



ISSN 0320—9652

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

71

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

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 71



ЛЕНИНГРАД
«НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1986

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 71

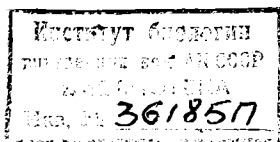
УДК 577.472(28)

Бюллетень содержит серию сообщений по морфологии, функционированию и ответным реакциям популяций и групп организмов на воздействие природных и антропогенных факторов среды. Рассматриваются вопросы прогнозирования численности бактерий, экологической изменчивости беспозвоночных и влияния резорбции на качество потомства у рыб. Приводится описание мониторинга зоопланктона и способов контроля за выращиванием рыб.

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

Ответственный редактор А.Г. ПОДДУБНЫЙ

Рецензенты: М.И. ШАТУНОВСКИЙ, В.Н. ЯКОВЛЕВ



Б $\frac{2001050100-689}{042(02)-86}$ 224-86 - III

© Издательство „Наука“, 1986 г.

ШКОЛА-СЕМИНАР ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МОРФОЛОГИИ ПАНЦИРЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

В Институте биологии внутренних вод АН СССР (пос. Борок) с 16 по 20 апреля 1984 г. состоялась школа-семинар по применению методов электронной микроскопии при изучении морфологии панциря диатомовых водорослей. В ее работе приняли участие специалисты по современным и ископаемым водорослям из различных учреждений страны.

С обзорным докладом о значении электронно-микроскопических исследований для систематики диатомей выступила И.В. Макарова (БИН АН СССР), в котором было показано, что именно в результате применения трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ) и сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) открыты новые морфологические структуры панциря, выявлено строение ареол, и как следствие, предложена новая терминология. Накопившаяся к настоящему времени информация по электронно-микроскопическому изучению многих диатомей позволила не только уточнить систематическое положение отдельных таксонов, но и привела к пересмотру всей системы водорослей. Последующие сообщения были посвящены принципам работы и конструктивным особенностям современных электронных микроскопов (С.И. Метелев ИБВВ АН СССР), методам приготовления препаратов диатомей (И.М. Балонов, С.И. Генкал, Э.И. Лосева, С.И. Метелев, В.А. Николаев), особенностям микропирования водорослей (С.И. Генкал, Э.И. Лосева, В.А. Николаев).

В занятиях основное место заняла работа с коллекциями, просматриваемыми под электронным микроскопом, что позволило участникам совершенствовать практические навыки. В процессе изучения препаратов происходило общее обсуждение исследуемых материалов, обмен информацией о новой литературе.

Участники отметили большую практическую и методическую ценность школы и выразили единодушное мнение о целесообразности регулярного проведения подобных мероприятий.

С.И. Генкал

А.Н. Б у т о р и н

ТЕМНОВАЯ АССИМИЛЯЦИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ
МИКРОФЛОРОЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР КАРЕЛИИ

Ассимиляция углекислоты в илах водоемов является результатом жизнедеятельности как гетеротрофных, так и хемосинтезирующих микроорганизмов. Разграничить долю участия их в этом процессе сложно. Однако величину темновой ассимиляции углекислоты можно использовать как показатель общей активности микроорганизмов донных отложений. По ней, как указал В.И. Романенко [1], в целом можно судить об интенсивности микробиологических процессов в илах.

Целью настоящей работы было изучение активности микрофлоры поверхностного слоя илов ряда озер Карелии. Величину темновой ассимиляции углекислоты определяли для двух горизонтов поверхностного слоя донных отложений: 0–0.3 см („поверхностная пленка“ ила) и 2–3 см. Пробы из соответствующего слоя ненарушенной колонки грунта, взятой с помощью стратометра, отбирали пипеткой. В две темные склянки объемом около 2 см³ вносили по 1 см³ ила, затем склянки до пробки доливали изотопом (исходная радиоактивность — $1.4 \cdot 10^6$ имп/мин). Количество внесенного изотопа рассчитывали, исходя из объема склянки. Пробы инкубировали сутки при температуре водоема. Дальнейшую обработку проб и расчет темновой ассимиляции производили по стандартной методике [2]. В илах по методу микронавесок [2] определяли также общую численность микроорганизмов и количество гетеротрофных бактерий, растущих на среде Горбенко [2]. Для характеристики условий жизнедеятельности микроорганизмов нами определены температура, концентрация кислорода в придонной воде (по методу Винклера), pH, окислительно-восстановительный потенциал (с помощью полевого иономера И-102), влажность и величина потери при прокаливании илов при 550 °С.

Озера различаются по типу трофии, морфометрии и физико-химическим показателям. Значительная часть их относится к малым лесным ламбам, к крупным же только Пертозеро и Габозеро. Большинство обследованных водоемов расположены в болотистой местности и имеют признаки дистрофии. Вода в них цветная, особенно в придонном горизонте (табл. 1). В период исследования (август 1983 г.) в профундали большинства водоемов наблюдались температурная и кислородная стратификации (табл. 1). В олиго- и мезотрофных озерах кислород присутствовал до дна, в дистрофных и евтрофных — придонные слои воды были анаэробны. Реакция поверхностного слоя илов кислая, реже нейтральная. Окислительно-восстановительный

Т а б л и ц а 1

Характеристика озер

Озеро	Тип трофии	Глубина, м	Прозрачность, м	Цветность, град		Температура, °С		O ₂ у дна, мг/л
				поверхность	дно	поверхность	дно	
Пертозеро	Олиготрофно-мезотрофное	12,0	5,0	-	-	19,0	10,0	7,68
		6,8	4,0	-	-	19,0	16,6	8,83
Вороновская ламба	Хтонио-олиготрофное	13,0	7,0	5	35	21,0	5,8	0,36
Габозеро	Мезотрофное, мезогумозное	11,0	4,2	-	20	15,0	8,7	1,22
Корбламба	Хтонио-евтрофное	4,5	1,2	20	250	16,5	8,0	0
Куалика	Тот же	8,5	1,3	30	60	15,5	5,0	0
Карасево	"	4,0	1,3	-	11	16,5	11,0	0
Крюкламба	Дистрофное, полигумозное	8,0	0,7	140	260	20,0	4,4	0

Т а б л и ц а 2

Характеристика грунта, общая численность микроорганизмов, количество гетеротрофных бактерий и величина темновой ассимиляции углекислоты в озерах Карелии

Озеро	Горизонт, см	pH	E _h , мВ	Влажность, %	Потеря при прокаливании, %	Общая численность микроорганизмов, млрд. кл./г сырого ила	Численность гетеротрофных бактерий, тыс. кл./г сырого ила	Ассимиляция углекислоты, мкг C/г сырого ила
Пертозеро	0-0,3	6,7	+370	93,4	10,4	0,22	304	0,018
		7,4	+330	91,7	8,3	0,22	312	0,009
	2-3	-	+368	80,4	9,1	0,17	337	0,005
		-	+320	76,3	7,8	0,15	119	0,062
Вороновская ламба	0-0,3	5,8	+310	99,1	75,5	0,25	296	0,105
	2-3	-	+230	98,1	75,2	0,38	561	0,085
Габозеро	0-0,3	6,4	+330	92,4	20,9	0,19	428	0,062
	2-3	-	+240	88,7	22,3	0,24	22	0,048
Корбламба	0-0,3	6,6	+175	98,6	73,8	0,55	546	0,186
	2-3	-	+170	97,4	54,7	0,36	437	0,395
Куалика	0-0,3	6,4	+120	99,0	81,8	0,95	2443	0,208
	2-3	-	+110	97,2	67,0	0,25	277	0,025
Карасево	0-0,3	5,8	+170	98,7	91,5	1,79	2164	0,203
	2-3	-	-	98,3	92,0	0,31	-	0,046
Крюкламба	0-0,3	5,9	+209	99,4	60,8	0,27	72	0,061
	2-3	-	+200	97,3	62,6	0,37	270	0,034

потенциал илов довольно высок из-за присутствия соединений железа. Наиболее низкие значения его отмечены для илов евтрофных озер (табл. 2). Илы характеризуются высокой влажностью и значительными потерями при прокаливании.

Поверхностный слой илов состоит в основном из бесформенного детрита, остатков фито- и зоопланктона. Минеральные частицы доминируют лишь в илах Пертозера и Габозера. На поверхности илов озер Вороновская ламба, Корбламба, Куалика, Карасево наблюдается зеленоватый слой толщиной до 1–1,5 см, состоящий из детрита, водорослей и зеленых бактерий.

Горизонты 0–0,3 см и 2–3 см чаще всего заметно различаются по физико-химическим и микробиологическим параметрам (табл. 2). В глубинном слое окислительно-восстановительный потенциал снижается, что особенно заметно в илах олиго- и мезотрофных озер. Ил из этого горизонта менее увлажнен и характеризуется несколько меньшими величинами потерь при прокаливании (табл. 2).

В „поверхностной пленке” почти всех илов общее количество микроорганизмов больше, чем в нижележащем слое. Численность же гетеротрофных бактерий в целом ряде случаев выше в слое 2–3 см (табл. 2).

В большинстве илов микрофлора „поверхностной пленки” активнее ассимилирует углекислоту, чем микрофлора глубинного горизонта (табл. 2). Отмеченное в некоторых случаях увеличение ассимиляции углекислоты в слое 2–3 см не коррелирует с численностью микроорганизмов. Если считать величину темновой ассимиляции углекислоты показателем интенсивности микробиологических процессов, то можно сказать, что уже в пределах верхних 2–3 см грунта намечается снижение микробной активности.

По мере возрастания трофии озер величина темновой ассимиляции углекислоты микрофлорой ила возрастает. Наиболее активна микрофлора илов евтрофных озер, богатых органическим веществом и содержащих наибольшее количество микроорганизмов. Активность потребления углекислоты микрофлорой илов прочих озер заметно ниже (табл. 2).

Таким образом, на величину темновой ассимиляции углекислоты оказывает влияние как химический состав ила, во многом определяемый трофическим статусом водоема, так и численность микроорганизмов. Микрофлора в „поверхностной пленке” илов, как правило, более активна, чем в нижележащих слоях.

Л и т е р а т у р а

1. Романенко В.И. Потенциальная способность микрофлоры иловых отложений к гетеротрофной ассимиляции углекислоты и к хемосинтезу. – Микробиология, 1964, т. 33, вып. 1, с. 134–139.
2. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974. 193 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

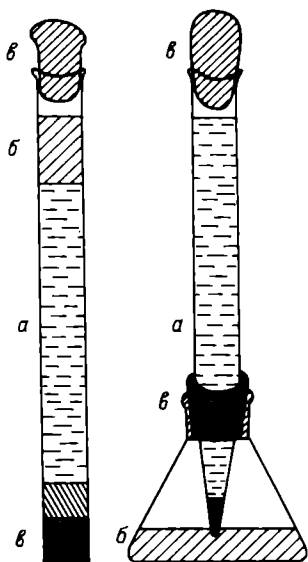
В.И. Романенко

ПРОХОЖДЕНИЕ БАКТЕРИЙ СКВОЗЬ ТОЛЩУ
ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В донных отложениях озер и морей живые микроорганизмы обитают от поверхностных слоев до глубины в несколько десятков метров [1-3]. Присутствие живых и тем более неспорозных видов бактерий на больших глубинах в донных отложениях, возраст которых исчисляется десятками тысяч, а иногда и миллионами лет, всегда вызывало недоумение. Сам факт обнаружения жизнеспособных бактериальных клеток, находящихся в течение длительного времени в условиях, близких к анабиозу (живые бактерии были обнаружены в желудках замерзших мамонтов, срок хранения которых 20 000 лет), не вызывает сомнения, но присутствие бактерий на больших глубинах в илах может быть объяснено и другими причинами. Вероятно, подвижные виды микроорганизмов могут активно продвигаться по илу, а неподвижные – прорасти в него. Для подтверждения этого предположения нами был проделан ряд экспериментов, предварительные результаты которых приводятся ниже.

Серые тонкодетритные илы из Рыбинского водохранилища набирали в стеклянные трубки длиной 20-40 см, один конец которой закрывался резиновой пробкой, а другой – ватной. В таком виде их стерилизовали вначале 3-4 раза в аппарате Коха, а затем в автоклаве. Поскольку после каждой стерилизации ил несколько подсыхал, то в трубки добавляли по несколько миллилитров стерильной дистиллированной воды до полного смачивания всей колонки. Затем пробы выдерживали несколько недель в вертикальном положении для уплотнения грунта и проверки стерильности. Было изготовлено два варианта колонок (см. рисунок). В первом сверху на ил наносили различные питательные среды: стерильный бульон (в котором могли развиваться многие виды бактерий), бульон с нитратом (для роста денитрифицирующих бактерий), среда Кравцова-Сорокина (для сульфатредуцирующих бактерий). Во втором нижний конец трубок оттягивали в виде тонкого конуса с внутренним диаметром 3-4 мм, в последний вставляли плотный тампон ваты и сверху набивали илом. После стерилизации трубки на резиновых пробках вставляли в конические колбочки со стерильным бульоном или другой питательной средой. В первом случае стерильный ил заражали каплей свежееотобранного ила снизу и плотно закрывали пробкой, во втором – сверху. О прохождении или прорастании колонки ила бактериями судили по помутнению среды, образованию газа (азота) или почернению в результате продукции сульфидов. Отметим, что в первом варианте опытов даже при многомесячном выдерживании трубок бульон не просачивался через ил.

Результаты предварительных экспериментов сводятся к следующему. Микроорганизмы активно перемешаются по стерильным ко-



Трубки с колонками ила и питательной средой над колонкой ила и в колбе внизу.

а — колонка ила; б — питательная среда; в — пробки (вверху ватные, внизу — резиновые).

лонкам ила. На противоположном конце колонки всегда первыми появляются подвижные формы бактерий, т.е. по илу они перемещаются быстрее. При создании в колонках анаэробных условий быстрее продвигаются анаэробные бактерии, а аэробные задерживаются. Колонку ила длиной 15–20 см бактерии проходят за 10–20 сут, размером 30–40 см — за 20–40 сут, т.е. перемещение происходит со скоростью 0,5–1 см/сут. Вероятно, подобное перемещение может происходить и в естественных условиях.

Л и т е р а т у р а

1. Кузнецов С.И. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах. М., 1952. 300 с.
2. Салманов М.А. Продукция фитопланктона, деструкция органического вещества и микробиологический режим Каспийского моря: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Севастополь, 1981. 50 с.
3. ZoBell C.E. Marine Microbiology. New York, 1946. 233 p.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 576.807,8 : 576.809,518 : 576.851,13 : 615.9 : 547.56

Т.А. Гиль, Г.В. Шахова,
А.А. Линицкий, Д.И. Стом

ВИЗУАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАШЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СВЕЯЩИХСЯ БАКТЕРИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТОКСИКАНТОВ

Гашение люминесценции — одна из наиболее чувствительных тест-функций среди биотестов, изучавшихся в плане разработки методов биологического контроля уровня загрязненности окружающей среды [1].

Визуальная оценка гашения люминесценции под действием растворов фенольных соединений

Токсикант	Концентрация, моль	Время							
		мин				ч			
		1	5	10	15	1	2	3	4
Гидрохинон	$7.5 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	$5 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	$2.5 \cdot 10^{-3}$	+	-	-	-	-	-	-	-
	$1 \cdot 10^{-3}$	+	+	+	+	+	+	-	-
	$7.5 \cdot 10^{-4}$	+	+	+	+	+	+	+	+
Резорцин	$7.5 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	$5 \cdot 10^{-2}$	+	-	-	-	-	-	-	-
	$2.5 \cdot 10^{-2}$	+	+	-	-	-	-	-	-
	$1 \cdot 10^{-2}$	+	+	+	+	+	+	+	-
	$7.5 \cdot 10^{-3}$	+	+	+	+	+	+	+	+
Пирокатехин	$1 \cdot 10^{-1}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	$5 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	$2.5 \cdot 10^{-2}$	+	-	-	-	-	-	-	-
	$1 \cdot 10^{-2}$	+	+	+	+	+	+	-	-
	$7.5 \cdot 10^{-3}$	+	+	+	+	+	+	+	+

П р и м е ч а н и е. „-“ означает отсутствие, „+“ - наличие люминесценции при визуальной оценке.

Высокая чувствительность, экспрессивность, относительно низкая трудоемкость биотеста привлекают все большее внимание к этому методу оценки качества вод [5-6].

При определении токсичности по гашению люминесценции для измерения интенсивности свечения применяют довольно сложный прибор - люминометр. В настоящее время отечественной промышленностью серийно этот прибор не выпускается, что существенно сдерживает внедрение в практику биотестирования светящихся бактерий. Но, как показали наши опыты, гашение люминесценции светящихся бактерий при действии токсикантов может быть определено и визуально.

В ряд пробирок разливают по 1 мл суспензии ярко светящихся клеток *Vibrio fischeri* Mav. с титром около $1 \cdot 10^{10}$ кл./мл. Для получения такой суспензии культуру в течение 18 ч выращивали в чашках Петри при температуре 30 °C на плотной среде

Егоровой [4]. Затем пробу промывали 3%-ным раствором хлористого натрия. К суспензии клеток прибавляли по 1 мл токсиканта соответствующей концентрации с учетом ее разбавления в 2 раза. Так как все растворы токсикантов готовили на растворе хлористого натрия, то и в контрольные пробирки приливали по 1 мл 3%-ного раствора хлористого натрия. Затем в полностью затемненном помещении после предварительной адаптации бактерий (обычно достаточно 1–2 мин) определяли наличие или отсутствие люминесценции у суспензии бактерий через определенный промежуток времени (1, 5, 10, 15, 30 мин; 1, 2, 3 ч).

Данные токсикологических опытов представлены в таблице.

При концентрациях гидрохинона $7.5 \cdot 10^{-4}$ моль, пирокатехина $7.5 \cdot 10^{-3}$, резорцина $2.5 \cdot 10^{-3}$ моль полного гашения люминесценции у бактерий не обнаруживалось на протяжении всего опыта, т.е. в течение 5 ч. Вместе с тем следует отметить, что визуально интенсивность свечения в этих случаях была существенно ниже контрольной.

Известно, что человеческий глаз способен различать источники света с различной интенсивностью, если один из них приблизительно в 2.5 раза ярче другого. Поэтому опытные пробирки распределяли в порядке убывания интенсивности свечения, которое соответствовало ряду уменьшения вносимых концентраций. Концентрации испытуемых соединений отличались друг от друга на четверть порядка. Такое положение сохранялось до конца опыта.

Сопоставление результатов с данными, ранее полученными нами с помощью люминометра [2] и при использовании других тест-объектов [3], позволило построить ряд токсичности испытуемых полифенолов: резорцин-пирокатехин-гидрохинон. Следовательно, соотношение токсичности полифенолов не зависело от того, каким образом (визуально или с помощью прибора) определяли влияние испытуемых соединений на гашение люминесценции.

Как показала наша практика, при работе с прибором процесс определения токсичности веществ и расчет их EC_{50} существенно ускоряются, если предварительно визуально подбираются диапазоны концентраций, гасящие люминесценцию.

Описанный прием биотестирования удобен и прост в выполнении, характеризуется достаточной чувствительностью, малой трудоемкостью, возможностью проведения анализов в полевых условиях, не требует специальных установок и оборудования.

Л и т е р а т у р а

1. Б р а г и н с к и й Л.П. Биологические тесты как метод индикации токсичности водной среды. – В кн.: Методы анализа природных и сточных вод. М., 1977, с. 27–28.
2. Г и л ь Т.П., Б а л а я н А.Э., С т о м Д.И. Гашение люминесценции светящихся бактерий как тест для оценки токсичности фенольных компонентов стоков. – Микробиология, 1983, вып. 6, с. 1014–1016.

3. (С т о м Д.И.) S t o m D.I. Influence of polyphenols and quinones on aquatic plants and their blocking of SH-groups. - Acta hydrochim., hydrobiol., 1977, vol. 3, N 5, p. 291-298.
4. Ч у м а к о в а Р.И., Г и т е л ь з о н И.И. Светящиеся бактерии. М., 1975. 142 с.
5. B u l i c h A.A. A partical and reliable method for monitoring the toxicity of aquatic samples. - Proc. Biochem., 1982, vol. 17, N 2, p. 45-47.
6. B u l i c h A.A., I s e n b e r g D.I. Use of the luminescent bacterial system for the rapid assessment of aquatic toxicity. - ISA Trans, 1981, vol. 20, N 1, p. 29-33.
7. R i l e y C., Н о u c k. The effect of bichloride of mercury upon the luminescence and respiration of the luminous bacterium *Achromobacter fischeri*. - J. Cell. Physiol., 1942, vol. 20, N 3, p. 277-293.

