



ISSN 0320—9652

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

65

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ

ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 65



ЛЕНИНГРАД

«НАУКА»

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

1985

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

Biology of Inland Waters
Information Bulletin

№ 65

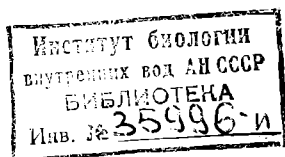
УДК 577.472(28)

Бюллетень содержит серию кратких сообщений, касающихся некоторых особенностей гидрологического режима Рыбинского водохранилища и Онежского озера, систематики, распространения, биологии и экологии ряда пресноводных гидробионтов, новых оригинальных методов исследований. В издание включена информация о Рабочем симпозиуме, состоявшемся в ноябре 1983 г. в ИБВВ АН СССР, по методикам определения запасов и численности рыб в водохранилищах.

Выпуск рассчитан на широкий круг микробиологов, ботаников, гидробиологов, ихтиологов и гидрологов.

Ответственный редактор В.М. ВОЛОДИН

Рецензенты: Ю.Е. ЛАПИН, Д.С. ПАВЛОВ



Б 2001050100-733
042(02)-85 185-85 - I

© Издательство „Наука“, 1985 г.

ИНФОРМАЦИИ

РАБОЧИЙ СИМПОЗИУМ ПО МЕТОДИКАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ И ЧИСЛЕННОСТИ РЫБ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

26–28 октября 1983 г. в Борке проходил рабочий симпозиум по методикам определения запасов и численности рыб, организованный Институтом биологии внутренних вод АН СССР и Научным Советом Ихтиологической комиссии по биологическим основам рыбного хозяйства на водохранилищах. В его работе приняли участие представители 22 организаций Академии наук, Министерства рыбного хозяйства, Министерства сельского хозяйства и ряда ведущих вузов страны. На симпозиуме заслушано 19 докладов, посвященных подведению итогов проведенных работ и перспективам дальнейших исследований.

Ряд докладов был посвящен теории и путям исследования динамики структуры популяции рыб (Ю.Е. Лапин), принципам экологической топографии водоемов (А.Г. Поддубный), влиянию антропогенных факторов на водные экосистемы (Ю.С. Решетников), методам оценки обеспеченности рыб пищей (Ю.С. Решетников и В.В. Михайлов), опыту управления воспроизводством и эксплуатацией рыбных запасов водохранилищ (И.И. Лапицкий и Т.К. Небольсина). Темой более половины остальных докладов были методики оценки численности рыб. Чрезвычайно большой интерес вызвали новые идеи в области методологии оценки естественной смертности рыб как одного из факторов динамики численности популяций. Анализ этих материалов был посвящен доклад Е.М. Малкина.

Многие выступавшие подчеркнули, что правильная оценка численности рыб во внутренних водоемах, особенно в водохранилищах, где ихтиофауна испытывает наиболее сильное влияние деятельности человека, становится все более сложной и во многих случаях при использовании ранее опробованных методик без учета антропогенных факторов допускаются значительные просчеты. В то же время в условиях, когда на распределение и численность рыб, их рост, половую и возрастную структуру популяций и воспроизводство все большее воздействие оказывают интенсивный промысел, гидростроительство, мелиорация, ирригация, промышленное и сельскохозяйственное загрязнения, знание численности отдельных популяций рыб по сути дела предопределяет направление различных рыбохозяйственных мероприятий.

Были одобрены разработки лаборатории ихтиологии ИБВВ АН СССР и ВНИРО комбинированного метода оценки фактической

численности рыб (доклад Л.К. Малинина) и методики гидрологического учета численности рыб (доклад К.И. Юданова). Поскольку эти методы при наличии достаточно чувствительных эхолотов и при применении аналого-цифрового эхоинтегратора с одновременными контрольными траловыми обловами универсальны, они позволяют с незначительной погрешностью (10-30%) оценивать численность популяций, обитающих на глубинах от 3 и более метров. К сожалению, имеющиеся отечественные и импортные малогабаритные эхолоты пока не позволяют работать в литорали на глубинах менее 3 м. Однако, как показали в своих докладах К.И. Юданов и Л.К. Малинин, в настоящее время разрабатываются системы, которые позволят в дальнейшем проводить учет численности рыб и на мелководьях.

Дискуссия по докладу Г.П. Руденко показала, что методы тотального облова и обработки малых озер ихтиоцидами с последующим зарыблением ценными видами рыб позволили более эффективно использовать эти водоемы и получать высокую ихтиомассу ценных промысловых рыб. Накопленные в процессе этой работы данные дают возможность получить более объективную информацию о фактической рыбопродукции озер Северо-Запада СССР.

