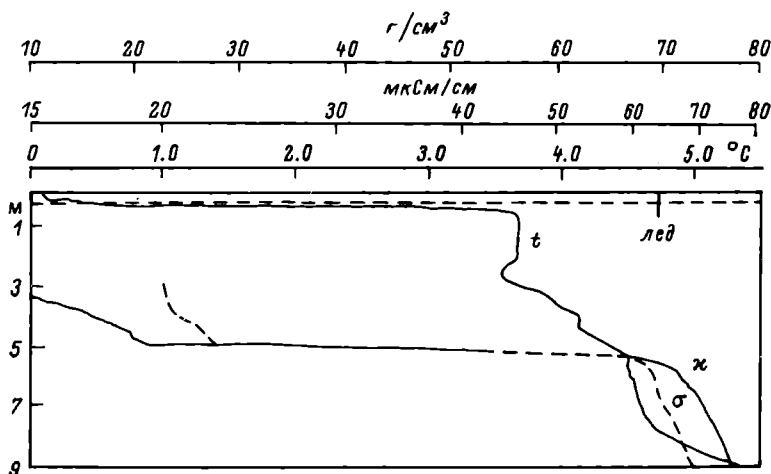


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры ( $t$ ) воды, удельной электропроводности ( $\sigma$ ) и условной плотности воды ( $\sigma \cdot 10^{-6}$ ) 23 VI 1983 г.

По оси ординат – глубина. По оси абсцисс: сверху вниз – условная плотность; электропроводность; температура.

ченных 23 апреля 1983 г. с помощью зонда высокого разрешения (по температуре – 0,015 °C, по удельной электропроводности – 0,2 мксм/см), сделан расчет распределения условной плотности воды по вертикали (Г) (рис. 3). Несмотря на то что температура воды в слоях ниже 5 м превышала значения 4 °C, распределение ее плотности было устойчивым.

Непосредственно подо льдом до горизонта 2 м наблюдался однородный по температуре слой воды, сформированный свободной конвекцией, возникающей при радиационном прогреве.

Таким образом, анализ данных измерений показывает, что при наличии даже небольших изменений в вертикальном распределении минерализации воды, при расчетах устойчивости водных масс, находящихся при температурах около 4 °C, необходимо учитывать зависимость плотности воды от степени ее минерализации.

## Л и т е р а т у р а

1. Kuusisto E., Laasanen O. Jäänpaksuuden ja veden lämpötilan vaihteluista järvissä talvella//Vesitalous. 1980. Vol. 21, N 3. P. 25–28.

Карельский филиал АН СССР  
Отдел водных проблем

---

УДК 556.12

Г. М о т е с

## СЕДИМЕНТАЦИЯ И СЕДИМЕНТЫ

В 1975–1981 гг. нами были исследованы следующие озера северной части ГДР: Даговзее (Д) – евтрофное, продуктивное, димиктическое, Мюггельзее (М) – евтрофное, продуктивное, полимиктическое, северный и южный бассейны оз. Немитцзее (соответственно Н<sub>С</sub> и Н<sub>Ю</sub>) – оба евтрофные, непродуктивные, димиктические, Стехлинзее (Ст) – олиготрофное, может быть как моно-, так и димиктическим.<sup>1</sup>

Ниже приводятся обобщенные результаты по изучению процессов седиментации и составу седиментов в этих озерах. Более подробные сведения по каждому озеру приводятся в работах автора [1–4].

---

<sup>1</sup> Трофический статус озер приводится по классификации Тинеманна [5], по которой евтрофное продуктивное озеро характеризуется преобладанием в донной фауне *Plumosus*, непродуктивное – преобладанием *Bathophilus* (Прим. ред.).

Большая часть первичной продукции органического вещества разрушается в водной массе и не седиментируется. Седименты составляют лишь 5–15% от общей массы первичной продукции (в углеводе).

Масса вещества, осаждающегося за короткие промежутки времени (за неделю), сильно колеблется в течение года и зависит от содержания взвесей в водной массе, от взмучивания осевшего ранее материала, от поступления аллохтонного вещества, от образования взвешенного неорганического вещества в воде.