НИИ биологии
Иркутского университета

УДК 582.261/296

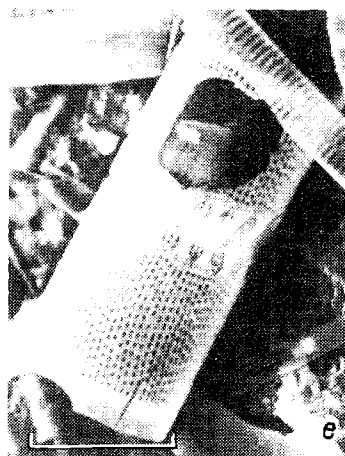
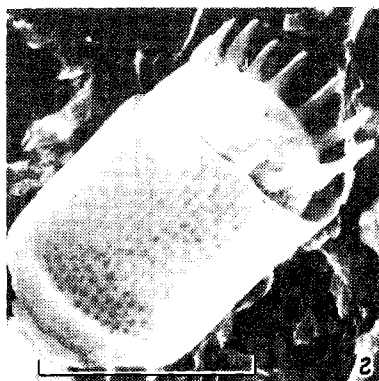
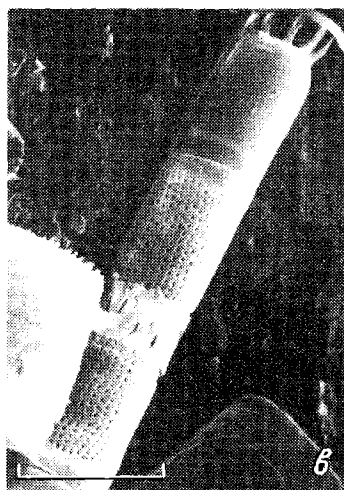
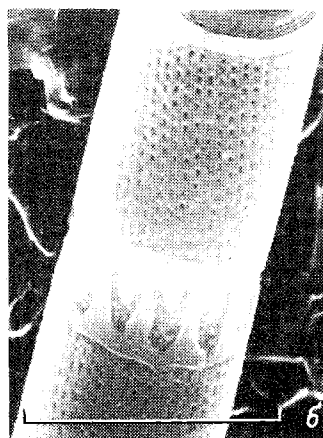
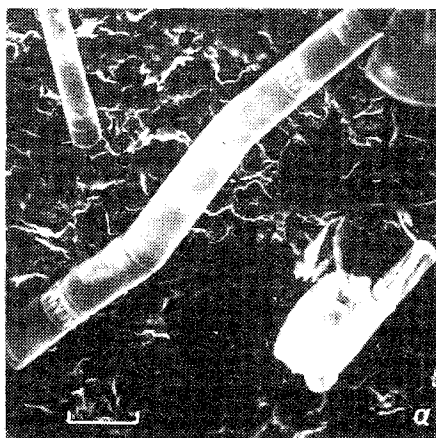
С.И. Генкал, Г.И. Поповская

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ТАКСОНОМИИ И МОРФОЛОГИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ РОДА *MELOSIRA* AG.

Положение рода *Melosira* Ag. среди центрических диатомей в последнее время претерпело существенные изменения, что было обусловлено в основном получением новой информации о морфологии панциря с помощью методов электронной микроскопии.

Рассматривая сем. *Melosiraceae*, Росс и Симс [7] отметили, что определенные виды рода, такие как *M. distans* (Ehr.) Kütz., *M. italica* (Ehr.) Kütz., *M. granulata* (Ehr.) Ralfs и другие, по пороидной структуре створок и наличию сулькуса хорошо отличаются от группы таксонов рода, в которую входит и типовый вид рода - *M. nummuloides* (Dillw.) Ag. Эти исследователи пришли к мнению, что отмеченную выше группу *M. distans* следует, вероятно, выделить в отдельный род.

Симонсен [9] предложил перенести этот вид в сем. *Thalassiosiraceae* на том основании, что представители этой группы имеют характерную для названного семейства структуру ареол и шелевидный вырост. Что касается подпертых выростов, присущих *Thalassiosiraceae*, то, по его мнению, первоначально они у группы *Melosira distans* имелись, но впоследствии редуциро-



вались. Симонсен внес номенклатурные изменения в название указанной группы вида и восстановил род *Aulacosira* Thw., предложив в качестве типа рода *A. italica* (Ehr.) Sim.

А.И. Моисеева [1] на основе сравнительно-морфологического изучения современных и вымерших пресноводных видов, их экологии и геологического распространения провела ревизию рода *Melosira* Ag. Она предложила представителей этого рода относить к трем самостоятельным родам: *Melosira* Ag. (*M. varians* Ag., *M. binderana* Kütz., *M. dickiei* (Thw.) Kütz., *M. undulata* (Ehr.) Kütz., номенклатурный тип – *M. nummuloides* (Dillw.) Ag.); *Paralia* Heiberg (*P. arenaria* (Moore) Moiss. и *P. scabrosa* (Oestr.) Moiss., номенклатурный тип – *Melosira sulcata* (Ehr.) Kütz.); *Aulacosira* Thw. (*Melosira italica* (Ehr.) Kütz., *M. distans* (Ehr.) Kütz., *M. granulata* (Ehr.) Ralfs и другие, номенклатурный тип – *M. crenulata* Kütz.). По мнению А.И. Моисеевой [1], систематическое положение *M. roeseana* Rabenh. требует дальнейших исследований.

Отделение *Aulacoseira* от *Melosira* было осуществлено Твайтсом в 1848 г. [10], и недавно Крауфорд [3] подтвердил это с помощью световой и электронной микроскопии. Согласно исследованиям последнего, Твайтс описал новый вид на материале, который он предварительно идентифицировал как *Melosira crenulata* Kütz. и процитировал *M. orichalcea* Ralfs в качестве синонима. Через два месяца Эренберг [2] описал 3 новых рода: *Liparogyra*, *Porocyclia* и *Stephanosira*. Типовыми видами для первых двух послужили *Porocyclia dendropilla* и *Liparogyra dendroteres*, которые Грунов [4] позднее описал как форму и разновидность *Melosira roeseana* Rabenh. Изучение коллекций Кютцинга (*M. crenulata* и *M. orichalcea*), Твайтса (*Aulacoseira crenulata*), Рабенхорста (*Melosira roeseana*), Ван Херка (*M. roeseana* var. *dendroteres*) и других материалов с помощью световой и электронной микроскопии привело Крауфорда [3] к следующим результатам. Им было установлено, что *M. roeseana* конспектична с *Aulacoseira crenulata*. Название *Melosira crenulata* и *M. orichalcea* уже использованы соответственно Кютцингом и Ральфом для водоросли, описанной как *M. italica* (Ehr.) Kütz. [9]. Группу видов *M. italica*, для которой Симонсен [9] восстановил название *Aulacosira*, необходимо вывести из рода *Aulacoseira* (правильное название),

Электронные микрофотографии створок.

Aulacoseira epidendron: а – общий вид панциря; б – структура створки. *Melosira distans* var. *alpigena*: в – общий вид колонии; г – структура створки и ее загиба, шипов; д – ободки; е, ж – кольцевидная диафрагма. Масштаб соответствует 10 мкм.

а их систематическое положение требует дальнейших исследований. Дано расширенное описание рода *Aulacoseira* с учетом данных электронной микроскопии и показано, что на створках этого рода имеются особые выросты (поры, по данным СМ), не встречающиеся в других родах центрических диатомей. Крауфорд [3] предложил их называть каринопортула (*carinoporula*). Было предложено 4 новых комбинации.

1. *Aulacoseira epidendron* (Ehr.) Crawford comb. nov.
Stephanosira epidendron Ehrenberg 1848 : 219,
Aulacoseira crenulata Thwaites 1848,
Melosira roeseana Rabenhorst 1852,
M. roeseana var. *epidendron* (Ehrenberg) Grunow
in van Heurck 1882,
M. dendroteres var. *roeseana* (Rabenhorst) R.
Ross. 1947.
2. *Aulacoseira dendrophila* (Ehr.) Grawford comb. nov.
Porocyclia dendrophila Ehrenberg 1848 : 219,
Melosira roeseana var. *dendroteres* (Ehr.) Grunow
in van Heurck 1882,
M. roeseana var. *dendroteres* forma *porocyclia*
Grunow in van Heurck 1882,
M. dendrophila (Ehr.) Ross et Sims 1978.
3. *Aulacoseira dendroteres* (Ehr.) Grawford comb. nov.
Liparogyra dendroteres Ehrenberg 1848 : 219,
Melosira roeseana var. *dendroteres* (Ehr.) Grunow
in van Heurck 1882,
M. roeseana var. *dendroteres* forma *spiralis* (Ehr.)
Grunow in van Heurck 1882,
M. dendroteres (Ehr.) R. Ross 1947, excl. var
roeseana.
4. *Aulacoseira circularis* (Ehr.) Grawford comb. nov.
Liparogyra circularis Ehrenberg 1848 : 219.
Ниже приводятся результаты электронно-микроскопического исследования морфологии панциря некоторых представителей родов *Aulacoseira* и *Melosira* по материалам из озер Байкал и Фролиха (Забайкалье).

Aulacoseira epidendron (Ehr.) Grawford (см. рисунок, а, б). Створки диаметром 11 мкм, высотой 5 мкм, число рядов ареол в 10 мкм на загибе створки равно 28. Структура створки состоит из радиальных ареолярных штрихов. На краю створки кольцо шипов, имеющих форму заостренного треугольника. Панцирь может быть разностворчатым [3]. Открытые ободки перфорированы круглыми беспорядочно расположенными порами, которые, по литературным данным [3], могут иметь несколько лигул. В центральной части створки имеется три каринопортулы.

Melosira distans var. *alpigena* Grun (см. рисунок, в-ж). Створки диаметром 7.5–10 мкм, число продольных рядов ареол в 10 мкм составляет 18–20. Разностворчатые клетки в колонии отсутствуют. На краю створки кольцо мощных остроконечных

шипов. Отдельные ряды ареол на загибе створки начинаются от основания шипов, между которыми имеются специальные углубления, куда входят шипы створки соседней клетки при соединении последних в колонии (см. рисунок, г). Кольцевидная диафрагма хорошо развита и варьирует по степени внедрения в клетку (см. рисунок, е, ж). Вставочные ободки открытые (см. рисунок, д). По общему абрису створок рассматриваемый вид похож на *M. italica* subsp. *subarctica* O. Müll.

Л и т е р а т у р а

1. М о и с е е в а А.И. Ревизия систематического положения пресноводных видов рода *Melosira* Ag. (Bacillariophyta). - В кн.: Систематика, эволюция, экология водорослей и их значение в практике геологических исследований: Тез. докл. 2-го Всесоюз. палеоальгол. совещ. Киев, 17-19 ноября 1981 г. Киев, 1981, с. 124-126.
2. E h r e n b e r g C.G. Über eigenthumliche auf den Baumen des Urwal des in Sud Amerika zahlreich lebende mikroskopische oft Kieselschalige Organismen. Bericht über die zur Bekanntmachung seeigneten. - In: Verhandlung der Konigl. preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1848, S. 213-220.
3. C r a w f o r d R.M. The diatom genus *Aulacoseira* Thwaites: ist structure and taxonomy. - *Phycologia*, 1981, vol. 20, N 2, p. 174-192.
4. G r u n o w A., V a n H e u r c k H. Synopsi des Diatomees de Belgique. Anvers, 1882. 120 p.
5. R a b e n h o r s t L. Die Algen Sachsens. Nos. 1 - 1000. Exsiccata. 1848-1860.
6. R o s s R. Freshwater Diatomeae (Bacillariophyta): II Thallopiphyta and Bryophyta. - *Bull. Natl. Mus. Canada*, 1947, vol. 97, Biol. Ser., N 26. 573 p.
7. R o s s R., S i m s P.A. Observations on family and generic limits in the Centrales. - *Nova Hedwigia*, 1973, Beih. 45, p. 97-132.
8. R o s s R., S i m s P.A. Notes on some diatoms from the Isle of Mull, and other Scottish localities. - *Bacillaria*, 1978, vol. 1, p. 151-168.
9. S i m o n s e n R. The diatom system: ideas on phylogeny. - *Bacillaria*, 1979, vol. 2, p. 9-71.
10. T h w a i t e s G.H.K. On the Diatomaceae. - *Ann. Mag. nat Hist.*, 1848, vol. 2, p. 161-172.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

С.И. Генкал, Л.Г. Корнева

НОВЫЕ ДАННЫЕ К МОРФОЛОГИИ ПАНЦИРЯ
MELOSIRA ITALICA (EHR.) KÜTZ.
 (BACILLARIOPHYTA)

Melosira italica (Ehr.) Kütz. – широко распространенный в водоемах СССР и наиболее часто встречающийся вид [2].

Подробное исследование морфологии панциря типовой формы *M. italica* с помощью СЭМ было проведено японскими альгологами [5]. Они изучили строение ареол, вставочных и соединительных ободков, форму шипов.

Нами при обработке проб по Шекснинскому водохранилищу (планктон, июль 1976 г.), по притоку р. Анадырь – Мамолине (обрастания, сентябрь 1980 г.) и по оз. Фролиха¹ (планктон август, 1963, 1965 гг.) были получены новые данные по морфологии клеток как типовой формы, так и *subsp. subarctica* O. Müll.

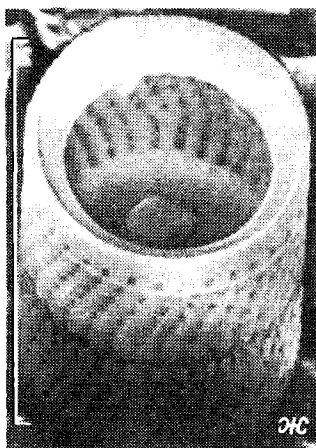
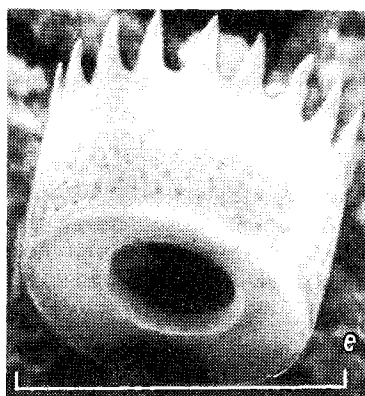
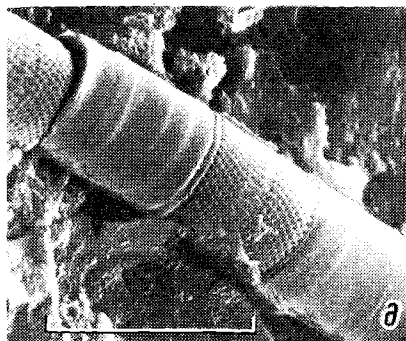
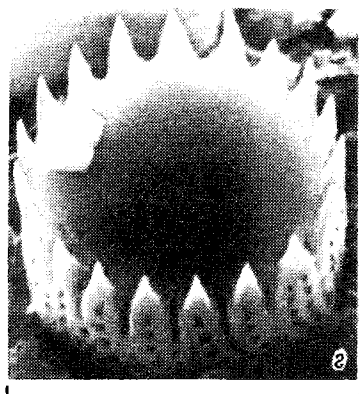
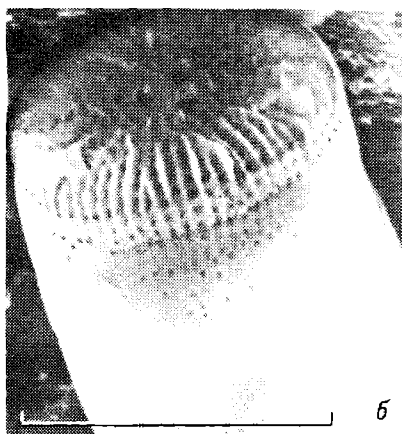
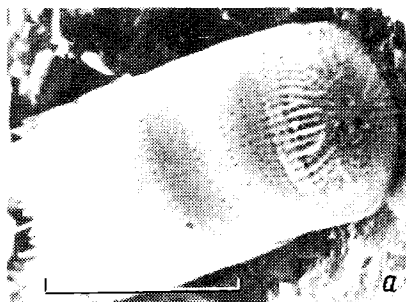
По литературным сведениям [5], шипы *M. italica* имеют лопатообразную форму (рис. 1, а, б). По нашим наблюдениям, шипы на конце могут быть и других очертаний, т.е. постепенно расширяющиеся и закругляющиеся в верхушечной части (рис. 1, в, е). Кроме того, нами впервые отмечено наличие у терминальных створок шипов, остроконечных по форме (рис. 1, в, д). Это явление известно и у других таксонов рода [3, 4]. У типовой формы была также обнаружена глубоко внедряющаяся внутрь кольцевидная диафрагма, которая, по описанию, встречается только у *var. valida* (Grun.) Hust. [1]. Число рядов ареол в 10 мкм на загибе створки в нашем материале было 20–24. Вероятно, диапазон изменчивости плотности рядов ареол у особей этого вида значительно шире, чем приводится в определителе [1].

В отличие от типовой формы у *M. italica subsp. subarctica* O. Müll. все клетки в колонии имеют одинаковую остроконечную форму шипов (рис. 2, а, г). На створках иногда встречаются и более широкие шипы с раздвоенным концом (рис. 2, в). Кольцевидная диафрагма довольно развитая (рис. 2, б). Ряды ареол более

¹ Выражаю свою благодарность Г.И. Поповской за предоставленный материал.

Рис. 1. Электронные микрофотографии створок *Melosira italica* (Ehr.) Kütz.

а – общий вид колонии; б, е – соединительные шипы; в – часть колонии с конечной створкой; г, д – конечные створки. Масштаб соответствует 10 мкм.



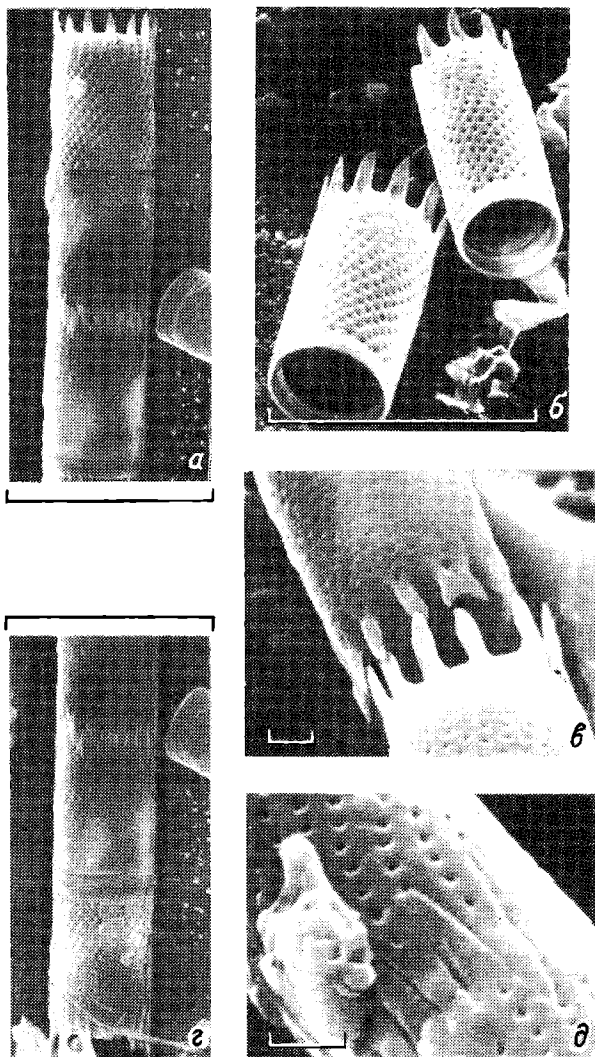


Рис. 2. Электронные микрофотографии створок *Melosira italica* subsp. *subarctica* O. Müll.