Значительная часть сообщений была посвящена критической оценке существующих ихтиологических методик, оценке их репрезентативности. Было показано, что литературные данные, обычно используемые для выявления связи между численностью, уровнем развития кормовой базы и ростом рыб, неудовлетворительны, и с их помощью трудно расчетным путем доказать порой даже очевидные зависимости. В процессе работы симпозиума были определены основные направления методических разработок и намечены пути совершенствования существующих методик через упорядочение и унификацию сбора первичной информации, оценку погрешностей и анализа условий оптимального применения рассмотренных методов в конкретных экосистемах.

В решении, принятом участниками симпозиума, предлагается обратить внимание на улучшение методов оценки численности рыб во внутренних водоемах. Отмечено, что несмотря на неоднородность используемых в рыбохозяйственных исследованиях методов, получаемые с их помощью результаты почти всегда поддаются доработке с выходом на удовлетворительную точность.

Симпозиум рекомендовал скорейшее внедрение на водохранилищах и крупных озерах наиболее эффективного гидроакустического метода не только для оценки численности рыб, но и для получения более репрезентативной информации о распределении рыб и разведке их скоплений.

Научному Совету по биологическим основам рыбного хозяйства на водохранилищах предложено продолжить практику организации рабочих совещаний по методическим вопросам.

А.С. Стрельников

УДК 579.6 : 556.555.6(28 : 47)

А.Н. Буторин

МИКРОФЛОРА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЛОВ ОЗЕР СЕВЕРО-ДВИНСКОЙ СИСТЕМЫ

Изучение численности микроорганизмов и их распределения является ключевым моментом микробиологических исследований донных отложений. Многие авторы считают, что наиболее многочисленна и разнообразна микрофлора самого поверхностного слоя донных отложений [2, 6, 7]. По отношению к этому тонкому слою применяется термин „поверхностная пленка“ или [3, 5].

Нами определена численность микроорганизмов ряда физиологических групп в „поверхностной пленке“ донных отложений трех озер Северо-Двинской системы: Сиверского, Покровского и Зауломского. Работы проведены в сентябре 1982 г. Пробы грунта брали стратометром. Пробы для посевов отбирали из поверхностного 3-миллиметрового слоя ила и с глубины 2-3 см с помощью стерильных пипеток.

Учет численности микроорганизмов осуществляли методом посева из 10-кратных предельных разведений на селективные питательные среды [4]. Бактериальные споры учитывали на РПА после предварительной пастеризации посевного материала, грибы – на сусло-агаре, метанооксиляющие бактерии – на среде Уиттенбери [9], аммонифицирующие бактерии на РПБ, аммонийоксиляющие – на среде Виноградского [3], где сернистый аммоний заменен эквивалентным количеством магния – аммония фосфорнокислого. Для учета нитритоксиляющих бактерий использовали среду Уотсона [8], азотбактера – жидкую среду Эшби [4], *Clostridium pasteurianum* – среду Виноградского в модификации А.Н. Дзюбана [1]. Сульфатредуцирующие бактерии подсчитывали на среде Постгейта „С“ [4].

По своим характеристикам эти озера относятся к водоемам мезотрофного типа. В период исследований в озерах Покровском и Зауломском температурная и кислородная стратификации отсутствовали. Придонная вода была прогрета до 10.5–11.4 °С. Содержание кислорода в ней колебалось от 6.3 до 8.5 мг/л. В профундали озера Сиверского концентрация кислорода у дна была 0.5 мг/л, а температура – +10.2 °С.

Поверхностный слой илов характеризовался малой объемной массой (1.04–1.16 г/мл) и высокой влажностью (80 – 95%). Содержание органического вещества, определенное по потере при прокаливании, составляло 20–37%. В толще ила физико-хи-

Таблица 1

Численность микроорганизмов, участвующих в круговороте углерода, тыс. кл./г сырого ила

Озеро	№ стан-ции	Гори-зонт, см	Бактерии				Грибы
			гетеро-трофные	сапро-фит-ные	споры	метан-окис-ляю-щие	
Сиверское	1	0	4250	600	1.9	24	2.8
	2	0	3270	430	3.7	214	3.8
		2-3	1020	110	3.7	390	0.8
Покровское	1	0	2410	320	3.2	6	0.8
		2-3	380	80	0.5	24	0.7
Зауломское	1	0	4880	140	1.6	57	0.9
		2-3	950	90	0.9	55	0.7
	2	0	1080	190	1.3	24	2.0
		2-3	590	180	3.1	24	3.3

мические параметры в большинстве случаев менялись незначительно.

„Поверхностная пленка“ ила представляет собой зону, где при участии гетеротрофной микрофлоры активно протекают процессы минерализации осевшего органического вещества. Согласно полученным данным, численность гетеротрофных бактерий, растущих на среде Горбенко, колебалась от 1 до 4 млн. кл./г сырого ила, а сапрофитных бактерий в пределах 140-600 тыс. кл./г сырого ила. Количество бактериальных спор в „пленке“ ила невелико - от 1.3 до 3.8 тыс. кл./г. Малочисленны в „поверхностной пленке“ и грибы (800-4 тыс. кл./г сырого ила). Численность аэробных метаноокисляющих бактерий составляла от 6 до 214 тыс. кл./г (табл. 1).

„Поверхностная пленка“ илов богата аммонифицирующими бактериями, численность которых колебалась от 240 до 660 тыс. кл./г сырого ила. Количество аммонийокисляющих бактерий достигало 1-24 млн. кл./г ила. Значительно меньше в „пленке“ нитритокисляющих бактерий - от 0.2 до 5 тыс. кл./г ила. В отличие от аммонифицирующих они приурочены в основном к слою 2-3 см от поверхности ила (табл. 2).

„Поверхностная пленка“ илов обследованных озер бедна денитрифицирующими бактериями, которых обнаружено всего 0.2-5.7 тыс. кл./г ила. По мере погружения бактерий в ил численность их еще более снижается. Мало в „пленке“ и аэробных азотфиксирующих бактерий из рода *Azotobacter* - от 1 до 7 тыс. кл./г ила. Гораздо выше в ней содержание анаэробных

Таблица 2

Численность бактерий, участвующих в круговороте азота,
тыс. кл./г сырого ила

Озеро	№ стан-ции	Горизонт, см	Бактерии				Azotobacter	Clostridium pasteurianum
			аммо-нифицирующие	аммоний-окисляющие	нитрит-окисляющие	денитрифицирующие		
Сиверское	1	0	191	2400	2.4	2.4	1.9	41
	2	0	600	5900	5.1	5.1	1.1	214
		2-3	198	1900	19.8	0.5	0.5	40
Покровское	1	0	664	23700	0.2	2.4	6.6	60
		2-3	56	8900	0.6	0.6	0.6	235
Зауломское	1	0	238	5700	0.2	5.6	5.6	124
		2-3	645	1800	0.6	1.2	0.2	230
	2	0	240	1200	0.6	0.2	6.7	240
		2-3	56	6500	122.0	0.6	6.6	235

Таблица 3

Численность бактерий, участвующих в восстановлении соединений серы, в грамме сырого ила

Озеро	№ стан-ции	Горизонт, см	Бактерии	
			гнилостные, тыс. кл.	сульфатредуцирующие, кл.
Сиверское	1	0	0.9	570
	2	0	11.1	0
		2-3	4.0	0
Покровское	1	0	2.4	430
		2-3	46.3	0
Зауломское	1	0	23.8	140
		2-3	378.4	0
	2	0	4.8	0
		2-3	56.3	0

азотфиксирующих бактерий *Clostridium pasteurianum* - от 60 до 240 тыс. кл./г ила (табл. 2). В слое ила 2-3 см от поверхности количество анаэробных азотфиксирующих бактерий по сравнению с „поверхностной пленкой“ увеличивается, а аэробных - снижается.

Относительно бедна „пленка“ микроорганизмами, восстанавливающими соединения серы. Они представлены в основном гнилостными бактериями (от 900 до 24 тыс. кл./г ила), численность которых заметно возрастала в слое 2–3 см. Сульфатредуцирующие бактерии были обнаружены только в „поверхностной пленке“, причем в крайне незначительном количестве (табл. 3).

Таким образом, в результате исследований было определено, что в толще поверхностных слоев донных отложений выделяется „поверхностная пленка“ ила, характеризующаяся высокой численностью гетеротрофных и некоторых автотрофных (аммонийокисляющих) бактерий. Наши данные хорошо согласуются с литературными [3]. В „пленке“ более многочисленны по сравнению с нижележащими слоями ила сапрофитные, аммонифицирующие и аэробные азотфиксирующие бактерии из рода *Azotobacter*. В распределении прочих групп аэробных бактерий нам не удалось выявить их четкого доминирования в „поверхностной пленке“. Даже в аэробных условиях „поверхностная пленка“ илов богата анаэробными и микроаэрофильными бактериями. Некоторые из них – сульфатредуцирующие и денитрифицирующие – преобладают именно в „поверхностной пленке“. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения этой специфической зоны донных отложений в отношении численности микроорганизмов и особенностей микробиологических процессов, в ней протекающих.

Л и т е р а т у р а

1. Дзюбан А.Н. Количество маслянокислых бактерий, относящихся к роду *Clostridium*, в иловых отложениях водохранилищ Волги. – Микробиология, 1978, т. 47, вып. 6, с. 1124–1126.
2. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л., 1970. 440 с.
3. Кузнецов С.И., Романенко В.И. