

06
ИБ88

ISSN 0320—9652
РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

95

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД
им. И. Д. ПАПАНИНА
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ
ГИДРОБИОЛОГИИ ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 95



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
„НАУКА”
С.-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1992

Russian Academy of Sciences

I. D. Papanin 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 95

УДК 574.5(28)

Информационный бюллетень содержит краткие сообщения по водной микробиологии, фитопланктону, перифитону и зоопланктону, водным грибам, инфузориям, нематодам, по некоторым вопросам экологии и влияния загрязнений на паразитов рыб и комплексы ракообразных. Две статьи посвящены биохимическим исследованиям карповых рыб. Приводится диагноз крупномасштабных гидрометеорологических процессов в Волго-Камском бассейне.

Для гидробиологов, ихтиологов, гидрологов, преподавателей и студентов.

О т в е т с т в е н н ы й р е д а к т о р
Б. Ф. ЖУКОВ

Р е ц е н з е н т ы:
А. В. МАКРУШИН, М. И. ШАТУНОВСКИЙ

5/9

3707511

Б $\frac{1903040100-606}{042(02)-92}$ 332—92, II полугодие

© Коллектив авторов, 1992
© Редакционная подготовка —
издательство
„Наука“, 1992

Т. А. Гиль, А. М. Кузнецов, Д. И. Стом

**ТЕСТИРОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЛИОФИЛИЗИРОВАННЫХ СВЕЯЩИХСЯ БАКТЕРИЙ**

Using of previously liophilized culture of fluorescent microorganisms for the estimation of efficiency of cleaning of discharge waters was studied. It is shown, that the method offered makes such estimations more cheap and rapid.

Сточные воды промышленных предприятий характеризуются высоким содержанием высокотоксичных соединений, являющихся источником загрязнения природных водоемов. По химическому составу они крайне гетерогенны, что делает их определение очень сложным и дорогостоящим. Кроме того, химические анализы не позволяют оценить интегральную токсичность сточных вод для микроорганизмов активного ила и других гидробионтов. В значительной степени лишены этих недостатков методы биотестирования. С их помощью можно быстро и надежно оценить степень токсичности сточных вод, что позволяет как предупреждать отравление микрофлоры активного ила очистных сооружений сверхвысокими дозами токсикантов, так и контролировать качество очистки воды на каждой стадии этого процесса.

Ранее описанный нами экспресс-метод биотестирования по гашению люминесценции светящихся бактерий разрабатывался на основе использования культуры клеток светящихся бактерий [2-5,7]. Но при практическом применении на производстве возникают определенные трудности в культивировании бактерий (приготовление питательной среды, стерилизация, пересевы культуры, приготовление суспензии).

Лиофилизация бактерий позволяет всегда иметь клетки бактерий, готовые к испытаниям [6]. Для приготовления препарата необходимо влить 10 мл 3%-ного раствора NaCl во флакон с лиофилизированной культурой (флакон хранится в морозильной камере холодильника и перед работой нагревается до

Влияние сточных вод на интенсивность свечения (I , %) препарата лиофилизированных бактерий

Дата, часы отбора	Разведение	I
Завод бытовой химии		
24 IV	200	0
	400	31.8 ± 0.9
	800	98.7 ± 1.3
3 V	200	19.7 ± 5.1
	1000	52.8 ± 3.8
	2000	98.4 ± 1.3
Коксогазовый завод		
18 IV. 8	25	14.7 ± 0.7
	50	65.8 ± 1.7
	100	93.4 ± 1.8
16	25	21.2 ± 1.9
23	25	0
	75	53.6 ± 1.4
	100	89.4 ± 2.4
23 IV. 10	10	55.1 ± 9.7
	100	95.2 ± 9.9
	10	19.8 ± 1.6
16	100	81.2 ± 1.2
23	10	6.4 ± 1.3
	100	81.3 ± 0.1
	20	0
24 IV. 8	50	23.8 ± 2.1
	40	4.3
	100	17.3 ± 1.1
3 V. 8	800	98.4 ± 2.3

комнатной температуры). Суспензия содержит в 1 мл 10^7 клеток.

Препарат лиофилизированных светящихся бактерий предназначен для использования в качестве биотеста на токсичность различных веществ и сточных вод промышленных предприятий. Он апробирован на сточных водах нефтеперерабатывающего завода, промзагрязненных водах химзавода (производства аммиака, карбамида), стоков завода производства синтетических моющих средств, производства этиленпропилена. Для иллюстрации возможностей метода приведем данные тестирования сточных вод коксогазового завода и завода бытовой химии.

Сточные воды синтетических моющих средств завода бытовой химии содержали ПАВ до 103 мг/л. Разбавленная в 400 раз сточная вода вызывала остановку движения клеток *Dunalliella salina*, взятых нами в качестве дополнительного тестобъекта [1]. Гашение свечения лиофилизированных светящихся бактерий на 50 % отмечали при разведении стоков в 1000 раз (см. таблицу).

Сточные воды коксогазового завода содержали азота аммонийного 800 мг/л, летучих фенолов — 937, метанола — 575, сероводорода — 123 мг/л. Тестирование по остановке движения водорослей *D. salina* и по свечению бактерий показало, что суммарная фенольная и щавелевая вода с коксогазового завода при разведении в 50 раз является нетоксичной, а по гашению люминесценции лиофилизированных бактерий стоки нетоксичны при разведении в 100 раз.

Под влиянием исследуемых стоков установлена прямая зависимость (с коэффициентом корреляции 0.86) между снижением интенсивности свечения лиофилизированных бактерий и угнетением дегидрогеназной активности ила в биологических очистных сооружениях.

Таким образом, использование препарата лиофилизированных светящихся бактерий приводит к увеличению чувствительности люминесцентного метода, уменьшает трудоемкость, освобождает персонал лабораторий от культивирования светящихся бактерий.

Литература

1. Балаян А. Э., Стом Д. И. Метод биотестирования по обездвиживанию клеток водоросли дюналиеллы // Методы биотестирования вод. Черноголовка, 1988.
2. Гиль Т. А., Балаян А. Э., Стом Д. И. Метод биотестирования по гашению люминесценции светящихся бактерий // Методы биотестирования вод. Черноголовка, 1988.
3. Гиль Т. А., Стом Д. И., Балаян А. Э. Гашение люминесценции светящихся бактерий как тест для оценки токсичности фенольных компонентов стоков // Микробиология. 1983. № 6.
4. Карпова Е. А., Гиль Т. А., Колодкин А. М. Изучение возможности оценки токсичности сточных вод и их компонентов предприятий молочной промышленности с использованием светящихся бактерий // Технология и техника сыроделия. Барнаул, 1989.

5. Кузнецов А. М., Балаян А. Э. Биолуминесцентный метод оценки токсичности фенолов // Информ. матер. СИФИБРа. Иркутск, 1981.
6. Кузнецов А. М., Примакова Г. А., Фиш А. М. Влияние вида протекторов, условий культивирования и хранения на интенсивность и длительность люминесценции лиофилизированных светящихся бактерий: Тез. докл. „Биоконверсия-88“. Рига, 1988.
7. Стом Д. И., Белых Л. И., Гиль Т. А., Атавина Т.Т. Токсикологическая оценка сточных вод ТЭЦ, работающих на сернистом мазуте // Гидробиол. журн. 1985. Т.21.

НИИ биологии Иркутского университета

УДК 574.583(26) : 579 + 574.587(26) : 579

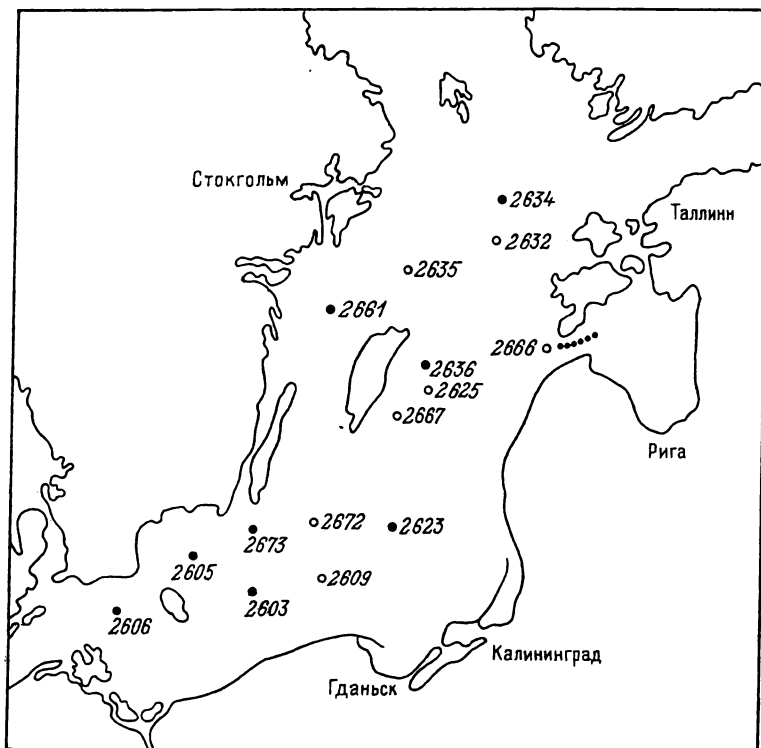
А. Н. Дзюбан, Н. В. Пименов, И. Н. Крылова

**ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И БАКТЕРИОБЕНТОСА
НА НЕКОТОРЫХ УЧАСТКАХ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ
ЗИМОЙ 1990 г.**

The numbers and distributions of bacteria in water and sediments of the open part of the Baltic sea in winter were studied. The estimation of their connection with the hydrological and hydrochemical parameters was also made.

Гидробиологические исследования в зимний период на водоемах умеренных широт затруднены, и сведения об их микрофлоре для этого времени года малочисленны. Не является исключением и внутриконтинентальное Балтийское море. Имеющиеся оценки численности его бактериопланктона относятся к вегетационному периоду и приурочены в основном к прибрежным участкам — зонам максимального антропогенного воздействия [5].

Работы проводили на открытых участках центральной и южной Балтики с 30 января по 3 марта 1990 г. во время 25-го рейса научно-исследовательского судна „Профессор Штокман“ (см. рисунок). Пробы воды из стандартных горизонтов отбирали 30-литровым полиэтиленовым, а прицельно — из слоев повышенной мутности, галоклина, оксиклина и со дна — 5-литровым винипластовым батометрами. Были произведе-



Расположение полнопрофильных станций в Балтийском море в январе—марте 1990 г.

Полые кружки — вода, *заштрихованные* — вода + грунты. Цифры у кружков — номера станций; точки у ст. 2666 — горизонтальный разрез (2666, а—е).

дены исследования на 15 полнопрофильных станциях, а также серия поверхностных разрезов.

Для микробиологических анализов в стерильные флаконы вливали воду, часть которой, предназначенную для определения общего количества бактерий, фиксировали мертиолятом. Из остальной производили посевы на питательные среды для учета тионовых бактерий и нитрификаторов [4]. Грунты доставали черпаком типа „Петерсен 1 : 2“, из которого пробы на анализ извлекали стерильными стеклянными трубками или обожженным шпателем и помещали в стерильные флаконы. Грунты, предназначенные для определения общего количества бактерий, фиксировали мертиолятом. Для посева готовили болтушку последовательных десятикратных разведений: для аэробных са-

профитов на водопроводной воде, для анаэробов — маслянокислых бактерий — на специальной жидкости [1].

Общую численность бактерий определяли под микроскопом „Люам И-1“ методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием флюорохрома акридинового оранжевого на ядерных фильтрах с диаметром пор 0.17 мкм, предварительно окрашенных судановым черным [7]. Для подсчета клеток бактериопланктона фильтровали по 10 мл воды. Илы обрабатывали по предложенной схеме [2] и фильтровали 2 мл болтушки разведения 1:1000, предварительно добавляя в фильтровальную воронку 5 мл безбактериальной воды.

Балтийское море представляет собой крупнейший эстуарий нескольких полноводных рек и относится к типу мелководных мезотрофных морских бассейнов. В его отдельных зонах наблюдается более или менее выраженное плотностное расслоение водной толщи, обусловленное различным происхождением вод. Поверхностные, сильно опресненные, поступают со стоком рек, глубинные, более соленые, — из Северного моря. В масштабе всей акватории наблюдается циклоническая циркуляция с центром в районе о-ва Готланд, которая обеспечивает частичное перемешивание глубинных и поверхностных слоев воды. Однако они чаще всего разделены выраженным галоклином, к которому добавляется формирующийся весной и разрушающийся с осенними штормами термоклин [6]. Подобная структура водных масс безусловно оказывает воздействие на формирование бактериопланктона.

В зимний период общая численность бактерий в поверхностных слоях воды открытой Балтики оказалась значительно ниже, чем летом [5], и колебалась в пределах 0.18—0.48 млн кл./мл. Максимальной она была на южных участках обратной ветви циклонического течения, которое проходит вдоль берегов Швеции (станции 2606, 2605, 2672, 2673), а минимальной — в открытой части центральной и северной Балтики (станции 2609, 2623, 2634, 2635), в зоне входящей ветви внутриводоемной циркуляции (см. рисунок). Поверхностный разрез, выполненный от ст. 2666 по направлению к Рижскому заливу (ст. 2666, а-е), свидетельствует о заметном возрастании плотности бактериопланктона в прибрежных водах по сравнению с открытой частью (табл. 1).

Во время наших исследований вертикальная структура бактериального населения водной толщи на отдельных участках моря существенно различалась. В относительно мелководных зонах с глубинами 40—70 м, где водная масса, как правило, перемешивает-

Таблица 1

Общее количество бактерий (ОКБ) в водной толще
Балтийского моря, млн кл./мл

Стан- ция	Гори- зонт, м	ОКБ	Стан- ция	Гори- зонт, м	ОКБ	Стан- ция	Гори- зонт, м	ОКБ
2603	0	0.35	2609	0	0.20	2632	0	0.32
	10	0.26		10	0.34		10	0.12
	20	0.26		20	0.18		30	0.14
	30	0.29		30	0.19		65	0.23
	60	0.31		50	0.23		100	0.39
	75	0.32		70	0.47		120	0.48
	77	0.52		87	0.25		140	0.68
	87	0.22						
2605	0	0.45	2623	0	0.25	2634	0	0.18
	10	0.45		10	0.24		30	0.24
	50	0.58		20	0.23		100	0.54
	65	0.42		30	0.19		150	0.65
	79	0.40		50	0.21		170	0.32
				75	0.20		190	0.36
2606	0	0.48	2625	0	0.28	2635	0	0.20
	25	0.46		10	0.19		30	0.13
	35	0.47		50	0.35		100	0.38
	42	0.35		100	0.15		150	1.24
	46	0.46		125	0.25		200	0.37
2666	0	0.40	2667	0	0.30	2673	0	0.45
	20	0.40		25	0.46		35	1.01
	50	0.97		50	0.40		41	0.65
2636	0	0.28	2667	0	0.30	2666.	0	0.18
	65	0.44		25	0.46		а	0.52
	100	0.43		50	0.40		б	0.18
	110	1.12		122	0.62		в	0.50
	120	0.20		127	0.29		г	0.51
	126	0.24		132	0.35		д	0.60
	130	0.49		137	0.90		е	
	150	0.13		142	0.38			
	236	0.23		147	0.20			
2661	0	0.25	2672	0	0.43			
	30	0.23		10	0.99			
	55	0.23		30	1.91			
	80	0.40		50	0.47			
	90	0.24		70	0.36			

Таблица 2

Численность нитрифицирующих и тионовых бактерий
в водной толще Балтийского моря, тыс. кл./мл

Стан- ция	Гори- зонт, м	Нитри- фици- рующие	Тио- но- вые	Стан- ция	Гори- зонт, м	Нитри- фици- рующие	Тио- но- вые
2603	10	0.01	<0.01	2634	50	0.10	<0.01
	20	0.01	<0.01		150	0.01	<0.01
	30	0.10	0.01		190	<0.01	0
	60	0.10	0.01		212	<0.01	0.01
	73	0.10	0.01	2632	50	0.10	0.10
	77	0.10	0.01		100	<0.01	1
	87	0.10	0.01		120	0.01	1
2605	79	1	10		140	<0.01	0.01
2623	0	0.01	0	2636	65	0	-
	10	0	0		100	0.10	-
	20	0.01	0		110	0	-
	30	0	0		120	0.01	10
	50	0	0		126	<0.01	10
	75	<0.01	0		130	<0.01	<0.01
	103	<0.01	0	2661	80	0	<0.01
2625	50	0.10	0.01		91	0	<0.01
	100	0.01	1				
	125	0.10	1				
	150	0.01	0.01				

ся до дна, распределение бактерий было либо равномерным, либо их численность увеличивалась в придонных слоях (станции 2606, 2666, 2673). В глубоководных котловинах увеличение общего количества бактерий совпадало со снижением концентрации растворенного кислорода. Там, где типичный оксиклин наблюдался уже в срединных слоях водной толщи (станции 2636, 2667), крутой пик бактериального максимума располагался в узкой микроаэробной зоне над мощной анаэробной профундалью. На участках с растянутой микроаэрофильной зоной, иногда достигающей дна (станции 2634, 2635), плотность бактериопланктона возрастала с глубиной постепенно в виде плавной растянутой кривой. В целом общая численность бактерий в поверхностных водах открытой Балтики была повсеместно ниже в 1.5—3 раза (табл. 1), чем в глубинных слоях, что, по-видимому, является следствием минимального фотосинтеза фито-

Таблица 3

Численность бактерий в грунтах Балтийского моря

Станция	O ₂ у дна, мг/л	Горизонт, см	Общее количество бактерий, млрд кл./см ³	Сапрофитные бактерии		Маслянокислые бактерии		Тионовые бактерии, 3 тыс. кл./см ³
				общее количество, 3 тыс. кл./см ³	споры, %	общее количество, 3 тыс. кл./см ³	споры, %	
2603	1.4	0-2	5.73	1650	42	140	10	0
2605	0.3	0-2	4.87	2200	-	50	1	0
2606	6.7	0-2	5.85	610	12	6	10	10
		2-5	5.69	400	43	5	-	-
2623	1.3	0-2	3.84	3600	37	40	1	0
		2-5	3.65	1320	42	6	1	-
2634	1.1	0-2	0.60	-	-	-	-	0
		2-5	1.70	680	53	6	1	-
2636	0.3	0-2	4.97	9500	37	505	1	0
		2-5	6.03	1450	12	110	10	-
2661	3.2	0-2	3.02	1250	21	6	-	0.01
		2-5	2.27	440	30	5	-	-
2673	8.8	0-2	7.16	6000	7	50	10	-
		2-5	5.90	510	23	6	1	-

планктона, который характерен для зимнего периода [6].

Поступление из анаэробных котловин и грунтов в вышележащие слои воды сероводорода и аммония создает условия для развития в них специфической хемотрофной микрофлоры. Однако оказалось, что численность тионовых и нитрифицирующих бактерий в основной массе воды Балтийского моря чрезвычайно низка, а на ряде станций даже не регистрируется (табл. 2). Максимальное количество нитрификаторов первой фазы независимо от горизонта не превышало обычно 0.1 тыс. кл./мл. Бактерии, окисляющие сероводород, концентрировались в воде микроаэробных слоев стратифицированных котловин или у дна.

Общая численность бактериобентоса на обследованных участках открытых районов Балтики колебалась незначительно (табл. 3) и в целом соответствовала уровню мезо- и эвтрофных озер [3]. Максимум был отмечен в серых тонкодисперсных аэробных илах, содержащих 3.2 мг Сорг./см³, близ мелководного шведского побережья (ст. 2673). Минимум (1.6 мг Сорг./см³ сырой пробы) — в черных мелкоалевритовых грунтах анаэробной котловины, расположенной на крайней северной точке района экспедиционных работ (ст. 2634).

Численность бактерий ряда физиологических групп, которые учитывались на питательных средах, отражает особенности комплекса физико-химических условий тех или иных грунтов. Тионовые бактерии были обнаружены лишь в поверхностных илах на 2 станциях, где содержание растворенного кислорода в придонных слоях воды достаточно велико (табл. 3). Количество анаэробных маслянокислых бактерий оказалось гораздо выше, причем основная их часть находилась в активном вегетативном состоянии. Аэробные бактерии, разлагающие белковые соединения, обнаруживались повсеместно. Однако около 40—50 % из них было в виде спор, что указывает на неблагоприятные условия для этой группы микроорганизмов.

Таким образом, определения численности бактериопланктона и бактериобентоса на некоторых участках Балтийского моря в зимний период выявили структурную неоднородность его микробного сообщества. Количественные показатели микрофлоры водной толщи соответствуют уровню малопродуктивных пресноводных озер, илов — уровню эвтрофных водоемов.

Литература

1. Дзюбан А. Н. Некоторые особенности учета количества маслянокислых бактерий в илах водоемов // Микробиология. 1987. Т.56, вып.1.
2. Дзюбан А. Н., Горбенко А. Ю. Оптимизация метода прямого счета бактерий в донных отложениях водоемов // Микробиология. 1989. Т.58, вып.5.
3. Кузнецов С. И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л., 1970.
4. Кузнецов С. И., Дубинина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. М., 1989.
5. Обзор экологического состояния морей СССР и отдельных районов мирового океана за 1989 г. Л., 1990.
6. Экосистемы Балтики в мае—июне 1964 г. М., 1987.
7. Hobbie J. E., Daley R. J., Jasper S. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy // Appl. Environ. Microbiol. 1977. Vol. 33, N 5.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 582.26 + 581.9

С. И. Генкал, Т. Ф. Козыренко

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ (BACILLARIOPHYTA, CENTROPHYCEAE) РЕКИ ИЖОРЫ

The study of the modern phytoplankton of the Izhora river allowed us to enlarge a list of diatom (*Centrophyceae*) including new for this river species — *Skeletonema* and *Stephanodiscus*.

Река Ижора — один из самых загрязненных притоков р. Невы [3]. По данным исследований 60-х годов в реке было зарегистрировано 50 видов водорослей. Наибольшую группу составляли диатомовые — 17 таксонов, из них к классу *Centrophyceae* относилось всего 3 вида — *Melosira varians*, *M. islandica* и *Cyclotella species* [3]. При этом идентификация водорослей проводилась без подготовки постоянных

препаратов диатомей. Позднее В.Н. Никулина [1, 2], исследуя первичную продукцию и степень загрязнения вод р.Ижоры по альгофлоре, пополнила состав центральных диатомей еще 3 видами — *Cyclotella meneghiniana*, *C. comta* и *Thalassiosira fluviatilis*.

Изучение материалов, собранных в августе 1989 г. в нижнем течении реки, с помощью методов световой и электронной микроскопии позволило значительно расширить список диатомей. Поскольку исследования систематического плана по фитопланктону р. Ижоры отсутствуют, приводим краткие диагнозы и микрофотографии всех выявленных нами представителей.

Aulacosira ambigua (Grun.) Sim. Створки 6.6—8.6 мкм в диам., 10 мкм выс., рядов 15 в 10 мкм, ареол в 10 мкм ряда 15—18 (рис. 1, а). Единично.

A. islandica (O. Müll.) Sim. Створки 11—14 мкм в диам., 10—12 мкм выс., рядов 12—16 в 10 мкм, ареол в 10 мкм ряда 16—18 (рис. 1, б). Единично.

A. subarctica (O. Müll.) Haworth. Створка 6 мкм в диам., 8 мкм выс., рядов 15 в 10 мкм, ареол в 10 мкм ряда 21 (рис. 1, в). Единично.

Cyclotella atomus Hust. Створки 5.5—6.2 мкм диам., штрихов 14—20 в 10 мкм (рис. 1, г). Единично—редко.

C. meneghiniana Kütz. Створки 11—21 мкм диам., штрихов 8—10 в 10 мкм, центральных выростов с опорами 1—2 (рис. 1, д, е). Встречается повсеместно с оценками единично—нередко.

C. stelligera Cl. et Grun. Створки 3.8—7.3 мкм диам., штрихов 20—35 в 10 мкм (рис. 1, ж, з). Единично.

Melosira varians Ag. Створки 10—18 мкм диам., 8—10 мкм выс. (рис. 1, и). Встречена в нескольких пробах с оценкой единично.

Skeletonema potamos (Weber) Hasle. Створки 2.7—4.5 мкм диам., 1.8—3.5 мкм выс. (рис. 2, а, б). Встречается повсеместно с оценками редко—нередко.

S. subsalsum (A.Cl.) Bethge. Створки 3.1—5.8 мкм диам., 2—2.6 мкм выс. (рис. 2, в, г). Встречается повсеместно с оценками редко—часто.

Stephanodiscus hantzschii Grun. Створки 8.5—19.5 мкм диам., штрихов 9—13 в 10 мкм (рис. 2, д). Встречается повсеместно с оценками редко—часто.

S. invisitatus Hohn et Hellerman. Створки 8.5—11 мкм диам., штрихов 18—20 в 10 мкм (рис. 2, е). Единично.

S. makarovae Genkal. Створки 6 мкм диам., штрихов 20 в 10 мкм (рис. 2, ж). Единично.

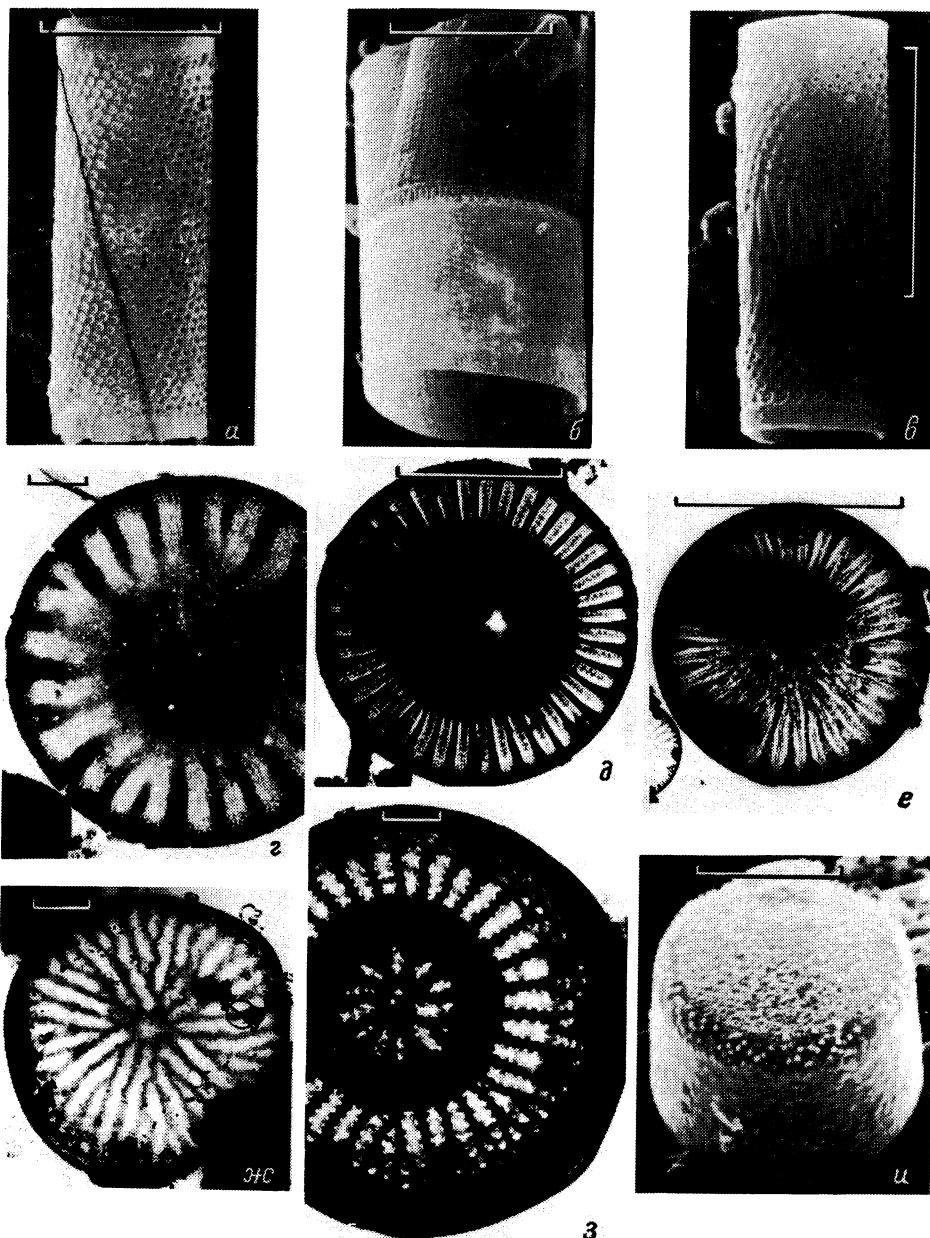


Рис. 1. Электронные микрофотографии створок.

а — *Aulacosira ambigua*, б — *A. islandica*. в — *A. subarctica*. г — *Cyclotella atomus*. д, е — *C. meneghiniana*. ж, з — *C. stelligera*. и — *Melosira varians*. а—в, и — СЭМ; г—з — ТЭМ. Масштаб соответствует 1 мкм (г, ж, з) и 10 мкм (а—в, д, е, и).

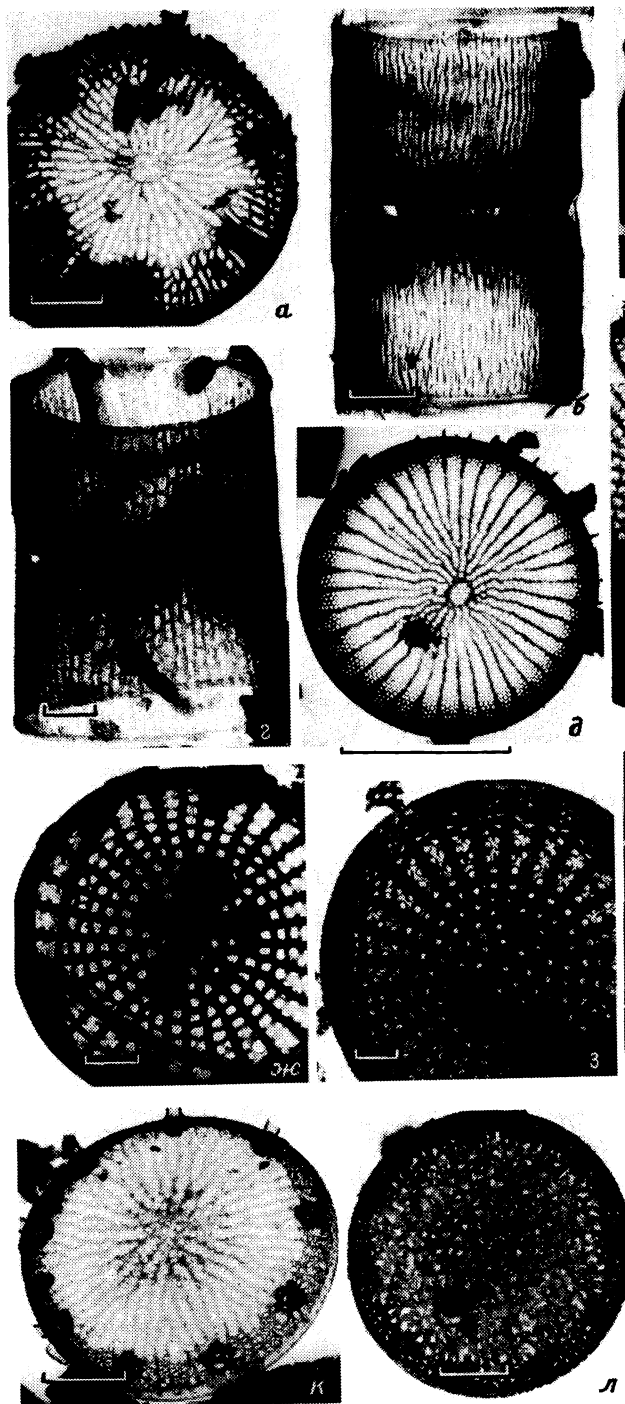


Рис. 2.

S. minutulus (Kütz.) Cleve et Moller. Створки 8.6—9.6 мкм диам., штрихов 12—16 в 10 мкм (рис. 2, з). Единично.

S. triporus Genkal et Kuzmin. Створки 6.4 мкм диам., штрихов 20 в 10 мкм (рис. 2, u). Единично.

Thalassiosira pseudonana Hasle et Heimdal. Створки 2.8—5 мкм диам., краевых выростов с опорами 6—11 на створке (рис. 2, к, л). Встречается повсеместно с оценками редко—нередко.

T. weissflogii (Grun.) Fryxell et Hasle (Syn: *T. fluviatilis* Hust). Створки 13.5—19 мкм диам., центральных выростов с опорами на створке 4—11, краевых — 12—14 в 10 мкм (рис. 2, м). Встречена в отдельных пробах с оценкой единично—редко.

Таким образом, исследования показали, что в настоящее время в р. Ижоре вегетируют 16 видов центральных диатомей: *Aulacosira* — 3, *Cyclotella* — 3, *Stephanodiscus* — 5, *Melosira* — 1, *Skeletonema* — 2, *Thalassiosira* — 2. Представители родов *Skeletonema* и *Stephanodiscus* отмечены для реки впервые.

Литература

1. Никулина В. Н. Опыт использования различных методов оценки степени загрязнения вод по альгофлоре // Методы биологического анализа пресных вод. Л., 1976.
2. Никулина В. Н. Первичная продукция и альгологические исследования некоторых рек Ленинградской области с разной степенью сапробности // Гидро-биологические исследования самоочищения водоемов. Л., 1976.
3. Раскина Е. Е. Фитопланктон и обрастания реки Невы и ее притоков // Загрязнение и самоочищение реки Невы. Л., 1968.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН
С.-Петербургский университет

Рис. 2. Электронные микрофотографии створок.

а, б — *Skeletonema potamos*, в, г — *S. subsalsum*, д — *Stephanodiscus hantzschii*, е — *S. invisatus*, ж — *S. makarovae*, з — *S. minutulus*, u — *S. triporus*, к, л — *Thalassiosira pseudonana*, м — *T. weissflogii*. а—м — ТЭМ. Масштаб соответствует 1 мкм (а—г, е—л) и 10 мкм (д, м).

В. Г. Девяткин, Е. В. Карпова

**СООТНОШЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ
ПЕРИФИТОННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
С ИХ РАЗМЕРНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Invert correlation between average cell size and density of dominated periphyton species was observed. However periphyton species with big cell size was predominated on biomass.

Хорошо известно, что в пределах одного трофического уровня мелкие организмы, как правило, более многочисленны, а их удельный метаболизм очень интенсивен в связи с большой поверхностью тела, приходящейся на единицу объема [3]. Максимальное обилие водорослей в культурах находится в отрицательной зависимости от средних размеров клеток [2]. Однако применительно к перифитону эти вопросы в известной нам литературе не рассматриваются.

Таблица 1

Средняя численность (кл./мм²) и биомасса (мг/м²) доминировавших форм перифитона

Таксон	Численность	Биомасса
<i>Melosira varians</i> Ag.	150	792
<i>Cymbella tumida</i> (Breb.) V.H.	34	703
<i>Spirogyra</i> sp.	5	548
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) V.H.	10	415
<i>Stephanodiscus</i> spp.	189	331
<i>Oedogonium</i> sp.	13	282
<i>Synedra acus</i> Kutz.	99	243
<i>Closterium acerosum</i> (Schränk) Ehr.	1	242
<i>Cymbella</i> sp.	14	235
<i>Mougeotia</i> sp.	80	222
<i>Aulacosira granulata</i>	177	194
<i>Cymbella cistula</i> (Hemp.) Grun.	16	182
<i>Navicula cryptocephala</i> Kutz.	76	161
<i>Gomphonema constrictum</i> Ehr.	38	146
<i>Gymbella ventricosa</i> Kutz.	64	132
<i>Gloeotrichia echinulata</i> (J. S. Smith.) P. Richt.	248	51

Коэффициенты корреляции между средними размерами клеток массовых форм перифитона и показателями их обилия

	Численность	Биомасса	Log численности	Log биомассы
Длина	-0.53	(0.09)	-0.72	(0.26)
Ширина	-0.69	(0.47)	-0.88	0.54
Log длины	-0.79	(0.19)	-0.78	(0.43)
Log ширины	-0.72	0.51	-0.83	0.58
Объем клеток	(-0.48)	(0.18)	-0.83	(0.26)
Log объема	-0.84	(0.45)	-0.93	0.61
Численность	-	(-0.14)	-	(-0.34)
Log численности	-	(-0.12)	-	(-0.28)

Примечание. В скобках — значимые менее чем на 0.05-ном уровне коэффициенты корреляции.

Материалом для данного сообщения послужили пробы перифитона, собиравшиеся ежедневно с искусственного субстрата, который находился в воде с конца мая до начала октября в прибрежье Рыбинского водохранилища. Пробы обрабатывали по стандартной методике [1]. Для всех отмеченных в количественных пробах видов была рассчитана средняя за период наблюдений численность, а также средние размеры клеток. Объем последних определяли обычным способом, приравнивая их к простейшим геометрическим фигурам. Биомассу рассчитывали как произведение средних численности и объема.

В процессе обработки количественных проб было обнаружено около 100 видов, разновидностей и форм водорослей, однако около половины из них — виды с малой встречаемостью, в большинстве своем планктонные и бентосные формы, случайно отмечающиеся в составе перифитона. Около 95 % общей биомассы перифитона приходилось на долю всего 16 видов (табл. 1).

Зависимость между размерами клеток и средней численностью может быть выражена в виде множественной линейной регрессии, приведенной в уравнении, где Y — логарифм средней численности, S — средняя ширина, а L — логарифм средней длины клеток данного таксона (R — квадратное, равное 0.85).

$$Y = 3.33 - 0.05S - 0.61L.$$

В отличие от численности биомасса доминирующих видов перифитона положительно, но более слабо коррелировала с размерами их клеток (табл. 2). В результате, хотя виды с небольшими размерами клеток более многочисленны, основу биомассы перифитона составляли виды с относительно крупными размерами клеток.

Характер обнаруженных зависимостей сохраняется и для большего числа видов изученного альгоценоза, но по мере включения малочисленных видов корреляционные связи постепенно становятся все менее тесными, что может быть связано с уменьшением точности определения показателей обилия этих форм.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют, что наблюдается отрицательная корреляция между средними размерами клеток и средней численностью видов, входящих в состав перифитонного альгоценоза. В то же время основу биомассы перифитона составляют относительно крупноклеточные формы водорослей.

Литература

1. Девяткин В. Г. Динамика развития альгофлоры об-растаний в Рыбинском водохранилище // Флора и растительность водоемов бассейна Верхней Волги. Рыбинск, 1979.
2. Agusti S., Duarte C. M., Kaff J. Algal cell size and the maximum density and biomass of phytoplankton // Limnol. and Oceanogr. 1987. Vol. 32, n. 4.
3. (Odum E. P.) Одум Ю. Основы экологии. М., 1975.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

В. А. Терехова, Л. Г. Швед

**ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ
В МАЛЫХ РЕКАХ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

The total abundance and biomass of micromycetes in the water and bottom of the small rivers in the Middle Volga region was determined by the direct luminescence-microscopic technique and by the submerged culture technique.

Развитие исследований по водной микологии сдерживается отсутствием надежных методов оценки экологических параметров водной микобиоты. Традиционный метод посева на питательные среды, используемый для анализа сапротрофных видов грибов, не дает представления об их биомассе, состоянии и функциональной активности, не отражает соотношения спор и мицелия в воде или донных отложениях.

Цель данной работы состояла в характеристике уровня заспороенности и определения споровой и мицелиальной биомасс микроскопических грибов в малых реках Среднего Поволжья. Для этого наряду с методом посева использовали метод люминесцентной микроскопии с применением специфического для грибов флуорохрома — калькофлуора белого.

Работу проводили в мае—июне 1989 г. на реках Муранка, Маза и Тайдаков протяженностью по 16—18 км, впадающих с правого берега в Куйбышевское водохранилище (обследовали по 3—4 станции), а также с мая по сентябрь 1990 г. на р. Чапаевка протяженностью 290 км, впадающей с левого берега в Саратовское водохранилище (обследовали 23 станции).

Пробы воды с поверхностного и придонного горизонтов отбирали батометром и в объемах 0.1—1 л фильтровали через мембранные фильтры (диаметр пор 1.4 мкм), предварительно „погашенные“ в спиртовом растворе судана черного. Пробы грунтов, отобранные дночерпателем, разводили стерильной водой в объемном соотношении 1 : 10, тщательно встряхивали и наносили микродозатором на обезжиренные стекла по 20 мкм на площадь 4 см². Из каждого образца готовили по 3 препарата. После фиксирования окрашивали водным раствором флуорохрома (концентрация 1 : 100 000, время окрашивания 15 мин). Препараты просматривали под люминесцентным микроскопом ЛЮМАМ И-3. При посеве проб брали по 2 мл воды на чашку Петри

(5 повторностей), грунты разводили в 1000 раз и высевали по 1 мл суспензии на чашку Петри, заливали подкисленной средой Чапека. На 5—7-е сутки учитывали колонии и измеряли скорость роста. Оценку разнообразия комплекса микромицетов по кинетическим параметрам (радиальной скорости роста) и расчеты индекса Шеннона проводили по ранее описанному способу [1, 2].

Биомассу спор вычисляли исходя из того, что сухая масса одной споры с диаметром 5 мкм равна 10^{-11} г, а 1 м мицелия с таким же диаметром — 3.9×10^{-6} г, допуская удельную массу грибов равной 1 г/см³, а содержание воды в клетках — 80 % [2].

Исследованные реки характеризуются высокой запыленностью микроскопическими грибами. Методом глубинного посева насчитывалось 0.9—14.2 тыс. грибных пропагул в 1 л воды и 1.8—44.4 тыс. в 1 см³ грунта. На реках Маза, Муранка и Тайдаков участки выше и ниже источников загрязнения (населенных пунктов и животноводческих ферм) по численности, а также по видовому составу существенно не различались. Вероятно, это можно объяснить тем, что реки, протекающие по аграрной зоне, обогащены органическими веществами в достаточном для развития грибов количестве и дополнительное поступление загрязнений существенно не влияет на микобиоту.

Комплексы выделяемых видов не отличались большим разнообразием, что отражено в невысоких значениях индексов разнообразия Шеннона, рассчитанных по коэффициентам радиальной скорости роста (табл. 1). По видовому составу доминировали представители всего лишь нескольких родов — *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium* и *Mycelia sterilia*. Метод люминесцентной микроскопии позволил более полно оценить численность грибов: при прямом подсчете выявлялось в среднем на 1—2 порядка грибных пропагул больше, чем при посеве.

Расчет грибной биомассы показал, что в воде ее значения колеблются в пределах $0.59—2.9 \times 10^{-2}$ г/м³. Соотношение споровой и мицелиальной биомассы в воде разных рек различалось, наиболее высокий процент мицелиальной биомассы отмечен для р. Чапеевки (табл. 2). В донных отложениях этой реки абсолютное значение биомассы достигает 56 г/м³, при этом в основном она представлена мицелием (свыше 90 %). Средние значения длины гиф мицелия в разные месяцы были в пределах 1.7—5.5 м в 1 см³. Тем не менее содержание грибной биомассы в донных отложениях рек на порядки уступает биомассе тех же видов микроскопических грибов в почвах, где им отводится

Таблица 1

Численность грибных спор (тыс. ед./л воды и тыс. ед./см³ грунта) и разнообразие микромицетного комплекса по радиальной скорости роста (индекс Шеннона)

Река	Горизонт	Месяцы					Индекс Шеннона
		V	VI	VII	VIII	IX	
Чапа-евка	Поверх-ность	0.9	$\frac{1.9}{730}$	8.9	1.5	0.3	-
	Придон-ный слой	$\frac{1.2}{7.9}$	$\frac{3.4}{1762}$	5.9	2.1	0.3	
	Донные отложе-ния	644	$\frac{13.1}{87.6}$	5.8	1.8	5.3	1.32
Муран-ка	Поверх-ность	$\frac{11.5}{249}$	-	-	-	-	-
	Донные отложе-ния	1.9	-	-	-	-	1.90
Тайда-ков	Поверх-ность	$\frac{14.2}{234}$	-	-	-	-	-
	Донные отложе-ния	44.4	-	-	-	-	1.40
Маза	Поверх-ность	$\frac{8.6}{374}$	-	-	-	-	-
	Донные отложе-ния	9.2	-	-	-	-	1.53

П р и м е ч а н и е. Над чертой — учет при посеве, под чертой — методом люминесцентной микроскопии.

роль доминирующей группы микродеструкторов органического вещества.

Следует иметь в виду, что указанными в данном сообщении способами учитываются лишь споры и фрагменты гиф, которые находятся во взвешенном состоянии. Основная же масса мицелия закреплена на субстрате.

Таким образом, люминесцентный метод дает возможность учесть грибы с существенно большей полно-

Таблица 2

Численность, биомасса и длина мицелия микроскопических грибов в донных отложениях р. Чапаевки

Номер станции	Численность, тыс.ед./см ³	Длина мицелия, м/см ³	Биомасса, г/м ³			Мицелиальная биомасса, %
			общая	спор	мицелия	
Июнь						
2б	92.8	1.3	5.8	0.9	4.9	84.5
2р	36.2	0.5	2.5	0.4	2.1	84.0
4б	78.5	1.8	7.9	0.8	7.1	89.9
7б	98.8	2.4	10.3	1.0	9.3	90.3
7р	480.2	13.0	55.5	4.8	50.7	91.4
10б	69.5	0.6	1.5	0.7	0.8	53.3
10р	120.8	1.3	6.2	1.2	5.0	80.6
12б	76.4	1.8	7.9	0.8	7.1	89.9
12р	102.7	6.7	27.1	10.0	26.1	96.6
13б	126.8	0.7	4.0	1.3	2.7	67.5
13р	99.7	0.3	2.1	1.0	1.1	52.4
14б	81.5	1.3	5.8	0.8	5.0	86.2
14р	26.3	4.2	16.8	0.3	16.5	98.5
Среднее	114.6	2.7	7.2	1.85	10.97	81.9
Июль						
2б	211	8.8	36.3	2.1	34.1	94.7
2р	302	0	3.0	3.0	0	0
4б	257	10.0	4 1.7	2.6	39.1	95.0
4р	272	5.4	23.7	2.7	21.0	87.5
7б	181	6.3	26.5	1.8	24.7	92.6
10б	302	2.8	14.1	3.0	11.1	79.3
10р	302	0.9	7.0	3.0	4.0	57.1
12б	302	1.7	9.5	3.0	6.5	66.7
12р	604	1.9	13.6	6.0	7.6	58.5
13р	483	3.0	6.0	4.8	1.2	20
14р	75	0	0.7	0.7	0	0
16р	468	0	4.7	4.7	0	0
21р	226.5	3.6	16.1	2.3	13.8	86.3
23р	272	11.3	46.9	2.7	44.2	94.0
Среднее	304.1	3.9	17.8	3.03	14.8	59.4
Август						
14р	804	0	8.0	8.0	0	0
18р	211.4	14.0	56.1	2.1	54.0	96.4
23р	58.8	2.5	10.2	0.6	9.6	96.0
Среднее	358.1	5.5	24.8	3.57	21.2	64.1
Сентябрь						
2б	393	0	3.9	3.9	0	0
2р	332	3.3	16.4	3.3	13.0	81.3
Среднее	363	1.7	10.15	3.6	6.5	40.7

Примечание. б — у берега, р — на середине реки.

той по сравнению с методом посева. Выявлен довольно высокий уровень заспоренности малых рек микроскопическими грибами, условно относимыми к экологической группе „почвенных“. Но для учета всей биомассы грибов в воде необходимо сочетание указанных выше подходов с другими способами анализа грибов на субстратах.

Литература

1. Кожевин П. А., Полянская Л. М., Звягинцев Д. Г. Динамика развития различных микроорганизмов в почве // Микробиология. 1979. Т. 48, вып. 2.
2. Полянская Л. М., Мирчинк Т. Г., Кожевин П. А., Звягинцев Д. Г. Изменение структуры микробных суцессий в почве // Микробиология. 1990. Т. 59, вып. 2.

Институт экологии Волжского бассейна РАН

5

УДК 581.526.3

Г. А. Лукина

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ВЫДЕЛЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ СВОБОДНОПЛАВАЮЩИМИ РАСТЕНИЯМИ

The article contains data on the influence of renewal cultural medium on excretion of amino acids by free floating plants. The laboratory experiment have shown the amount of excretion acids excreted by the plants may reflect the effects of this factor.

Выделение различных веществ признается нормальной функцией растительного организма [1, 2], однако в оптимальных условиях оно относительно невелико. При повреждении и воздействии различными раздражителями этот процесс усиливается. Указанные изменения являются следствием увеличения проницаемости, которое является весьма распространенной реакцией живой растительной клетки на неблагоприятное воздействие.

Целью настоящей работы было определение влияния обновления культуральной среды на выделение аминокислот свободноплавающими водными растениями. Объектами наблюдений были поверхностно плавающие растения: ряска малая (*Lemna minor* L.), многокоренник (*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.) и водокрас (*Hydrocharis morsus-ranae* L.). Все эти растения объединяются такими общими признаками, как неукорененность и обитание в стоячих и слабо проточных водоемах.

Для опытов использовали взрослые неповрежденные растения, взятые из природного водоема, предварительно адаптированные к лабораторным условиям (освещение 2.5 тыс. лк., температура 20—22 °С, жидкая минеральная среда Пирсона—Зейдель (1/2 от полной) [4]). Время наблюдения 4 сут. Аминокислоты определяли методом бумажной хроматографии [3], расчеты проводили с учетом прироста растений в течение опыта, а также на сухое вещество опытных растений. В одном варианте опыта минеральную среду ежедневно обновляли, а в другом — лишь отбирали пробы. Результаты исследований показывают (табл. 1), что ежедневное обновление среды вызывает увеличение скорости выделения аминокислот многокоренником и водокрасом и уменьшение — ряской.

Одновременно с аминокислотами определяли прирост ряски малой и многокоренника по числу листочков, а также прирост всех опытных растений по сухому веществу. Результаты подсчетов показали, что смена среды тормозит образование новых листочков (см. рисунок). Накопление сухого вещества рясковой малой в обоих вариантах шло одинаково, а многоко-

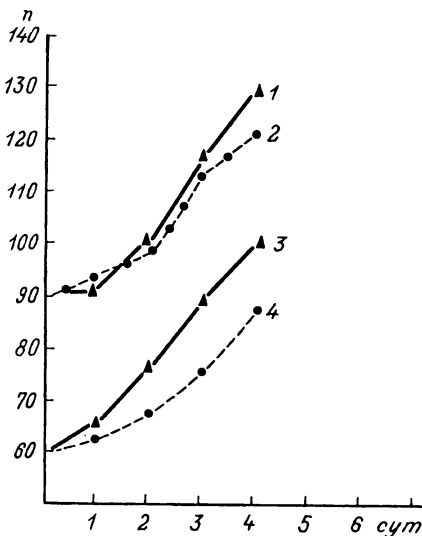
Таблица 1

Выделение аминокислот
поверхностно плавающими растениями,
мг/(г сухого вещества·сут)

Экспозиция, сут	Постоянная среда			Обновленная среда		
	Ряска	Многокоренник	Водокрас	Ряска	Многокоренник	Водокрас
1	3.4	3.6	8.0	3.6	3.9	7.0
2	3.2	4.0	3.6	3.5	4.1	9.2
3	2.9	4.1	2.6	3.3	4.5	9.0
4	3.0	3.1	1.4	2.9	4.6	10.0
Всего	12.5	14.8	15.6	13.3	17.1	35.2

Прирост ряски малой по количеству листочков (n).

1 — *Lemna minor*, постоянная среда; 2 — *L. minor*, обновленная среда; 3 — *Spirodela polyrrhiza*, постоянная среда; 4 — *S. polyrrhiza*, обновленная среда.



ренник и водокрас его почти не накапливали (табл. 2). У многокоренника происходило перераспределение веществ из старых листочков во вновь образующиеся, о чем свидетельствует увеличение их числа при постоянной общей массе.

Водообменный процесс естественных условий обитания грубо моделирует ежедневное обновление культуральной среды. Усиление выделения оценивали как

Таблица 2

Влияние обновления среды на выделение аминокислоты накопление сухого вещества опытными растениями

Растение	Сухое вещество		Аминокислоты, мг/(г сухого вещества·сут)	Выделение к приросту, %
	исходное	конечное		
Ряска малая	$\frac{8}{8}$	$\frac{12}{12}$	$\frac{0.032}{0.035}$	$\frac{3.22}{3.50}$
Многокоренник	$\frac{12}{12}$	$\frac{14}{12}$	$\frac{0.051}{0.052}$	$\frac{10.30}{20.70}$
Водокрас	$\frac{110}{88}$	$\frac{122}{89}$	$\frac{0.471}{0.796}$	$\frac{15.70}{318.4}$

П р и м е ч а н и е. Над чертой — постоянная, под чертой — обновленная среда.

неблагоприятное воздействие фактора обновления последней. На основании полученных результатов использованные в опытах растения можно расположить в следующий ряд: ряска малая, многокоренник, водокрас, т. е. обновление среды для ряски малой не является неблагоприятным воздействием, для многокоренника — это нежелательный фактор, а для водокраса данное воздействие можно оценить как повреждающее, так как чрезмерное выделение может привести к гибели растения.

Полученный ряд расположения опытных растений по суммарному количеству выделенных аминокислот при смене среды соответствует требованиям этих растений к месту обитания по признаку средообмена, что позволяет сделать вывод о том, что количество выделяемых растениями аминокислот может служить показателем действия этого фактора.

Литература

1. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев, 1965.
2. Кириллова Т. В. Выделение водорастворимых веществ растительными тканями // Успехи соврем. биологии. 1964. Т. 57, № 3.
3. Школьник Р. Я., Доман Н. Г. К вопросу о разделении продуктов метаболизма на фракции при помощи хроматографии на бумаге // Биохимия. 1960. Т. 25, вып. 2.
4. Czopec M. Cultivation of Polish Lemnaceae species in laboratory conditions // Acta Biol. crac. Ser. bot. 1959. Vol. 2.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 575.311 : 593.1

А. П. МЫЛЬНИКОВ

СТРОЕНИЕ СТРЕКАТЕЛЬНЫХ ОРГАНЕЛЛ ХИЩНОГО ЖГУТИКОНОСЦА KATABLEPHARIS SP.

The fine structure of ejective organelles of a carnivorous flagellate is considered. These organelles consist of spiral bands which are able to

discharge their contents. The function of the organelles is discussed.

Среди морских и пресноводных жгутиконосцев особое место занимают хищные виды. Достигая довольно небольшой численности, они контролируют размножение других простейших. Известно, что в цитоплазме хищников встречаются стрекательные органеллы (экструсомы) различных типов. В отличие от бактериотрофных видов, которые обычно содержат мелкие стрекательные органеллы, экструсомы хищников, как правило, большого размера и сложного строения. Функция их в клетке часто неясна [1, 2]. Любая новая информация о строении этих органелл важна как для выяснения способа питания жгутиконосцев, так и для определения их родственных связей.

В пробах, отобранных из литорали Черного моря в 1988 г., обнаружены хищные жгутиконосцы *Katablepharis* sp. (катаблефарисы), видовая принадлежность которых не установлена. Этот хищник в условиях культуры питался мелкими бесцветными жгутиконосцами, высасывая их содержимое через передний конец тела. Стоит подчеркнуть, что во время питания жертва не парализуется, а как бы приклеивается к хищнику. В опытах в качестве жертвы использована культура морского жгутиконосца *Bodo sorokinii* Zhukov, которая содержалась в чашках Петри, наполненных средой Шмальца—Пратта (35 ‰). После выедания всех клеток жертвы в чашке Петри катаблефарисы погибали.

Для электронно-микроскопического изучения экструсом клетки хищника сгущали центрифугированием, затем фиксировали смесью OsO_4 (1—2 %) и глутаральдегида (2 %), приготовленной на морской воде. После обезвоживания препарат заливали в смолу эпон-аралдит М.

В клетках катаблефариса обнаружены экструсомы одного типа — тениоболоцисты (ТБЦ) 2 размеров. Обычно они лежат в кортикальном слое цитоплазмы близко к поверхности клетки. Несколько ТБЦ окружают передний конец клетки и место отхождения жгутиков (жгутиковый карман). Чаше ТБЦ располагаются батареями по 3—5 штук в одном ряду, причем большие и малые ТБЦ лежат рядом.

Экструсомы рассматриваемого типа представляют собой цилиндрическое тело, у которого центральная часть короче поверхности (см. рисунок, а, б). Строение больших и малых экструсом одинаково. От торцевой части ТБЦ отходит осмиофильное волокнистое тело. Возможно, оно участвует в инициации вы-



Строение тениоболоцист.

а, б — кортикальные ТБЦ, в, г — поперечные срезы ТБЦ, д — начало выстреливания, е — выстреливание ТБЦ, т — тениоболоцисты, вт — выстреленные тениоболоцисты.

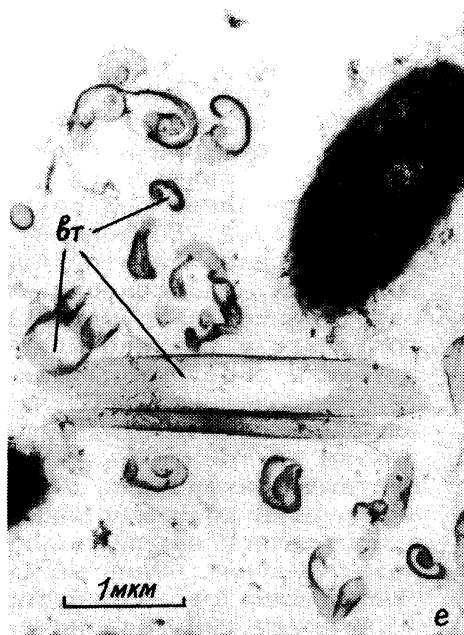


Рисунок (продолжение)

стреливания органеллы. Диаметр большой ТБЦ достигает 0.6—0.8 мкм, а длина — 0.75 мкм, тогда как малая имеет диаметр 0.18—0.21 мкм, а длину — 0.18 мкм. На продольных срезах обычно не видно способа укладки материала внутри ТБЦ, однако на поперечных заметны спираль и канал, проходящий вдоль оси цилиндра (см. рисунок, в). Спираль представляет собой свернутую ленту, содержащую 20—23 витка. Последний внешний виток соединен с волокнистым телом (см. рисунок, в, г). Иногда заметно отслоение витков спирали друг от друга.

Выстреливание ТБЦ приводит к разворачиванию спирали. На рисунке д виден момент начала этого процесса. При этом нередко он происходит далеко от поверхности клетки. В этом случае лента пронзает цитоплазму на значительном расстоянии. Ленты выстреленной ТБЦ лежат рядом с клеткой (см. рисунок, е). Они, как рулоны бумаги, свернуты в трубку длиной до 10—16 мкм. Расчеты показывают, что при выстреливании не происходит существенного изменения размеров ленты, а меняется только способ ее свертывания. На высушенных препаратах заметно, что вся клетка окружена 20—30 выстреленными ТБЦ. Зачатков этой органеллы в цитоплазме обнаружить не удалось.

Тениоболоцисты распространены почти исключительно у жгутиконосцев. Они известны у большинства криптонад и у некоторых прازیномонад [2], тогда

как для большинства других групп жгутиконосцев характерны иные экструсомы [1]. Зрелая ТБЦ криптононад обычно располагается в переднем конце тела клетки вокруг глотки, реже у некоторых видов они лежат по периферии клетки, около перипласта. Внутренняя структура состоит из 2 частей [3]: крупного (50 витков спирали) и малого цилиндров. Известно, что лента имеет белковую природу. В свою очередь у прازیномонад ТБЦ состоит лишь из одного цилиндра [5]. Различаются эти виды ТБЦ и по способам выстреливания. Криptomonадные ТБЦ при выстреливании свертываются в трубку, имеющую однослойную стенку, тогда как у прازیномонад она 2—3-слойная.

Таким образом, детали строения ТБЦ в разных систематических группах в определенной степени различаются. Похожие стрекательные органеллы обнаружены внутри так называемых „каппа-частиц“, известных у инфузорий *Paramecium aurelia* [4]. Эти экструсомы получили название R-тела. Такое тело представляет собой свернутую ленту, способную к разворачиванию. Сама же „каппа-частица“ сейчас считается симбионтом инфузорий.

Функции ТБЦ пока неясны. Известно, что R-тела способны поражать инфузорий. Возможно, что такие экструсомы у жгутиконосцев выполняют похожие функции. У катаблефариса они ограничивают движения жертвы во время нападения на нее хищника. Косвенно об этом свидетельствует концентрация экструсом вокруг цитостомального аппарата катаблефариса, что известно и у криптононад. Однако пока загадочным представляется наличие сходных сложноустроенных стрекательных органелл в неродственных группах простейших [1, 2].

Литература

1. Мыльников А. П. Строение экструсом некоторых жгутиконосцев // Цитология. 1988. Т. 30, № 12.
2. Hausmann K. Extrusive organelles in protists // Int. Rev. Cytol. 1978. Vol. 52.
3. Hausmann K. The function of the periplast of the *Cryptophyceae* during the discharge of ejectionosomes // Arch. Protistenk. 1979. Bd 122, H. 3/4.
4. Novasse R., Mignot J.-P., Joyon L. Nouvelles observations sur les trichocystes des cryptomonadines et les „R bodies“ des particules kappa de *Paramecium aurelia* killer // Protistologica. 1967. T. 3, N 3.

5. Morrall S., Greenwood A. D. A comparison of the periodic substructure of the trichocysts of the *Cryptophyceae* and *Prasinophyceae* // *BioSystems*. 1980. Vol. 12, N 1.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 574.583 : 593.175

З. М. Мильникова

ИНФУЗОРИИ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

The data on species structure, number, biomass and distribution of the planktonic ciliates of the Ivankovo reservoir are considered. The estimation of saprobility of some studied water sections is given by the use of indicated value of dominant species.

Простейшие Иваньковского водохранилища до 1972 г. практически не изучались. В работе Е. С. Незвестновой-Жадиной [4] по зоопланктону данного водоема отмечены 4 вида инфузорий, а Э. Д. Мордухай-Болтовской [3] указывается на присутствие в планктоне 6 видов простейших, но видовые названия их не приводятся. Наиболее полное представление об этой группе организмов дано в публикациях Н. В. Мамаевой [1, 2], где имеются данные по видовому составу, численности, биомассе и развитию в сезонном аспекте в 1972—1973 гг.

Мы изучали планктонные инфузории Иваньковского водохранилища в июле 1990 г. (спустя 17 лет) на 18 станциях, расположенных в основном в русловой части водоема с глубинами от 5 до 14 м. Планктонные пробы отбирали батометром с поверхностного горизонта. Обработывали неконцентрированную пробу объемом 50 мл. Инфузорий подсчитывали в живом состоянии в камере Богорова под биноклем, мелкие формы изучали под микроскопом. Видовую принадлежность устанавливали по определителю Каля [5]. Далее делали соответствующий расчет количества организмов в 1 м³.

Всего в планктоне русловой части водохранилища в июле зарегистрировано 16 видов инфузорий, относящихся к 3 классам.

Класс *Kinetofragminophora* de Puytorae et al.

Coleps hirtus Nitz.

Cyclotrichium viride Gajew.

Didinium nasutum O. F. Müll.

Paradileptus conicus Svec.

Класс *Oligohymenophora* de Puy. et al.

Frontonia sp.

Epistylis rotans Svec.

Stokesia vernalis (Wang) Wenzich

Класс *Polyhymenophora* Jank.

Codonella cratera Leidy

Condylostoma vorticella Ehrb.

Stentor roeseli Ehrb.

Strobilidium velox Faure-Fr.

Strombidium viride Stein

S. viride Stein f. *pelagica* Kahl

Tintinnidium fluviatile Stein

T. fluviatile Stein f. *minima*

Tintinnopsis cylindrata Kof.-Cam.

Доминирующее ядро составляли *Tintinnidium fluviatile*, *Codonella cratera* и *Coleps hirtus* (табл. 1). На их долю приходилось 82 % от общей численности инфузорий. Наибольших показателей численности и биомассы (1.2—4.2 млн экз./м³, 62—557 мг/м³ соответственно) инфузории достигали в районе станций Свердлово, Безбородово и зал. Донховка за счет массового развития первых 2 вышеуказанных доминирующих видов — индикаторов чистой воды (о α - β -мезосапробной зоны) (табл. 2). На 2 станциях Мошковичского залива, куда сбрасываются подогретые воды Конаковской ГРЭС, температура воды в июле была на 4—5° выше (26—27 °C), чем на других станциях (вне зоны подогрева). Повышение температуры воды оказало влияние на развитие простейших. Численность и биомасса инфузорий здесь была значительно меньше, чем на станциях, расположенных выше Конаковской ГРЭС. В Мошковичском заливе наблюдалось некоторое повышение сапробности в сторону β — α -мезосапробной зоны, что соответствует данным 1972 г.

Особо следует отметить ручей Перемерка, куда поступают стоки г. Твери. Инфузории в нем полностью отсутствовали, поэтому эта зона не подлежала оценке по уровню сапробности. Не были обнаружены данные организмы и на 3 станциях, расположенных на

Таблица 1

Численность (над чертой, тыс. экз./м³)
и биомасса (под чертой, мг/м³)
массовых видов планктонных инфузорий
водохранилища

Станция	<i>Tintinnidium fluviatile</i>	<i>Codonella cratera</i>	<i>Coleps hirtus</i>
Верхний бьеф Ивань- ковского водохрани- лища	0	<u>180</u> 9.0	0
Корчева	<u>60</u> 3.0	<u>220</u> 11	<u>20</u> 0.4
Мошковичский залив	<u>20</u> 1.0	<u>20</u> 1.0	<u>100</u> 2.0
Мошковичский залив, стоки г.Конаково	<u>80</u> 4.0	0	<u>40</u> 0.8
Скрылево, выше Кона- ковской ГРЭС	<u>561</u> 28	0	<u>957</u> 19
Донховка, залив у г.Конаково	<u>825</u> 42	<u>396</u> 19.8	0
Свердлово	<u>3960</u> 198	0	0
Безбородово	<u>726</u> 36	<u>528</u> 26	0
Городня	<u>264</u> 13	0	0
Видогощь	<u>330</u> 16.5	<u>66</u> 3.3	0
Горохово, правый берег	<u>132</u> 6.6	0	0
Горохово, левый берег	<u>99</u> 5	0	0
Горохово, русло	0	0	0

Таблица 2

Численность (тыс. экз./м³), биомасса (мг/м³)
и сапробность планктонных инфузорий
водохранилища

Станция	Числен- ность	Био- масса	Сапроб- ность
Верхний бьеф Ивановско- го водохранилища	560	28.6	1.5
Корчева	540	28.4	1.48
Мошковичский залив	140	3.0	2.2
Мошковичский залив, стоки г.Конаково	160	5.6	2.0
Скрылево, выше Конаков- ской ГРЭС	1650	98.0	1.8
Донховка, залив у г.Кона- ково	1221	61.8	1.4
Свердлово	4191	557	1.4
Безбородово	1287	111	1.4
Городня	726	234	1.76
Видогощь	396	20	1.4
Горохово, правый берег	132	6.6	1.4
Горохово, русло	66	26	-
Горохово, левый берег	594	94	1.89
Ручей Перемерка	0	0	0
Устье ручья Перемерка	0	0	0
Мигалово	0	0	0
Устье р. Тверцы	0	0	0
Выше устья р. Тверцы, 12 км	0	0	0
Среднее	897	98	1.63

типично речных участках (Мигалово, устье и выше устья р. Тверцы).

Сравнение полученных нами данных по численности и биомассе планктонных инфузорий Ивановского водохранилища (не считая станций на ручье Перемерка

и р. Тверце) с таковыми 1972—1973 гг. показало, что в июле 1990 г. средняя численность и биомасса цилиат были в несколько раз больше, чем в тот же период 1972—1973 гг.:

Год	1972	1973	1990
Численность, тыс. экз./м ³	425	190	897
Биомасса, мг/м ³	20	3	98
Сапробность	1.83	—	1.63

Увеличение этих показателей в данный период связано с массовым развитием *Tintinnidium fluviatile* и *Codonella cratera*, которые составляли 72.5 и 33.5 % от общей численности и биомассы цилиат (соответственно). Массовое развитие данных видов — индикаторов чистой воды ведет к снижению показателей сапробности, что свидетельствует об удовлетворительном состоянии водоема.

Литература

1. Мамаева Н. В. Планктонные инфузории Иваньковского водохранилища // Зоол. журн. 1976. Т. 55, вып. 5.
2. Мамаева Н. В. Инфузории бассейна Волги. Л., 1979.
3. Мордухай-Болтовская Э. Д. Зоопланктон Иваньковского и Угличского водохранилищ в 1955—1956 гг. // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. М.; Л., 1959. Т. 1, № 4.
4. Неизвестнова-Жакина Е. С. Планктон Иваньковского водохранилища в 1937—1938 гг. // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1941. Т. 7.
5. Kahl A. Wimpertiere oder *Ciliata* (Infusoria) // Die Tierwelt Deutschlands. Jena, 1930—1935.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

А. В. Крылов

ЗООПЛАНКТОН И КАЧЕСТВО ВОД НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ МАЛЫХ РЕК — ПРИТОКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

The main structure characteristics of zooplankton has higher meanings in the mouths of rivers, due to the influence of reservoir's fauna. The destruction of this effect take place when strong anthropogenic impact has in the head zone and water's quality make worse (on biochemical oxygen demand — BOD) in mouth of a river. The head zone is the buffer between waters of rivers and reservoirs.

Роль малых рек в формировании качества воды Рыбинского водохранилища оценивалась по поступлению фосфора и минеральной взвеси в 1966—1968 гг. [2]. По данным, полученным при исследовании на р. Латке, было показано, что количество взвеси в среднем составляло 20.8 г/м^3 , общего фосфора около 159 мкг/л , что значительно выше, чем в Волжском плесе — 7 мг/л и 60 мкг/л соответственно [7]. Повышенная мутность существует в пределах самой реки, основное осаждение частиц происходит в устьевых участках. Для малых рек характерно также высокое содержание органических веществ, поступающих с паводковым и дождевым стоками [3]. Таким образом, по ряду показателей воды малых рек по сравнению с таковыми водохранилища обладают более низким качеством.

Целью нашей работы была оценка качества воды малых рек по структурным характеристикам зоопланктона с привлечением данных физико-химических показателей среды: температуры, содержания растворенного кислорода и БПК₅.

Материал собирали в вегетационный период 1990 г. на 6 малых реках, соответствующих, по классификации В. Л. Рохмистрова [6], малым рекам (Согожа и Ухра), средне-малым (Сёбла, Ягорба и Искра) и очень малым (Латка). Пробы отбирали в нижнем течении каждой реки на 2 станциях — выше зоны выклинивания подпора или в верхней границе этой зоны (ст. 1) и в устье реки (ст. 2). Пробы брали планктонобатором Дьяченко—Кожевникова ($v = 5 \text{ л}$), а также ведром с поверхности с последующим процеживанием через газ № 76. Фиксацию производили 4%-ным формалином, камеральную обработку — по общеприня-

той методике [4]. Для оценки степени разнообразия зоопланктонных сообществ, их сходства на отдельных реках, а также качества вод по зоопланктону использовали индексы встречаемости видов, видового разнообразия Шеннона—Уивера, биоценотического сходства.

Физико-химические условия среды исследованных участков рек. Весной, в период половодья, теплые талые воды рек заполняют подпертые участки, где температура бывает на 8—10 °C выше, чем в самом водохранилище, и достигает 15 °C [5,7]. В конце гидрологической весны более высокие температуры отмечались на верхних участках зоны выклинивания подпора рек Согожи, Ухры, Ягорбы и Искры, где влияние менее прогретых вод водохранилища сказывается слабее, чем в устьях. Такие участки прогревались быстрее даже при больших глубинах (р. Согожа). На реках Сёбле и Латке станции „1“ находились выше зоны выклинивания подпора, где наблюдалось течение (~ 0.2 м/с) и температура воды была ниже, чем в устье (табл. 1.).

В периоды гидрологического лета и начала гидрологической осени температура воды в устьях рек была выше, чему способствовало влияние более теплых вод водохранилища (табл. 1). Содержание растворенного кислорода колебалось в течение сезона от 5.1 до 10.5 мг/л. Максимальные значения наблюдались осенью, что связано с сильным дождевым паводком, интенсивным перемешиванием водных масс и снижением температуры. Критическим периодом для рек Ягорбы и Латки, испытывающих сильные антропогенные нагрузки, было время летней межени, когда содержание кислорода падало ниже 6 мг/л.

Величины БПК₅ испытывали сезонные изменения: минимальные значения регистрировались весной, летом происходило увеличение показателя, что могло быть связано с повышением температуры воды и активизацией микробиологических процессов. Осенью был отмечен максимум БПК₅ в связи с интенсивным окислением органических веществ, поступавших с водосборных площадей с дождевым паводком (табл. 1.). По величине БПК₅ качество вод весной было выше на участках „1“, чем в устьевых областях. Летом картина менялась: воды рек в нижнем течении имели более низкое качество (ст. Латка1 и Сёбла1) и активно влияли на воды верхних границ подпора (ст. Согожа1, Ухра1 и Ягорба1). Зона подпора, где резко снижались скорости течения, активизировались процессы самоочищения, препятствуя проникновению более загрязненных вод реки в устье и в водохранили-

Таблица 1

Физико-химические условия среды исследованных участков рек
весной (В), летом (Л) и осенью (О)

Река	Стан- ция	Расстоя- ние от устья, км	Глубина, м			Температура, °С			O ₂ , мг/л		
			В	Л	О	В	Л	О	В	Л	О
Сёбла	1	12	1.5	1.2	1.6	11.0	17.4	9.4	6.7	7.4	10.0
	2	-	5.5	5.4	6.0	12.5	18.9	11.6	8.5	6.5	7.2
Ухра	1	6	2.5	2.1	2.5	16.2	15.6	5.6	6.2	6.6	10.0
	2	-	5.0	6.0	6.5	16.0	16.5	5.6	6.4	6.0	10.5
Согожа	1	10	8.3	8.0	8.5	16.8	15.6	5.0	6.8	7.6	10.4
	2	-	7.0	6.5	6.5	15.0	18.6	7.1	5.8	7.2	10.0
Искра	1	7	2.8	2.0	3.0	16.4	20.0	10.2	6.1	8.6	7.6
	2	-	4.0	4.0	4.2	15.9	20.0	10.8	6.0	8.4	9.3
Ягорба	1	8	2.6	2.2	3.5	17.2	18.6	9.4	5.2	8.3	8.0
	2	-	7.2	6.2	6.5	14.4	20.6	9.0	6.5	5.1	10.1
Латка	1	10	0.9	0.9	2.1	11.0	15.2	10.7	5.1	5.2	9.2
	2	-	2.0	1.2	2.0	14.0	18.9	11.6	6.1	8.3	7.1

Таблица 1 (продолжение)

Река	БПК ₅ , мгО ₂ /л			Качество вод по БПК ₅ [1]		
	В	Л	О	В	Л	О
Сёбла	0.8 1.8	1.8 1.6	4.2 1.2	Чистая То же	Чистая То же	Грязная Чистая
Ухра	0.9 1.8	3.4 2.5	4.1 2.0	» »	Загрязненная Умеренно загрязненная	Грязная Умеренно загрязненная
Согожа	1.9 2.8	2.6 1.1	3.1 4.4	Умеренно- загрязненная То же	То же Чистая	Загрязненная Грязная
Искра	0.5 0.5	0.5 2.0	2.2 1.8	Очень чистая То же	Очень чистая Умеренно загрязненная	Умеренно загрязненная Чистая
Ягорба	2.0 2.0	4.2 2.5	2.2 2.8	Умеренно- загрязненная То же	Грязная Умеренно загрязненная	Умеренно загрязненная То же
Латча	2.5 1.8	3.1 1.9	1.1 1.6	» Чистая	Загрязненная Умеренно загрязненная	Чистая То же

ше, играла переходную роль. В устьевых участках величины БПК₅ обычно ниже. Исключение составляла р. Искра, водосбор которой находится в заповедной зоне и вода имеет самое высокое качество. В устье Искры ее чистые воды разбавляются более низкими по качеству водами водохранилища.

Осенью 1990 г. в связи с сильным дождевым паводком величины БПК₅ на участках „1“ еще более возросли и соответствовали умеренно загрязненным и загрязненным водам. На Согоже и Ягорбе — реках в черте городов Пошехонье и Череповец — более загрязненными оказались устьевые станции, чему также способствовал паводок, позволявший глубже проникать речным водам в зону подпора и выносить загрязнение в устья.

Зоопланктон исследованных участков рек. За период наблюдений наиболее богатый видовой состав зоопланктона отмечен в конце гидрологической весны — 54 вида организмов, из которых 28 коловраток, 7 веслоногих и 19 ветвистоусых ракообразных. Во время летней межени количество видов снизилось до 45, из них 20 — *Rotatoria*, 6 — *Copepoda*, 19 — *Cladocera*. К началу осени видовой состав еще более сократился: из 41 вида зоопланктеров 24 составили коловратки, 5 — веслоногие и 12 — ветвистоусые ракообразные.

На исследованных участках рек зоопланктон станций „1“, находящихся в зоне выклинивания подпора, сохранял отдельные черты речного. В нем преобладали коловратки, наблюдалось несколько меньшее разнообразие ракообразных по сравнению со станциями „2“:

	Вид	
	<i>Rotatoria</i>	<i>Crustacea</i>
Весна:		
ст. 1	25	21
ст. 2	22	25
Лето:		
ст. 1	17	18
ст. 2	15	24
Осень:		
ст. 1	17	12
ст. 2	17	15

Участки верхних границ зоны выклинивания подпора имели и более специфичный зоопланктонный комплекс, что подтверждают данные средних величин уровней

биоценотического сходства между станциями „1“ всех исследованных рек и всеми устьевыми участками „2“. 20.4 % против 33.4 по численности и 16.6 % против 25.1 по биомассе соответственно. С одной стороны, это определяется некоторой спецификой зоопланктона каждой реки, с другой — действием более однообразного сообщества водохранилища.

На верхних границах зоны подпора, как правило, мало постоянно встречающихся видов. Весной для таких участков эуценыным можно признать *Chydorus spchaericus*, в то время как на устьевых станциях такими видами являются *Keratella quadrata*, *Asplanchna herricki*, *A. priodonta*, *Eudiaptomus gracilis*, *Bosmina longispina* и *Chydorus spchaericus*. Летом же эуценыные виды (*Kellicottia longispina*, *Polyarthra vulgaris*, *Mesocyclops leuckarti*, *Eudiaptomus gracilis*, *Chydorus spchaericus*, *Daphnia longispina*, *D. cucullata*, *D. cristata*, *Diaphanosoma brachyurum* и *Bosmina longispina*) можно выделить только в устьевых участках. В сентябре виды *Keratella quadrata*, *Eucyclops serrulatus* и *Bosmina longispina* также были отмечены лишь в устьях рек.

В устьевых областях показатели численности, биомассы и видового разнообразия зоопланктона почти всегда достигали больших величин, чем на выше-расположенных участках (табл. 2). Здесь прослеживалось значительное влияние вод подпора водохранилища и его фауны на формирование местных сообществ зоопланктонов. Наибольшие различия наблюдались на участках рек Латки и Сёблы, так как станции „1“ на этих реках располагались выше зоны выклинивания подпора, имели бедный зоопланктонный комплекс и не испытывали влияния водохранилища.

В периоды весеннего и осеннего паводков на реках Ягорбе и Согоже, наиболее подверженных антропогенным нагрузкам, происходило нарушение этого явления и структурные характеристики зоопланктона были хуже в устьевых областях, чем на верхних границах зоны подпора. Вероятно, паводковые воды активно выносили загрязнение в устьевую область, что косвенно подтверждается значениями БПК₅, а также развитием зоопланктонных организмов (коловратки родов *Brachionus*, *Synchaeta* и *Rotaria*), указывающих на загрязнение.

В период гидрологического лета зоопланктон устьевой станции р. Искры имел более низкие численность и биомассу, чем на станции верхней границы зоны подпора. Условия развития животного планктона на этой чистой реке, протекающей по заповеднику, были более благоприятными на ст. „1“, где

Основные структурные характеристики зоопланктона
исследованных участков рек
весной (В), летом (Л) и осенью (О)

Река	Стан- ция	Количество видов			Численность, экз./м ³		
		В	Л	О	В	Л	О
Сёбла	1	4	4	6	380	1350	375
	2	17	20	16	46 620	53 064	5 599
Ухра	1	14	13	5	21 850	6 738	343
	2	26	18	8	36 210	4 844	657
Сого- жа	1	24	17	3	99 700	1 694	266
	2	25	16	4	81 360	60 880	400
Искра	1	25	17	13	57 600	134 150	5 128
	2	26	18	24	83 220	104 150	43 162
Ягор- ба	1	27	13	17	124 740	103 450	45 040
	2	26	25	15	88 000	91 013	9 232
Латка	1	5	7	3	660	1 500	500
	2	11	14	6	16 080	2 920	7200

влияние худших по качеству вод водохранилища минимально.

По данным средних величин индексов биоценотического сходства выделяются наиболее специфичные участки, расположенные выше зоны выклинивания подпора водохранилища (станции „1“ рек Латки и Сёблы), которые характеризуются бедным зоопланктонным комплексом. Средние величины индекса сходства этих станций со всеми остальными колебались в пределах от 0.9 до 7.6 %. На большинстве других участков уровень был выше — 25 %. Выделяется также очень чистый участок на р. Искре, качество вод которой благоприятствует развитию такого олигосапробного вида как *Holopedium gibberum*. Из устьевых наиболее своеобразен участок на р. Латке. Индекс биоценотического сходства составлял здесь в различные сезоны 8—28.1 %, в то время как в устьях остальных рек — 25—49.1 %. Зоопланктонное сообщество этого участка испытывает последствия отрицательного влияния стоков сыззавода, расположенного в среднем течении реки. Из-за малой протяженности зоны под-

Таблица 2

Биомасса, г/м ³			Индекс видового разнообразия					
			по численности			по биомассе		
В	Л	О	В	Л	О	В	Л	О
0.0006	0.017	0.002	1.7	2.3	2.4	1.2	1.8	2.3
1.2	1.46	0.05	4.4	4.5	2.8	1.8	3.0	3.1
0.143	0.058	0.0005	1.7	2.9	2.2	2.0	2.6	0.9
0.302	0.072	0.011	3.5	3.3	2.9	3.5	3.1	1.7
1.01	0.028	0.0002	2.8	3.7	1.5	2.9	2.6	1.5
0.49	1.46	0.0112	2.9	3.3	2.1	2.9	2.6	1.1
0.89	3.8	0.432	2.9	3.4	4.1	3.0	3.0	1.6
2.3	1.5	0.808	3.5	3.3	3.8	2.4	3.0	2.9
0.39	0.741	0.177	3.3	2.6	3.4	3.7	2.6	3.3
1.4	1.15	0.26	3.1	2.1	3.5	1.7	2.7	2.2
0.005	0.012	0.0023	2.3	2.3	1.6	1.6	2.1	1.7
0.0416	0.057	0.048	2.6	3.2	2.1	2.7	2.5	2.0

пора (1.5–2 км) речные воды, уже завершившие процесс химического самоочищения, но еще бедные организмами планктона, активно проникают в устьевую область. За весь период исследований здесь отмечались минимальные значения численности и биомассы зоопланктеров.

Таким образом, в периоды летней межени и гидрологической осени качество вод исследованных участков рек по БПК₅ ниже, чем вод водохранилища. Зоопланктонный комплекс зоны выклинивания подпора формируется за счет фауны реки и водохранилища. На верхних границах зоны подпора более четко выражена роль речных вод, в устьевых областях решающее значение имеет фауна водохранилища. Основные структурные характеристики зоопланктона имеют более высокие значения в устьях притоков. Нарушение этого эффекта происходит в случаях, когда условия среды на данных участках менее благоприятны для развития зоопланктона. Зона подпора является буферной между более загрязненными водами малых рек и водохрани-

лица. От ее протяженности зависит степень проникновения и влияния речных вод на таковые водохранилища.

Литература

1. **Алекин О. А.** Основы гидрохимии. Л., 1970.
2. **Былинкина А. А., Петухова Л. А.** Поступление соединений фосфора в Рыбинское водохранилище с местным стоком и сточными водами // Абиотические факторы биологического круговорота в водоемах. Л., 1971.
3. **Воронков П. П.** Основные черты режима биогенных соединений водохранилищ волжской системы в связи с их первичной продукцией // Тр. Гос. гидрол. ин-та. Л., 1953. Вып. 37.
4. **Киселев И. А.** Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод. М.; Л., 1956. Т. 4, ч. 1.
5. **Курдина Т. Н.** Температура воды в Рыбинском водохранилище и ее динамика // Тр. биол. ст. „Борок“. М.; Л., 1958. Вып. 3.
6. **Рохмистров В. Л., Наумов С. С.** Физико-географические закономерности распределения речной сети Ярославского Нечерноземья // Межвуз. сб. науч. тр. Ярославль, 1984. Вып. 206.
7. **Рыбинское водохранилище.** М.; Л., 1972.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 595.132

В. Г. Гагарин, Л. В. Лемзина

К ФАУНЕ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД ОЗЕРА БАЛХАШ

In Lake Balkhash 8 species of free-living nematodes have been discovered.

Озеро Балхаш — самый большой водоем Средней Азии [1]. Ранее в нем было зарегистрировано 6 видов свободноживущих круглых червей без указания места их обнаружения [3]. Материалом настоящей работы послужили 5 проб нематод, отобранных в августе 1990 г. в опресненной юго-западной части при-

Состав нематод в пробах

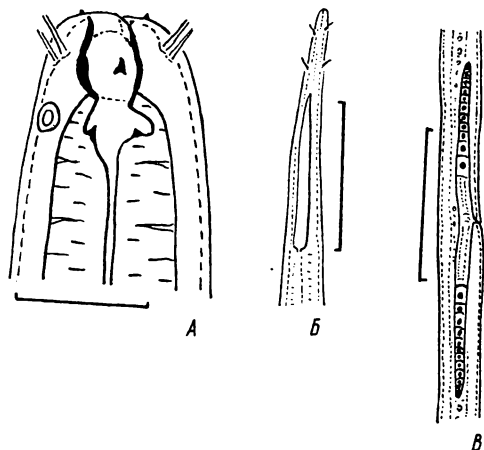
Вид	Количество особей, экз.			%
	♀	♂	juv.	
<i>Daptonema dubium</i>	54	39	31	39.6
<i>Tripyloides marinus</i>	6	13	92	35.5
<i>Chromadorina bioculata</i>	21	20	3	14.1
<i>Aphanolaimus aquaticus</i>	4	1	18	7.3
<i>Paracyatholaimus intermedius</i>	3	—	5	2.6
<i>Tobrilus gracilis</i>	1	—	—	0.3
<i>Prodesmodora circulata</i>	1	—	—	0.3
<i>Halalaimus</i> sp.	1	—	—	0.3
Всего	91	73	149	100

брежного мелководья озера вблизи ст. Чиганак на глубине 1—15 м. Пробы качественные, грунт (слегка заиленный песок) промывали через сачок, сшитый из мельничного газа № 64. Просматривали и измеряли нематод на глицериновых препаратах с помощью оптического микроскопа МББ-1А. Найдено 8 их видов, по численности доминировали *Daptonema dubium* и *Tripyloides marinus* (см. таблицу). Ранее из них в озере был отмечен лишь один вид *D. dubium* [3]. Ниже приводится морфологическая характеристика обнаруженных видов.

Отряд Enoplida

1. *Tripyloides marinus* (Bütschli, 1874) (см. рисунок, А). Размеры: 5 ♀♀ $L = 1.32-1.63$ (1.50) мм, $a = 16.6-21.9$ (19.2), $b = 5.22-6.95$ (6.16), $c = 8.67-12.37$ (10.13), $V = 52.9-56.9$ (54.0) %. Ширина области губ 22—25 мкм*, длина более крупных головных щетинок 10—11, пищевода 227—263 (244), хвоста 116—182 (150), хв/ан = 2.9—4.0 (3.3). В матке у половозрелых самок находились личинки, в кишечнике в большом количестве отмечены диатомовые водоросли. Размеры: 5 ♂♂ $L = 1.15-1.35$ (1.26) мм, $a = 20.1-21.7$ (20.8), $b = 5.14-6.14$ (5.58), $c = 9.93-11.07$ (10.65). Ширина области губ 22—23, длина более крупных головных щетинок

* Далее, где не указано, размеры даны в микрометрах.



Tripylodes marinus (А — головной конец) и *Halalaimus* sp. (Б — головной конец, В — тело в области вульвы).

Масштаб — 25 мкм.

10, пищевода 220—249 (227), хвоста 115—122 (119), хв/ан = 2.5—3.0 (2.7), длина спикул 38—42 (41). Вид широко распространен в солоновато-водных водоемах. Данные особи близки к *T. marinus* и *T. pallidus* из Каспийского моря [4]. Размеры тела и форма отверстия амфидов сближает их с первым видом, а расположение отверстия амфидов и живорождение — со вторым.

2. *Tobrilus gracilis* (Bastian, 1865). Размеры: ♀ $L = 2.06$ мм, $a = 20.2$, $b = 4.60$, $c = 8.93$, $V = 47.5$ %. Ширина области губ 42, длина более крупных головных щетинок 14, пищевода 448, хвоста 231, хв/ан = 4.2, размеры яйца 56×49 . Космополит, обычный компонент пресноводной фауны.

3. *Halalaimus* sp. (см. рисунок, Б, В). Обнаруженная самка была с оборванным хвостом. Ширина головы 2.5, длина головных щетинок около 3, пищевода 260, отверстия амфидов 24, расстояние от переднего конца тела до отверстия амфидов 20, ширина тела в области вульвы 7. Яичники парные, прямые, $G_1 = 84$, $G_2 = 90$. Особь близка к *H. gracilis* de Man.¹ 1888.

Отряд Monhysterida

4. *Daptonema dubium* (Bütschli, 1873). Размеры: 5 ♀♀ $L = 1.37—1.48$ (1.44) мм, $a = 16.3—20.5$ (18.3), $b = 3.52—3.99$ (3.82), $c = 6.98—7.68$

(7.36), $V = 69.4-72.2$ (71.1)%. Ширина области губ 28—32, длина более крупных головных щетинок 17—18, пищевода 350—402 (377), хвоста 186—203 (195), $хв/ан = 3.5-4.0$ (3.8), длина терминальных каудальных щетинок 24—25; 5 ♂♂ $L = 1.03-1.22$ (1.15) мм, $a = 15.6-19.7$ (18.0), $b = 3.43-3.80$ (3.60), $c = 6.89-7.10$ (7.01). Ширина области губ 22—24, длина более крупных головных щетинок 17—18, пищевода 301—329 (320), хвоста 147—172 (164), $хв/ан = 4.2-5.1$ (4.6), длина спикул 36—39 (37). Космополит, широко распространен в солоноватых и пресных водах. Размеры особей очень близки к описанным С. Я. Цалолихиным из данного водоема [3].

Отряд Araeolaimida

5. *Aphanolaimus aquaticus* Daday, 1897. Размеры: 4 ♀♀ $L = 1.00-1.06$ (1.04) мм, $a = 28.5-32.5$ (31.0), $b = 4.56-5.28$ (5.02), $c = 6.93-7.41$ (7.15), $V = 48.0-50.8$ (49.6)%. Ширина области губ 7—8, длина головных щетинок 7—8, пищевода 189—228 (209), хвоста 140—150 (146), $хв/ан = 6.3-8.9$ (7.5); ♂ $L = 0.92$ мм, $a = 26.37$, $b = 4.99$, $c = 8.55$. Ширина области губ 7, длина головных щетинок 7, пищевода 185, хвоста 108, $хв/ан = 4.0$, длина спикул 38, супплементов 9. Обычный компонент донной фауны пресных и солоновато-водных водоемов.

Отряд Chromadorida

6. *Chromadorida bioculate* (Schultze in Carus, 1857). Размеры: 5 ♀♀ $L = 0.48-0.55$ (0.52) мм, $a = 16.7-19.9$ (18.5), $b = 5.65-6.96$ (6.52), $c = 5.16-5.28$ (5.67), $V = 43.5-45.7$ (44.3)%. Ширина области губ 8—9, длина головных щетинок 6—7, пищевода 77—84 (79), хвоста 84—101 (91), $хв/ан = 5.6-6.5$ (6.0), размеры яиц $38-42 \times 21-23$; 5 ♂♂ $L = 0.48-0.55$ (0.51) мм, $a = 16.5-20.7$ (19.0), $b = 6.29-6.96$ (6.56), $c = 6.00-7.08$ (6.43). Длина пищевода 74—85 (78), хвоста 73—87 (80), спикул 20—22 (22). Вид широко распространен в пресных и солоновато-водных водоемах. Данные особи несколько меньшего размера, чем черви, обитающие в пресных водоемах европейской части страны [2]. Надо отметить, что глазки у нематод на препаратах рассмотреть не удалось. Весьма вероятно, что пигмент растворился в глицерине.

7. *Paracyatholaimus intermedius* (de Man, 1880).
 Размеры: 3 ♀♀ $L = 0.87-1.13$ (0.98) мм, $a = 20.2-25.2$ (23.3), $b = 6.38-7.18$ (6.81), $c = 11.88-12.82$ (12.25), $V = 52.2-53.7$ (53.2) %. Ширина области губ 17—18, длина головных щетинок 7, пищевода 136—158 (143), хвоста 73—94 (80), хв/ан = 2.6—3.4 (2.9). Космополит, широко распространен в солоноватых водоемах. По размерам очень близок к особям, обитающим в солоновато-водных озерах Монголии [3].

8. *Prodesmodora circulata* (Micoletzky, 1913).
 Размеры: ♀ $L = 0.94$ мм, $a = 22.40$, $b = 7.24$, $c = 6.15$, $V = 40.6$ %. Ширина области губ 18, длина головных щетинок 6, пищевода 130, хвоста 153, хв/ан = 7.3. Космополит, обычен в пресных водоемах. В оз. Балхаш в настоящее время насчитывается 13 видов круглых червей.

Литература

1. Абросов В. Н. Озеро Балхаш. Л., 1973.
2. Гагарин В. Г. Пресноводные нематоды европейской части СССР. Л., 1981.
3. Цалолихин С. Я. Нематоды пресных и солоноватых вод Монголии. Л., 1985.
4. Чесунов А. В. Свободноживущие нематоды рода *Tripyloides* de Man, 1886 (*Enoplida*, *Tripyloidea*) из Каспийского моря // Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. биол. 1981. Т. 86, вып. 1.

Институт биологии внутренних вод
 им. И. Д. Папанина РАН

УДК 591.324.12 (571.663)

Н. В. Вехов

ГОЛЫЕ ЖАБРОНОГИ (ANOSTRACA) И ЩИТНИ (NOTOSTRACA) ПРУДОВ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ СССР*

The species composition, biology and the laws of the distribution of *Anostraca* and *Notostraca* are studied in fishery ponds of the USSR.

* Здесь и далее в статье СССР соответствует территории страны в границах 1990 г.

Голые жаброноги (*Anostraca*) и щитни (*Notostraca*) наряду с представителями отр. *Conchostraca* [5] — одни из наиболее массовых гидробионтов в прудах рыбхозов СССР. Они имеют важное биоценотическое значение — в выростных прудах взрослые особи щитней поедают мальков осетровых рыб, карпа, сазана и др. и вместе с голыми жаброногами являются пищевыми конкурентами рыб [1, 3, 4, 7]. При спуске таких водоемов эти ракообразные из-за массового развития полностью „забивают“ коллекторы и „давят“ подросших мальков рыб. Все это актуализирует проблему борьбы с *Anostraca* и *Notostraca* в рыбхозах.

В литературе имеются отдельные сведения о распространении *Anostraca* и *Notostraca* в прудах некоторых рыбхозов различных природных зон [2—7, 9—15]. Однако до сих пор неясны размах и закономерности расселения этих ракообразных по прудам рыбхозов в СССР, причины распространения и акклиматизации при вселении, отдельные стороны биологии в подобных эфемерных водоемах. Автором обобщены собственные данные (результаты исследований 1988 г. в рыбхозе „Пара“ Рязанской области), литературные сведения и итоги обработки обширного материала из различных рыбхозов СССР. Видовой состав и распространение обитающих в них ракообразных представлены в таблице.

В прудах рыбхозов различных природно-климатических зон обнаружены 4 вида листоногих раков: *Anostraca* — *Artemia salina* (Linnaeus, 1758), стрептоцефал *Streptocephalus torvicornis* (Waga, 1842), *Notostraca* — весенний щитень *Lepidurus apus* (Linnaeus, 1758) и летний — *Triops cancriformis* (Bosc, 1801). В большинстве рыбхозов они являются нежелательными поселенцами, врагами и пищевыми конкурентами молоди рыб, в некоторых же из них — выращиваются как кормовые объекты для рыб: *Artemia salina* (например, Нукусский рыбхоз [8]) и *Streptocephalus torvicornis* (пруды ВНИИПРХ, Нарвский рыбзавод (устное сообщение З. И. Шмаковой [12])).

Анализ представленных данных свидетельствует об однообразии видового состава в прудах рыбхозов — от широты г. Санкт-Петербурга до юга Молдовы и Азербайджана (см. таблицу). Весенний щитень найден только в прудах Абалакского нельмо-осетрового завода, причем в них он, вероятно, был занесен при заполнении весной водой из естественных пойменных озер долины р. Иртыш, где *Lepidurus apus* обычен в весенний период. В большинстве рыбхозов отмечены

Состав и распространение листоногих
ракообразных в прудах рыбхозов СССР

Местонахождение	<i>Lepidurus apus</i>	<i>Triops cancriformis</i>	<i>Strepto- cephalus torvi- cornis</i>	Источ- ник инфор- мации
Ленинград- ская обл., Нарвский рыбзавод	-	-	+	[12]
Московская обл., пруды ВНИИПРХ	-	+	+	Устное сообщение З.И. Шма- ковой
Рязанская обл., рыбхоз „Пара“	-	+	+	Наши данные
Ростовская обл., рыбхоз „Бессерге- невский“	-	+	+	Материал Л.П. Телич- ко
Тюменская обл., Абалакский осетровый рыбзавод	+	+	+	Материал А.А. Хаки- муллина, [11,13-15]
Куйбышевская обл., рыбхоз „Сускан“	-	+	+	Материал Т.И. Доб- рыниной
Волгоград- ский осет- ровый рыб- завод	-	+	+	[8]
Краснодар- ский край, рыбхоз „Горячий ключ“	-	-	+	Материал Т.И. Доб- рыниной
Краснодар- ский зональ- ный рыбопи- томник	-	+	+	Тот же

Таблица (продолжение)

Местонахождение	<i>Lepidurus apus</i>	<i>Triops cancriformis</i>	<i>Streptocephalus torvicornis</i>	Источник информации
Краснодарский край, Темрюкский осетровый рыбзавод	-	+	+	[2]
Азербайджан, Куринский осетровый рыбзавод	-	+	+	[3, 4, 6]
Молдова, Приднестровский рыбхоз	-	+	+	Материал Т. И. Добрыниной
Николаевская обл., колхоз „Коммунар“	-	+	+	[9]
Беларусь, рыбхозы: „Изобелино“	-	+	+	Устное сообщение Т. А. Филюковой
„Белоозерское“	-	+	-	[11]
„Белое“	-	+	-	[11]
„Красная Зорька“	-	+	-	[11]
„Свислочь“	-	+	-	[11]
„Волма“	-	+	-	[11]

только 2 вида — летний щитень и стрептоцефал. По всей видимости, это связано с тем, что исходный посадочный материал был взят из хозяйств степной и лесостепной зон, где в разнообразных естественных и искусственных местообитаниях оба эти рачка — обычные гидробионты. Поэтому повсеместное распро-

странение *Triops cancriformis* и *Streptocephalus torvicornis* может быть обусловлено 2 причинами: непреднамеренным заносом латентных яиц и самих рачков с посадочным материалом и высокими адаптационными способностями этих ракообразных к условиям обитания в самых разных естественных временных водоемах.

Оба вида ракообразных обитают в воде с широким диапазоном температур (от 8—9 до 25—32°) [3, 4, 7, 12] и выдерживают значительный дефицит растворенного в воде кислорода [3, 4, 7]. *Triops cancriformis* делает „гнезда“ в донных грунтах, откладывает в них яйца и затем закапывает; *Lepidurus apus* либо тоже откладывает яйца в „гнезда“ и закапывает их, либо приклеивает яйца к различным подводным предметам (камни, макрофиты, бревна, доски и т. п.). Такой способ откладки и сохранения яиц благоприятствует развитию популяций этих видов даже при незначительном заносе рачков в водоем.

Для *Streptocephalus torvicornis* и *Triops cancriformis* характерны развитие откладываемых яиц текущего поколения без длительной диапаузы (если кладки находятся в воде), высокая индивидуальная плодовитость [*S. torvicornis* — (315±285) яиц, *T. cancriformis* — (80±50) яиц за одну кладку], быстрые темпы созревания яиц одной кладки — (4±2) сут и способность к размножению у относительно молодых рачков [возраст (13±5) сут]. Вероятно, именно этими биологическими особенностями *T. cancriformis* можно объяснить огромный запас латентных яиц в грунте прудов рыбхозов — от 1 до 88 тыс. яиц на 1 м² [3, 10], надежность их сохранения во время диапаузы, связанной с осушением прудов после спуска, и необычайно высокую численность рачков на следующий год в тех же водоемах (от 0.5 до нескольких тысяч экземпляров на 1 м²) [1, 3, 4, 7], которая в природе практически никогда не наблюдается (по данным автора статьи численность рачков в естественных водоемах лесной, степной и лесостепной зон колебалась от 2—15 до 40—124 экз./м²).

В прудах рыбхоза „Пара“ высокая адаптационная способность *Triops cancriformis* к условиям обитания в подобных мелких водоемах проявляется в том, что через месяц после начала активной фазы существования популяций летнего шитня, за 1—3 сут до спуска воды на грунтах были отмечены рачки, одновременно откладывающие в „гнезда“ латентные яйца 3 размерно-возрастных групп (наиболее крупные — родительские особи, более мелкие — 2 поколения их потомков).

Видимо, определенную роль в акклиматизации *Triops cancriformis* в новых условиях играет его повышенная агрессивность и конкурентноспособность с другими гидробионтами — по сообщению А. А. Хакимуллина, летний щитень постепенно вытесняет *Lepidurus arus* из прудов Абалакского нельмо-осетрового рыбзавода и занимает его экологическую нишу.

Литература

1. Алексеев Н. К. Биоценотическое значение листоногих ракообразных в рыбоводных прудах // Вопр. ихтиологии. 1965. № 34.
2. Алякринская Н. О., Долгова С. Н. Содержание гемоглобина в теле щитня *Triops cancriformis* Schöff. (Notostraca, Crustacea) // Докл. АН СССР. 1981. Т. 260, № 5.
3. Аскеров М. К., Сидоров П. А. Биология листоногих рачков в прудах осетровых рыбных заводов и борьба с ними // Тр. Азерб. н.-и. рыбхоз. лаб. 1964. Т. 4.
4. Богатова И. Б. Роль *Apus cancriformis* Schaffer как вредителя осетровых // Вопр. ихтиологии. 1959. № 12.
5. Добрынина Т. И., Братчик Р. Я. Распределение листоногих раков в процессе онтогенеза // Экология и морфология водных беспозвоночных. 1988. С. 54–78. / ИБВВ АН СССР. Деп. в ВИНТИ 27.09.1988, № 7151—В88.
6. Добрынина Т. И., Братчик Р. Я. Листоногие раки (*Conchostraca*) рыбоводных хозяйств СССР / Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1989. № 83.
7. Мирошниченко М. П. Листоногие раки в прудах Волгоградского осетрового рыбоводного завода // Тр. Волгоград. отд. ГосНИОРХ. 1971. Т. 5.
8. Мназов Н. Культивирование рачка *Artemia salina* на Нукусскорыбоводном заводе // Вестн. Каракалпак. филиала АН УзССР. 1977. № 2(68).
9. Мовчан В. А. Пруды и рыбопродуктивность в зоне Ингулецкого опытного оросительного массива // Зоол. журн. 1954. Т. 33, вып. 5.
10. Муратов В. М. Щитни в прудах рыбхозов Белоруссии // Динамика зооценозов, проблемы охраны и рационального использования животного мира Белоруссии: Тез. докл. 6-й зоол. конф., Витебск, 19–21 сент., 1989. Минск, 1989.
11. Садырин В. М., Хакимуллин А. А. Рост *Lepidurus arus* L. и его продукция в осетровых прудах //

Основы изучения пресноводных экосистем. Л., 1981.

12. Служебская Э. Б. Опыт интродукции *Streptococcus phalus torvicornis* (Waga) в прудах Нарвского рыбоводного завода // Десятая сессия ученого совета по проблеме "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера": Тез. докл. Сыктывкар, 1977.
13. Хакимуллин А. А. Действие низких температур на развитие весеннего щитня // Экология. 1982. № 6.
14. Хакимуллин А. А. Интенсивность дыхания щитня (*Lepidurus arus* L.) // Гидробиол. журн. 1983. Т. 19, № 4.
15. Хакимуллин А. А. Устойчивость весеннего щитня (*Lepidurus arus*) к острой гипоксии // Экология. 1985. № 3.

ВНИИ охраны природы и заповедного дела

УДК 574.64 : 597

Т. И. Жарикова, Н. А. Изюмова, М. А. Степанова

**О ВЛИЯНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ СТОКОВ
НА ЭКТОПАРАЗИТОВ ЛЕЩА
КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
(ВОЛГО-КАМСКИЙ ПЛЕС)**

The results of studies the influence of anthropogenic pollution on the ectoparasites of bream. The results are presented that there has been a sharp reduction of population of all ectoparasites species. The abundance of monogeneans of the genera *Dactylogyrus* and *Diplozoon* in the bream females was higher than in males. In parasites of genera *Diplozoon* morphological deformities were founded. The sizes of dactylogyrids were larger in comparison with the more pure reservoir.

В результате интенсивного антропогенного влияния на водоемы (загрязнение промышленными стоками, поступление подогретых вод электростанций, сбросы городских стоков и т.д.) в очагах воздействия устанавливается так называемый токсикологический режим. Он, как правило, характеризуется ухудшением

условий жизнедеятельности гидробионтов, в том числе и паразитов рыб.

В литературе есть данные о воздействии токсического загрязнения водоемов на паразитофауну рыб. Рядом авторов [2, 3, 4, 12, 14] показано, что в результате антропогенного эвтрофирования водоемов происходит резкое обеднение качественного и количественного составов паразитофауны. Исследования по этой проблеме имеют своей целью установить не только те изменения, которые происходят в паразитофауне рыб в результате загрязнения водоемов, но и выявить организмы-индикаторы, использование которых было бы эффективно в биомониторинге окружающей среды. Имеющихся к настоящему времени данных явно недостаточно для решения этой задачи.

Настоящая работа выполнена с целью изучения антропогенного воздействия на эктопаразитов леща в Куйбышевском водохранилище. Последние исследования нами в июне 1990 г. в районе Атабаевского колена (Волго-Камский плес), который представляет собой меандр затопленного русла р. Камы, находится в 6 км от места слияния рек Волги и Камы, подвергается воздействию бытовых и промышленных сбросов и является одним из самых загрязненных участков Куйбышевского водохранилища. Здесь отмечено повышенное содержание тяжелых металлов, углеводородов нефтяного происхождения и других веществ, свидетельствующих об интенсивном загрязнении этого участка [5].

Было исследовано 87 экз. леща, из них 31 — четырехлеток и 56 — половозрелых лещей (6+ и старше). Учитывали всех жаберных паразитов в обеих группах. В результате проведенного исследования на жабрах обнаружены следующие виды паразитов: моногенеи *Dactylogyrus auriculatus*, *D. falcatus*, *D. wunderi*, *D. zandti* и *Diplozoon paradoxum*, личинки трематод *Rhipidocotyle illense*, а также пиявки *Caspiobdella fadejewi* (табл. 1). Численность всех обнаруженных видов паразитов была очень низкой, в то время как июнь считается месяцем интенсивного их развития и подъема численности [10, 11, 13, 19].

Одновременно с исследованиями на Куйбышевском водохранилище изучались лещи, взятые из р. Шумовки (приток Волжского плеса Рыбинского водохранилища), удаленной от мест сброса промышленных и бытовых стоков. Численность всех видов дактилогирид на лещах колебалась от 160 до 270 экз. на рыбе при экстенсивности инвазии 100 %. Интенсивность инвазии *Diplozoon paradoxum* равнялась 6.5 экз. при

Зараженность лещей паразитами в Атабаевском
колоне Куйбышевского водохранилища

Паразит	Индекс обилия, М±м	Экстен- сивность инвазии, %	Индекс обилия, М±м	Экстен- сивность инвазии, %
	Четырехлетки		Половозрелые	
<i>Dactylogyrus auriculatus</i>	5.0±0.4	50.9	4.8±0.2	57.5
<i>D. falcatus</i>	1.2±0.1	22.6	0.9±0.04	23.1
<i>D. wunderi</i>	2.7±0.2	37.1	2.4±0.09	35.4
<i>D. zandti</i>	0.3±0.04	16.4	0.3±0.01	15.0
<i>Diplozoon paradoxum</i>	1.2±0.2	22.3	1.2±0.3	24.6
<i>Rhipidocotyle illense</i>	1.5±0.4	22.0	1.4±0.4	18.7
<i>Caspiobdella fadejewi</i>	0.7±0.3	27.6	4.8±1.4	35.6

экстенсивности 89.7 %. Метацеркарий трематод *Rhipidocotyle illense* было не менее 100 экз. на рыбе. Зараженность пиявками была также очень высока — от 4 до 30 и более экземпляров на одной рыбе.

По всей видимости, ухудшение качества воды в результате ее токсического загрязнения действует ингибирующе на развитие паразитов. У моногеней неблагоприятное воздействие среды, очевидно, в первую очередь отражается на свободноплавающих личинках — онкомирацидиях, самом уязвимом звене в жизненном цикле паразитов. Гибель онкомирацидиев приводит к разрыву контакта между инвазионным началом и хозяином.

Среди половозрелых лещей сравнивалась численность паразитов на самцах и самках. Из 56 лещей 35 рыб были самцами и 21 самками. Ранее было показано [9], что в период нереста и нагула зараженность самцов леща дактилогирисами статистически достоверно выше таковой самок. Было обосновано предположение, что в период нагула неодинаковая зараженность полов леща связана с действием половых гормонов и выделением слизи, привлекающей свободноплавающих личинок моногеней.

В Атабаевском колоне (табл. 2) выявлена противоположная картина — самцы были заражены дактилогирисами и диплозонами слабее. Обнаруженный факт,

Таблица 2

Зараженность самцов и самок лещей паразитами
в Атабаевском колене Куйбышевского водохранилища
(индекс обилия, $M \pm m$)

Пол рыб	<i>Dactylo- gyrus</i> spp.	<i>D. para- doxum</i>	<i>Rhipido- cotyle</i> <i>illense</i>	<i>Caspiob- della</i> <i>fadejewi</i>
Самцы	14.1±4.5	0.7±0.2	1.1±0.3	3.2±1.3
Самки	40.6±12.4	2.1±0.6	1.9±0.9	7.4±3.1
Критерий Стьюдента, t_{st}	2.1	2.3	0.75	1.3
Достоверность различий, P	≤0.05	<0.05	>0.05	>0.05

противоречащий ранее установленной закономерности, — видимо, результат влияния на рыб неблагоприятной среды. Возможно, токсические вещества, находящиеся в воде и воздействующие на организмы рыб, в частности на гормональную систему, вызывают снижение устойчивости самок к инвазии моногенеями. Вероятно, по той же причине или снижается выделение слизи у самцов, или токсические вещества нейтрализуют действие аттрактантов, находящихся в слизи. Не исключено, что имеют место все эти явления одновременно. Достоверной разницы в зараженности самцов и самок леща метацеркариями трематод и пиявками не выявлено.

Отражением токсического воздействия среды на паразитов служат находки морфологических уродств, обнаруженные у *Diplozoon paradoxum*, которые представляют собой не что иное как индивидуальные отклонения при нарушении условий во время развития. Первый тип уродств связан с нарушением строения тела. Так, на половозрелых лещах были выявлены *D. paradoxum* с одним передним и двумя задними лопастями и наоборот. Были обнаружены также черви с нарушенной симметрией числа прикрепительных клапанов (второй тип уродств). Отмечены следующие соотношения числа клапанов у диплозонов: 4 и 2, 4 и 3, 3 и 2. Асимметрия числа прикрепительных клапанов большей частью встречалась у паразитов с асимметрией числа лопастей. Черви с нарушением строения тела встречались чаще, чем паразиты с асимметрией прикрепительных клапанов, что согласуется с общеиз-

Характеристика размеров хитиноидных образований
Dactylogyrus wunderi у лещей

Признак, мк	Водохранилище		Критерий Стьюдента, t_{st}	Досто- верность разли- чий, P
	Куйбы- шевское	Рыбин- ское		
Общая длина срединных крючьев	53.9±0.6	48.8±0.4	7.1	<0.001
Длина основ- ной части срединных крючьев	40.8±0.6	37.2±0.2	5.2	<0.001
Длина острия срединных крючьев	20.9±0.6	18.3±0.2	4.2	<0.001
Длина внут- реннего от- ростка сре- динных крючьев	19.2±0.5	19.2±0.1	0.09	>0.05
Длина наружного отростка срединных крючьев	6.3±0.2	5.7±0.08	2.9	<0.01
Общая длина краевых крючьев	28.4±0.3	27.5±0.2	2.5	<0.05
Длина острия краевых крючьев	7.9±0.1	7.8±0.06	0.9	>0.05
Длина руко- ятки краевых крючьев	16.9±0.5	11.7±0.1	10.6	<0.001

вестным фактом о меньшей изменчивости счетных при-
знаков по сравнению с пластическими.

Дактилогириды, снятые с жабр леща в Атабаевском
колоне, оказались крупнее обычного. Для подтверж-
дения обнаруженного явления было проведено специ-
альное исследование. У 50 экз. *Dactylogyrus wunderi*
(как одного из самых массовых видов) из Атаба-
евского колена и р. Шуморовки (как условно чистого
водоема) проведены промеры 8 параметров хитиноид-

ных образований прикрепительного диска. Полученные результаты (табл. 3) подтвердили наличие более крупных форм из изучаемого района Куйбышевского водохранилища. Так, по 6 из 8 параметров моногеней из Атабаевского колена были достоверно крупнее паразитов из Волжского плеса Рыбинского водохранилища.

Рядом авторов [1, 15, 17, 18, 21] показано, что в зонах антропогенного воздействия (где концентрация токсических веществ не столь высока, чтобы вызвать угнетение или приостановку развития бентосных организмов) часто имеет место увеличение численности кормового бентоса, например некоторых видов хирономид рода *Chironomus* и олигохет (*Tubifex tubifex* и др.). Это, в свою очередь, приводит к возрастанию темпа роста рыб-бентофагов, что вызывает увеличение их размеров и общей плотности в данном участке. Такая же картина обнаружена и у леща в Атабаевском колене [16].

Для многих видов моногеней родов *Dactylogyrus*, *Diplozoon* и *Tetraonchus* показано [6, 7, 8], что величины морфологических признаков моногеней и хозяев находятся в прямой зависимости. В свете приведенных данных становится понятным увеличение размеров червей в Атабаевском колене Куйбышевского водохранилища.

Таким образом, результаты проведенного исследования, с одной стороны, подтвердили ранее установленные закономерности о воздействии токсического загрязнения на паразитофауну рыб [2, 14, 12, 20]. В частности, показано, что в зонах с токсикологическим режимом происходит снижение численности всех обнаруженных на леще видов паразитов. С другой стороны, обнаружены ранее неизвестные явления. Впервые описаны уродства у моногеней *Diplozoon paradoxum* и увеличение размеров моногеней рода *Dactylogyrus*. Не исключено, что в дальнейшем эти морфологические уродства и изменения паразитов можно будет использовать как индикатор нарушения экологического равновесия в данном водоеме.

Следует отметить перспективность исследования данной проблемы на организменном уровне. Существующий подход к изучению воздействия антропогенного фактора на паразитофауну рыб, заключающийся только в учете изменения численности и видового состава паразитов, не дает адекватного представления о сущности происходящих явлений.

Литература

1. Алимов А. Ф. Донная фауна реки Невы // Загрязнение и самоочищение реки Невы. Л., 1968.
2. Аникиева Л. В. Влияние сточных вод Сегежского целлюлозно-бумажного комбината на гельминтофауну рыб Выгозера // Экология паразитических организмов в биогеоценозах Севера. Петрозаводск, 1982.
3. Аникиева Л. В., Иешко Е. П. Антропогенное влияние на паразитологическую ситуацию озера Рындрозера // Эколого-популяционный анализ паразитохозяйственных отношений. Петрозаводск, 1988.
4. Богданова Е. А. Экологическая характеристика паразитофауны рыб в различных районах Ладожского озера в условиях реконструкции его гидробиоценозов // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1988. Вып. 285.
5. Гапеева М. В., Цельмович О. Л. О распределении тяжелых металлов в донных отложениях Куйбышевского и Рыбинского водохранилищ // Водные ресурсы. 1989. Вып. 1.
6. Гусев А. В. Зависимость признаков поведения и циклов развития некоторых видов моногеней от возраста хозяев // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Отчет научной сессии по итогам работ 1969 г. Л., 1970.
7. Гусев А. В., Кулемина И. В. Анализ изменчивости признаков, поведения и цикла развития моногеней в связи с возрастом хозяев // Паразитология. 1971. Т. 5, вып. 4.
8. Гусев А. В., Кулемина И. В. Таксономические признаки некоторых моногеней с хозяев разных возрастов // Паразитология. 1971. Т. 5, вып. 2.
9. Жарикова Т. И. Зараженность леща (*Abramis brama*) моногенами рода *Dactylogyrus* в зависимости от пола хозяина // Зоол. журн. 1984. Т. 63, вып. 2.
10. Жарикова Т. И. Экологический анализ дактилогирид леща Горьковского водохранилища // ИБВВ АН СССР. 1986. 51 с. Деп. в ВИНТИ 14.12.1986, № 7197-86.
11. Жарикова Т. И., Изюмова Н. А. Возрастная структура популяции *Dactylogyrus chranilowi* (Monogenea) — паразита синца (*Abramis balticus*) // Зоол. журн. 1990. Т. 69, вып. 7.
12. Жохов А. Е. Влияние химического загрязнения воды на гельминтологическую ситуацию в водоемах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1987.
13. Изюмова Н. А., Жарикова Т. И. О возрастной структуре популяции дактилогирид леща Волжского

- плеса Рыбинского водохранилища // Матер. науч. конф. Всесоюз. о-ва гельминтологов. М., 1985. Вып. 35.
14. Костарев Г. Ф. Динамика ихтиопаразитофауны Камских водохранилищ — показатель воздействия промышленных и бытовых стоков // Тез. докл. VII Всесоюз. совещ. по паразитам и болезням рыб. Л., 1979.
 15. Мороз Т. Г. Исследование роли олигохет в оценке степени загрязнения речных вод // Водные ресурсы. 1981. № 3.
 16. Оценка влияния добычи ПГС на водную среду и гидрофауну Куйбышевского водохранилища, разработка и рекомендации по рыбохозяйственной реконструкции литорали: Отчет по хозяйственной ИБВВ АН СССР с Волжским объединенным речным пароходством теме. Борок, 1989.
 17. Попченко В. И. Закономерности изменений сообществ олигохет в условиях загрязнения водоемов // Водные малощетинковые черви: Матер. VI Всесоюз. симпоз. Саласпилс; Рига, 1987.
 18. Сношкина Е. В. Оценка степени загрязнения водоемов системы оз. Ильмень—р. Волхов—Ладожское озеро—р. Нева—Невская губа по составу донных организмов // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1988. Вып. 285.
 19. Хотеновский И. А. Подотряд *Octomacrinea* Khotenovsky // Фауна СССР: Моногеней. Л., 1985.
 20. Liebmann H. Fish as an indicator of water pollution // Bull. offic. intern. epizooties. 1966. N 65.
 21. Uzunov J. Statistical assessment of the significance of both bottom substrate and saprobity for the distribution of aquatic *Oligochaeta* in rivers // Limnologica. 1982. N 14.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

Ю. В. Слынько

ПОЛИМОРФИЗМ МЫШЕЧНЫХ ИЗОФЕРМЕНТОВ КАРПОВЫХ РЫБ.
III. МАЛИК-ЭНЗИМ (МЭ, К.Ф. 1.1.1.39)

The electrophoretical analysis of muscle malic-enzyme isoenzymes of 28 species of cyprinid fishes was carried out. The inheritant polymorphism of ME-1 locus of the next six species: *Rutilus rutilus*, *Blicca bjoerkna*, *Leuciscus leuciscus*, *Erythroculter mongolicus*, *Xenocypris macrolepis*, *Leuciscus waleckii* was described. The hypotheses of its gen-allelic determination were proposed and proved.

Малик-энзим (МЭ), или НАДФ-зависимая малатдегидрогеназа, относится к категории ферментов. генетический контроль которых осуществляется несколькими неаллельными генами [2]. Изоферменты МЭ входят в группу веществ, обладающих четвертичной структурой и не образующих гибридных изоферментов. В тканях позвоночных животных МЭ выявляется в виде 2 основных форм, одна локализована в митохондриях (m-МЭ), другая — в водорастворимой фракции цитоплазмы (s-МЭ). На материале высших позвоночных животных установлена независимая генетическая изменчивость s-МЭ и m-МЭ, при этом внутривидовой наследственный полиморфизм присущ, как правило, s-МЭ.

Данные по аллельной изменчивости у рыб охватывают незначительное число видов. Больше всего сведений накоплено по лососевым, окунеобразным и сельдевым, а также по одному—трем видам луциановых, пецилиевых и тресковых [3, 6, 8, 10]. В семействе же карповых рыб надежные данные о наследственном полиморфизме МЭ имеются только для одного вида североамериканских карповых — *Rhinichthys cataractae* [9]. Выявлены также вариации не совсем ясной природы у *Tribolodon hakonensis* [7]. В обоих случаях изменчивость обнаруживается по s-МЭ. Вместе с тем накоплены значительные сведения по полиморфизму у рыб, в том числе по большому числу видов карповых, родственного МЭ фермента — НАДФ-зависимой малатдегидрогеназе (МДГ) [2, 3, 11].

Следовательно, анализ внутривидового наследственного полиморфизма МЭ у карповых рыб представляет интерес не только с точки зрения восполнения информационного пробела, но и для понимания эволюции МДГ у рыб.

Исследовано 11 видов карповых рыб европейской части страны и 17 видов — Дальнего Востока (табл. 1). Сбор материала осуществлен в ходе полевых экспедиций 1986—1989 гг. Подготовка проб белых скелетных мышц и проведение электрофореза аналогичны изложенным в работе [4]. Внутривидовую изменчивость изоферментов МЭ оценивали по количеству и относительной электрофоретической подвижности полос и интенсивности их окрашивания. В качестве $r. f. = 100$ принимали подвижность быстрой полосы катодной зоны электрофоретического спектра МЭ ле-ща.

У всех 28 исследованных видов МЭ на электрофо-реграммах выявляется в виде 2 зон активности — быстрой (анодной) и медленной (катодной), существенно различающихся по качественным и количественным характеристикам. Анодная зона у большинства видов представлена одной интенсивно окрашенной широкой полосой, исключение составляет амурский сазан, обладающий в этой зоне 3 полосами. Как по интенсивности окраски, так и по относительной электрофоретической подвижности ни у одного из видов внутривидовой изменчивости в анодной зоне не установлено.

Катодная зона окрашивается слабее и представлена у различных видов 1—5 тонкими полосами. Именно для данной зоны характерна внутривидовая изменчивость по числу и $r. f.$ полос, выявляемая у целого ряда как европейских, так и амурских карповых: плотвы, густеры, ельца, амурского чебака, монгольского краснопера, желтоперки (см. рисунок). Случаев полиморфизма по интенсивности окраски изоферментов катодной зоны не обнаружено.

Учитывая аналогичность различий электрофоретических характеристик обеих зон у моноформных видов, а также то, что изменчивость числа и $r. f.$ полос катодной зоны не сопровождается соответствующими изменениями в анодной, можно констатировать, что эти зоны МЭ карповых рыб кодируются 2 независимыми генетическими локусами. Данное утверждение в принципе согласуется с представлениями о генетической детерминации МЭ 2 неаллельными генами [2]. Разумеется, на этом этапе исследования невозможно вполне определенно говорить о цитоплазматической или митохондриальной природе изоферментов указанных зон активности. Справедливость тезиса о независимости генов МЭ у карповых подтверждается также отсутствием гибридных полос гетерополимерной природы между зонами. Соответственно катодный локус был обозначен нами МЭ-1, а анодный — МЭ-2.

Таблица 1

Исследованные по МЭ виды карповых рыб

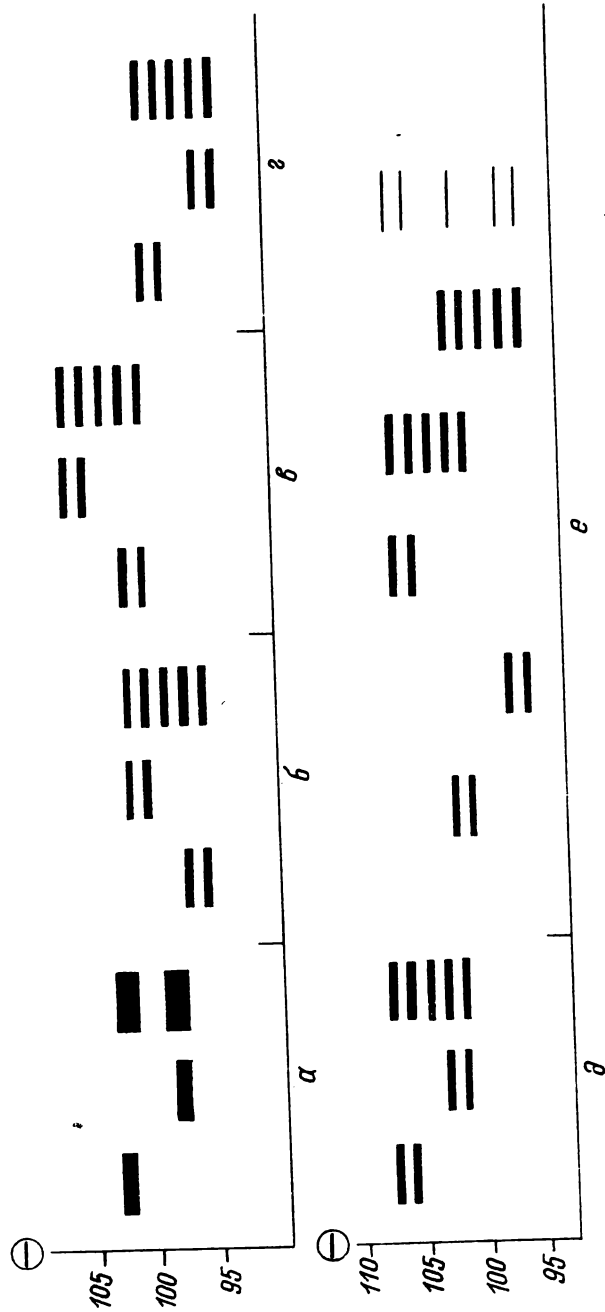
В и д		Число рыб, экз.	Место сбора	Плоид- ность, 2n
Русское название	Латинское название			
Линь	<i>Tinca tinca</i> L.	27	Озера Литвы	48
Плотва	<i>Rutilus rutilus</i> L.	80	Р. Москва	50
Лещ	<i>Abramis brama</i> L.	120	Р. Волга	50
Синец	<i>A. ballerus</i> L.	80	То же	50
Густера	<i>Blicca bjoerkna</i> L.	40	»	50
Чехонь	<i>Pelecus cultratus</i> L.	30	»	50
Красно- перка	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.	40	Р. Днепр	50
Уклея	<i>Alburnus alburnus</i> L.	80	Реки Днепр, Волга	50-52
Жерех	<i>Aspius aspius</i> L.	60	Р. Днепр	52
Язь	<i>Leuciscus idus</i> L.	25	Озера Литвы	50
Елец	<i>L. leuciscus</i> L.	40	Р. Днепр	50
Амурский чебак	<i>L. waleckii</i> Dyb.	40	Р. Амур, оз. Ханка	-
Конь- губарь	<i>Hemibarbus labeo</i> Pal.	30	Оз. Ханка	50
Конь пят- нистый	<i>H. maculatus</i> Blk.	40	Р. Амур	-
Пескарь- лень	<i>Sarcochilichthys sinensis lacustris</i> Dyb.	16	То же	-
Китайский ящерный пескарь	<i>Saurogobio dabryi</i> Blk.	36	Оз. Ханка	-
Верхогляд	<i>Erythroculter erythropterus</i> Bsl.	30	Р. Амур	-
Горбушка	<i>E. oxycephalus</i> Blk.	32	Оз. Ханка	-
Монголь- ский	<i>E. mongolicus</i> Bsl.	40	Р. Амур	-
краснопер				
Востро- брюшка	<i>Hemiculter leuciscus</i> Bsl.	30	Оз. Ханка	-
Плоского- ловый	<i>Pseudaspius leptocephalus</i> Pal.	45	Р. Амур	-
амурский жерех				

Таблица 1 (продолжение)

В и д		Число рыб, экз.	Место сбора	Плоид- ность, 2n
Русское название	Латинское название			
Желто- перка	<i>Xenocypris macro- lepis</i> Blk.	28	То же	-
Белый амурский лещ	<i>Parabramis peki- nensis</i> Bel.	5	»	-
Амурский горчак	<i>Rhodeus sericeus</i> Pal.	30	»	48
Ханкин- ский горчак	<i>Accanthorhodeus chankaensis</i> Dyb.	40	Оз.Ханка	-
Толстоло- бик	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Val.	5	То же	48
Амурский сазан	<i>Cyprinus carpio haematopterus</i> Tem. and Schl.	10	Р.Амур	100
Серебря- ный карась	<i>Carassius auratus gibelio</i> Blch.	20	То же	100

П р и м е ч а н и е. Значения 2n даны по [1, 5].

Наиболее изменчив по МЭ-1 амурский чебак: на имеющемся материале выявлено 5 фенотипов, из них 3 — 2-полосочных и 2—5-полосочных. Аналогичные фенотипы обнаружены и у других полиморфных по МЭ-1 видов, за исключением плотвы, хотя количество самих фенотипов не превышает 3. Учитывая особенности взаиморасположения 2- и 5-полосочных вариантов, можно предположить, что первые являются гомозиготами, а вторые — гетерозиготами. Данное предположение согласуется с соответствующими описаниями гомо- и гетерозигот по е-МЭ у других позвоночных [2, 9]. Наличие у гетерозигот 5 полос подтверждает представления о тетрамерной четвертичной структуре МЭ-1. У плотвы выявлено 3 фенотипа: 2 однополосочных, различающихся по г. f., и 1—2-полосочный. Сразу необходимо отметить тот факт, что отличие от предыдущих видов заключается не только в количестве полос, но и в характеристиках их проявления на электрофореграммах: они более широкие и интенсивно окрашенные. По ширине полосы однополосочные фенотипы превосходят в 2 раза аналогичные полосы дан-



Аллозимная изменчивость по локусу МЗ-1 у 6 видов карповых рыб.

а — плотва, б — густера, в — елец, г — монгольский краснопер, д — желтоперка, е — амурский чебак. Слева — относительная электрофоретическая подвижность.

ной зоны у других видов, а 2-полосочные — в 2.5—3 раза.

Такие особенности позволяют предположить, что у плотвы, также как и у других видов карповых, МЭ-1 представлен 2—5 полосами, однако вследствие значительной близости г. f. отдельных полос в пределах фенотипа при данной модификации метода электрофореза не удается достичь их полного разделения и они выявляются как одна полоса. Следовательно, однополосочные фенотипы плотвы можно охарактеризовать как гомозиготные, а 2-полосочные — как гетерозиготные. Отсутствие в этом случае третьей промежуточной полосы в гетерозиготе отнюдь не ставит под сомнение тетрамерность четвертичной структуры МЭ у данного вида в силу опять-таки незначительности различий по г. f. отдельных полос и как следствие — влияние фактора взаимопритяжения гомологичных п-п цепочек и частичного наложения полос на электрофореграмме.

Таким образом, для плотвы, густеры, ельца, монгольского краснопера и желтоперки наиболее адекватной гипотезой ген-аллельной детерминации будет принятие монолокусной 2-аллельной системы кодирования с кодоминантным типом наследования. Для амурского чебака (с учетом его 5 фенотипов) наиболее приемлема гипотеза о монолокусной 3-аллельной системе кодирования с кодоминантным наследованием. В этом случае должен существовать еще один гетерозиготный фенотип МЭ-1^{95/105}, реконструируемый нами на основе предложенной гипотезы.

Проверка всех предложенных гипотез, осуществленная по анализу соответствия фактических и ожидаемых из распределения Харди—Вайнберга частот распределения фенотипов (генотипов), подтвердила их справедливость, ни в одном случае χ^2 не превышал χ^2_{st} (табл. 2).

Таким образом, наследственный полиморфизм по локусу МЭ-1 достаточно обширно представлен в семействе карповых рыб. Доля полиморфизма (Р) составила 20.7 %, а уровень гетерозиготности (\bar{H}) — 0.07. Косвенным свидетельством широкого распространения данного явления в анализируемом семействе служит тот факт, что количество видов, обладающих полиморфизмом, одинаково среди представителей европейской и амурской фаун. Помимо этого, полученные данные позволяют в определенной мере судить об эволюции генов, кодирующих МЭ у карповых рыб, поскольку дивергенция обоих структурных локусов МЭ определяется не только электрофоретическими, но и

Таблица 2

Распределение генотипов и аллелей локуса МЭ-1
белых скелетных мышц у 6 видов карповых рыб

Двухаллельные системы

Вид	Генотипы			Частота аллеля МЭ-1 ^s	χ^2
	FF	FS	SS		
Плотва	<u>4</u>	<u>24</u>	<u>52</u>	0.80	0.3
	3.2	25.6	51.2		
Густера	<u>31</u>	<u>8</u>	<u>1</u>	0.13	0.3
	30.3	9.0	0.7		
Елец	<u>7</u>	<u>21</u>	<u>12</u>	0.56	0.2
	7.7	19.7	12.6		
Монгольский краснопер	<u>16</u>	<u>20</u>	<u>4</u>	0.35	0.4
	16.9	18.2	4.9		
Желтоперка	<u>5</u>	<u>18</u>	<u>5</u>	0.58	3.4
	4.9	13.7	9.4		

$$\chi_{st}^2 = \{3.8 \div 6.6 \div 10.8\}, \text{ d.f. } = 1$$

Трехаллельная система

Вид	Генотипы						χ^2
	95/95	100/100	105/105	95/100	95/105	100/105	
Амур- ский чебак	<u>1</u>	<u>22</u>	<u>2</u>	<u>8</u>	<u>0</u>	<u>7</u>	3.7
	0.6	21.9	0.8	7.1	1.3	8.3	

Частоты аллелей: МЭ-1⁹⁵ = 0.12, МЭ-1¹⁰⁰ = 0.74,
МЭ-1¹⁰⁵ = 0.14

функциональными различиями в подвижности и экспрессии. Если справедлива точка зрения на биохимический полиморфизм как эволюционное событие, то локус МЭ-2 мы должны признать более консервативным и эволюционирующим с более медленной скоростью, нежели локус МЭ-1. По нашему мнению, объяснение мономорфизма МЭ-2 следует искать при решении вопроса о митохондриальной и цитоплазматической природе анализируемых локусов МЭ.

Необходимо подчеркнуть возможные филогенетические и зоогеографические аспекты полиморфизма карповых по локусу МЭ-1: если все 3 полиморфные европейские вида относятся к подсемейству *Leuciscinae*, то из 3 амурских только один — к подсемейству *Leuciscinae* (амурский чебак), а 2 других — к подсемейству *Cultrinae* и *Xenocyprininae*. Вполне вероятно, что несмотря на сходство картин полиморфизма по локусу МЭ-1 европейских и амурских видов, его возникновение и поддержание осуществляется на принципиально различных исторических и экологических основах.

Литература

1. Васильев В. П. Эволюционная кариология рыб. М., 1985.
2. Генетика изоферментов. М., 1977.
3. Кирпичников В. С. Генетика и селекция рыб. Л., 1987.
4. Слынько Ю. В. Полиморфизм мышечных изоферментов карповых рыб СССР. 1. Лактатдегидрогеназа (ЛДГ, К.Ф.1.1.1.27) // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1991, № 91.
5. Arai R. A. A chromosome study of two cyprinid fishes. *Acrossocheilus labiatus* and *Pseudorasbora pumila*, with notes on eurasian cyprinids and their karyotypes // Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo. Ser. A. 1982. Vol. 8. N 3.
6. Grant W. S., Stahl G. Evolution of Atlantic and Pacific cod: loss of genetic variation and gene expression in Pacific cod // Evolution. 1988. Vol. 42. N 1.
7. Hanzawa N., Taniguchi N., Numkachi K. Geographical differentiation in populations of Japanese dace *Tribolodon hakonensis* deduced from allozymic variation // Zool. Sci. 1988. Vol. 5. N 2.
8. Lee Sin-Che, Tsai S. C. Isozymic analyses of the systematic relationships of some closely

related lutjanid species from Taiwan (*Pisces*, *Lutjanidae*) // Zool. Anz. 1988. Vol. 220, N 5—6.

9. Merrit R. B., Rogers J. F., Kurz B. J. Genic variability in the longnose dace, *Rhinichthys cataractae* // Evolution. 1978. Vol. 32, N 1.
10. Trexler J. C. Hierarchical organization of genetic variation in the sailfin molly, *Poecilia latipinna* (*Pisces*, *Poeciliidae*) // Evolution. 1988. Vol. 42, N 5.
11. Valenta M., Stratil A. Biochemical genetics of the fish family *Cyprinidae* // Topical problems of ichthyology: Proc. Symp. Brno (march, 1981). Brno, 1981.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

УДК 597-11 (285.2)

Н. И. Комова, В. В. Халько

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ОБЩЕГО БИОХИМИЧЕСКОГО
СОСТАВА МОЛОДИ ЛЕЩА НА РЕЧНЫХ
И УСТЬЕВЫХ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
УЧАСТКАХ ПРИТОКОВ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Investigations of juveniles and gonads of bream females were carried out in river and mouth spawning grounds of the Sit river — a tributary of the Rybinsk reservoir. The investigations have shown that during the period of endogenic feeding the larvae appeared from eggs rich in lipid are characterized by the highest content of lipids in the body. Further dynamics of supplies in juveniles is mainly dependent on environmental conditions.

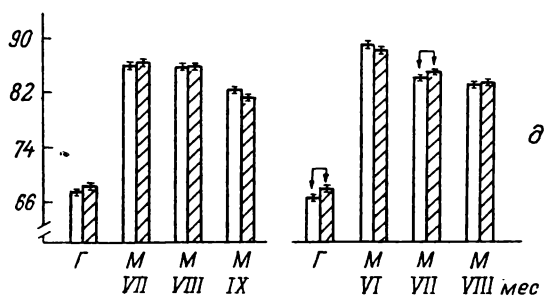
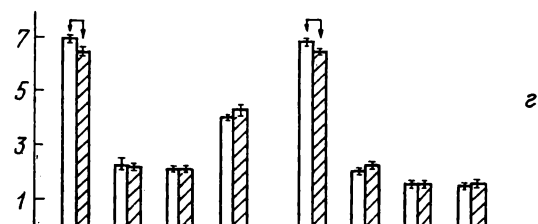
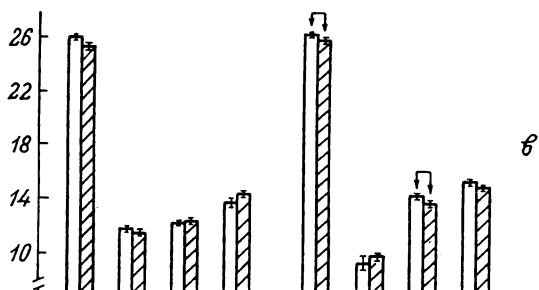
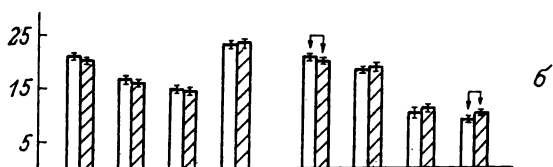
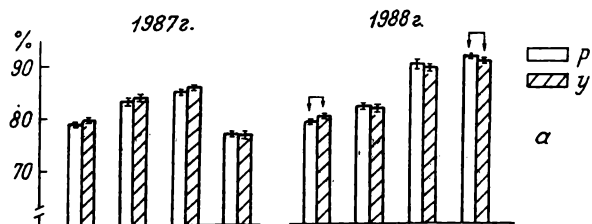
В настоящее время лещ нерестится только в притоках Рыбинского водохранилища, осваивая их речные и устьевые репродуктивные участки [6]. Как показали наблюдения последних лет [11, 12], размножающиеся на этих биотопах производители леща отличаются некоторыми физиолого-биохимическими показателями мышечной ткани и гонад. Известно, что качество половых продуктов, зависящее от физиологического состояния производителей, в значительной степени

определяет качество потомства [1, 2, 7, 13]. Одним из его показателей может служить изменяющееся в процессе роста физиологическое состояние молоди, тесно связанное, в свою очередь, с биохимическим составом ее тела. В настоящей работе проведен сравнительный анализ сезонной динамики общего биохимического состава тела у потомства леща на речных и устьевых воспроизводственных участках нерестового притока, а также при выращивании отдельных его генераций в контролируемых условиях.

Работа проводилась с мая по октябрь 1987—1988 гг. на впадающей в Рыбинское водохранилище р. Сить и на экспериментальной прудовой базе ИБВВ РАН „Сунюга“. У половозрелых самок (IV стадия зрелости гонад), одновременно отловленных неводом на расположенных в 12—15 км друг от друга речных и устьевых нерестилищах, брали навески гонад в количестве 1 г. Часть пойманных самок доставляли на прудовую базу и перед получением от них половых продуктов отбирали у каждой особи такую же навеску гонад.

Эксперимент был поставлен на 3 линиях потомства, полученных из икры соответственно 3 самок, оплодотворенных смесью молок нескольких самцов. После выклева личинок потомство каждой самки в количестве 2.5—3 тыс. экз. было посажено в отдельные однотипные пруды площадью 400 м². Пробы молоди для анализа отбирали сразу после выклева до перехода ее на активное питание (этапы А, Б) и пересадки в пруды, а также из прудов в течение летне-осеннего периода. Одновременно отлавливали личинок и мальков на речных и устьевых участках р. Сить. Всего было проанализировано 1.6 тыс. экз. молоди леща и 110 половозрелых самок. Пробы личинок были суммарными, мальков — индивидуальными. Общий биологический анализ рыб, фиксация проб, количественное определение белка, липидов и воды были выполнены по общепринятым методам [4, 12].

Исследования показали, что среди одновозрастных рыб наибольшими запасами белка и липидов в гонадах, наименьшими — воды из года в год характеризовались самки с речных нерестовых участков (рис. 1, в—д). Эти же особи отличались наименьшим количеством белка в генеративных органах в расчете на сухую массу вещества (рис. 1, а). При сохранявшейся направленности отмеченных различий степень их выраженности варьировала по годам. Последующие наблюдения за динамикой биохимического состава потомства леща, выключившегося из отложенной на речных и устьевых нерестилищах икры, позволили установить, что характер его сезонных изменений на



разных воспроизводственных участках реки сходен. Прямая связь между содержанием белка и липидов в гонадах самок и у их потомства на этапе малька обнаруживается на рассматриваемых биотопах не каждый год. В 1987 г. она сохранялась до августа, после чего сменилась на обратную, а в 1988 г. связь оказалась обратной уже в июне (рис. 1, а—д), проявляясь наиболее отчетливо при сравнении содержания белка и липидов в расчете на сухую массу вещества.

У самок, доставленных на экспериментальную прудовую базу, количественное соотношение белка, липидов и воды в гонадах было неодинаковым (рис. 2). Наименьшие количества белка и липидов, а наибольшее — воды обнаружили в икре самки № 3. У предличинок сразу после выклева содержание этих компонентов по сравнению с икрой изменилось, но соотношение между тремя линиями потомства по величине этих показателей в основном сохранилось. При этом доля липидов (% от сухой массы) у предличинок оказалась значительно выше, а белка — ниже, чем в икре. В середине июня наименьшими запасами липидов и наибольшими — белка отличалось потомство самки № 2 (рис. 2, а, б), оказавшееся к этому времени самым крупным среди выращиваемой молоди (см. таблицу).

Отстававшее в росте потомство самки № 3 характеризовалось наибольшим количеством липидов и наименьшим — белка. Однако в последующие месяцы жизни оно обогнало в росте своих ровесников и превзошло их по содержанию липидов как в расчете на сухую, так и на сырую массу вещества. Следует отметить, что характер сезонной динамики биохимического состава молоди леща в естественных и контролируемых условиях выращивания был сходным. Так, максимальная величина оводненности тела мальков во всех случаях отмечалась в июне—начале июля, после

Рис. 1. Общий биохимический состав молоди и гонад самок с речных (р) и устьевых (у) нерестилищ.

а — содержание белка, % от сухой массы; б — содержание липидов, % от сухой массы; в — содержание белка, % от сырой массы; г — содержание липидов, % от сырой массы; д — содержание воды, % от сырой массы; Г — гонады самок, М — молодь. Стрелками обозначены достоверные различия между выборками по критерию Стьюдента (5%-ный уровень значимости).

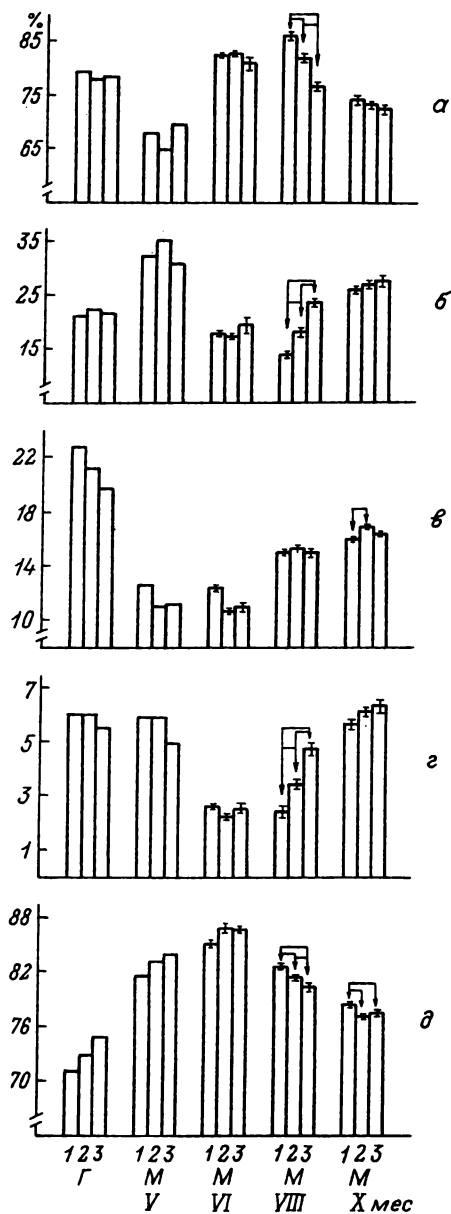


Рис. 2. Общий биохимический состав гонад самок и их потомства, выращенного в прудах.

1, 2, 3 — номера самок и соответственно линий потомства. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Рост молоди леща в прудах

Месяц	Номер пруда	Длина тела, мм	Масса тела, мг
Июнь	1	—	55.0±1.7
	2	—	77.4±2.5
	3	—	47.2±6.8
Июль	1	28.4±0.7	361.8±24.5
	2	34.0±1.2	605.8±72.8
	3	32.8±1.8	551.5±85.4
Октябрь	1	42.7±1.0	1185.6±74.7
	2	51.9±0.9	2121.1±129.9
	3	54.0±1.7	2438.9±186.5

П р и м е ч а н и е. Приведены значения средней арифметической и ее стандартной ошибки; номера прудов соответствуют номерам самок и линиям потомства.

чего она постепенно снижалась при одновременном увеличении доли белка и липидов (рис. 1, ϵ — δ , рис. 2, ϵ — δ). Различия проявлялись только в количественном отношении: молодь леща, содержащаяся в прудах, превосходила ровесников из естественных условий обитания по содержанию белка и липидов, уступая им в оводненности тела.

Известно, что при сохраняющейся неизменной сухой массе на заключительной стадии созревания ооцитов происходит их оводнение [5, 14]. На основании этого можно предположить, что степень готовности к размножению у пришедших на устьевые нерестилища самок леща выше, чем у рыб из речных преднерестовых скоплений, так как несмотря на то что гонады у тех и других находились на IV стадии зрелости, у первых они были оводнены в большей степени. Вероятно, поэтому в годы наблюдений нерест леща на устьевых репродуктивных биотопах начинался на несколько дней раньше, чем на речных. К началу его различия в содержании липидов в гонадах, ежегодно обнаруживавшиеся между самками из сравниваемых скоплений, очевидно, сохраняются по вышеотмеченной причине. Личинки, выклюнувшиеся из более богатой липидами икры, по-видимому, получают преимущество в выживании в период смешанного и на начальных этапах активного экзогенного питания. Происходит это потому, что они изначально имели

большой энергетический запас для обеспечения активного поиска пищи и способности по этой причине дольше переносить отсутствие необходимых кормовых организмов.

К сожалению, в природных условиях невозможно проследить за развитием потомства как отдельной самки, так и их совокупности на любом из репродуктивных биотопов. В значительной мере такая задача осложняется нестабильностью уровня режима водохранилища, влияющего на пространственно-временную структуру нагульных скоплений молоди. Как правило, начало массового ската молоди из притоков определяется режимом сработки уровня воды в водохранилище. Так, по данным Рыбинской гидрометеообсерватории, в Рыбинском водохранилище сработка уровня воды в 1987 г. началась в июле и проходила менее интенсивно (за этот месяц уровень воды снизился на 14 см), чем в 1988 г., когда уже в июне уровень воды был на 26 см ниже максимального. Видимо, поэтому скат мальков леща с речных нерестилищ в 1988 г. начался раньше, чем в 1987 г., а за счет смещения богатой белком и липидами покатной молоди с эстуарной уже в июне 1988 г. на рассматриваемых биотопах не было обнаружено прямой связи между содержанием этих компонентов в гонадах самок и у их потомства.

Как было отмечено в прудовом эксперименте, содержание липидов (% от сырой массы) у предличинок по сравнению с икрой осталось прежним, уменьшилось количество белка и значительно возросла оводненность. Это указывает на то, что в период эмбриогенеза белок расходуется интенсивнее липидов, так как доля последних при расчете на сухую массу вещества в это время возрастала. Увеличение оводненности предличинок в первые дни после выклева отмечалось и Л. П. Рыжковым [9] у лососевых рыб. Происходящая обычно на стадии малька относительная стабилизация количества клеток в организме рыб [3] обуславливала снижение содержания воды в теле молоди в процессе дальнейшего роста. После перехода личинок полностью на экзогенное питание энергия ассимилируемой пищи интенсивнее используется ими на рост, нежели на обеспечение энергетического обмена [8]. Вероятно, этим объясняется наблюдавшееся в данный период быстрое увеличение содержания белка у молоди леща при одновременном снижении ее жирности (возраставшей лишь к концу нагульного периода).

Судя по нашим данным, потомство самки № 3, имевшее наименьшую жирность после выклева, к осени

оказалось самым крупным и наиболее богатым липидами. В третьем пруду наблюдался и самый низкий отход молоди: за весь период наблюдений он составил 72 %, тогда как в двух других прудах — 77 и 88 %. Причиной этих различий, на наш взгляд, явилось неодинаковое состояние кормовой базы. Так, третий пруд был наиболее богат зоопланктоном, биомасса которого в июне составляла 2.3 г/м^3 , в то время как в остальных прудах она не превышала 0.7 г/м^3 [10]. Следовательно, разные трофические условия в прудах не только сгладили первоначальные различия в качестве потомства 3 самок, но и изначально более „слабое“ из них получило преимущество в выживании, оказавшись к осени крупнее и несколько жирнее своих ровесников.

Таким образом, характер сезонной динамики биохимического состава молоди леща на различных воспроизводственных участках нерестового притока сходен. Прямая связь между биохимическим составом гононад у самок на IV стадии зрелости и их потомства наиболее отчетливо проявляется до перехода личинок на экзогенное питание. В дальнейшем рост и динамика накопления запасных веществ у молоди зависят в основном от внешних условий. Поэтому продолжительность сохранения первоначальной направленности различий биохимического состава молоди леща на разных нерестилищах будет определяться началом и интенсивностью сработки уровня воды в водохранилище, что в конечном счете обуславливает состояние кормовой базы на речных и устьевых репродуктивных участках рек, а также изменение пространственно-временной структуры нагульных скоплений мальков в притоках водоема.

Литература

1. Владимир В. И. Влияние степени нагула самок на качество потомства в ранние периоды жизни у рыб // Влияние качества производителей на потомство у рыб. Киев, 1965.
2. Владимир В. И. Вариабельность размеров рыб на ранних этапах жизни и выживаемость // Разнокачественность раннего онтогенеза у рыб. Киев, 1974.
3. Лав Р. М. Химическая биология рыб. М., 1976.
4. Лапин В. И., Чернова Е. Г. О методике экстракции жира из сырых тканей рыб // Вопр. ихтиологии. 1970. Т. 10, вып. 4(63).

5. **Озернюк Н. Д.** Энергетический обмен в раннем онтогенезе рыб. М., 1985.
6. **Поддубный А. Г., Малинин Л. К.** Миграции рыб во внутренних водоемах. М., 1988.
7. **Пчеловодова Д. В.** Связь жирности икры с некоторыми биологическими показателями самок радужной форели // Изв. ГосНИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. Л., 1976. Т. 113.
8. **Рыжков Л. П.** Морфофизиологические закономерности и трансформация вещества и энергии в раннем онтогенезе пресноводных лососевых рыб. Петрозаводск, 1976.
9. **Рыжков Л. П.** Закономерности изменения содержания воды в раннем онтогенезе лососевых рыб // Современные вопросы экологической физиологии рыб. М., 1989.
10. **Стрельникова А. П., Володин В. М.** Особенности роста и питания молоди леща на речных и эстуарных нерестилищах // Структура локальной популяции у пресноводных рыб. Рыбинск, 1990.
11. **Халько В. В., Володин В. М., Комова Н. И.** Плодовитость и липидный состав гонад самок леща разных преднерестовых скоплений // Экологическая физиология и биохимия рыб: Тез. докл. VII Всесоюз. конф. Ярославль, 1989. Т. 2.
12. **Халько В. В.** Дифференциация самцов леща во время нерестового хода в притоки Рыбинского водохранилища по биохимическим признакам // Структура локальной популяции у пресноводных рыб. Рыбинск, 1990.
13. **Шатуновский М. И.** Обмен липидов в раннем онтогенезе морских и проходных рыб // Вопросы раннего онтогенеза рыб: Тез. докл. II Всесоюз. конф. Киев, 1978.
14. **Wallace R. A., Selman K.** Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. 1. Preliminary observations on the oocyte maturation in vivo and in vitro // Develop. Biol. 1978. Vol. 62.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

Ю. Э. Титов, П. А. Вайновский, Ю. В. Семенов

**ДИАГНОЗ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ БАСЕЙНЕ
МЕТОДОМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**

Climate changes in the Volga basin and components of water balance are analysed by methods of automatic classification. Conjugated oscillations for time periods are shown in the paper.

В предлагаемой статье на основе применения различных методов автоматической классификации (МАК) — иерархического агломеративного метода (ИАМ), итеративного метода группировки (ИМГ) — проведен анализ колебаний климатических характеристик в бассейне р. Волги, а также некоторых элементов ее водного баланса. Многообразие МАК дает возможность не только всесторонне исследовать объект, но и порождает неоднозначность — различные решения для одной и той же совокупности данных. Поэтому применение отличающихся по алгоритму методов классификации, и в частности кластерный анализ (КА), видится оправданным в случае совпадения результатов, полученных несколькими методами [1].

В настоящем исследовании поэтапно были применены 2 метода КА — ИАМ и ИМГ. Выбор их не случаен. В работе Дж. О. Кима с соав. [3] отмечается, что использование ИМГ с кластеризацией по принципу k -среднего (принцип ближайшего центра) на основе начального разбиения, определенного ИАМ по стратегии средней связи, приводит к лучшему восстановлению известной структуры данных по сравнению с другими методами. ИАМ формально оптимизирует отношения между индивидами и всем множеством, которые рассматриваются попарно как возможные кандидаты для объединения. Критерий — возможно меньшее увеличение неоднородности при объединении.

Алгоритм предусматривает использование стратегии средневзвешенного группового среднего, согласно которой вычисляется среднее сходство рассматриваемого объекта со всеми объектами в уже существующем кластере. Если найденное среднее значение сходства достигает или превосходит некоторый пороговый уровень сходства, то объект присоединяется к кластеру.

В качестве метрики сходства (различия) взята одна из наиболее известных и часто используемых мер — Евклидово расстояние

$$d_{i,j} = \frac{1}{m} \left(\sum_{k=1}^m (d_{i,k} - d_{j,k})^2 \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где $d_{i,j}$ — стандартизированное m -мерное Евклидово расстояние; $d_{i,k}$, $d_{j,k}$ — значения k -й переменной на i , j -м объекте.

Проблемы оптимального выделения классов находятся в настоящее время в стадии не решенных из-за отсутствия подходящей нулевой гипотезы и сложной структуры многомерных выборочных распределений. Оптимальное разбиение иерархического кластерного анализа имело место, если

$$d_{j+1} > d + k S_d, \quad (2)$$

где d_{j+1} — величина межклассового расстояния на $(j+1)$ -м этапе кластерного анализа; k_j — среднее стандартное отклонение межклассовых расстояний, рассчитываемое как

$$k_j = (d_{j+1} - d) / S_d, \quad (3)$$

где d — среднее межклассовое расстояние, S_d — стандартное отклонение межклассовых расстояний [3]. Невыполнение неравенства указывает на то, что в структуре данных можно оптимально выявить только один кластер.

ИМГ формально оптимизирует внутренние свойства подмножеств. Группы выбираются таким способом, чтобы каждая была относительно однородной. Несмотря на то что статистический критерий не применяется при кластеризации объектов данным алгоритмом в явном виде, ИМГ все же неявно минимизирует дисперсию внутри каждого кластера [5].

Классификация с использованием ИМГ проводилась по принципу k -средних (принципу ближайшего среднего), смысл которого заключается в перемещении объектов в кластер с ближайшим центром. Ввиду того что в ИМГ не определен способ получения оптималь-

ного решения, достоверность классификации оценивалась межгрупповой статистикой Фишера [3]:

$$F = \frac{(n-g-p+1) n_i n_j}{p(n-g)(n_i+n_j)} (D^2(G_i | G_j)), \quad (4)$$

где n — общее число наблюдений по всем классам, g — число классов, p — число отобранных переменных на текущем шаге, n_i , n_j — число объектов (наблюдений классов i , j), $D^2(G_i | G_j)$ — расстояние Махаланобиса между центроидами классов i , j .

Для построения иерархической классификации (дендрограммы) использовался алгоритм ИАМ, реализованный Девисом [2], а для расчета неиерархической классификации — алгоритм, приведенный в работе [4]. Программы на языке Фортран-77 адаптированы для работы на РС-386 в лаборатории гидрологии ИБВВ РАН.

Для анализа состояния климатической системы Волго-Каспийского бассейна в качестве параметров использовались многолетние ряды основных форм атмосферной циркуляции Атлантико-Евразийского сектора по классификации Вангенгейма—Гирса (за 1900—1989 гг.); температуры воздуха (T_a) 14 городов, расположенных на европейской территории страны (ЕТС) и в бассейне р. Волги (за 1900—1988 гг.); средних величин зимних осадков (Q) 33 областей Волжского бассейна (за 1891—1983 гг.); среднегодовых расходов р. Волги у поста Верхнее Лебяжье (за 1900—1989 гг.) и приращения уровня Каспия (dH) у поста Махачкала (за 1906—1989 гг.). Выбранные параметры отражают колебания климата как в локальном, так и в глобальном масштабах.

Применение ИАМ совместно с ИМГ позволило провести кластеризацию временного хода исследуемых параметров, выделить наиболее значимые разбиения на классы их изменчивости. Временные ряды гидрометеорологических характеристик разделились на различное количество классовых состояний. Эпохи квазиустойчивого состояния выделялись группировкой классов на временной шкале, а фоновые значения эпох определялись средними значениями центроидов всех классов, вошедших в соответствующий временной интервал. При этом интервалы характеризовались либо преобладанием классов одного вида, либо классами, имеющими одинаковую тенденцию (выше или ниже нормы).

Классификация по времени совместного хода отклонений от среднемноголетней повторяемости основных форм атмосферной циркуляции E , W и C показала, что кластеризация, приводящая к перекрывающимся по среднему стандартному отклонению классам с минимальным перекрытием, дала 5 классов ($F = 1.25$). Периодограмма анализа векового хода классов выявил значимые периодичности: 3 года, 5.6 и 19.6 лет. Максимальный пик на 3-летней периодичности указывает на стохастическую природу изменчивости в циркуляционных процессах.

Классификацию температурного режима на ЕТС, включающую Волжский регион, проводили следующим образом. По значениям (T_a) были вычислены среднегодовые аномалии. Затем применено факторное разложение температурного поля. Результатом последнего стало выделение 3 значимых факторов, описывающих более 90 % дисперсии процессов. Эффективной характеристикой изменчивости T_a для каждого района были приняты значения факторов в пунктах с максимальной факторной нагрузкой (г. Астрахань — в 1-м факторе, г. Архангельск — во 2-м, г. Одесса — в 3-м). Далее эти города были использованы в качестве временных для проведения их совместной классификации по временной изменчивости среднегодовых аномалий температуры.

Структуру внутрирядной периодичности классов с положительными и отрицательными аномалиями T_a различной интенсивности анализировали по результатам классификации только для г. Астрахани. При анализе графика периодограммы выявляется присутствие 2.1-, 2.9-, 3.7- и 22-летней составляющих.

Классификация осадков (Q) проводилась по ряду осредненных значений Q по всей территории Волжского бассейна. Выделение эпох на основе центроидов 7 классов ($F = 1.45$) выполняли с учетом их отношения к норме за 1892—1983 гг. Превышение нормы интерпретировалось как увлажнение, наличие значений ниже нормы — засушливость. В структуре временного хода классов выявлены значимые циклические периоды — 2.6, 2.9, 8.4, 13.1 и 46 лет. В целом весь период наблюдений за ними описывается 5 эпохами, в течение которых климатические изменения приводили как к увлажненным, так и к засушливым состояниям Волжского бассейна.

Классификация среднегодовых расходов р. Волги позволила выделить 7 состояний ($F = 1.25$), отражающих различные уровни водности. Периодограмма временного хода классов выявила следующие циклично-

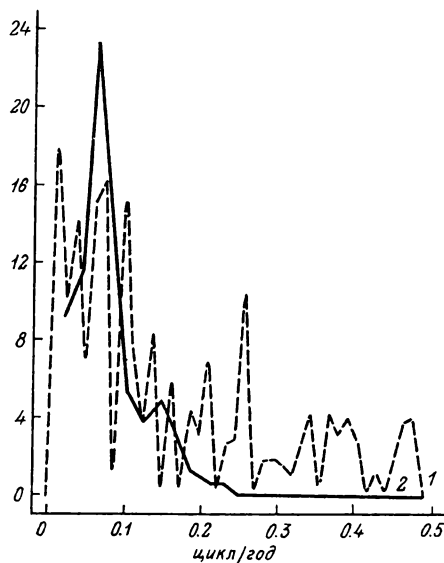


Рис. 1. Изменчивость временного хода классовых состояний среднегодового стока р. Волги (пост Верхнее Лебяжье) за период 1906—1988 гг.

1 — периодограмма, 2 — спектр.

сти: 3.0, 4.8, 7.5, 10.2, 13.7, 27.3 лет, а также 82 года (рис. 1). Спектральный анализ ряда среднегодовых расходов (рис. 1) показывает, что максимум спектральной плотности лежит в низкочастотной части спектра с постепенным его снижением в область короткопериодных колебаний. Это, как известно, указывает на краснотумовую природу изменчивости. Необходимо отметить, что вид спектра периодичности классов среднегодового стока почти полностью совпадает с таковым в ряду осадков. Данный факт подтверждает зависимость водности р. Волги от количества выпадающих в ее бассейне осадков.

В ходе классификации межгодового приращения уровня Каспийского моря (пост Махачкала), представляющего собой интегральный показатель колебания климатической системы Волго-Каспийского региона, было выделено 9 классов ($F = 1.66$). Они определили периоды с различными средними показателями интенсивности и направления приращения уровня. Классификация помогла объективно детализировать сложную структуру ряда межгодовых приращений на фоне двуэпохального состояния уровня Каспия — его падения (1900—1977 гг.) и резкого подъема (1978

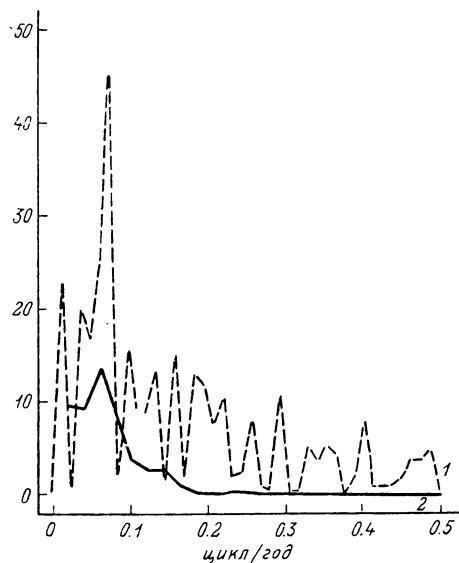


Рис. 2. Изменчивость временного хода классовых состояний межгодового приращения уровня Каспийского моря (г. Махачкала) за период 1906—1988 гг.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

—1989 гг.). Периодограммный анализ показал присутствие 6.3-, 10.2-, 13.7-, 27.3- и 82-летней циклическости во временном ходе классов (рис. 2). Как и при анализе стока, по виду спектра (рис. 2) хорошо выявляется краснотумовая природа изменчивости приращения уровня. На схожесть с водностью р. Волги указывает и внутрирядная 2—3-летняя стохастичность классовых переходов, обнаруженная при расчете спектральной плотности.

Анализ многолетних изменений параметров климатической системы Волго-Каспийского бассейна позволил установить многокомпонентный циклический характер их вариационной структуры. Схожесть обнаруженных периодических колебаний с циклическостью таких факторов, как солнечная активность (периоды 9—13 лет) и нутации полюса (5—7 лет) дает основание полагать, что анализируемые климатические компоненты являются отражением генетического воздействия космических и геофизических механизмов. Вместе с этим присутствие 2—3-летней циклическости указывает на стохастическую природу изменчивости гидрометеорологических элементов.

Суммируя результаты классификации, попытаемся на основе кластеризации и выделения эпох состояния климатических и гидрологических параметров, а также их сопряженности описать общее состояние климатической системы Волго-Каспийского региона в текущем столетии (см. таблицу).

Период первой четверти XX века характеризовался в атмосфере европейско-азиатского сектора настройкой на зональный тип циркуляции. В режиме температурного фона региона ЕТС в 1900—1912 гг. не наблюдалось тенденции ни к потеплению, ни к похолоданию. С 1913 по 1927 г. наступило потепление. Выпадение осадков в среднем по бассейну р. Волги превышало среднемноголетнюю норму. В тенденции изменения уровня Каспия наметилось общее падение со слабым ростом в период высокого увлажнения и связанного с этим увеличения водности стока р. Волги (1913—1917 гг.).

С 1927 по 1930 г. произошла перестройка региональной климатической системы. Зональность циркуляции атмосферы постепенно сменилась ее меридиональностью. В межгодовом ходе осадков наметилась тенденция к уменьшению их количества, но оно оставалось при этом выше нормы. Стоит отметить, что в наблюдавшийся период перехода одного климатического состояния системы в другое водность р. Волги заметно возросла по сравнению с многолетней нормой, при этом имел место также значительный положительный скачок приращения уровня Каспийского моря.

Длительный период середины столетия (1931—1977 гг.) определялся в целом меридиональным характером циркуляции с поочередным преобладанием форм *С* или *Е*. Температурный фон ЕТС имел тенденцию к общему потеплению в регионе. Осадков выпадало ниже нормы. Сток был представлен эпохой маловодности с периодами, когда среднегодовой расход достигал значений, существенно меньших, чем норма (1937—1940 и 1973—1977 гг.). В 1930—1940 гг. в приращении уровня Каспия наблюдалось довольно интенсивное падение, сменившееся затем плавным понижением.

Настоящая эпоха (после 1978 г.) характеризуется преимущественным влиянием меридиональной формы *Е*. В последние годы (с 1987 г.) наметился переход к нейтральной ситуации, при котором ни один из типов атмосферной циркуляции не является доминирующим в циркуляционной системе европейско-азиатского сектора Северного полушария. Наблюдается тенденция к незначительному похолоданию. Колебания представлены 3—5-летними сменяющимися периодами положитель-

Состояние климатической системы Волго-Каспийского бассейна в XX веке

Параметры	Классификация											
	C + E	E + W	W + C	W + E	E + C	C + E	E + C	C + E	E	E + W		
Формы циркуляции атмосферных вихрей в евро-азиатском секторе												
Аномалии Ta в гг. Архангельске, Астрахани, Одессе, °C	Неустойчивое состояние	Потепление	Потепление	Потепление	Потепление	Потепление	Неустойчивое состояние	Потепление	Потепление	Потепление		
		Потепление	Потепление	Потепление	Потепление	Потепление	Потепление	Потепление	Потепление	Потепление		
Осадки по всему региону, мм	Влажно			Сухо			Влажно			Сухо		
	147	182	142	117		152		131		153		
Расход р. Волги, пост Верхнее Лебяжье, м ³ /с	Выше нормы			Ниже нормы			Норма			Выше нормы		
	8025	8941	8021	10120	7170	5800	7600			5800	6900 8430	
Приращение уровня Каспийского моря (пост Махачкала), см	Падение	Рост	Падение	Рост	Падение	Рост	Падение			Рост		
	- 5	10	- 9	19	- 16	3	- 2			- 5	22 7 12	

1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	Годы
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

ных и отрицательных аномалий температуры. Несмотря на то что в механизмах циркуляции не произошло явной перестройки ее глобальных типов, а температурный режим региона качественно не изменился, климатическая система вышла на стохастический режим.

Таким образом, альтернативное применение различных методов автоматической классификации позволило всесторонне и объективно выделить устойчивые во времени климатические особенности гидрометеорологических процессов в Волго-Каспийском бассейне.

На основе классификации по времени в структуре климатических параметров выделены свойственные каждому процессу климатические эпохи с периодами от 3 до 30 лет. Предполагается, что определенную роль в формировании структуры и чередовании эпох играют физические механизмы, обусловленные воздействием (прямым или косвенным) таких факторов, как солнечная активность, нутационные колебания, а также 2—3-летняя цикличность метеорологических элементов, которая имеет стохастическую природу изменчивости.

Сделано предположение, что в периоды смены длительных эпох состояния климатической системы в целом различные природные процессы входят в резонансное взаимодействие с аномальной изменчивостью параметров, имеющих интегральный характер. Выявление механизмов и выяснение причин возникновения периодов такого взаимодействия отдельных компонентов водного баланса позволят прогнозировать климатические „скачки“ временного хода водности р. Волги и приращения уровня Каспийского моря.

На основе анализа состояния климатической изменчивости Волго-Каспийского региона можно сделать прогноз, что до конца текущего столетия климатическая система Волго-Каспийского бассейна будет характеризоваться увлажненностью, многоводностью и постепенно снижающейся тенденцией положительного приращения уровня Каспийского моря.

Литература

1. Смирнов Н. П., Вайновский П. А., Титов Ю. Э. Современное состояние и перспективы развития методов многомерного статистического анализа в практике океанологических исследований // Гидрометеорология — научно-техническому прогрессу. Л., 1990.
2. John C. Davis. Statistics and data analysis in geology. New York, 1973.

3. (Kim J. O., Mueller C. W., Klecka W. R. et al.)
Ким Дж. О., Мьюллер Ч. У., Клекка У. Р. и др.
Факторный, дискриминантный и кластерный анализ.
М., 1989.
4. Mather P. M. Computational methods of multivariate analysis in physical geography // J. Wiley and Sons. 1976.
5. (Statistical methods for digital computers)
Статистические методы для ЭВМ / Под ред. К. Энслейна, Э. Рэлстона, Г. С. Уилфа. Пер. с англ. М., 1986.

Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина РАН

Гиль Т. А., Кузнецов А. М., Стом Д. И. Тестирование сточных вод с использованием лиофилизированных светящихся бактерий	3
Дэжбан А. Н., Пименов Н. В., Крылова И. Н. Численность бактериопланктона и бактериобентоса на некоторых участках Балтийского моря зимой 1990 г.	6
Генкал С. И., Козыренко Т. Ф. Материалы к флоре водорослей (<i>Bacillariophyta</i> , <i>Centrophyceae</i>) реки Ижоры	13
Девяткин В. Г., Карпова Е. В. Соотношение численности и биомассы перифитонных водорослей с их размерными характеристиками	18
Терехова В. А., Швед Л. Г. Численность и биомасса микроскопических грибов в малых реках Среднего Поволжья	21
Лукина Г. А. Влияние условий культивирования на выделение аминокислот свободноплавающими растениями	25
Мыльников А. П. Строение стрекательных органелл хищного жгутиконосца <i>Katablepharis</i> sp.	28
Мыльникова З. М. Инфузории Ивановского водохранилища	33
Крылов А. В. Зоопланктон и качество вод нижнего течения малых рек — притоков Рыбинского водохранилища	38
Гагарин В. Г., Лемзина Л. В. К фауне свободноживущих нематод озера Балхаш	46
Вехов Н. В. Голые жаброноги (<i>Anostraca</i>) и щитни (<i>Notostraca</i>) прудов рыбоводных хозяйств СССР	50
Жарикова Т. И., Изюмова Н. А., Степанова М. А. О влиянии промышленных и бытовых стоков на эктопаразитов леща Куйбышевского водохранилища (Волго-Камский плес)	56
Слынько Ю. В. Полиморфизм мышечных изоферментов карповых рыб. III. Малик-энзим (МЭ, К.Ф.1.1.1.39)	64
Комова Н. И., Халько В. В. Сезонная динамика общего биохимического состава молоди леща на речных и устьевых воспроизводственных участках притоков Рыбинского водохранилища	72
Титов Ю. Э., Вайновский П. А., Семенов Ю. В. Диагноз крупномасштабных гидрометеорологических процессов в Волго-Каспийском бассейне методами автоматической классификации	81

Gil T. A., Kuznetsov A. M., Stom D. I. Bioassay of wastes with the use of liophilized fluorescent bacteria	3
Dzyuban A. N., Pimenov N. V., Krylova I. N. Abundance of bacterioplankton and bacteriobenthos in some parts of the Baltic sea in winter 1990	6
Genkal S. I., Kozyrenko T. F. Materials to the flora of algae (<i>Bacillariophyta</i> , <i>Centrophyceae</i>) of the Izhora river	13
Devyatkin V. G., Karpova Ye. V. Dependence of abundance and biomass of periphytic algae on their dimensional characteristics	18
Terekhova V. A., Shved L. G. Abundance and biomass of micromycetes in small rivers of the Middle Volga region	21
Lukina G. A. Effect of cultivation conditions on amino-acids excretion by free-floating plants	25
Mylnikov A. P. Structure of ejective organelles of carnivorous flagellate <i>Katablepharis</i> sp.	28
Mylnikova Z. M. Ciliates of the Ivankovo reservoir	33
Krylov A. V. Zooplankton and water quality in the lower reaches of small rivers — tributaries of the Rybinsk reservoir	38
Gagarin V. G., Lemzina L. V. To the fauna of free-living nematodes of lake Balkhash	46
Vekhov N. V. <i>Anostraca</i> and <i>Notostraca</i> in fishery ponds of the USSR	50
Zharikova T. I., Izyumova N. A., Stepanova M. A. On the impact of industrial and sanitary wastes on ectoparasites of bream in the Kuibyshev reservoir (the Volga-Kama reach)	56
Slynko Yu. V. Polimorphism of muscle isoenzymes of cyprinid fishes. III. Malic-enzyme (ME, K.F.1.1.1.39)..	64
Komova N. I., Khalko V. V. Seasonal dynamics of total biochemical composition of bream juveniles in river and mouth reproductive parts of the Rybinsk reservoir tributaries	72
Titov Yu. K., Vainovsky P. A., Semyenov Yu. V. Diagnosis of largescale hydrometeorological processes in the Volga-Kama basin by the methods of automatic classification	81

Научное издание

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД:

Информационный бюллетень № 95

*Утверждено к печати
Институт биологии внутренних вод
им. И. Д. Папанина
Российской Академии наук*

Редактор издательства Л.А. Бабушкина
Технический редактор М.Л. Гофман
Корректор И.А. Крайнева

ИБ № 45005

Сдано в набор 21.09.92. Подписано к печати 28.10.92.
Формат 60 × 90 1/16. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 6.00. Усл.кр.-от. 6.24. Уч.-изд.л. 4.88.
Тираж 490. Тип.зак. № 2297. С. 257.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство „Наука“. С.-Петербургское отделение.
199034, С.-Петербург, В-34, Менделеевская лин., 1.

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