а, г – клетки одной колонии; б – расположение ареол на загибе створки и кольцевидная диафрагма; в, д – строение шипов. Масштаб соответствует 10 мкм (а, б, г) и 1 мкм (в, д).

спиральные, чем у типовой формы, причем ареолы круглые. В СЭМ хорошо заметен общий качественный признак, присущий как типовой форме, так и подвиду – ряды ареол на загибе створки начинаются от основания шипов (рис. 1, г, е; 2, д), что по морфологии хорошо отличает их от некоторых других таксонов рода, в частности от *M. islandica* O. Müll.

1. О п р е д е л и т е л ь пресноводных водорослей СССР. М., 1951, вып. 4. 619 с.
2. С к а б и ч е в с к и й А.П. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М., 1960. 349 с.
3. F l o r i n М.В. The fine structure of some pelagic fresh-water diatom species under the scanning electron microscope. I. - Sven. bot. tidskr., 1970, vol. 64, p. 51-68.
4. К о б а у а с и Н., N o z a w a М. Fine structure of the fresh-water centric diatom *Aulacosira ambigua* (Grun.) Sim. - Jap. J. Phycol., 1981, vol. 29, № 2, p. 121-128.
5. К о б а у а с и Н., N o z a w a М. Fine structure of the fresh-water centric diatom *Aulacosira italica* (Ehr.) Sim. - Jap. J. Phycol., 1982, vol. 30, N 2, p. 139-146.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 574.583 : 593.17

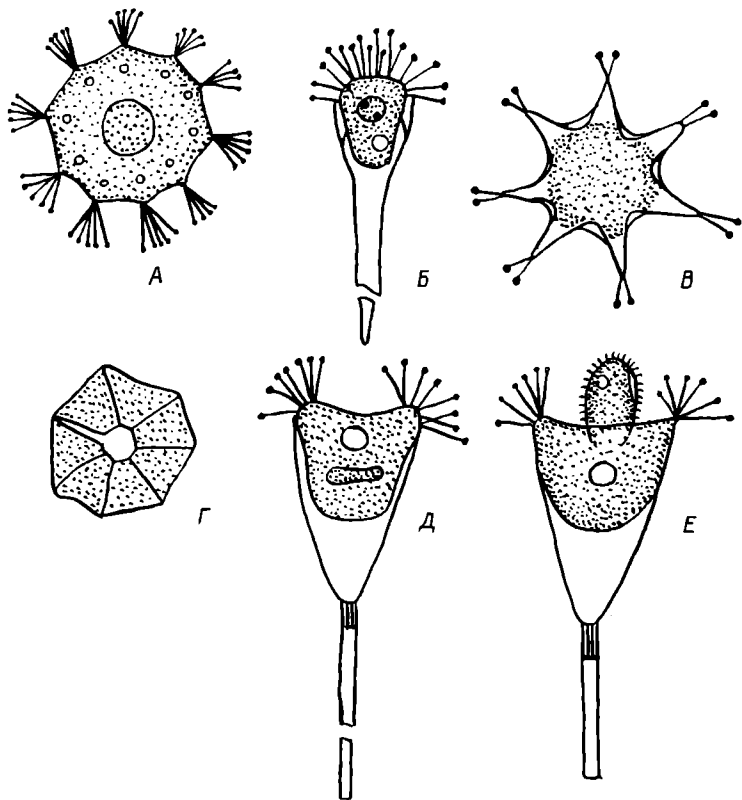
З.М. М ы л ь н и к о в а

СОСУЩИЕ ИНФУЗОРИИ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В настоящее время наиболее интенсивно изучается ультраструктура сосущих инфузорий [3-5]. Между тем данных об экологии перифитонных видов мало. Известны лишь работы, посвященные сукториям, паразитирующим на других животных [1, 2, 6].

В настоящей статье приводится описание массовых видов сосущих инфузорий и их численность в перифитоне на предметных стеклах. Работы проводились в 1980-1981 гг. на двух станциях вблизи пос. Борок в открытом и закрытом прибрежье Рыбинского водохранилища. Предметные стекла укреплялись на глубине 0.5 и 2.5 м. Одни стекла экспонировались в течение месяца, другие - в вегетационный период. Материал собирался 2-3 раза в неделю. Определение инфузорий проводилось на живом материале.

В перифитоне обнаружено 11 видов сосущих инфузорий: *Acinet grandis* Kent., *A. papillifera* Keppen, *A. tuberosa* Ehrb., *Heliophrya collini* De Saedeleer, Tiller, *Spherophrya elegans* Lach., *Spherophrya* sp., *Tokophrya quadripartita* Clap. et L., *Tokophrya* sp., *Metacineta mystacina* Ehrb. f. *septifida* Rieder, *Dendrosoma radians* Ehrb., *Podophrya fixa* Ehrb. Описание массовых видов приводится ниже.



Массовые виды сосущих инфузорий Рыбинского водохранилища.

А - *Heliophrya collini*; Б - *Metacineta mystacina* f. *septifida* (общий вид); В - тот же (зооид, вид сверху); Г - тот же (домик, вид сверху); Д - *Acineta papillifera* (общий вид); Е - тот же (формирование бродяжки).

Heliophrya collini De Saedeleer, Tiller (см. рисунок, А). Диаметр около 80 мкм. Щупальца располагаются пучками (10-12 пучков). Размножается внутренним почкованием. Сформировавшаяся почка довольно долго находится внутри материнской клетки и вращается по часовой стрелке, затем выходит наружу и оседает поблизости. Эта суктория - один из самых распространенных видов протозойного обрастания. Встречается в закрытом и открытом прибрежье Рыбинского водохранилища на глубине 0,5 и 2,5 м в течение вегетационного периода, с мая по октябрь. Максимальной численности (632-6352 тыс. экз./м²) достигает в июле-августе при температуре воды 18-25 °С.

Acineta tuberosa Ehrb.

Длина тела 40–50 мкм. Имеет прозрачный домик с ножкой. Длина ножки 40–70 мкм. Имеет 2 пучка щупалец. Встречается в открытом и закрытом прибрежьях на разных глубинах. Наибольшей численности (до 2860 тыс. экз./м²) достигает в июле–августе в закрытом прибрежье. В небольших количествах отмечена весной и осенью.

Metacineta mystacina Ehrb. f. septifida Rieder (см. рисунок, Б, В, Г).

Длина тела 50 мкм. Имеет прозрачный домик, который постепенно переходит в ножку. Длина ножки 400–500 мкм. Домик имеет 7 ребер. Щупальца сгруппированы в 7 пучков. Макронуклеус круглый с 2 микронуклеусами, находится в центре тела. Вид доминирует среди прикрепленных инфузорий. Встречается в закрытом и открытом прибрежьях Рыбинского водохранилища на глубине 0,5 и 2,5 м в течение вегетационного сезона при температуре воды 10–21 °С. На стеклах появляется через 6–9 сут экспозиции. В закрытом прибрежье наибольшей численности (2310 тыс. экз./м²) достигает в июне, в открытом – в июле и сентябре (720–960 тыс. экз./м²).

Acineta papillifera Keppen (см. рисунок, Д, Е).

Длина тела 70–80 мкм. Имеет прозрачный домик рюмкообразной формы длиной 130–250 мкм с ножкой. Длина ножки 300–500 мкм. Место соединения домика и ножки представляет собой хорошо заметную перетяжку. Размножается путем образования бродяжки внутри материнской клетки. Зрелая бродяжка активно плавает в воде. В большом количестве встречается в открытом и закрытом прибрежьях в конце июня–начале июля и в сентябре–октябре. Численность колеблется от 1500 до 1925 тыс. экз./м². Найдена в поверхностных слоях при температуре воды 10,6–22 °С. Этот вид впервые отмечен для волжских водохранилищ.

Таким образом, наши данные говорят об относительно большой численности сосущих инфузорий, поселяющихся на стеклах, что ранее не отмечалось другими авторами. Одни виды (*Acineta tuberosa* и *Metacineta mystacina*) упоминались как единичные находки [1], а другие (*Acineta papillifera* и *Dendrosoma radians*) в Рыбинском водохранилище обнаружены нами впервые.

Л и т е р а т у р а

1. М а м а е в а Н.В. Инфузории бассейна Волги. Л., 1979. 148 с.
2. П а р т а л ы Е.М. Сосущие инфузории морского обрастания. – Гидробиол. журн., 1979, т. 15, вып. 3, с. 94–95.
3. В а т т и с с е А. Ultrastructure de la loge et du stule chez *Acineta tuberosa* Ehrenberg et *Paracineta homari* Sand. – Protistologica, 1966, vol. 2, N 3, p. 29–41.

4. B a t i s s e A. Ultrastructure de la coque et du disque chez le genre Metacineta Butschli. - Protistologica, 1969, vol. 3, N 4, p. 395-398.
5. K e n t E.B. A note on the collection and cultivation of the suctorian, Squalorophrya macrostyla. - G. protozool., 1980, vol. 27, N 3, p. 32-51.
6. M a t t h e s D. Sephafte Wimpertiere auf aupergewöhnlichen Trägern. - Mikrokosmos, 1981, Bd 70, N 9, S. 263-265.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 574.587 (285.2)

В.Г. Г а г а р и н

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О МЕЙОБЕНТОСЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Сведения о мейобентосе Рыбинского водохранилища весьма скудны и касаются главным образом отдельных групп организмов [2-5]. По данным Ф.Д. Мордухай-Болтовского [4], биомасса мейобентоса в открытых частях водохранилища составляет 0.2-0.4 г/м². А.И. Баканов [1], обследовавший водохранилище в 1978 г., приводит следующие величины: 0.2-1.4 г/м² (май), 0.6-3.8 г/м² (август).

В настоящем сообщении излагаются результаты обработки 48 проб мейобентоса, собранных в июне и сентябре 1980 г. на 6 стандартных станциях Рыбинского водохранилища: ст. Наволок и Средний Двор (Центральный плес), ст. Молога и Брейтово (Моложский плес), ст. Коприно (Волжский плес), ст. Измайлово (Шекснинский плес). На каждой станции стратометром „С-1” с диаметром входного отверстия 3 см взято по 4 пробы.

Определено 26 видов истинно мейобентических животных - нематод - 10, клодоцер - 7, копепод - 6, остракод - 3:

Nematoda

Tobrilus gracilis (Bastian)
Ironus tenuicaudatus de Man
Dorylaimus stagnalis Dujardin
Eumonhystera filiformis Bastian
Monhystrella sp.
Hofmaenneria niddensis (Skwarra)
Mesotheristus dubius (Bütschli)

Prodesmodora circulata (Micoletzky)
Ethmolaimus pratensis de Man
Paraphanolaimus behningi Micoletzky

Copepoda

Acanthocyclops viridis (Jurine)
Cyclops vicinus Uljanin
Mesocyclops leuckarti (Claus)
Paracyclops affinis (Fisch.)
Paracamptus schmeili (Müller)
Canthocamptus staphilinus (Brady)

Cladocera

Pleuroxus uncinatus Baird
Ilyocryptus acutifrons G. Sars
Leydigia leydigia (Schoedler)
Chydorus sphaericus (Müller)
Disparalona rostrata (Koch)
Alonella nanna (Baird)
Alona quadrangularis (Müller)

Ostracoda

Candona candida (Müller)
Cyclocypris ovum (Jurine)
Cypridopsis newtoni Brady et Robers

Организмы псевдомейобентоса, т.е. младшие возрастные стадии макробентоса (хинономиды, олигохеты, моллюски и т.д.), не учитывались.

Основные компоненты истинного мейобентоса – циклопы и нематоды (см. таблицу). Нематоды по численности довольно равномерно распределены в грунте как в июне, так и в сентябре. Циклопы, особенно на копеподитных стадиях развития, образуют на дне скопления, плотность которых часто определяет общую величину биомассы мейобентоса. Так, в июне на ст. Измайлово копеподиты составили 84% от общей численности мейофауны и 88% от биомассы, на ст. Наволок – 75% от численности и 83% от биомассы (см. таблицу).

В сентябре молодь циклопов мигрировала в верхние слои воды, что определило более низкую, чем в июне, биомассу мейобентоса (см. таблицу), хотя в этом месяце в водоеме повсеместно и в значительном количестве присутствовали ветвистоусые рачки.

Средняя численность мейобентоса в водохранилище на 6 станциях в июне составляла 95 тыс. экз./м² при биомассе 1.7 г/м², в сентябре соответственно 31 тыс. экз./м² и 0.4 г/м². Эти величины несколько выше приведенных Ф.Д. Мордухай-Болтовским [4], но сопоставимы с данными А.И. Баканова [1] при условии, если учитывать только истинный мейобентос.

Численность (1, тыс. экз./м²) и биомасса (2, г/м²)
мелкобентоса на стандартных станциях водохранилища

Группа	Ст. Наволок		Ст. Средний Двор		Ст. Брейтово	
	1	2	1	2	1	2
10-11 июня 1980 г.						
Nematoda	16.5	0.25	1.4	0.02	20.2	0.31
Copepoda	102.8	2.20	33.1	0.72	-	-
Cladocera	8.6	0.11	-	-	-	-
Ostracoda	8.6	0.09	-	-	5.8	0.06
В с е г о	136.5	2.65	34.5	0.74	26.0	0.37
1-5 сентября 1980 г.						
Nematoda	1.5	0.02	1.5	0.02	20.6	0.33
Copepoda	7.4	0.12	58.8	1.12	10.3	0.19
Cladocera	1.5	0.03	7.4	0.13	1.5	0.03
Ostracoda	-	-	-	-	2.9	0.03
В с е г о	10.4	0.17	67.7	1.27	35.3	0.58

Т а б л и ц а (продолжение)

Группа	Ст. Молога		Ст. Коприно		Ст. Измайлово	
	1	2	1	2	1	2
10-11 июня 1980 г.						
Nematoda	4.8	0.04	38.9	0.52	8.6	0.13
Copepoda	27.0	0.81	13.0	0.28	224.6	4.19
Cladocera	17.3	0.21	-	-	25.9	0.35
Ostracoda	8.6	0.09	-	-	8.6	0.09
В с е г о	57.7	1.15	51.9	0.80	267.7	4.76
1-5 сентября 1980 г.						
Nematoda	1.5	0.02	4.4	0.07	1.5	0.02
Copepoda	45.5	0.93	2.9	0.05	7.3	0.10
Cladocera	8.8	0.16	2.9	0.06	1.5	0.03
Ostracoda	-	-	-	-	-	-
В с е г о	55.8	1.11	10.2	0.18	10.3	0.15

1. Б а к а н о в А.И. Мейобентос Рыбинского водохранилища. - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1982, № 53, с. 12-17.
2. Г а г а р и н В.Г. Донные нематоды некоторых волжских водохранилищ. - Гидробиол. журн., 1978, т. 14, № 5, с. 29-33.
3. Г а г а р и н В.Г. К фауне нематод побережья Рыбинского водохранилища. - В кн.: Фауна беспозвоночных и условия воспроизводства рыб в прибрежной зоне верхневолжских водохранилищ. Рыбинск, 1978, с. 25-32.
4. М о р д у х а й-Б о л т о в с к о й Ф.Д. Распределение бентоса в Рыбинском водохранилище. - В кн.: Тр. биол. ст. „Борок“. М.; Л., 1955, вып. 2, с. 32-88.
5. Ч и р к о в а З.Н., М о р д у х а й-Б о л т о в с к о й Ф.Д. О микробентосе озер Белого, Кубенского и системы Северо-Двинского канала. - В кн.: Биология и физиология пресноводных организмов. Л., 1971, с. 63-81.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 591.524.11 (476)

А.Ю. К а р а т а е в

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ *STICTOCHIRONOMUS*
PSAMMOPHILUS TSCHERN.
В РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗОНАХ
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ТЭС

Исследования выполнены на водоеме-охладителе крупнейшей на северо-западе Европейской части СССР Лукомльской ГРЭС (БССР). Площадь водного зеркала озера - 36.7 км², средняя глубина - 6.7 м, максимальная - 11.5 м, ГРЭС потребляет и сбрасывает в озеро за час 150-216 тыс. м³ воды, нагретой до 8-12 °С [3].

Предыдущие исследования показали, что в макрозообентосе песчаной литорали оз. Лукомльского доминирует *Stictochironomus psammophilus* Tschern.[1]. Массовое распространение и относительно крупные размеры позволили выбрать этот вид как модельный объект при изучении влияния подогрева на личинок хирономид.

Сбор проб проводили в 1979 и 1980 гг. на постоянных станциях, расположенных в четырех различных температурных зонах водоема-охладителя. Одна станция находилась на участке озера с естественным температурным режимом, остальные в зоне слабого, среднего и сильного подогрева со среднегодовым нагревом дна соответственно до 2-3.1, 3.4-5.3 и 7.9-8.7 °С. Все станции имели

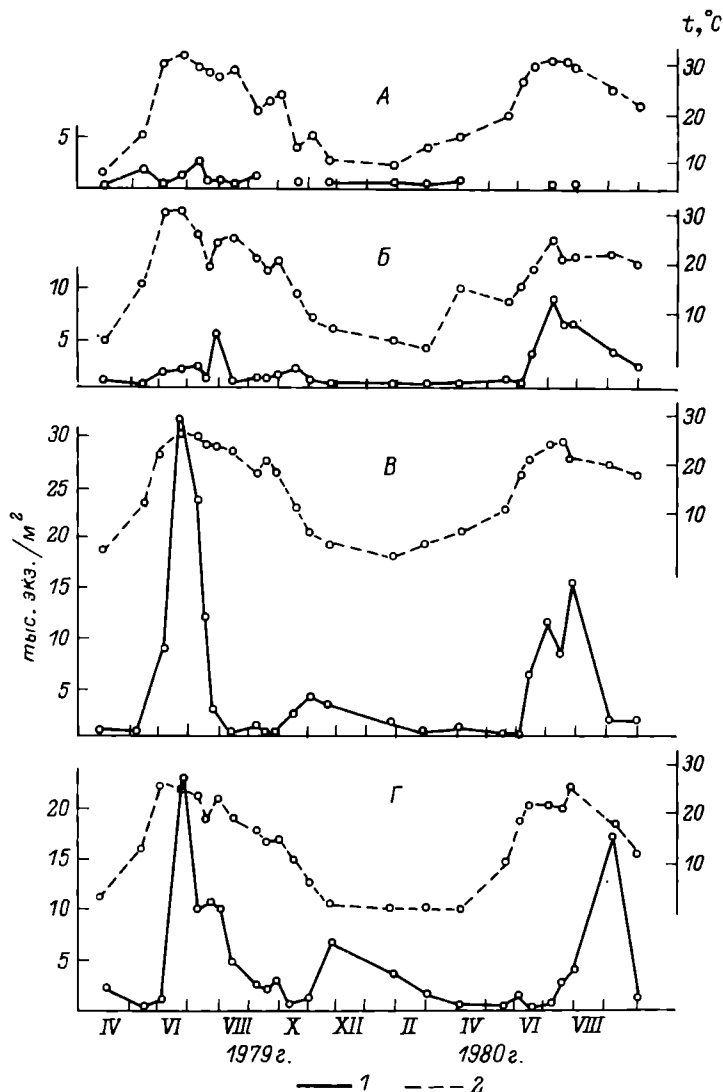
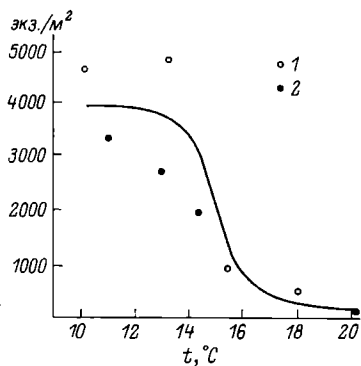


Рис. 1. Динамика численности *Stictochironomus psammophilus* (1) и температуры (2) в зоне сильного подогрева (А), среднего (Б), слабого (В) и в зоне с естественным температурным режимом (Г) в литорали оз. Лукомльского.

одинаковую глубину, колеблющуюся в сезонном аспекте от 0,5 до 1 м и аналогичный грунт (песок). Пробы отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$, промывали через газ № 21 и фиксировали 10%-ным раствором формалина. На каждой станции за весь период исследования проведено по 25 сборов проб.

Рис. 2. Влияние подогрева на среднегодовую численность *Stictochironomus psammophilus* в литорали оз. Лукомльского в 1979 г. (1) и 1980 г. (2).



Анализ динамики численности *S. psammophilus* в различных температурных зонах водоема-охладителя показал, что в зоне с естественным температурным режимом отмечено 3 пика численности животных, что, вероятно, свидетельствует

о трех генерациях за 2 рассматриваемых года (рис. 1).

В зоне слабого подогрева и на контрольном участке озера динамика численности *S. psammophilus* одинакова, однако хорошо заметно, что на участке водоема-охладителя со слабым подогревом воды максимум и минимум численности хирономид наступают раньше. Таким образом, даже слабый подогрев оказывает существенное влияние на продолжительность жизненных циклов хирономид, хотя при анализе осредненных величин численности воздействие подогрева незаметно. Так, в зоне с естественным температурным режимом в 1979 г. численность личинок *S. psammophilus* составила 4570 экз./м², в 1980 г. — 3331 экз./м², а в зоне слабого подогрева — соответственно 4788 экз./м² и 2675 экз./м². Ранее при анализе зообентоса из различных температурных зон профундали оз. Лукомльского нами было отмечено влияние слабого подогрева на продолжительность жизненных циклов личинок хирономид *Chironomus plumosus*, *Procladius choreus* и олигохеты *Potamothrix hammoniensis* [2].

В зоне среднего подогрева количество личинок хирономид резко снижается. Ход сезонной динамики *Stictochironomus psammophilus* остается примерно таким же, как и в рассмотренных выше зонах, однако размер пиков численности в зоне среднего подогрева намного ниже (рис. 1).

В зоне сильного подогрева на фоне дальнейшего снижения численности *S. psammophilus* происходит хорошо заметное нарушение его сезонной динамики. В этой зоне в 1979 г. не было отчетливого сезонного максимума в развитии животных, а в 1980 г. полностью отсутствовал пик численности, ярко выраженный во всех трех температурных зонах водоема-охладителя.

Анализ среднегодовых величин численности *S. psammophilus* в рассматриваемых четырех температурных зонах за оба года исследований показал, что среднегодовой подогрев дна до 4 °C существенно не сказывается на этом показателе (рис. 2). Дальнейшее увеличение температуры приводит к закономерному снижению численности животных. Сравнение осредненных данных показывает, что подогрев дна до 8–9 °C приводит к снижению численности

S. psammophilus почти в 20 раз. Построение кривой на рис. 2, разумеется, условно, однако она наглядно свидетельствует об общей тенденции к изменению численности вида с повышением температуры и позволяет, с известными допущениями, выделять благоприятные и неблагоприятные зоны водоема-охладителя для того или иного организма.

Таким образом, можно сделать вывод, что подогрев дна до 2–3 °С влияет на продолжительность жизненных циклов *S. psammophilus*, хотя и не сказывается на среднегодовых показателях численности этого вида. Дальнейшее увеличение температуры приводит к закономерному снижению численности личинок хирономид. *S. psammophilus* является хорошим индикатором при изучении влияния подогрева на донных животных.

Л и т е р а т у р а

1. К а р а т а е в А.Ю. Макрозообентос водоема-охладителя ТЭС оз. Лукомльского. – В кн.: Итоги и перспективы гидробиологических исследований в Белоруссии. Минск, 1983, с. 98–102.
2. К а р а т а е в А.Ю., М и т р а х о в и ч П.А., Л я х н о в и ч В.П., К а р а т а е в а И.В. Влияние подогретых вод на естественную кормовую базу рыб и промысловую рыбопродуктивность водоема-охладителя ТЭС (на примере оз. Лукомльского). – В кн.: Тезисы докл. 21 науч. конф. по изуч. и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии. Псков, 1983, т. 1, с. 103–104.
3. Я к у ш к о О.Ф., Г а в р и л о в С.И., Ш а б л и н - с к а я З.К. Режим озера Лукомльского в условиях теплового эффекта. – В кн.: Тезисы докл. 19 науч. конф. по изуч. и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии. Минск, 1977, с. 168–169.

Белорусский университет
им. В.И. Ленина

УДК 594-113 + 595.371-113 + 574.64

Б.И. К о л у п а е в, Н.В. Ш е в ч е н к о,
Н.Л. С о б а ш н и к о в а

КОНЦЕНТРАЦИЯ ГЕМОЦИАНИНА В ГЕМОЛИМФЕ БОКОПЛАВОВ И МОЛЛЮСКОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

При изменении факторов внешней среды у водных животных развивается ряд компенсаторных реакций, направленных на приспособление организмов к выживанию в неблагоприятных условиях. Существенные перестройки происходят в системе обеспечения кислородного

Концентрация меди и гемоцианина в гемолимфе бокоплавов и моллюсков в воде с разной температурой

Вид животных	n, экз.	Время экспозиции, сут	Температура, °C			
			8 (контроль)		22	
			Концентрация			
			меди, мг. %	гемоцианина, г. %	меди, мг. %	гемоцианина, г. %
Бокоплав	15	1	3.70±0.13	2.18	3.69±0.1 P < 0.05	2.17
	16	5	3.5±0.12	2.05	3.70±0.11 P > 0.1	2.17
Моллюски	16	1	3.46±0.17	1.38	4.08±0.22 P < 0.05	1.63.
	17	5	3.56±0.20	1.42	3.96±0.21 P > 0.1	1.58

Примечание. P – достоверность разницы в концентрации меди в гемолимфе контрольных и опытных животных, n – число животных, используемых в опытах.

режима организма, и в частности в звене транспорта газов гемолимфой [1, 2]. Определенный интерес представляет выяснение влияния экзогенных факторов на концентрацию дыхательного пигмента – гемоцианина в гемолимфе беспозвоночных водных животных. Сведения подобного рода необходимы для определения возможности использования таких данных при оценке условий среды обитания гидробионтов.

Целью работы явилось изучение влияния факторов внешней среды (повышение температуры воды или же понижение содержания в ней кислорода) на концентрацию гемоцианина в гемолимфе бокоплавов и моллюсков.

Опыты проводили на бокоплавах (*Eulimnogammarus verrucosus*), отловленных на глубине 0.3–0.5 м, и моллюсках (*Benedictia baicalensis*), взятых с глубины 6–10 м из оз. Байкал и адаптированных в лабораторных условиях к температуре 8 °С.

У контрольных (адаптированных к температуре 8 °С и содержанию кислорода в воде 10.2 мг/л) и опытных животных для анализа брали гемолимфу, в которой определяли концентрацию меди по методу, описанному О.Д. Кушмановой и Г.М. Ивченко [3]. Содержание гемоцианина рассчитывали, исходя из данных, что гемоцианин членистоногих содержит 0.17% меди, а гемоцианин моллюсков – 0.25%. Визуально анализировались также поведение и двигательная активность исследуемых гидробионтов.

Результаты опытов показали, что двигательная активность у бокоплавов и моллюсков, находящихся в течение суток в воде с экстремальной для исследуемых видов температурой (19, 22 и 25 °С),

была ниже, чем у контрольных животных. При температуре 25 °С происходила гибель части (30%) особей. При более длительном (5 сут) температурном воздействии наблюдалась гибель 14–50% бокоплавов и моллюсков в диапазоне температур 19–22 °С. У оставшихся в живых гидробионтов была пониженная двигательная активность; тело моллюсков втягивалось в раковину, а окраска у бокоплавов светлела. Концентрация меди и соответственно гемоцианина в гемолимфе моллюсков, находящихся в течение 24 ч в воде при температуре 19 и 22 °С, оказалась выше, чем у контрольных животных (см. таблицу). При температуре 19 °С содержание дыхательного пигмента у бокоплавов не изменялось, а при 25 °С было ниже нормы.

У животных, оставшихся в живых на 5-е и 10-е сутки их экспозиции при повышенной температуре, концентрация гемоцианина была недостоверно выше, чем у контрольных особей.

Данные опытов по гипоксии показали, что у бокоплавов и моллюсков, находящихся в течение 1–2 сут в воде с постепенно снижающейся концентрацией в ней кислорода с 10,2 до 1,5–2,0 мг/л, подавляется двигательная активность. Окраска тела у бокоплавов из опыта и контроля не различалась. Концентрация гемоцианина в гемолимфе у них имела близкие значения. У 60% моллюсков содержание пигмента снижалось на 7–12%, а у 40% животных было таким же, как и у контрольных особей. При умеренной гипоксии (содержание кислорода 4,5 мг/л) у бокоплавов зарегистрировано снижение концентрации гемоцианина на 25% ($P < 0,01$).

Отсутствие литературных данных о механизме синтеза гемоцианина у беспозвоночных животных и конкретных сведений о гидратации и дегидратации гемолимфы не позволяет в настоящее время объяснить, зависит ли наблюдаемое в наших экспериментах изменение количества гемоцианина от скорости его синтеза, изменяется ли концентрация этого пигмента за счет „сгущения” или же „разбавления” гемолимфы.

Результаты исследований дают основание полагать, что сведения о концентрации гемоцианина наряду с данными о поведении и двигательной активности могут использоваться в качестве показателей условий среды обитания байкальских бокоплавов и моллюсков. Оценку действия внешних факторов на концентрацию дыхательного пигмента целесообразно проводить с учетом особенностей изменения количества гемоцианина в зависимости от природы, интенсивности и длительности экзогенных воздействий.

Л и т е р а т у р а

1. А л я к р и н с к а я И.О. Гемоглобины и гемоцианины беспозвоночных: (Биохимические адаптации к условиям среды). М., 1979. 154 с.
2. К о р ж у е в П.А., А л я к р и н с к а я И.О. О гемоцианине гемолимфы пресноводной улитки *Viviparus viviparus*. – В кн.: Эволюция вегетативных функций. Л., 1971, с. 101–105.

З. Кушманова О.Д., Ивченко Г.М. Руководство к лабораторным занятиям по биологической химии. М., 1983. 272 с.

Институт экологической токсикологии
Байкальского филиала
Всесоюз. науч.-производ. объедин.
бум. пром-сти

УДК 597.554.3 : 591.16

В.М. Володин, А.П. Стрельникова,
И.Г. Гречанов

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ РЕЗОРБЦИИ ИКРЫ НА КАЧЕСТВО ПОТОМСТВА У РЫБ

В предыдущих работах нами было установлено [1-3], что у самок леща Рыбинского водохранилища при нормальных нагуле и зимовке резорбция близкой к зрелости икры не препятствует развитию очередной генерации ооцитов и не снижает уровня плодовитости, но приводит к снижению массы 1 икринки при очередном созревании. Было показано также [4], что в однотипных условиях выращивания ухудшение качества икры может вызвать впоследствии снижение качества родившейся из такой икры молоди, которое в нашем эксперименте проявилось в более продолжительных сроках прохождения отдельных этапов развития и пониженных показателях роста молоди по сравнению с контролем. Оставалось неясным, однако, в какой мере экологические условия, в частности обеспеченность пищей, могут нивелировать или усугублять подобные различия, обусловленные влиянием качества родителей на качество потомства.

С целью выяснения этого вопроса в 1981 г. в два одинаковых по площади и глубине пруда были посажены на нерест производители синца в следующих сочетаниях: в пруд „А” — 3 самки и 3 самца, претерпевших в 1980 г. резорбцию гамет, и в пруд „Б” — 4 самки и 5 самцов, отловленных на нерестилище (контроль). Утром 14 мая в обоих прудах произошел нерест, а 22-23 мая — массовое вылупление эмбрионов из оболочек. С 25 мая, после того как личинки перешли к этапу „В”, начали отбор проб. Первоначально пробы отбирали в сроки, соответствовавшие прохождению отдельных этапов развития, а по достижении малькового периода — раз в 7-10 дней. Одновременно с отловом молоди для учета состояния кормовой базы прудов отбирали пробы зоопланктона. 29 сентября пруды спустили. В пруду „А” обнаружили 2600 мальков, а в пруду „Б” — 5600. Мы не знаем ни исходную численность личинок, ни величину их смертности в каждом из прудов. Все же конечный результат свидетельствует о том, что в пруду „Б” плотность молоди по крайней мере вдвое превосходила таковую в пруду „А”.

Т а б л и ц а 1

Некоторые параметры молоди синца на этапе Г

Параметр	Пруд „А“	Пруд „Б“
Н а ч а л о э т а п а		
Длина тела, мм	35	27
Сырая масса, мг	662	293
Сухая масса, мг	96	39
К о н е ц э т а п а		
Длина тела, мм	56	32
Сырая масса, мг	2782	519
Сухая масса, мг	541	92

Личинки в обоих прудах развивались с одинаковой скоростью только в течение первых двух недель. К концу этого срока контрольная молодь стала отставать в росте, а затем и в развитии. В результате в пруду „А“ продолжительность этапа D_2 составила 7 сут, а в пруду „Б“ – 10 сут; этап E в пруду „А“ длился 4 сут, в пруду „Б“ – 10 сут; этап F – соответственно 16 и 22 сут. Эти различия привели к тому, что этап G в первом из прудов наступил через 36 сут после вылупления эмбрионов, а во втором – только через 50 сут.

Молодь в прудах росла примерно одинаково тоже только в первые две недели, затем, как было уже сказано, рост контрольной молоди стал отставать от роста молоди, полученной от производителей, претерпевших резорбцию гамет. К концу наблюдений (29 сентября) последняя по длине тела почти в 2 раза и по массе более чем в 5 раз превышала контрольную (табл. 1).

Исходные биомасса и численность зоопланктона были достаточно высокими в обоих прудах (табл. 2). В каждом из них было много коловраток и молоди копепод, необходимых личинкам на самых ранних этапах развития. В пруду „А“ биомасса зоопланктона все лето, за исключением третьей декады июня, держалась на хорошем уровне, тогда как в пруду „Б“ она снизилась на целый порядок уже в первой декаде июня, причем из состава зоопланктона почти совсем исчезла молодь копепод (вероятно, прежде всего за счет выедания ее личинками синца, численность которых в этом пруду, как указывалось, не менее чем в 2 раза превышала имевшуюся в пруду „А“). Как следствие, рост личинок в этом пруду замедлился уже на этапе D_2 , а продолжительность этапа составила 10 сут вместо 7. Биомасса зоопланктона в пруду „Б“ продолжала оставаться на крайне низком уровне в течение всех трех летних месяцев. В середине июня численность молоди копепод возросла, но численность взрослых рачков – основного корма личинок на поздних этапах раз-

Т а б л и ц а 2

Биомасса и численность зоопланктона в прудах

Время отбора проб (по декадам)	Общая биомасса, г/м ³	Численность, тыс. экз./м ³			
		общая	коло-вратки	молодь копепод	взрослые рачки
П р у д "А"					
Май (III)	1,10	161.0	132.5	20,9	7,6
Июнь (I)	2,14	226.6	207.1	11,8	7,7
(II)	1,57	45.7	19.3	12,2	14,2
(III)	0,31	18.3	1.7	8,3	8,3
Июль (I)	3,06	172.6	4.6	131,2	36,8
(II)	11,48	106.2	1.7	48,1	56,4
(III)	2,48	94.2	18,3	38,1	38,2
Август (I)	7,80	200,9	6,6	76,3	118,0
(II)	1,81	146,1	11,7	111,2	23,2
(III)	1,22	139,4	8,6	118,8	12,0
П р у д "Б"					
Май (III)	1,66	154.4	137.7	6,7	10,0
Июнь (I)	0,19	111.2	108.8	0,7	1,7
(II)	0,15	29,9	17,4	10,8	1,7
(III)	0,33	56,4	28,2	24,6	3,6
Июль (I)	0,86	81,3	16,6	54,6	8,3
(II)	0,60	44,8	5,0	31,5	8,3
(III)	0,78	64,4	5,5	51,6	9,3
Август (I)	0,87	74,7	13,3	54,8	6,6
(II)	0,61	63,1	6,6	48,1	8,4
(III)	1,44	102,9	3,4	62,5	37,0

вития — все лето была незначительной. В соответствии с таким неблагоприятным состоянием кормовой базы у молоди увеличилась продолжительность и последующих этапов развития — E и F

В пруду "А" резкое уменьшение биомассы зоопланктона и снижение численности взрослых рачков наблюдались только в третьей декаде июня, когда у молоди близился к завершению первый мальковый этап развития — F. Однако уже в первой декаде июля численность планктона вновь достигла достаточно высокого уровня. Это кратковременное снижение численности и биомассы зоопланктона, если и отразилось на скорости развития молоди, то в значительно меньшей степени, чем в пруду "Б".

Т а б л и ц а 3

Численность взрослых рачков в прудах (шт./м³)
в пересчете на 1 экземпляр молоди

Время отбора проб (по декадам)	Пруд „А“	Пруд „Б“
Май (III)	3	2.0
Июнь (I)	3	0.3
(II)	5	0.3
(III)	3	0.6
Июль (I)	14	1.5
(II)	22	1.5
(III)	15	1.7
Август (I)	45	1.2
(II)	9	1.5
(III)	5	7.0

Примерное (исходя из численности мальков, пойманных при спуске прудов) сопоставление численности взрослого рачкового планктона в прудах, приходящегося на 1 экз. молоди, показывает, что контрольная молодь почти все время ощущала явный недостаток этого важного для нее корма, тогда как в пруду „А“ он всегда был в достаточном количестве и даже в избытке (табл. 3).

Таким образом, при достаточно обильной кормовой базе потомство от производителей, претерпевших резорбцию гамет, может развиваться и расти лучше, чем потомство „нормальных“ родителей в условиях недостатка корма. Следовательно, экологические факторы, в частности обеспеченность пищей, могут в значительной мере нивелировать степень влияния качества родителей на качество потомства у рыб.

Л и т е р а т у р а

1. В о л о д и н В.М. Влияние резорбции на последующий уровень плодовитости и качество икры леща *Abramis brama* (L.) Рыбинского водохранилища. — В кн.: Биологические продукционные процессы в бассейне Волги. Л., 1976, с. 155-164.
2. В о л о д и н В.М. Влияние условий нагула и зимовки на продолжительность резорбции икры и развитие очередной генерации ооцитов у леща (*Abramis brama* (L.)) Рыбинского водохранилища. — Вопр. ихтиологии, 1979, т. 19, вып. 2, с. 359-362.
3. В о л о д и н В.М., М е ж н и н Ф.И., К у з ь м и н а В.В. Экспериментальное изучение резорбции икры леща *Abramis brama* (L.) — Вопр. ихтиологии, 1974, т. 14, вып. 2, с. 249-263.

4. Володин В.М., Стрельникова А.П. Влияние резорбции на качество потомства, рождающегося из икры новой генерации, у леща Рыбинского водохранилища. - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1981, № 49, с. 32-35.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 591.132 : 577.15 : 597

В.В. Кузьмина, Е.А. Поддубная

УРОВЕНЬ АКТИВНОСТИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ КАРПА ПРИ АККЛИМАЦИИ РЫБ К ВЫСОКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Воздействие высоких температур на пищеварительную систему рыб исследовано слабо. Цель работы состояла в изучении влияния коротких сроков акклимации к высоким температурам на активность некоторых пищеварительных ферментов (общую амилалитическую активность, активность сахаразы и щелочной фосфатазы) карпа.

Рыб, содержащихся зимой при температуре 13°C , постепенно, повышая температуру воды в аквариуме на 1°C в сутки, акклиматизировали к температурам 34 и 35°C . При каждой из этих температур рыб выдерживали в течение трех недель, после чего в условиях острого опыта производили определение активности пищеварительных ферментов. Для исследования использовали рыб размером $135-171$ мм, масса порки равнялась $41-90$ г, возраст - $0+$. Уровень ферментативной активности определяли при температуре акклимации и стандартной температуре (20°C) при помощи методов, описанных ранее [1].

Данные, приведенные в табл. 1-2, свидетельствуют о значительном влиянии температуры на все исследованные характеристики. При этом отмечено не только различное влияние близких по величине температур, но и разнонаправленность изменений разноименных ферментов. Так, сопоставление уровней ферментативной активности при 20°C показывает, что значения общей амилалитической и щелочно-фосфатазной активности при увеличении температуры до 35°C и выше значительно (в 2-3 раза) увеличиваются. Уровень сахаразной активности при повышении температуры среды, напротив, достоверно снижается (в 2-4 раза). Интересно отметить, что при 13 и 16°C в уровне активности карбогидраз существенных различий не наблюдается, а при 16°C уровень активности щелочной фосфатазы

¹ Материал нам любезно предоставлен В.И. Мартемьяновым. В контроле использовали рыб, акклимированных к температурам 0 и 16°C .

Т а б л и ц а 1

Уровень активности пищеварительных ферментов карпа при акклимации рыб к высоким температурам

Температура, °C	Уровень ферментативной активности, ммоль·г ⁻¹ ·мин ⁻¹		
	общая амила- литическая	сахараза	щелочная фосфа- таза*
0	$\frac{12.6 \pm 1.4}{4.1 \pm 0.8}$ (3.01)	$\frac{0.44 \pm 0.10}{0.19 \pm 0.02}$ (2.32)	$\frac{70.4 \pm 12.3}{18.2 \pm 2.3}$ (3.87)
13	$\frac{16.8 \pm 2.2}{12.4 \pm 1.6}$ (1.35)	$\frac{2.20 \pm 0.70}{1.63 \pm 0.50}$ (1.35)	$\frac{71.5 \pm 8.6}{46.3 \pm 5.6}$ (1.54)
16	$\frac{16.1 \pm 0.9}{13.4 \pm 0.7}$ (1.20)	$\frac{2.69 \pm 0.10}{2.07 \pm 0.08}$ (1.30)	$\frac{168.0 \pm 17.8}{133.0 \pm 14.1}$ (1.26)
34	$\frac{11.4 \pm 1.8}{18.0 \pm 0.3}$ (0.63)	$\frac{0.91 \pm 0.1}{1.46 \pm 0.1}$ (0.62)	-
35	$\frac{28.6 \pm 4.1}{50.0 \pm 4.5}$ (0.57)	$\frac{0.46 \pm 0.1}{0.73 \pm 0.1}$ (0.63)	$\frac{208.4 \pm 52.0}{357.5 \pm 68.4}$ (0.58)

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2: над чертой – активность ферментов при 20 °C, под чертой – то же при температуре акклимации. В скобках указан температурный коэффициент ферментов при названных температурах.

*- Здесь и в табл. 2 активность выражена в мкмоль·г⁻¹·мин⁻¹.

увеличивается в 2 раза. Кроме того, следует обратить внимание на то, что при акклимации к 0 °C не изменяется уровень щелочно-фосфатазной активности, незначительно снижается общая амилалитическая активность и резко (в 5 раз) уменьшается активность сахаразы. Данные, полученные при температуре акклимации, свидетельствуют о последовательном увеличении активности амилалитических ферментов и щелочной фосфатазы во всем диапазоне исследованных температур, сахаразы – лишь от 0 до 16 °C.

Вычисление отношения уровня ферментативной активности при 20 °C и температуре акклимации рыб позволило выявить существенные различия в величине температурных коэффициентов исследованных ферментов. Несмотря на то что во всех случаях отмечено зна-

Т а б л и ц а 2

Уровни тотальной (I) и относительной тотальной (II) активностей пищеварительных ферментов карпа при акклимации рыб к высоким температурам

Температура, °C	Уровень ферментативной активности, ммоль·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹					
	общая амилалитическая		сахараза		щелочная фосфатаза	
	I	II	I	II	I	II
0	$\frac{3.5 \pm 0.5}{1.2 \pm 0.3}$ (3.00)	$\frac{106.1 \pm 20.4}{36.2 \pm 9.7}$ (2.93)	$\frac{0.12 \pm 0.03}{0.05 \pm 0.02}$ (2.30)	$\frac{3.8 \pm 1.00}{1.74 \pm 0.65}$ (2.18)	$\frac{20.2 \pm 6.3}{5.3 \pm 1.5}$ (3.8)	$\frac{652.0 \pm 242.8}{170.8 \pm 54.7}$ (3.8)
13	$\frac{36.3 \pm 4.1}{26.9 \pm 3.0}$ (1.35)	$\frac{315.2 \pm 19.0}{233.2 \pm 14.0}$ (1.35)	$\frac{5.36 \pm 1.90}{3.97 \pm 1.40}$ (1.35)	$\frac{46.2 \pm 19.00}{34.2 \pm 14.10}$ (1.35)	$\frac{160.2 \pm 26.4}{103.5 \pm 17.1}$ (1.55)	$\frac{1371.4 \pm 212.1}{887.3 \pm 137.2}$ (1.55)
16	$\frac{16.9 \pm 3.1}{14.1 \pm 2.4}$ (1.20)	$\frac{404.9 \pm 34.3}{337.3 \pm 28.6}$ (1.20)	$\frac{2.32 \pm 0.30}{1.80 \pm 0.20}$ (1.29)	$\frac{68.2 \pm 7.70}{54.5 \pm 6.10}$ (1.25)	$\frac{148.2 \pm 28.2}{117.2 \pm 22.3}$ (1.26)	$\frac{4279.5 \pm 598.5}{3385.1 \pm 473.4}$ (1.26)
34	$\frac{5.8 \pm 0.4}{9.8 \pm 1.7}$ (0.59)	$\frac{109.7 \pm 12.6}{182.0 \pm 26.9}$ (0.60)	$\frac{0.52 \pm 0.14}{0.81 \pm 0.15}$ (0.64)	$\frac{9.6 \pm 2.3}{14.7 \pm 2.3}$ (0.66)	-	-
35	$\frac{26.8 \pm 3.5}{56.8 \pm 14.3}$ (0.47)	$\frac{386.7 \pm 28.5}{800.7 \pm 110.9}$ (0.48)	$\frac{0.43 \pm 0.05}{0.69 \pm 0.23}$ (0.66)	$\frac{6.3 \pm 0.6}{10.2 \pm 1.1}$ (0.62)	$\frac{185.7 \pm 35.6}{328.9 \pm 53.7}$ (0.56)	$\frac{1971.0 \pm 675.7}{5037.9 \pm 1111.1}$ (0.39)

чительное уменьшение температурных коэффициентов с увеличением температуры, к которой акклимированы рыбы, степень изменения этого показателя различна. Наибольшее уменьшение показателя отмечено для общей амилолитической активности (в 7.3 раза), несколько меньшее – для щелочной фосфатазы (6.7 раза), минимальное – для сахаразы (3.7 раза). Также интересно отметить, что величина температурных коэффициентов сахаразы в зоне высоких температур постоянна.

Помимо этого было проведено определение тотальной и относительной тотальной активности ферментов (табл. 2). Сопоставление полученных данных свидетельствует о значительной общности влияния температуры на все показатели. Однако при определении тотальной активности ферментов обнаружена большая вариабельность исследованных показателей. В частности, при 20 °C активность карбогидраз у рыб, акклимированных к температуре 16 °C и особенно к 34 °C, значительно ниже, чем у рыб, содержащихся при температуре 13 °C. Вместе с тем расчет относительной тотальной активности ферментов показал, что при акклимации к высоким температурам величины всех исследованных показателей снижаются. Это в первую очередь относится к сахаразе. При этом в диапазоне температур от 0 до 16 °C наблюдается последовательное увеличение ферментативной активности и резкий спад ее при 34 °C (в 7.1 раза) и 35 °C (в 10.8 раза). Интересно, что отмеченный спад сохраняется и в том случае, когда активность ферментов определяется при температуре акклимации рыб, однако степень уменьшения активности сахаразы ниже, чем при 20 °C лишь в 3.7 и 5.3 раза при 34 и 35 °C соответственно (величины других показателей при 35 °C увеличиваются в 1.5–2.4 раза).

Полученные данные свидетельствуют о том, что при акклимации карпов к высоким температурам происходит значительное увеличение общей амилолитической активности и активности щелочной фосфатазы и резкое снижение активности сахаразы по сравнению с контрольными значениями (13 °C). Эти факты свидетельствуют как об изменении интенсивности синтеза соответствующих ферментов, так и об изменении условий их функционирования при повышении температуры. В частности, снижение уровня активности сахаразы в значительной мере может быть обусловлено прямым влиянием температуры на состояние липидного матрикса мембран и связанными с этим конформационными перестройками белковых глобул ферментов.

Л и т е р а т у р а

1. Кузьмина В.В. Нутритивные адаптации ферментов, осуществляющих мембранное пищеварение у пресноводных костистых рыб. – Журн. общ. биологии, 1981, т. 42, № 2, с. 258–265.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Н.Ф. С и л к и н, Н.И. С и л к и н а

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БЕЛКОВ И ЛИПИДОВ
В СЫВОРОТКЕ КРОВИ СИНЦА

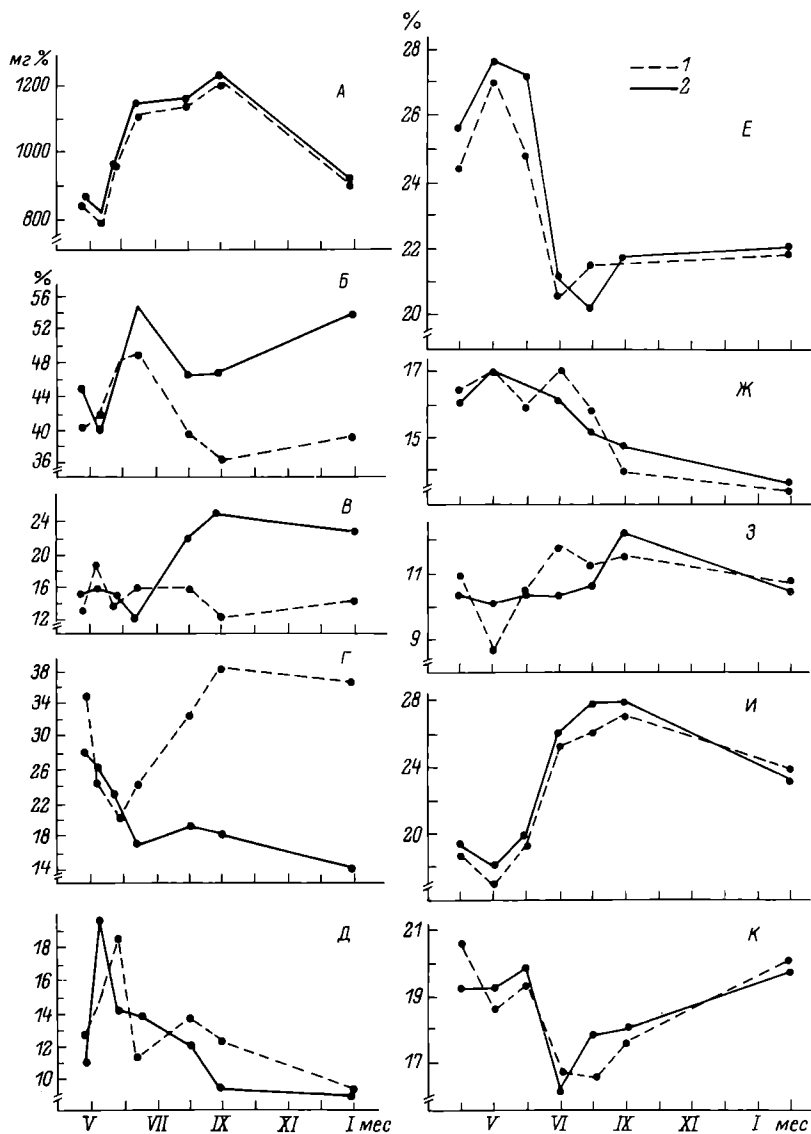
Цель данной работы состояла в изучении белков и липидов сыворотки крови синца Рыбинского водохранилища на протяжении разных сезонов года.

150 половозрелых особей синца *Abramis ballerus* (L.), выловленных из Рыбинского водохранилища, подвергли полному биологическому анализу. Отлов рыб проводили весной (апрель – преднерестовый период, май – нерест), летом (посленерестовый летний нагул), осенью (осенний нагул) и зимой (зимовальный период). Изучение сывороточных белков осуществляли методом электрофореза на ацетат-целлюлозных пленках. Качественное разделение липидов проводили методом тонкослойной хроматографии на пластинках „Silufol” (ЧССР). Полученные данные обработаны статистически на ЭВМ „Минск-22”.

По результатам изучения белково-липидных показателей сыворотки крови синца видим, что в течение года меняются соотношения отдельных фракций белков и липидов и уровень общих липидов (см. рисунок).

Весной в организме рыбы происходят сложные биохимические процессы, связанные с наиболее ответственным этапом в жизни рыбы – нерестом. В период нереста изменяется соотношение практически всех белково-липидных компонентов сыворотки крови, снижается уровень альбуминов и бета-глобулинов, до минимального уровня падает концентрация общих липидов, незэтерифицированных жирных кислот (НЭЖК) и триацилглицеринов (особенно у самок). У самок резко понижается уровень эфиров стерина. В мае по сравнению с апрелем у самцов достоверно повышается концентрация гамма-глобулинов, а у самок альфа-глобулинов. Содержание фосфолипидов и холестерина в это время максимально.

Интенсивный посленерестовый откорм в летние месяцы приводит в первую очередь к быстрому восстановлению энергетических запасов организма, израсходованных на выметывание половых продуктов. Этот период характеризуется стабилизацией всех обменных процессов. Самцы синца в это время имеют более высокий по сравнению с началом нагула уровень альбуминов и триацилглицеринов, у самок повышается уровень НЭЖК. В то же время уровень альфа- и бета-глобулинов у самок возрастает, а у самцов снижается. Содержание гамма-глобулинов у самок резко уменьшается, у самцов такого резкого скачка гамма-глобулинов не наблюдается. В течение летнего откорма поступающие с пищей энергетические вещества расходуются прежде всего на рост и жиронакопление; уровень суммарных липидов, а также триацилглицеринов (запасных липидов) неуклонно повышается, а содержание холестерина уменьшается.



Относительное содержание белков и липидов в сыворотке крови синца в различные сезоны года.

А - общие липиды; Б - альбумины; В - альфа-глобулины; Г - бета-глобулины; Д - гамма-глобулины; Е - фосфолипиды; Ж - холестерин; З - НЭЖК; И - триацилглицерины; К - эфиры стерина. 1 - у самок; 2 - у самцов.

К концу нагульного периода (в сентябре), когда понижается температура воды, в крови синца отмечается максимальное количество общих липидов и триацилглицеринов. Уровень холестерина, эфиров стерина и фосфолипидов в это время невысок как у самок, так и у самцов. Однако характер колебаний белка осенью у самок и самцов синца отличается. Так, уровень альбуминов и альфа-глобулинов более высок у самцов, у самок более высокие значения бета- и гамма-глобулинов ($P < 0,001$).

В течение зимы биохимический состав сыворотки крови меняется незначительно. Колебания в содержании белков и липидов связаны прежде всего с расходом накопленных за нагульный период энергетических резервов организма на нужды энергетического и генеративного обменов.

Таким образом, изменения в содержании белков и липидов в сыворотке крови синца в течение года отражают сезонную ритмику физиологических процессов. Синтез белков и липидов и расходование их в течение года зависят от многих факторов, в том числе от температуры воды, обеспеченности пищей и характера питания в разные сезоны года [1-4].

Наиболее сильно белки и липиды расходуются в процессе нереста, в период активного обмена, и, очевидно, в результате больших затрат энергии могут происходить сильные изменения в соотношении между отдельными компонентами. С началом нагульного периода в организме рыб возрастает интенсивность белкового и жирового обменов. В период самого интенсивного питания (август, сентябрь) в сыворотке крови синца отмечается оптимальное соотношение основных биохимических компонентов.

Л и т е р а т у р а

1. Л а п и н В.И. Специфика сезонной динамики липидного состава у различных подвидов и форм речной камбалы (*Platichthys flesus* (L.)) — *Вопр. ихтиологии*, 1976, т. 1, № 1, с. 96-110.
2. М и к р я к о в В.Р., С и л к и н Н.Ф., С и л к и н а Н.И. Сезонные изменения иммуно-физиологических показателей синца. — В кн.: 1 Всесоюз. симпозиум „Теоретические основы аквакультуры“. Тез. докл. М., 1983, с. 155-157.
3. Ш а т у н о в с к и й М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М., 1980. 288 с.
4. Ш у л ь м а н Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М., 1972. 368 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

П.А. Гдовский, И.Варанка,
Н.Н. Ружинская

ДЕЙСТВИЕ К-ОТРИНА НА ОБОНЯТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ РЫБ

В настоящее время для борьбы с вредными насекомыми все шире используются пиретроиды [2]. По эффективности они конкурируют с фосфорорганическими пестицидами, но в отличие от последних токсичны для позвоночных животных [1]. Интоксикация пиретроидом сопровождается симптомами, свидетельствующими о поражении нервной системы: тремор, конвульсии, клонические спазмы, паралич [4]. Нейротоксическое действие пиретроидов обусловлено нарушением проведения импульсов как по аксонам, так и в синапсах различной природы: адренергических, холинергических, серотонинергических [5, 6].

Наиболее полно исследовано действие пиретроидов на холинергические синапсы беспозвоночных и млекопитающих. Изучения действия пиретроидов на нервную систему рыб до настоящего времени не проводилось. Цель настоящей работы – выяснить влияние искусственного пиретроида к-отрина на обонятельную чувствительность рыб, а именно, на первый центральный отдел системы – обонятельную луковицу – и периферический отдел – обонятельную выстилку.

Работа выполнена на карпах и щуках. В каждой серии опытов использовалось 4–5 рыб. Применяемые методы исследования описаны ранее [3]. Промышленный препарат к-отрин содержит 0.1% искусственного пиретроида декаметрина.

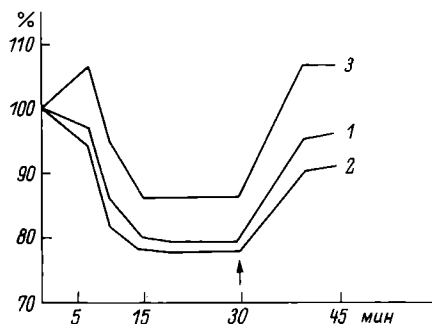
48-часовая LC_{50} к-отрина для карпов – 20 мг/л. Симптомом комплекс отравления этим инсектицидом типичен для пиретроидов: незначительное возбуждение переходит в сильное, которое приводит к потере координации и завершается параличом.

Воздействие к-отрина на функциональное состояние обонятельной луковицы оценивали по форме суммарного ортодромного ответа, регистрируемого с поверхности луковицы при электрическом раздражении нерва. Отдельные волны этого ответа отражают последовательность возбуждения основных структур обонятельной луковицы. Нанесение раствора к-отрина (0.5 мг/л) на поверхность луковицы щуки вызывает изменение ортодромного ответа (рис. 1). В течение 15-минутного воздействия происходит снижение общей амплитуды ответа и отдельных негативных волн на 20–22%. Амплитуда позитивной волны в первые 10 мин возрастает, а затем постепенно снижается до 85% исходной величины. При отмывке токсиканта раствором Рингера ортодромный ответ частично восстанавливается.

Периферический отдел обонятельной системы оказался еще более чувствительным к действию к-отрина. Даже кратковременная перфузия обонятельной выстилки карпа раствором инсектицида в концентрации 0.1 мг/л подавляет обонятельную чувствительность, показав-

Рис. 1. Изменение амплитуды различных компонентов вызванного ортодромного потенциала луковицы шуки при действии 0.5 мг/л к-отрина.

1 - амплитуда положительной волны; 2 - общая амплитуда ответа; 3 - амплитуда отрицательной волны. По оси ординат - амплитуда (норма принята за 100%); по оси абсцисс - время воздействия.



Стрелкой показана смена к-отрина на раствор Рингера.

телем которой служат импульсные реакции вторичных нейронов луковицы, регистрируемые в обонятельном тракте (рис. 2). Ингибирующий эффект к-отрина прямо пропорционален логарифму его концентрации. Промывание выстилки чистой водой частично восстанавливает величину реакции на химический стимул. Обратимость эффекта зависит от концентрации инсектицида, но главным образом от продолжительности его воздействия: к-отрин в концентрации 0.1 мг/л в течение 90 мин вызывает необратимые повреждения (рис. 2).

Полученные результаты позволяют считать, что к-отрин оказывает повреждающее действие как на структуры центральной нервной системы, так и на хеморецепторные клетки у рыб. По всей вероятности, инсектицид непосредственно взаимодействует с рецепторной

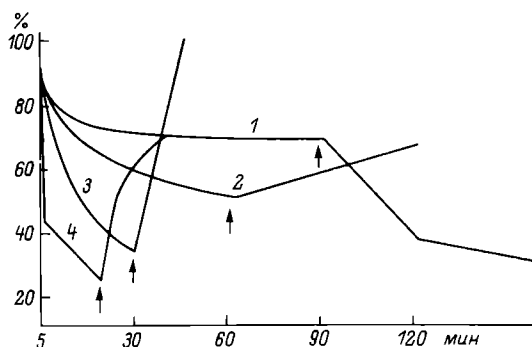


Рис. 2. Действие различных концентраций к-отрина на хемочувствительность обонятельной выстилки при раздражении серином.

1 - 0.1 мг/л к-отрина; 2 - 0.5 мг/л к-отрина; 3 - 1.0 мг/л к-отрина; 4 - 10 мг/л к-отрина. По оси ординат - импульсная активность; по оси абсцисс - время опыта. Стрелкой показана смена к-отрина на чистую воду.

мембраной, так как максимум эффекта достигается в первые минуты воздействия. Согласно литературным данным [7], механизм действия пиретроидов на постсинаптические и нейрональные мембраны одинаков и заключается в блокировании ионных каналов.

Таким образом, к-отрин, действующий на центральную и периферическую нервную систему животных, следует считать особо опасным токсикантом для рыб, поскольку даже кратковременное пребывание их в воде, содержащей этот инсектицид в сублетальных концентрациях, может привести к необратимому процессу, выражающемуся в потере обонятельной чувствительности.

Л и т е р а т у р а

1. М е л ь н и к о в Н.Н. Основные направления в изыскании новых пестицидов. – В кн.: Проблемы гигиены и токсикологии пестицидов. Киев, 1981, ч. 1, с. 10–14.
2. П а н ь ш и н а Т.Н., С а с и м о в и ч Л.Н. Новые синтетические пиретроиды: потенциальная опасность и гигиенические регламентации. – В кн.: Проблемы гигиены и токсикологии пестицидов. Киев, 1981, ч. 2, с. 78–83.
3. Р у ж и н с к а я Н.Н. Электрофизиологическое изучение периферического отдела обонятельной системы рыб: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1980. 24 с.
4. Н е у е у s W.J.J. Insecticides, rodenticides and other economic poisons. – In: Drillis Pharmacology in Medicine. New York, 1965, p. 989–1004.
5. S t a a t z C.G., B l o o m A.S., L e c h J.L. A pharmacological study of pyrethroid neurotoxicity in mice. – Pestic. Biochem., Physiol., 1982, vol. 17, N 3, p. 287–292.
6. Т а к а х а ш и М., М л е к у е с н е Р. The effects of the pyrethroids deltamethrin and cismethrin on nerve excitability in rats. – J. Neurol., Neurosurg., Psychiat., 1982, vol. 45, N 11, p. 1005–1011.
7. V i j v e r b e r g H.F.M. Van den Bercken. Action pyrethroid insecticides on the vertebrate nervous system. – Neuropathol., Appl. Neurobiol., 1982, vol. 8, N 6, p. 421–440.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР,
Балатонский Лимнологический
научно-исследовательский институт
Венгерской Академии наук

Л.Б. П о п о в а

О ЗАРАЖЕННОСТИ СТЕРЛЯДИ
(*ACIPENSER RUTHENUS* (LINNE, 1758))
AMPHILINA FOLIACEA (RUDOLPHI, 1819)

Amphilina foliacea – специфичный паразит осетровых рыб. Биология, морфология, жизненный цикл *A. foliacea* подробно изучены М.Н. Дубининой [1].

Наши исследования проводились в дельте р. Волги в районе тони „Мужичья“ с мая по октябрь 1984 г. Было вскрыто 356 экз. стерляди. Из них 153 экз. оказались зараженными *A. foliacea*, что составляет 43%, при индексе обилия паразитов 3.9. Всех исследованных рыб мы разделили на 3 возрастные группы: 1+, 2+–4+, 5+–8+. Средняя зараженность рыб *A. foliacea* составила: у молоди (1+) экстенсивность заражения 68%, индекс обилия 5.1; у рыб 2+–4+ соответственно 44%, 3.9; у рыб 5+–8+ – 36.5%, 2.8. Е.С. Скрябина [3] тоже отмечала бóльшую зараженность молоди 1+ по сравнению со старшими возрастными группами. У всех возрастных групп наблюдается увеличение экстенсивности заражения *A. foliacea* осенью (см. таблицу).

Осенью зараженность всех возрастных групп стерляди *A. foliacea*, по-видимому, связана с массовым поеданием бокоплавов – промежуточных хозяев паразитов.

Локализуется паразит в полости тела стерляди [1]. Однако мы обратили внимание на то, что паразиты находятся не просто в полости тела, а в значительной степени поражают печень, селезенку, гонады, мышцы и плавательный пузырь. В тканях встречены толь-

Зараженность стерляди *A. foliacea* по сезонам

Сезон	Возраст				
	1+	2+–4+		5+–8+	
		♀	♂	♀	♂
Весна	$\frac{73}{7.5}$	$\frac{31.6}{5.2}$	–	$\frac{38.2}{4.0}$	$\frac{37.5}{1.5}$
Лето	$\frac{64}{4.0}$	$\frac{35}{4.2}$	$\frac{51}{3.4}$	$\frac{40}{2.5}$	$\frac{48.7}{2.6}$
Осень	$\frac{80}{3.6}$	$\frac{44.4}{5.2}$	$\frac{78}{1.6}$	$\frac{50}{3.5}$	–

П р и м е ч а н и е. Над чертой – экстенсивность заражения, %, под чертой – индекс обилия.

ко мелкие молодые неполовозрелые особи. Средняя длина неполовозрелых амфилин 9-10 мм, ширина 4-5 мм, половозрелых - 22-25 мм, ширина 11-13 мм.

Половозрелые особи встречаются с мая по октябрь, но многочисленны они летом (июль-август). Откладка яиц идет наиболее интенсивно в августе-сентябре.

Л и т е р а т у р а

1. Д у б и н и н а М.Н. Паразитические черви класса Amphilinida (Plathelminthes). Л., 1982. 144 с.
2. М а р к о в Г.С., Т р у с о в В.З., Р е ш е т н и к о в а А.В. Различия в зараженности самцов и самок русского осетра. - В кн.: Материалы 18 науч. конф. Волгоград. пед. ин-та. Волгоград, 1963, с. 35-37.
3. С к р я б и н а Е.С. Гельминты осетровых рыб (Scipenseridae Bonaparte, 1831). М., 1974. 167 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 556.556.2 + 556.555.41

С.А. П о д д у б н ы й

О ВИХРЕВОМ ХАРАКТЕРЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ АНОМАЛИИ В ОЗ. ПЛЕЩЕЕВО

В последнее время появилось большое число работ, в которых рассматриваются вопросы генерации и структуры мезомасштабных и синоптических вихрей в морях и океанах по прямым измерениям течений и на основании анализа океанологических данных [1, 4]. Аналогичные исследования начинают проводиться и во внутренних водоемах. Так, Ю.Д. Михайлов и А.Е. Орданович [2] в верхнем прогретом слое глубоководной части Ладожского озера зафиксировали антициклонические вихри синоптического характера. В качестве фактора, генерирующего антициклонический вихрь, предполагалась горизонтальная неустойчивость поля течений при сложной морфологии дна и берегов. Исследования аналогичных вихревых образований в озерах и водохранилищах имеют важное значение при изучении гидродинамического режима водоемов и распределения в них гидробионтов.

В настоящей работе по материалам последовательных температурных съемок, выполненных в начале августа 1983 г. на оз. Плещеево, и на основании математического моделирования ветровых

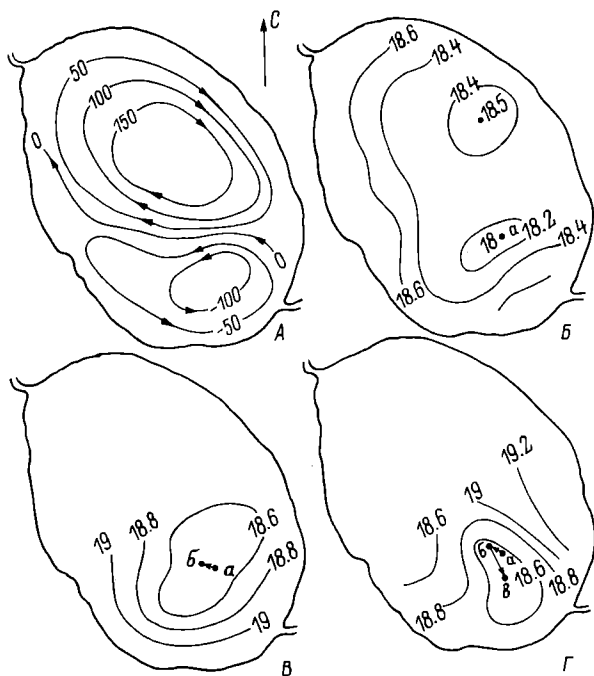


Схема интегральной циркуляции вод (А) (направление ветра 280° , скорость ветра 3.6 м/с, функции полных потоков, $\text{м}^3/\text{с}$) и распределение температуры в верхнем квазиоднородном слое (Б-Г).

а-в — положение центра аномалии 3.08 (Б), 4.08 (В), 6.08 (Г). Стрелкой показано направление перемещения центра.

установившихся течений в южной части озера исследуется динамика отрицательной температурной аномалии верхнего квазиоднородного слоя.

В период съемок (3–6 августа) состояние водной массы озера характеризовалось ярко выраженным термоклином с наибольшей глубиной залегания его верхней границы (8 м) в южной половине озера. Максимальные вертикальные градиенты температуры, как правило, находились непосредственно под верхней границей термоклина, а их величина в нем достигала 6°C на метр глубины.

Такие гидрологические условия позволили предположить, что термоклин может играть роль „жесткой границы“ (второго дна) и препятствовать проникновению вглубь ветровой циркуляции вод, ограничивая ее распространение верхним квазиоднородным слоем. Рассчитанная в период с 1 по 6 августа по стационарной модели мелкого моря А.И. Фельзенбаума [3] для верхнего квазиоднородного слоя интегральная циркуляция вод при преобладающих ветрах

западной четверти (среднее направление 280° , средняя скорость 3.6 м/с) представляла собой два круговорота: антициклонический – в северной половине озера и циклонический – в южной (см. рисунок, А). Размеры вихрей по продольной оси составили 5–6.5 км, по поперечной – 2–5 км. В системе вихрей расходы воды в направлении интегрального переноса изменялись от 5 до $100 \text{ м}^3/\text{с}$. Полученные характеристики скорости и направления течения показали удовлетворительное сходство с фактически измеренным течением верхнего квазиоднородного слоя.

Сформировавшаяся в слое интегральная циркуляция вод оказала влияние на горизонтальное распределение температуры. Так, в результате температурной съемки 3 августа в верхнем квазиоднородном слое были зафиксированы две температурные аномалии. Ядро более теплой воды с максимальной температурой 18.5°C находилось в северной половине озера, а ядро более холодной воды с минимальной температурой 18°C – в южной половине озера (см. рисунок, Б).

Происхождение аномалий температуры воды, по всей видимости, обусловлено следующими факторами. В конце июля в результате преобладающего действия юго-восточных ветров (среднее направление 130° , средняя скорость 3 м/с) произошло заглубление теплой воды в северной части озера и выход в поверхностные слои холодных вод в его южной половине. 1 августа при смене направления ветра на противоположное и при развитии описанной выше циркуляции вод теплые воды в северной половине озера были вовлечены в антициклонический круговорот, а холодные воды в южной половине – в циклонический.

Дальнейшие температурные съемки (4–6 августа), выполненные только в южной половине озера, позволили выявить вихревой характер отрицательной температурной аномалии воды, которая, находясь в системе циклонического круговорота, вращалась против часовой стрелки. Центр же ее постепенно смещался к южному берегу (см. рисунок, Б–Г). Границы аномалии для каждой съемки проводились, согласно методике [1], по внешней замкнутой изотерме. Форма аномалии была близка к эллиптической. Ее горизонтальные размеры по большой оси составляли 1–1.7 км, по малой – 0.4–0.8 км. Угол поворота за сутки был равен 40° при угловой скорости вращения $7 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$, что соответствовало суточному углу поворота радиуса-вектора циклонического водоворота (36°) и его угловой скорости вращения ($8 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$). Перемещение аномалии в пространстве отличалось неравномерностью. Так, от 3 августа к 4 ее центр прошел расстояние 300 м к северу со скоростью 0.34 см/с, а от 4 августа к 6 – 750 м к югу со скоростью 0.4 м/с.

Таким образом, в результате проведенных наблюдений была показана возможность существования в верхнем квазиоднородном слое сравнительно небольшого озера мезомасштабного вихря, обусловленного горизонтальным сдвигом скорости осредненного течения в циклоническом круговороте. Время жизни такого температурного вихря, обладающего сравнительно малыми запасами энергии, составляет, видимо, 2–5 сут [1].

1. Б л а т о в А.С., Б у л г а к о в Н.П., И в а н о в В.А., К о с а р е в А.Н., Т у ж и л к и н В.С. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. Л., 1984. 240 с.
2. М и х а й л о в Ю.Д., О р д а н о в и ч А.Е. Крупные вихри Ладожского озера и их измерения. – Изв. Всесоюз. географ. о-ва, 1984, т. 116, № 3, с. 250–256.
3. Ф е л ь з е н б а у м А.И. Теоретические основы и методы расчета установившихся течений. М., 1960. 127 с.
4. Ф и з и к а океана. Т. 1. Гидрофизика океана. М., 1978. 455 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 556.555.6/7

Н.А. З и м и н о в а, М.В. М а р т ы н о в а

ОБ УТОЧНЕНИИ НЕКОТОРЫХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В настоящее время изучением процессов круговорота вещества в водоемах занят широкий круг специалистов разных профилей. Одной из таких задач является оценка роли донных отложений во внутриводоемных процессах. Для ее решения необходимо не только получение большого фактического материала, но и четкий его анализ, при котором применяемая терминология адекватна анализируемому явлению.

Между тем широко пользуясь терминами „седиментация“, „осаконакопление“, „аккумуляция вещества“, „содержание вещества в отложениях“ и др., разные специалисты вкладывают в них иногда различные понятия, нередко искажая представление об исследуемых процессах и затрудняя сопоставление данных, полученных на разных водоемах. Этим вызвана настоятельная необходимость в строгом разграничении указанных терминов.

Известно, что под с е д и м е н т а ц и е й в лимнологии понимают процесс осаждения из водной массы на дно взвешенных в воде органических и минеральных частиц. С к о р о с т ь с е д и м е н т а ц и и – это скорость осаждения частиц, измеряемая длиной пути, пройденного частицей в единицу времени. В водоеме она зависит от массы, формы и размера частиц, плотности среды, динамической активности водной массы. В последнее время в литературе часто скоростью седиментации называют количество вещества, поступающее на единицу площади дна водоема в

единицу времени. Такое употребление термина неправильно. Количество вещества, накапливающееся на единице площади дна в единицу времени ($\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$), представляет собой скорость осадконакопления. Если выразить количество накапливающегося вещества в объемных единицах, то получится наиболее распространенная характеристика скорости осадконакопления – высота слоя осадков, накапливающихся на дне в единицу времени ($\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, или $\text{м}/\text{год}$).

Скорость седиментации и скорость осадконакопления не являются синонимами. Последняя представляет собой результирующую величину двух противоположно направленных процессов – осаднения (седиментации) вещества на дно и поступления его со дна в водную массу под влиянием различных гидродинамических, биологических и химических факторов. Общий объем, или массу, вещества, накапливающегося в водоеме за определенный период (месяц, год, период существования водохранилища и т.д.), следует называть величиной осадконакопления за указанный период.

Применяемый часто термин „аккумуляция отложений“ по смыслу полностью совпадает с термином „осадконакопление“, следовательно, термины „скорость аккумуляции“ и „скорость осадконакопления“, „величина аккумуляция“ и „величина осадконакопления“ – синонимы.

Применительно к накоплению в донных отложениях отдельных химических элементов или соединений используются аналогичные термины (например, „годовая скорость накопления элемента“, „величина аккумуляции элемента в отложениях за период существования водохранилища“ и т.д.), не требующие дополнительных пояснений. Однако здесь уместно заметить, что нередко исследователи, не вдаваясь в смысл таких понятий, как „накопление вещества (элемента) в донных отложениях“ и „содержание (концентрация) вещества в отложениях“, считают, что величина одной характеристики служит показателем другой. Это не всегда верно. Накопление вещества в донных отложениях определяется, как сказано выше, разностью скоростей поступления его на дно и перехода обратно в водную массу. Концентрация вещества в донных отложениях определяется соотношением количеств данного вещества и всего остального „разбавляющего“ (т.е. остального грунта) материала в отложениях. При одинаковом содержании одного и того же вещества (элемента) в отложениях разных водоемов скорости накопления его могут быть резко различны. Так, содержание органического углерода в отложениях озер Онежское, Мичиган, Гурон в среднем близко к таковому в отложениях Цимлянского, Днепродзержинского, Кременчугского водохранилищ и составляет 1–2% от сухой массы отложений. Скорость накопления органического углерода в отложениях этих двух групп водоемов различается на порядок (2–9 и 60–90 $\text{г С}/(\text{м}^2 \cdot \text{г})$, соответственно для озер и водохранилищ). В качестве примера можно привести Горьковское водохранилище и оз. Эсром (Дания). Скорость накопления органического углерода в от-

ложениях Горьковского водохранилища 48 г С/(м²·г), оз. Эсром – 44 г С/(м²·г), содержание органического углерода различается более чем в 4 раза и составляет соответственно 2,4 и 11%. Таким образом, концентрация вещества не может служить показателем скорости его накопления.

В последнее время в литературе, преимущественно зарубежной, появился ряд новых терминов, употребляемых для характеристики обмена биогенными элементами в системе вода–донные отложения, – биогеноудерживающая способность водоема и коэффициент седиментации биогенов. Термин *биогеноудерживающая способность*, или *коэффициент удержания*, биогенов (*retention coefficient* в англоязычной литературе) аналогичен применяемому в гидрологии термину „наносоудерживающая способность” водоема и представляет собой отношение количества биогенного элемента, аккумулируемого в донных отложениях за определенный период, к общему его поступлению в водоем за этот период. Если данные по величине аккумуляции биогенных веществ в донных отложениях отсутствуют, то коэффициент удержания может быть рассчитан по балансу как разность между приходом и расходом элемента, отнесенная к суммарному его приходу. Однако такая оценка возможна лишь при условии, что запас элемента в водной массе за рассматриваемый период существенно не изменился. В противном случае в величину общей аккумуляции элемента в водоеме (разность между приходом и расходом) вносится поправка на накопление или убыль элемента в водной массе.

Коэффициент седиментации биогенов (*sedimentation coefficient*), предложенный впервые Фолленвайдером [1], представляет собой отношение количества элемента, аккумулируемого на дне в единицу времени (скорость аккумуляции элемента), к массе этого элемента в столбе воды. Коэффициент вычисляется по формуле

$$\sigma = \frac{F_{\bar{z}}}{\bar{z} [\bar{m}]},$$

где σ – коэффициент седиментации; $F_{\bar{z}}$ – средняя для водоема скорость аккумуляции элемента в донных отложениях, мг/(м²·г); \bar{z} – средняя глубина водоема, м; $[\bar{m}]$ – средняя годовая концентрация элемента в воде, мг/м³.

Если в числитель формулы вместо средней скорости аккумуляции поставить скорость осадконакопления, а в знаменатель – вместо средней годовой концентрации элемента среднюю годовую мутность, то получим коэффициент седиментации взвешенных веществ. Из определения коэффициента следует, что он характеризует интенсивность перехода вещества (элемента) из водной массы в донные отложения. По сути своей он аналогичен коэффициенту водообмена: количество вещества (воды), удаляемого из водной массы (водоема), соотносится с общим запасом вещества (воды) в водоеме. Коэффициенты седимен-

тации и водообмена имеют одинаковую размерность. Обе рассмотренные характеристики широко используются в различных моделях экосистем водоемов и часто встречаются в лимнологической литературе, посвященной изучению зависимостей между биогенной нагрузкой на водоем и его продуктивностью.

Авторы надеются, что все вышесказанное привлечет внимание специалистов, изучающих донные отложения водоемов, и будет способствовать устранению неточностей и ошибок в трактовке результатов исследований.

Л и т е р а т у р а

1. V o l l e n w e i d e r R.A. Möglichkeiten und Grenzen elementarer Modelle der Stoffbilanz von Seen. — Arch. Hydrobiol., 1969, Bd 66, S. 1–36.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 556.551.46

Н.А. Т р и ф о н о в а

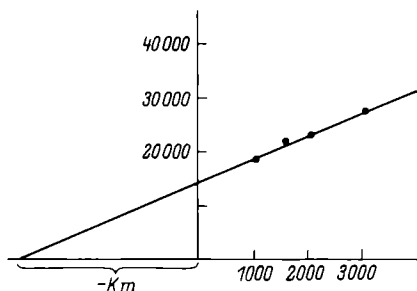
К ОЦЕНКЕ СКОРОСТИ НИТРИФИКАЦИИ В ВОДЕ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ

Биологическое окисление аммонийного азота до нитритов и нитратов осуществляется преимущественно автотрофными нитрификаторами, получающими энергию за счет этого окисления. Ряд гетеротрофных микроорганизмов также способен продуцировать нитриты и нитраты, но для них образование окисленных соединений азота — процесс побочный, не являющийся единственным источником энергии [4, 7].

Имеющиеся в литературе сведения об интенсивности нитрификации весьма ограничены. Это преимущественно результаты наблюдений за изменением содержания нитратов в водной толще или экспериментов с чистыми культурами выделенных микроорганизмов. Определения скорости окисления в водоемах очень малочисленны. Отсутствуют и надежные методы. Используемые в последние годы приемы, основанные на принципе ингибирования каких-либо процессов жизнедеятельности у нитрификаторов, также не свободны от существенных недостатков. Так, хелатный ингибитор, как например тиомочевина, не подавляет нитрификацию, осуществляемую гетеротрофами, а для подавления ее хлоратами требуется введение больших количеств этого вещества, что несомненно искажает естественные условия. Нитрапирин (2-хлор-6(трихлорметил) пиридин), подавляющий ассимиляцию углекислоты у нитрификаторов, эффективно

Определение скорости нитрификации (р. Нерль 24 VII 1980).

По оси ординат – отношение концентрации субстрата к скорости реакции ($S : V$); по оси абсцисс – концентрация субстрата (S), $\text{мкг NH}_4^+ - \text{N /л.}$
Отрезок, отсекаемый наклонной прямой от продолжения оси абсцисс, равен $-K_m$; отрезок, отсекаемый от оси ординат, равен отношению $K_m : V_m$.



ингибирует поглощение CO_2 и у некоторых других микроорганизмов, в частности метанооксиляющих и сульфатредуцирующих бактерий [8].

И.Н. Крылова [3], анализируя литературные данные и результаты собственных исследований по применению нитрапирина для оценки скорости нитрификации, приходит к выводу, что применять этот ингибитор целесообразно для донных отложений и вод метамимниона мезо-эвтрофных водоемов. В местах массового развития метанооксиляющих и сульфатредуцирующих бактерий использовать его нельзя. К тому же этанол, используемый в качестве растворителя нитрапирина, может стимулировать темновую ассимиляцию CO_2 у природных популяций микроорганизмов и таким образом маскировать ингибирующее действие препарата. Кроме того, использование такого косвенного метода предполагает применение постоянного пересчетного коэффициента для перехода от количества ассимилированной углекислоты к количеству окисленного аммония. В действительности же коэффициент довольно изменчив и зависит от условий среды: температуры, наличия питательных веществ, присутствия органических соединений и др. [6].

Поскольку нитрификация осуществляется ферментными системами микроорганизмов, мы попытались для оценки скорости окисления NH_4^+ в водоеме применить принцип исследования кинетики enzymных процессов, в основе которого лежит описываемая уравнением Михаэлиса-Ментен зависимость скорости реакции от концентрации субстрата.

Определение заключается в следующем. Только что взятую пробу воды разливают в серию склянок из темного стекла объемом 100 мл. Добавляют раствор NH_4Cl в количестве от 0 до 2 мг N/л. Склянки с пробами в течение 12–24 ч экспонируют в водоеме на глубине 1 м или в аквариуме при той же, что и в водоеме, температуре воды. После экспозиции в пробах определяют концентрацию NO_2^- по методу Грисса-Илосвая, чувствительность которого составляет десятые доли микрограмма азота на литр. Разность в содержании нитритов между контрольной пробой и пробой с добавками

Район наблюдений	Дата	t, °C	pH	O ₂	БПК ₅
				мг O ₂ /л	

1980 г.

Иваньковское водохранилище: Шошинский плес	27 VII	17,8	7,35	5,9	2,96
	30 VII	21,8	8,00	10,0	4,57
	18 X	6,0	8,00	10,6	0,76
Угличское водохранилище: выше плотины р. Нерль	22 VII	18,9	6,95	6,7	1,38
	24 VII	18,5	6,95	4,8	1,21

1981 г.

Горьковское водохранилище: ниже г. Андропова ниже г. Костромы у г. Чкаловска	20 V	8,2	8,65	13,8	3,57
	23 V	11,1	9,20	15,2	3,88
	27 V	13,8	7,58	11,1	2,80

соли аммония дает величину образования нитритов при разном содержании субстрата (NH_4^+). Графическая обработка полученных данных позволяет определить максимальную скорость и константу половинного насыщения и затем рассчитать скорость нитрификации в водоеме по формуле

$$V = V_m \cdot \frac{S}{K_m + S},$$

где V_m — максимальная скорость при насыщении энзима субстратом; S — концентрация субстрата; K_m — константа Михаэлиса, численно равная концентрации субстрата.

Полученные данные свидетельствуют о том, что процесс нитрификации в водоеме подчиняется закону энзимной кинетики, описываемому приведенным выше уравнением (см. рисунок).

Результаты определений, приведенные в таблице, показывают, что скорость нитрификации в водоемах Верхней Волги составляет сотые и тысячные доли микрограмма азота на литр в час, т.е. не более 0,5 мкг N/(л·сут). Вместе с тем потенциальные скорости довольно высоки — до 10–25 мкг N/(л·сут). Максимальные величины отмечены в водах Шошинского плеса Иваньковского водохранилища — наиболее продуктивном районе; характеризующемся высокими величинами и других показателей биологической активности: скорости оборота фосфатов, фосфатазной активности,

$N_{\text{общ}}$	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	K_m	V_m	V_o
мг N/л					мкг N/(л·сут)	

1.48	0.13	0.017	0.16	4.8	15.4	0.48
1.41	0.06	0.008	0.06	4.5	25.4	0.34
1.24	0.16	0.001	0.06	10.5	10.1	0.05

1.52	0.40	0.019	0.26	3.2	5.8	0.43
1.76	0.35	0.014	0.13	3.4	5.5	0.22

1.32	0.74	0.005	0.01	1.2	4.6	0.04
1.31	0.51	0.005	0.01	3.5	5.3	0.02
0.87	0.26	0.004	0.02	1.7	0.8	0.01

фотосинтеза, биохимического потребления кислорода (БПК) [1, 5]. Большие значения V_m были свойственны Шошинскому плесу во все сроки наблюдений. Высокая нитрификационная способность полностью не реализовалась вследствие низкого содержания аммонийного азота (сотые доли миллиграмма на литр, что почти на два порядка ниже констант половинного насыщения). В остальных пунктах наблюдений, за исключением района г. Чкаловска (Горьковское водохранилище), величины V_m были почти одинаковыми - 4.6-5.8 мкг N/(л·сут).

При реальных скоростях нитрификации на окисление содержащегося в воде аммония должно расходоваться 0.1-1 мкг O_2 /(л·сут), т.е. не более 1% от суточного БПК. Лишь при реализации потенциальной возможности нитрификации, т.е. при резком увеличении в воде аммонийного азота, расход кислорода мог бы увеличиться даже до 100 мкг/(л·сут) и достичь 10-30% от общего потребления кислорода.

Сопоставление полученных нами результатов с литературными данными затруднено прежде всего малочисленностью таких данных. Так, в волжских водах, по трем определениям, выполненным И.Н. Крыловой в августе 1982 г. на Рыбинском водохранилище с применением нитрапирина, интенсивность нитрификации составила 1.6-17.7 мкг $NH_4^+ - N$ /(л·сут). Величины того же порядка получены ею и для озерных вод Прибалтики - 0.3-32 мкг $NH_4^+ - N$ /(л·сут) [3].

Скорости, определенные нами кинетическим методом, в целом ниже приведенных ею величин и совпадают лишь с минимальными значениями. Константы половинного насыщения (K_m), рассчитанные нами, близки к полученным рядом зарубежных исследователей для чистых культур *Nitrosomonas* и для активного ила ($1-10 \text{ мг } \text{NH}_4^+ - \text{N/л}$) [7].

Таким образом, можно считать, что попытка применить для изучения скорости нитрификации принцип исследования кинетики enzymных процессов дала обнадеживающие результаты, и надо полагать, что дальнейшая работа в этом направлении позволит получить более полные материалы для характеристики особенностей и интенсивности этого процесса.

Л и т е р а т у р а

1. Былинкина А.А., Петухова Л.А., Лапирова Т.Б. Формы фосфора и кинетика поглощения фосфатов в водохранилищах Верхней Волги. - В кн.: Гидрохимические исследования волжских водохранилищ. Рыбинск, 1982, с. 49-61.
2. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. М., 1982, ч. 1. 386 с.
3. Крылова И.Н. Нитрификация и денитрификация в озерах разного типа: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1984. 23 с.
4. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л., 1970. 440 с.
5. Трифонова Н.А. О фосфатазной активности вод Ивановского и Угличского водохранилищ. - В кн.: Гидрохимические исследования волжских водохранилищ. Рыбинск, 1982, с. 20-34.
6. Hall G.H. Apparent and measured rates of nitrification in the hypolimnion of a mesotrophic lake. - Appl. Environ. Microbiol., 1982, vol. 43, N 3, p. 542-547.
7. Painter H.A. A review of literature on inorganic Nitrogen metabolism on microorganisms. - Water Res., 1970, vol. 4, N 6, p. 393-450.
8. Somville M. A method for the measurement of nitrification rates in water. - Water Res., 1978, vol. 12, N 10, p. 843-848.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А.А. К о р я к о в ц е в, А.Б. Л а п т е в,
Г.В. Ш а х о в а

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С БЕЛКАМИ

О высокой токсичности серебра для микроорганизмов известно давно. Имеются предположения о том, что бактерицидное действие серебра реализуется за счет его взаимодействия с белками. Выяснение механизма взаимодействия тяжелых металлов с белками осложняется большим набором функциональных групп в белках. Поэтому целесообразно исследовать взаимодействие ионов серебра с модельными соединениями, содержащими аналогичные группы, но с ограниченным их набором. В качестве модели белка был выбран полиамидный сорбент, содержащий амидную и карбоксильную группы и пептидную группировку в макромолекуле. Наличие этих групп позволяет использовать полиамид как упрощенный аналог белковой макромолекулы.

Полиамидный сорбент получали растворением полиамидного волокна в соляной кислоте. Концентрацию ионов серебра определяли полярографическим и потенциометрическим методами с использованием ионоселективных электродов (полярограф Лр-9, ионоселективные электроды Crytur, ионометр ЭВ-74).

При взаимодействии полиамидного сорбента с раствором азотно-кислого серебра наблюдалось снижение концентрации последнего. Исследование механизма взаимодействия показало, что уменьшение концентрации серебра вызвано не взаимодействием ионов серебра с функциональными группами, а образованием малорастворимого хлористого серебра. Соляная кислота, используемая при получении сорбента, образует водородную связь с амидными группами полиамидных молекул и присоединяется к полиамиду в виде недиссоциированных молекул.

Удаление соляной кислоты из сорбента или замещение ее на кислоту, не содержащую галогенов (например HNO_3), делает сорбент неактивным по отношению к серебру. Реакция образования AgCl протекает в течение 2–3 мин и идет как на поверхности сорбента, так и по всему объему раствора по мере выхода соляной кислоты из сорбента. Окислительно-восстановительный потенциал незабуференных растворов при этом смещается в кислую область. Обработка соляной кислотой сорбента, бывшего в контакте с раствором азотнокислого серебра и не снижавшего больше его концентрацию, восстанавливает первоначальные свойства сорбента. Концентрация серебра обычно снижается до $5 \cdot 10^{-6}$ моль, после снижения замедляется ввиду растворимости AgCl . Один грамм сорбента содержит около 9 мг соляной кислоты. Замещение соляной кислоты иодисто-водородной увеличивает скорость уменьшения концентрации серебра из-за образования менее растворимого, чем AgCl , иодис-

того серебра и менее прочной связью HI с полиамидными молекулами.

Таким образом, в модельной системе полиамид-азотнокислосеребро изменение концентрации серебра обусловлено взаимодействием катионов серебра не с амидными, пептидными и карбоксильными группами, а с соляной кислотой, сорбированной полиамидом. Проведенные опыты позволяют предположить, что и при взаимодействии с белками катионы серебра не связывают эти группы.

НИИ биологии при ИГУ им. А.А. Жданова

УДК 597.08 (28)

Р.А. Запруднова

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ПРОБ КРОВИ ЛЕЩА НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КАТИОНОВ

Целью настоящей работы было изучение изменений концентрации катионов натрия, калия и кальция в плазме и эритроцитах леща при различных условиях хранения и обработки проб крови перед началом аналитической операции методом пламенной фотометрии.

Объектом исследования была кровь половозрелого леща (*Abramis brama* L.) Рыбинского водохранилища. Основные приемы сбора и обработки проб крови перед анализом на катионный состав описаны ранее [2]. Полученные данные обработаны статистически на ЭВМ „Минск-22“.

Изучали влияние трех антикоагулянтов на концентрацию ионов в плазме крови и эритроцитах. Контролем служили данные сыворотки крови тех же рыб (табл. 1). „Жидкий“ гепарин (раствор, „Рихтер“, Будапешт) и „сухой“ (порошок, „Спофа“, Прага) разводили в дистиллированной воде до концентрации 1000 ЕД в 1 мл. Данная концентрация давала необходимый антикоагуляционный эффект при минимальных ионных добавках, содержащихся в заводских упаковках антикоагулянта. При разведении оксалата аммония в 9 раз исходили из рекомендаций по его использованию для теплокровных животных.

Применение „жидкого“ и „сухого“ гепарина не влияло на концентрацию ионов в плазме и эритроцитах. Однако „сухой“ гепарин способствовал значительному сгущению эритроцитов, в результате чего затруднялся их анализ на концентрацию электролитов: этим объясняется малая выборка рыб в данном опыте ($n = 5$). В пробах с оксалатом аммония наблюдали значительное занижение концентрации ионов натрия и кальция в плазме, калия в эритроцитах и завышение концентрации калия в плазме и натрия в эритроцитах. Указанные изменения свидетельствуют о перераспределении ионов

Т а б л и ц а 1

Влияние антикоагулянта на концентрацию ионов в плазме и эритроцитах крови леща

Анти-коагулянт	Концентрация ионов в миллиграммэквивалентах в литре плазмы (эритроцитов)						Число рыб
	плазма			эритроциты			
	натрий	калий	кальций	натрий	калий	кальций	
Без анти-коагулянта	137±1.6	0.7±0.3	12.6±0.8	-	-	-	24
Гепарин „жидкий“	140±1.9	0.6±0.2	12.1±0.9	44±1.3	104±1.1	5.5±0.1	24
Оксалат аммония	110±2.8*	7.2±0.3*	1.1±0.9*	61±2.1 ^x	57±1.5*	-	24
Гепарин „сухой“	135±2.0	1.0±0.3	11.8±0.8	46±1.7	98±1.2	5.0±0.2	5

* Здесь и в табл. 2-5 различия достоверны (P = 0.05).

Т а б л и ц а 2

Влияние продолжительности сбора крови рыб на концентрацию катионов в плазме и эритроцитах (n = 6)

Время сбора крови, мин	Концентрация ионов в миллиграммэквивалентах в литре плазмы (эритроцитов)					
	плазма			эритроциты		
	натрий	калий	кальций	натрий	калий	кальций
0,25-1	131±1.2	2.6±0.2	10.2±0.2	30±1.1	101±0.4	3.2±0.1
3 и более	121±1.4*	5.1±0.6*	6.3±0.5*	42±2.9*	81±2.1*	2.5±0.7

по концентрационному градиенту и делают невозможным использование оксалата аммония в качестве антикоагулянта. Таким образом, наиболее подходящим антикоагулянтом для исследования уровней ионов в плазме и эритроцитах рыб является „жидкий“ гепарин.

На следующем этапе нашей работы было исследовано, как влияет продолжительность сбора крови рыб на концентрацию электролитов в плазме и эритроцитах (табл. 2). За начало отсчета времени отбора проб крови принимали взятие рыбы в руки перед каудотомией.

В результате длительного (3 мин и более) отбора проб крови в плазме происходило уменьшение концентрации натрия, кальция и увеличение концентрации калия, а в эритроцитах — уменьшение концентрации калия, кальция и увеличение концентрации натрия. Аналогичные изменения в концентрации электролитов получали у рыб в состоянии стресса, вызванного их отловом, транспортировкой, а также резкими температурными сдвигами [2]. Таким образом, продолжительность сбора крови рыб не должна превышать 1 мин.

В следующей серии опытов изучали влияние температуры, при которой хранится кровь, на концентрацию электролитов в плазме и

Т а б л и ц а 3

Влияние температуры хранения крови леща на концентрацию ионов в плазме и эритроцитах ($n = 7$)

Время хранения, час	Концентрация ионов в миллиграммэквивалентах в литре плазмы (эритроцитов)					
	плазма			эритроциты		
	натрий	калий	кальций	натрий	калий	кальций
20 °C						
0	140±3.1	3.8±0.1	10.1±0.7	37±1.1	93±2.1	4.3±0.2
1.5	135±2.5	2.4±0.2*	9.2±0.2	45±1.3*	90±1.4	4.7±0.0
3.5	138±1.1	2.3±0.2*	8.9±0.2	47±1.6*	96±2.2	4.4±0.3
18	130±3.0	1.4±1.0*	10.0±0.1	58±2.2*	90±3.0	4.9±0.1
4 °C						
0	140±3.1	3.8±0.1	10.1±0.7	37±1.1	93±2.1	4.3±0.2
1.5	134±2.0	3.9±0.3	9.5±0.2	38±2.4	91±1.8	3.9±0.4
3.5	141±2.7	3.8±0.3	9.7±0.2	36±3.0	90±3.3	4.5±0.1
18	139±2.4	2.8±0.3*	9.6±0.2	48±1.7*	95±2.0	4.8±0.3

эритроцитах. Известно, что при инкубации цельной крови рыб происходит перераспределение ионов между плазмой и эритроцитами [1]. Однако специальных опытов по изучению влияния температуры на указанные процессы не проводилось. Изменение концентрации катионов в плазме и эритроцитах при двух различных температурах хранения цельной крови показано в табл. 3.

В первые часы хранения цельной крови при 20 °C концентрация калия резко снижалась в плазме, а концентрация натрия в эритроцитах значительно увеличивалась. Аналогичные изменения в концентрации электролитов в плазме (сыворотке) и эритроцитах были зарегистрированы при хранении крови в интервале температур от 7 до 30 °C. Изменения концентраций калия в плазме и натрия в эритроцитах при указанных температурах начинались через 7–15 мин после сбора крови. Однако при низкой температуре (4 °C) этот процесс задерживался на 3–4 ч. В дальнейшем концентрация натрия в эритроцитах увеличивалась, а изменения концентраций калия в плазме происходили как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения. На основе полученных данных можно рекомендовать в течение нескольких часов содержать кровь в охлажденном состоянии (до 4 °C) при отсутствии возможности центрифугирования, например при работе в экспедиционных условиях.

На следующем этапе нашей работы исследовали влияние условий хранения отдельных фракций крови (плазмы и эритроцитов) на концентрацию в них катионов.

Было показано (табл. 4), что концентрация ионов калия и натрия в плазме и эритроцитах практически не изменялась при действии высоких температур и последующем длительном хранении при

Т а б л и ц а 4

Влияние условий хранения плазмы и эритроцитов на концентрацию катионов ($n = 30$)

Условия хранения	Концентрация ионов в миллиграммэквивалентах в литре плазмы (эритроцитов)					
	плазма			эритроциты		
	натрий	калий	кальций	натрий	калий	кальций
2 мес при -6 °C	135±0,9	1,7±0,4	7,2±0,4	40±1,1	97±2,1	3,3±0,2
12 ч при 105 °C						
2 мес при 20 °C	130±1,6	1,9±0,3	2,5±0,6*	38±1,5	100±0,3	1,4±0,1*

Т а б л и ц а 5

Концентрация ионов кальция в плазме при различных температурах хранения ($n = 10$)

Время хранения	Концентрация ионов в миллиграммэквивалентах в литре		
	20 °C	4 °C	-6 °C
1-4 ч	12,1±0,8	12,4±0,4	12,3±0,5
2 сут	6,0±1,0*	10,0±0,7	11,9±0,4
2 мес	2,3±0,7*	3,4±0,9*	7,4±0,6*

комнатной температуре. Однако концентрация кальция в этих условиях уменьшилась в 2,5 раза. В литературе также указывалось на значительную стабильность концентрации ионов натрия и калия и неустойчивость концентрации кальция в сыворотке рыб при хранении [3]. При этом скорость уменьшения концентрации кальция в плазме возрастала с повышением температуры ее хранения (табл. 5). Таким образом, не рекомендуется хранить плазму (сыворотку) и эритроциты при высоких температурах (20 °C и выше) перед анализом их на концентрацию кальция.

Данные, аналогичные описанному в настоящей работе, были получены и на других видах рыб Рыбинского водохранилища: плотве, щуке, окуне, карпе.

Итак, для получения репрезентативных результатов при анализе плазмы (сыворотки) и эритроцитов рыб на концентрацию электролитов рекомендуется:

- 1) использовать антикоагулянт, не влияющий на концентрацию ионов калия, натрия и кальция в плазме и эритроцитах, например „жидкий” гепарин;
- 2) производить отбор проб в срок, не превышающий 1 мин;
- 3) содержать кровь при 4 °C в течение 3-4 ч (в случае отсутствия возможности центрифугирования и разделения фракций крови);

- 4) избегать хранения плазмы (сыворотки) и эритроцитов при высоких температурах (20 °C и выше) перед анализом их на концентрацию кальция.

Л и т е р а т у р а

1. Запрудниова Р.А. Изменение концентрации катионов в плазме и эритроцитах при инкубации крови леща, подвергнутого воздействию экстремальных факторов. – Биол. науки, 1983, № 12, с. 51–54.
2. Мартемьянов В.И., Запрудниова Р.А. Динамика содержания электролитов в плазме крови, эритроцитах и мышечной ткани пресноводных рыб при стрессе. – Биол. науки, 1982, № 10, с. 44–49.
3. Watanabe Sh., Shimizu M., Yamada J. Effect of storage on the stability of serum samples of the rainbow trout: 1. Sodium, potassium, calcium, magnesium and osmotic concentrations. – Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ., 1978, vol. 29, N 1, p. 7–18.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 639.311.07

В.В. Лапки н, А.Г. Поддубный,
И.И. Пятницкий

СПОСОБЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Рост животных – сложный процесс, который зависит от множества переменных, вклад которых в данный процесс не определен и поэтому максимизировать процесс роста сложно.

Между тем очевидно, что если внутренние потребности организма по времени будут совпадать с величинами внешних факторов среды, т.е. если между некоторым множеством внутренних и внешних параметров будет достигнут своеобразный экстремум или оптимум взаимодействия, то мы получим максимальные приращения размерно-массовых показателей животного. Напротив, если это условие не будет строго выполняться, то по мере отклонения от него будут наблюдаться все меньшие и меньшие приросты.

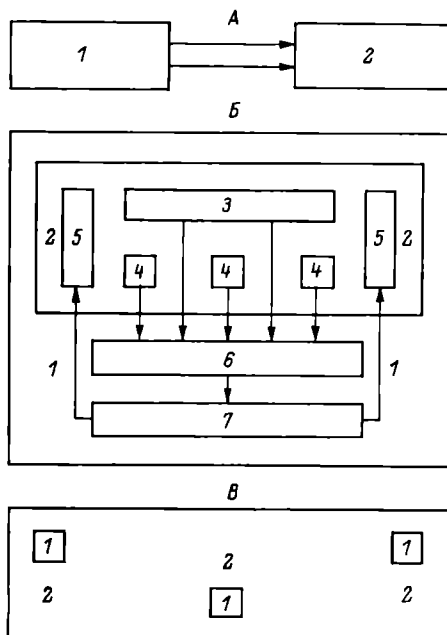
Одним из приемов достижения оптимального взаимодействия организма с внешней средой служит самопроизвольный выбор живот-

ным внешних факторов среды в гетерогенных условиях. В настоящее время установлено, что при наличии градиентных условий рыбы способны выбирать определенные значения многих параметров среды, например, температуры, солености, освещенности, pH и ряда других [2, 4, 5]. Понятно, что данный способ оптимизации взаимодействия организма с факторами внешней среды имеет ограничения, поскольку в трехмерном пространстве одновременно можно задать только 3 параметра с распределенными значениями. Тем не менее даже при задании многих параметров внешней среды с постоянными величинами в пределах нормы данный способ оптимизации взаимодействия организма со средой, на наш взгляд, имеет ряд преимуществ по сравнению со способом только вынужденного, жесткого задания внешних факторов, так как при возможности самопроизвольного выбора тех или иных параметров у объектов разведения появляются дополнительные возможности к самоуправлению (к самонастройке), т.е. к более тонкой координации многих физиолого-биохимических процессов.

На этой основе был разработан способ выращивания рыб [3]. Суть данного способа состоит в том, что контрольную группу рыб помещают в специальный бокс, где рыбы могут самостоятельно выбирать те или иные параметры среды, в частности уровень температуры и освещенности, а также определенный спектр света (цвет). После того как контрольная группа рыб выберет в боксе с пространственным распределением параметров определенные величины среды, значения этих параметров воспроизводят в бассейнах для выращивания рыб (см. рисунок). Таким образом, в последних значения выбранных параметров среды в определенный промежуток времени по всему объему поддерживают постоянными (одинаковыми), а программа их смены определяется изменением местоположения рыб в контрольном боксе. Этот жестко заданный по всему пространству бассейна для выращивания рыб режим и считают, как правило, оптимальным для определенной возрастной группы животных при промышленном выращивании рыб.

Недостаток этого способа состоит в том, что в нем не учитывается разнокачественность индивидуальных требований особей к условиям среды, хотя первая имеет место даже в одной возрастной группе. Поэтому, очевидно, правильнее выращивать рыб непосредственно в бассейне с такими параметрами среды, где каждая особь сможет найти оптимальные для себя условия [3]. Однако для того чтобы данный способ выращивания животных стал экономически выгодным, пространственные градиенты среды нужно создавать достаточно узкими, охватывающими лишь область оптимальных параметров, характерных для особей конкретной популяции, которые, как правило, известны или их несложно предварительно определить.

На практике данный способ выращивания животных может быть реализован следующим образом. В бассейне для выращивания рыб по двум или трем координаторам создают пространственные градиенты параметров среды, наиболее сильно влияющие на ростовые характеристики животных. Бассейн по всему объему снабжают ре-



Способы выращивания рыб в искусственных условиях.

А – схема выращивания рыб по принципу задания условий среды, аналогичных выбранным контрольной группой животных. 1 – бокс с распределенными параметрами среды, с контрольной группой рыб, с датчиками для регистрации животных и условий среды; 2 – бассейн с регулируемыми условиями среды для выращивания рыб.

Б – блок-схема для выращивания рыб в градиентных условиях. 1 – биотехническая система; 2 – бассейн для выращивания рыб; 3 – датчики для регистрации рыб; 4 – датчики для регистрации параметров среды; 5 – элементы, изменяющие параметры среды; 6 – блок-анализатор, сравнивающий существующее распределение рыб в бассейне с программой равномерного распределения особей в пространстве; 7 – блок управления.

В – схема выращивания рыб в прудах. 1 – оптимальные параметры среды; 2 – естественные параметры среды.

гистрирующими параметры среды и положение рыб датчиками, роль которых может выполнять сканирующий ультразвуковой эхолотокатор. Эти датчики предназначены для осуществления корректировки параметров среды в зависимости от местоположения рыб в бассейне и поддержания таких градиентных режимов, при которых основная масса рыб была бы равномерно распределена преимущественно по всему объему бассейна, но с меньшей плотностью на периферии. Сигналы с обоих датчиков поступают в блок-анализатор, который производит сравнение данной картины распределения рыб в бассей-

не с заранее заданной программой. Переработанной в блок-анализаторе информация поступает в блок управления и далее на соответствующие исполнительные элементы, которые ступенчато с определенной задержкой во времени изменяют режим параметров в бассейне до тех пор, пока основная масса животных равномерно не разместится в его центральной части. Таким образом, мы получаем единую биотехническую систему с обратной связью, способную поддерживать оптимальный режим по ряду параметров практически для всех выращиваемых особей (см. рисунок).

Понятно, что данные способы выращивания рыб на практике экономически выгодны лишь для небольших объемов воды при высокой плотности посадки животных (садки, акватории). При прудовом же выращивании рыб зоны с оптимальными параметрами среды перспективно создавать локальными пятнами (станциями), используя их как места концентрации рыб в целях кормления и профилактической обработки животных от болезней и облова. Причем в период тотального облова рыб в водоеме желательно создавать так называемый режим „бегущей волны“, т.е. повышение концентрации особей в одном (или нескольких) направлении путем последовательного выключения станций. Такое мероприятие, на наш взгляд, значительно сократит затраты на отлов рыб и повысит его эффективность. Способ локального создания зон с оптимальными условиями среды может найти применение для подобных же целей и в прибрежных естественных водоемов.

Анализ литературного материала по влиянию на рост животных абиотических факторов среды [1] показывает, что наиболее важным параметром среды при выращивании рыб можно считать температуру, поскольку именно с ней связаны максимальные приросты холодокровных животных. Следующими по значимости, очевидно, могут быть соленость и освещенность (интенсивность светового потока и продолжительность светового дня). Указанные параметры в зону выращивания рыб должны вводиться на фоне постоянно поддерживаемых на уровне видового оптимума содержания растворенного в воде кислорода и рН.

Л и т е р а т у р а

1. М и н а М.В., К л е в е з а л ь Г.А. Рост животных. М., 1976. 291 с.
2. С п е ш и л о в Л.И. Поведение разноразмерной молоди лососевых в условиях солевого градиента. — В кн.: Тр. Всесоюз. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии, 1972, т. 90, с. 76–86.
3. С a v a n a g h Р.Е. Пат. 357229 (США). Method and apparatus for growing fish. — Оpubл. 1971.
4. P r e t e P.J., B e i t i n g e r T.L., S t a n f o r d J.A. Behavioral avoidance of acidic lake-water by bluegill, *Lepomis macrochirus* (Centrarchidae). — Southwest. Natur., 1981, vol. 26, N 4, p. 433–436.

5. R e y n o l d s W.W., T h o m s o n D.A.
Responses of young Gulf grunion, *Leuresthes sardina*, to gradients of temperature, light, turbulence and oxygen. - *Copeia*, 1974, N 3, p. 747-758.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР
Институт эволюционной
морфологии и экологии
животных АН СССР

Школа-семинар по применению методов электронной микроскопии при изучении морфологии панциря диатомовых водорослей (С.И. Генкал)	3
---	---

СООБЩЕНИЯ

Б у т о р и н А.Н. Темновая ассимиляция углекислоты микрофлорой поверхностного слоя донных отложений озер Карелии	4
Р о м а н е н к о В.И. Прохождение бактерий сквозь толщу иловых отложений	7
Г и л ь Т.А., Ш а х о в а Г.В., Л и н и ц к и й А.А., С т о м Д.И. Визуальное определение гашения люминесценции светящихся бактерий под влиянием токсикантов	8
Г е н к а л С.И., П о п о в с к а я Г.И. Новые данные по таксономии и морфологии некоторых видов диатомовых водорослей рода <i>Melosira</i> Ag.	11
Г е н к а л С.И., К о р н е в а Л.Г. Новые данные к морфологии панциря <i>Melosira italica</i> (Ehr.) Kütz. (Bacillariophyta)	16
М ы л ь н и к о в а З.М. Сосушие инфузории Рыбинского водохранилища	19
Г а г а р и н В.Г. Некоторые данные о мейобентосе Рыбинского водохранилища	22
К а р а т а е в А.Ю. Динамика численности <i>Stictochironomus psammophilus</i> Tschern. в различных температурных зонах водоема-охладителя ТЭС	25
К о л у п а е в Б.И., Ш е в ч е н к о Н.В., С о б а ш н и к о в а Н.Л. Концентрация гемоцианина в гемолимфе бокоплавов и моллюсков при изменении факторов внешней среды	28
В о л о д и н В.М., С т р е л ь н и к о в а А.П., Г р е ч а н о в И.Г. К вопросу о влиянии резорбции икры на качество потомства у рыб	31
К у з ь м и н а В.В., П о д д у б н а я Е.А. Уровень активности пищеварительных ферментов карпа при акклимации рыб к высоким температурам	35
С и л к и н Н.Ф., С и л к и н а Н.И. Сезонная динамика белков и липидов в сыворотке крови синца	39
Г д о в с к и й П.А., В а р а н к а И., Р у ж и н с к а я Н.Н. Действие к-отрина на обонятельную систему рыб	42
П о п о в а Л.Б. О зараженности стерляди (<i>Acipenser ruthenus</i> (Linne, 1758)) <i>Amphilina foliacea</i> (Rudolphi, 1819)	45
П о д д у б н ы й С.А. О вихревом характере отрицательной температурной аномалии в оз. Плещеево	46

З и м и н о в а Н.А., М а р т ы н о в а М.В. Об уточнении некоторых терминов и понятий, используемых при изучении донных отложений	49
Т р и ф о н о в а Н.А. К оценке скорости нитрификации в воде Верхней Волги	52
К о р я к о в ц е в А.А., Л а п т е в А.Б., Ш а х о в а Г.В. К вопросу о механизме взаимодействия тяжелых металлов с белками	57
З а п р у д н о в а Р.А. Влияние условий хранения и обработки проб крови леща на концентрацию катионов	58
Л а п к и н В.В., П о д д у б н ы й А.Г., П я т н и ц к и й И.И. Способы выращивания рыб в искусственных водоемах	62

INFORMATION

School-seminar on use of electron microscopy methods by investigation of morphology of diatom frustule (S.I. G e n k a l)	3
---	---

ARTICLES

B u t o r i n A.N. Dark assimilation of carbonic acid by the upper layer microflora of bottom sediments in Karelia lakes	4
R o m a n e n k o V.I. Penetration of bacteria through thickness of silt deposits	7
G i l T.A., S h a k h o v a G.V., L i n n i t s- k y A.A., S t o m D.I. Visual determination of luminescence declining of luminous bacteria under the influence of toxicants	8
G e n k a l S.I., P o p o v s k a j a G.I. New data on taxonomy and morphology of some species of diatoms <i>Melosira</i> Ag.	11
G e n k a l S.I., K o r n e v a L.G. New data on frustule morphology of <i>Melosira italica</i> (Ehr.) Kütz. (Bacillariophyta)	16
M y l n i k o v a Z.M. Suctorina of the Rybinsk reservoir	19
G a g a r i n V.G. Some data on meiobenthos of the Rybinsk reservoir	22
K a r a t a e v A.Ju. Abundance dynamics of <i>Stictochironomus psammophilus</i> Tschern. in various temperature zones of thermoelectric power station cooling body of water	25
K o l u p a e v B.I., S h e v c h e n k o N.V., S o b a s h n i k o v a N.L. Concentration of hemocyanine in haemolymph of amphipods and mollusks under change of environmental factors . .	28
V o l o d i n V.M., S t r e l n i k o v a A.P., G r e c h a n o v I.G. The influence of eggs resorption on quality of fish progeny . . .	31
K u s m i n a V.V., P o d d u b n a j a E.A. Level of digestive enzymes activity of carp during acclimation to the high temperature	35
S i l k i n N.F., S i l k i n a N.I. Seasonal dy- namics of albumen and lipids in blood serum of blue bream	39
G d o v s k y P.A., V a r a n k a I., R u z h i- n s k a j a N.N. Influence of k-o-trine on fish olfactory system	42

P o p o v a L.B.	On the infection of sterlet (Acipenser ruthenus (Linne, 1758)) by Amphilina foliacea (Rudolphi, 1819)	45
P o d d u b n y i S.A.	On vertical character of negative temperature anomaly in the lake Pleschchevo	46
Z i m i n o v a N.A., M a r t y n o v a M.V.	On specification of some terms and ideas used while investigation of bottom sediments	49
T r i f o n o v a N.A.	The estimation of nitrification rate in the Upper Volga water	52
K o r j a k o v t s e v A.A., L a p t e v A.B., S h a k h o v a G.V.	The problem on interaction mechanism of heavy metals and albumen	57
S a p r u d n o v a R.A.	The effect of samples storage and processing conditions on cations concentration in bream blood	58
L a p k i n V.V., P o d d u b n y i A.G., P y a t n i t s k y i I.L.	Fishes cultivation in artifical water bodies	62

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень
№ 71

Утверждено к печати
Институтом биологии внутренних
вод Академии наук СССР

Редактор издательства Л.И. Сметанкина
Технический редактор Е.В. Поликтова
Корректор Т.А. Бравая

ИБ № 21394

Подписано к печати 26.08.86. М-18845. Формат 60х90 1/16. Бумага
офсетная № 1. Печать офсетная. Усл.печ.л. 4.50. Усл.кр.-отт. 4.75.
Уч.-изд.л. 4.35. Тираж 1150. Тип. зак. № 759. 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

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА „НАУКА“
МОЖНО ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАКАЗАТЬ
В МАГАЗИНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОНТОРЫ „АКАДЕМКНИГА“,
В МЕСТНЫХ МАГАЗИНАХ КНИГОТОРГОВ
ИЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ.

Для получения книг почтой
заказы просим направлять по адресу:

117192 Москва, Мичуринский пр., 12,
магазин „Книга – почтой“
Центральной конторы „Академкнига“;
197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7,
магазин „Книга – почтой“
Северо-Западной конторы „Академкнига“
или в ближайший магазин „Академкнига“,
имеющий отдел „Книга – почтой“

480091 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 („Книга – почтой“);
370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13 („Книга – почтой“);
232600 Вильнюс, ул. Университето, 4;
690088 Владивосток, Океанский пр., 140;
320093 Днепропетровск, пр. Гагарина, 24 („Книга – почтой“);
734001 Душанбе, пр. Ленина, 95 („Книга – почтой“);
375002 Ереван, ул. Туманяна, 31;
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 289 („Книга – почтой“);
420043 Казань, ул. Достоевского, 53;
252030 Киев, ул. Ленина, 42;
252142 Киев, пр. Вернадского, 79;
252030 Киев, ул. Пирогова, 2;
252030 Киев, ул. Пирогова, 4 („Книга – почтой“);
277012 Кишинев, пр. Ленина, 148 („Книга – почтой“);
343900 Краматорск Донецкой обл., ул. Марата, 1 („Книга – почтой“);
660049 Красноярск, пр. Мира, 84;
443002 Куйбышев, пр. Ленина, 2 („Книга – почтой“);
191104 Ленинград, Литейный пр., 57;
199164 Ленинград, Таможенный пер., 2;
199004 Ленинград, 9 линия, 16;
220012 Минск, Ленинский пр., 72 („Книга – почтой“);
103009 Москва, ул. Горького, 19а;
117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7;
330076 Новосибирск, Красный пр., 51;
330090 Новосибирск, Академгородок, Морской пр., 22 („Книга – почтой“);
142284 Протвино Московской обл., „Академкнига“;
142292 Пушкино Московской обл., МР „В“, 1;
620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137 („Книга – почтой“);
700029 Ташкент, ул. Ленина, 73;
700100 Ташкент, ул. Шота Руставели, 43;
700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6 („Книга – почтой“);
634050 Томск, наб. реки Ушайки, 18;
450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10 („Книга – почтой“);
450025 Уфа, Коммунистическая, 49;
720001 Фрунзе, бульв. Дзержинского, 42 („Книга – почтой“);
310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87 („Книга – почтой“).