Взмучивание органического материала определяется ветровыми и температурными условиями (оз. Мюггельзее). При наличии высшей водной растительности, препятствующей взмучиванию, максимум седиментации приходится на позднюю осень, когда растения отмирают (оз. Стехлинзее).

Осаждение карбонатов (оз. Мюггельзее) происходит при pH более 8 и достигает максимальных значений ранним летом. Если в этот период седиментация органического материала невелика, то содержание углерода карбонатов может достигать 50% от общего осажденного углерода.

Осаждение фосфора наблюдалось при смешении анаэробной водной массы с высокой концентрацией ортофосфатов и воды, богатой кислородом (озера Даговзее, Мюггельзее, Немитцзее).

Седиментация имеет существенные пространственные различия. Она выше в бухтах (заливах) с малой турбулентностью по сравнению с центральной частью озера (оз. Стехлинзее).

Осаждающийся из эвфотической зоны материал имеет различный состав, зависящий от продуктивности водоема и времени года. Среднее соотношение  $C : N : P$  у непродуктивных озер (Стехлинзее, Немитцзее) составляет  $200 : 19 : 1$ , у продуктивных озер колеблется от  $100 : 12 : 1$  (Даговзее) до  $88 : 8 : 1$  (Мюггельзее).

Большие колебания в составе осаждающегося вещества особенно характерны для олиготрофных озер. В оз. Стехлинзее были измерены величины отношения  $C : N : P$  от  $19 : 2 : 1$  до  $859 : 63 : 1$ . Такие колебания определяются главным образом различным содержанием фосфора в материале. Седиментация фосфора, эпизодически поступающего в эвфотическую зону этого водоема, продолжается примерно в течение 6 нед.

В большинстве озер масса веществ, осаждающихся на единицу площади, с глубиной увеличивается даже при наличии термической стратификации. Только на очень больших глубинах (40 м) масса осажденного материала на единицу площади может быть меньше, чем на вышележащих горизонтах, вследствие деструкции органического вещества по мере осадения.

Аккумуляция ортофосфатов в гипolimнионе олиготрофных озер (оз. Стехлинзее) во время летней стагнации объясняется частичной минерализацией осаждающегося вещества. Выделение ортофосфатов из донных отложений евтрофных озер (Даговзее, Немитцзее), происходит при разложении осажденного материала.

## Д о н н ы е   о т л о ж е н и я

Характеристика донных отложений получена на основе анализов гомогенизированных проб отложений, взятых с глубины 0–20 см от поверхности дна. Сырая проба осадков фракционировалась методом центрифугирования на поровый раствор и твердый остаток.

### П о р о в ы й   р а с т в о р

Фосфор, содержащийся в поровом растворе, составляет от 0,1 (оз. Стехлинзее) до 6% (оз. Мюггелзее) от валового фосфора сырых донных отложений.

У озер с летней стратификацией концентрация различных форм фосфора (ортофосфат, растворенный фосфор, общий фосфор) в поровом растворе почти не изменяется в течение года. В непродуктивных озерах (Стехлинзее, Немитцзее) концентрация фосфора в поровых растворах очень невелика, в продуктивных озерах (Даговзее) – высока. Доля ортофосфата в общем фосфоре составляет в первых озерах не более 30%, в большинстве случаев – 10%, во вторых – свыше 50%. При высоком содержании ортофосфатов в поровых водах (больше 50%) происходит выделение фосфора из донных отложений в водную массу. При низком содержании фосфатов в поровых водах это выделение трудно установить.

В полимиктических озерах наблюдаются значительные сезонные колебания в содержании фосфора в поровых растворах (оз. Мюггелзее). Максимальные концентрации его наблюдаются летом при анаэробных условиях в поверхностном слое осадков и придонном горизонте воды, минимальные – поздней осенью и ранней весной после освобождения озера ото льда.

Максимальные концентрации фосфора на три порядка выше минимальных. Ортофосфаты в аэробных условиях составляют около 10% от общего фосфора, в анаэробных – более 80%.

Различия в концентрациях растворенного азота и кремния в поровых водах разного типа значительно меньше, чем фосфора. Минимальные концентрации азота и кремния обнаружены в поровых водах мелководных водоемов с заболоченными участками.

### Т в е р д а я   ф а з а   о с а д к о в

Содержание углерода в твердой фазе осадка составляет от 10 (оз.Стехлинзее) до 20 кг/м<sup>3</sup> (оз. Мюггелзее), содержание азота – от 1,2 до 2 кг/м<sup>3</sup>.

Содержание фосфора в сыром осадке подвержено большим колебаниям – от 0,1 до 0,5 кг/м<sup>3</sup>. Только в заболоченных озерах при относительно высоком содержании углерода (19 кг/м<sup>3</sup>) наблюдается очень низкое содержание фосфора – 0,03 кг/м<sup>3</sup>.

Содержание карбоната кальция в олиготрофных водоемах по сравнению с евтрофными невелико. В оз. Стехлинзее оно составляет  $2,5 \text{ кг/м}^3$ , а в оз. Даговзее —  $10 \text{ кг/м}^3$ , хотя оба озера одинакового геологического происхождения. Различия в карбонатности осадков объясняются разной интенсивностью биогенной декальцинации воды и отчасти особенностями минерализации органического вещества в осадках в озерах разной трофии.

В озерах с низкой продуктивностью и летней стратификацией соотношение  $\text{C} : \text{N} : \text{P}$  в твердой фазе осадков составляет примерно  $110 : 11 : 1$  (озера Немитцзее, Стехлинзее), в продуктивных озерах —  $400 : 30 : 1$  (оз. Даговзее и др.). Учитывая состав осаждающегося материала, можно предположить, что в донных отложениях олиготрофных озер происходит накопление фосфора при интенсивном выделении азота и углерода, а в евтрофных озерах — накопление углерода и азота при интенсивном выделении фосфора. Из этого следует, что скорость поступления органических веществ в донные отложения евтрофных озер значительно превосходит скорость его деструкции в них. Поэтому для предотвращения дальнейшего развития процесса евтрофирования необходимо сократить поступление углерода в донные отложения и тем самым содействовать более полному распаду органических веществ и одновременному уменьшению выделения фосфора в водную массу и сокращению первичной продукции.

В полимиктическом оз. Мюггельзее, как следует из соотношения  $\text{C} : \text{N} : \text{P}$ , в твердом осадке и в поровом растворе в среднем за год минерализуется значительная часть осаждающегося материала. Здесь имеет место закономерность, аналогичная наблюдающейся в оз. Стехлинзее. Твердая фаза глубоких слоев отложений (до 10 м) сильно уплотнена. Соотношение компонентов состава твердого остатка в глубоких и поверхностных слоях отложений существенно не различается. Состав донных отложений позволяет делать выводы о лимнологии водоема на протяжении его трофии.

### Выводы

Данные о содержании биогенных элементов в водной массе, соотношение между их поступлением и выносом, соотношение между их содержанием в осаждающихся взвешах и донных отложениях позволяют рассчитывать поступление биогенов из донных отложений в пелагиаль, степень минерализации осаждающегося материала и накопление осадков. Максимальная скорость выделения фосфора из донных отложений в пелагиаль в изученных озерах превышала  $100 \text{ мг/(м.сут)}$  (оз. Мюггельзее).

1. N o t h e s G. Sedimentationsvorgänge im Stechlinseegebiet//Acta hydrochim., hydrobiol. 1977. Bd 5. S. 269-281.
2. M o t h e s G. Die Nährstoffverteilung in Sedimenten norddeutscher Seen und Hinweise auf den Austausch Sediment-Pelagial//Acta hydrochim., hydrobiol. 1980. Bd 8. S. 35-46.
3. M o t h e s G. Untersuchungen zur Stoffdynamik im Stechlinseegebiet//Acta hydrophys. 1980. Bd 25. S. 221-245.
4. M o t h e s G. Sedimentation und Stoffbilanzen in Seen des Stechlinseegebietes//Limnologica. 1981. Bd 13. S. 147-194.
5. T h i e n e m a n n A. Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden//Binnengewässer. 1954. Bd 20. 834 S.

Институт географии  
и геоэкологии АН ГДР

---

В.И. Лукьяненко Общая ихтиотоксикология. М., Легкая и пищевая промышленность, 1983. 320 с.

Второе издание книги В.И. Лукьяненко, вышедшее под названием „Общая ихтиотоксикология“ (в первом издании „Токсикология рыб“), значительно переработано и дополнено новыми материалами по влиянию токсических веществ на рыб и гидробионты.

Автор существенно изменил содержание книги, практически полностью переделал порядок изложения материала, названия глав и подразделов, убрал некоторые из них и ввел принципиально новую главу по биохимическим аспектам ихтиотоксикологии. Значительно обновлен и дополнен список цитируемой литературы.

С интересом читается первая глава книги, где автор дает краткую историческую справку о роли и значении в становлении ихтиотоксикологии О.А. Гримма, М.К. Чермака, И.Н. Арнольда, Г.В. Хлопина, С.Н. Скадовского, Н.С. Строганова, Е.А. Веселова. Чрезвычайно полезным, учитывая возросший интерес молодых ученых к этой проблеме, представляется краткое описание методов и стандартной схемы токсикологических исследований. Четыре главы — II, III, IV и VII — посвящены описанию фундаментальных и общих вопросов ихтиотоксикологии: симптомам отравления, синергизму и антагонизму при комбинированном действии ядов, адаптации рыб к ядам, кумулятивному эффекту, зависимости токсического эффекта от концентрации и времени действия яда, сезонной динамики токсикорезистентности рыб, зависимости чувствительности и устойчивости от видовых и экологических особенностей рыб.

В книге приведены четкие и ясные формулировки многих понятий ихтиотоксикологии, содержание которых аргументировано многочисленными собственными и литературными данными. В ряде случаев автор вступает в горячую полемику с оппонентами, что, естественно, облегчает восприятие обсуждаемой проблемы. Привлекает внимание яркое по форме обсуждение различной, часто действительно неудачной терминологии, используемой в ихтиотоксикологии. Очень интересен разбор многих синонимов, применяемых в науке для определения явления адаптации (адаптация, привыкание, приспособление, приспособленность, приспособляемость, акклимация, акклиматизация), и таких понятий как чувствительность и устойчивость, различие между которыми не всегда принимается во внимание исследователями. Вероятно, главным при этом является то, чтобы большинство читателей правильно понимало содержание термина и второстепенным — формальное грамматическое соответствие



его содержанию. В этом отношении, учитывая общее признание понятия „водная токсикология“, объединяющего изучение действия токсических веществ на любые организмы как в экспериментальных, так и природных условиях, нет смысла тратить энергию на его искоренение.

Другое дело, когда В.И. Лукьяненко развивает дискуссию о том, какие тесты должны лежать в основе определения ПДК. Здесь действительно следует согласиться с автором книги, что „рыбная проба“ и со временем, возможно, биохимические и физиологические тесты в первом приближении, могут быть практически более выгодными, чем многие применяемые сейчас биологические тесты и особенно тесты на продуктивность гидробионтов. В то же время не следует игнорировать возможность влияния токсических веществ на выживаемость вида, его продуктивность, генетические и популяционные изменения, на что обращал внимание один из оппонентов автора, известный советский гидробиолог Н.С. Строганов.

Особенно хочется отметить своевременность включения в книгу новой главы (У), посвященной биохимическим аспектам ихтиотоксикологии. Практически это первый в советской и иностранной литературе обзор очень бурно развивающейся биохимической ветви ихтиотоксикологии. В главе приводится большой и достаточно подробно описанный автором материал по изменениям у рыб под влиянием различных групп токсикантов белкового, углеводного и липидного обменов. Большое внимание уделяет автор работам по изменению активности в тканях рыб многих ферментов и механизмам инактивации чужеродных веществ в печени. Здесь следует отметить три момента. Во-первых, значительная часть цитируемой литературы в этой главе принадлежит советским авторам, что в определенной степени можно поставить в заслугу автору, как признанному лидеру этого направления в отечественной ихтиотоксикологии, потратившему много усилий для активизации этого направления в нашей стране. Во-вторых, бросается в глаза еще некоторая условность применяемого автором термина „белковый, углеводный и липидный обмен“, так как, если подходить строго с биохимических позиций, то уровень исследований сегодня в этой области относится скорее к „статической“, а не „динамической (или обменной)“ биохимии. В-третьих, хотя автор специально подчеркивает возможное большое значение многих биохимических тестов для определения ПДК, возникает, однако, чувство неудовлетворенности в связи с отсутствием в книге примеров реального использования этих тестов на практике или аргументированного объяснения причин слабого их использования учреждениями, призванными устанавливать ПДК.

Последняя глава, на которой необходимо остановить внимание читателя, посвящена квалифицированному разбору работ, касающихся физиологических аспектов ихтиотоксикологии. В книге подробно с использованием собственного материала показана роль центральной нервной системы в реакциях рыб на токсические вещества и убедительно демонстрируется возможность практического использо-

вания условных рефлексов для определения ПДК. С интересом читаются разделы о хеморецепторах у рыб, их поведение в присутствии токсикантов, о нервных механизмах избегания рыбами токсических веществ, о влиянии токсикантов на вегетативные функции организма.

Не вдаваясь в дальнейший подробный анализ насыщенной разнообразной научной информацией книги В.И. Лукьяненко, нужно отметить главное: монография написана оригинально, на высоком научном уровне и в значительной степени отвечает поставленной задаче — осветить современное состояние ихтиотоксикологии, дать четкое описание главных и общих закономерностей этой науки.

Книга может быть использована как справочник по ихтиотоксикологии, но для этого было бы желательно расширить предметный указатель, в котором отсутствуют многие из упоминаемых в тексте термины и названия веществ (например, дильдрин, дельнав, альдрин, фосфакол и др.). Хотелось бы увидеть главу, посвященную описанию и классификации токсикантов, специфике действия токсикантов, относящихся к разным классам химических веществ. Вероятно, можно было бы дать более конспективное описание примеров, иллюстрирующих те или иные положения ихтиотоксикологии. Правда, учитывая становление этой науки как самостоятельной дисциплины и определенную нехватку конкретного материала, такой подход, примененный автором (насыщение книги конкретными примерами), по-видимому, оправдан.

Отмеченные незначительные недостатки не умаляют больших достоинств монографии, являющейся результатом многолетнего целеустремленного труда автора, одного из признанных в нашей стране и за рубежом лидеров в области экологической физиологии, биохимии, иммунологии и токсикологии рыб. В целом, хочется поздравить как автора, так и всех советских токсикологов с появлением в этой области очень полезной и, смело можно сказать, талантливо написанной книги.

В.С. Сидоров

ИНФОРМАЦИИ	Стр.
Чувствительность и устойчивость гидробионтов к токсикантам (В.И. Лукьяненко) .....	3
Первоочередные задачи рыбохозяйственной токсикологии (В.И. Лукьяненко) .....	5
СООБЩЕНИЯ	
Б у т о р и н А.Н. Численность и активность бактерий в поверхностной пленке илов озер Латвии .....	9
Р о м а н е н к о В.И. К прогнозу количества бактерий в воде Рыбинского водохранилища .....	13
Г е н к а л С.И., Б а л о н о в И.М., К о р н е в а Л.Г. Морфология и таксономия <i>Melosira islandica</i> O. Müll. (Bacillariophyta) .....	14
Д з ю б а н А.Н., Р ы т о в а М.Ю. Опыт использования ЭВМ в мониторинге водоемов по зоопланктону .....	21
Ш у й с к и й В.Ф. Оценка выедания бентоса оз. Калишевского при изоляции участка литорали от рыб-бентофагов .....	24
Ж о х о в А.Е. О влиянии загрязнения водоемов на жизненные циклы трематод .....	28
Г о л о в ч и ц В.А. Влияние света и температуры на рост экспериментальных популяций коловратки <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas .....	32
Т о м и л и н а И.И., Л а п к и н а Л.Н. Экспериментальное изучение адаптивных возможностей пиявок к хлорофосу .....	36
Б е л я н и н а С.И. Хромосомный полиморфизм <i>Chironomus plumosus</i> L. в водоемах СССР .....	39
Ш и р о б о к о в И.И. Биология молоди байкальского озерного сига и перспективы его искусственного разведения .....	43
Г а н ч е н к о М.В. Изменчивость параметров осевого скелета в семьях от индивидуальных скрещиваний белого толстолобика .....	47
П о п о в а Л.Б. Влияние паразитов на общий белок сыворотки крови стерляди ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) .....	50
К о л у п а е в Б.И., К р е к е ш е в а Т.И. Удельная концентрация каротиноидов в тканях гидробионтов в норме и при гипоксии .....	55
З о б к о в Б.М. Термический режим мелководного водоема в подледный период по результатам автономных наблюдений .....	57
М о т е с Г. Седиментация и седименты .....	61
РЕЦЕНЗИИ	
В.И. Лукьяненко „Общая ихтиотоксикология“//М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 320 с. (В.С. С и д о р о в) .....	66

# CONTENTS

## INFORMATION

Page

Sensitivity and tolerance of hydrobionts to toxicants (V.I. Lukjanenko) .....	3
The foremost problems of fishery toxicology (L.I. Vukjanenko) .....	5

## ARTICLES

Butorin A.N. Abundance and activity of bacteria in the surface film of silts in the Latvia lake .....	9
Romanenko V.I. To prognosis of bacteria number in the Rybinsk reservoir water .....	13
Genkal S.I., Balonov I.M., Korneva L.G. Morphology and taxonomy of <i>Melosira islandica</i> O. Müll. (Bacillariophyta) .....	14
Dzuban N.A., Rytova M.Ju. Experience of electronic computing machines (ECM) use for zooplankton monitoring .....	21
Shuisky V.F. Estimation of benthos elimination in the Kalishchevskoe lake by isolation of littoral part from fishesbenthophages .....	24
Zhokhov A.E. On the influence of water-bodies pollution on life cycles in trimatodes .....	28
Golovchits V.A. Effect of light and temperature on increase of experimental population of rotifers <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas .....	32
Tomilina I.I., Lapkina L.N. Experimental research for adaptive abilities of leeches to chlorophos .....	36
Beljanina S.I. Chromosome polymorphism of <i>Chironomus plumosus</i> L. in the USSR water-bodies ....	39
Shirobokov I.I. Biology of immature Baikal lake whitefish and perspectives of its artificial culture .....	43
Ganchenko M.V. Variability of axial skeleton parameters in families of individual interbreeding of silver carp .....	47
Popova L.B. Parasites affect on blood serum albumen of sterlet ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) .....	50
Kolupaev B.I., Krekeshcheva T.I. Specific concentration of carotenoids in hydrobionts tissues in norm and by hypoxia .....	55

S o b k o v B.M. Thermal regime of shallow water-body et under ice period by results of autonomous observa- tions .....	57
M o t e s G. Sedimentation and sediments .....	61

# REVIEW

V.I. Lukjanenko „General Ichthyotoxicology“//M.: Light and Food Industry", 1983. 320 p. (V.S. S i d o r o v) ....	66
--	----

# БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень № 72

Утверждено к печати

Институтом биологии внутренних вод

Академии наук СССР

Редактор издательства Л.И. Сметанкина

Технический редактор Е.В. Поликтова

Корректор Г.В. Семерикова

ИБ № 21395

Подписано к печати 13.10.86. М-18897. Формат 60х90 1/16. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4.50. Усл. кр.отт. 4.75. Уч.-изд. л. 4.38. Тираж 1050. Тип. зак. № 883. Цена 65 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени

издательство „Наука“. Ленинградское отделение

199034, Ленинград, В-34, Менделеевская лин., 1

---

Ордена Трудового Красного Знамени

Первая типография издательства „Наука“

199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12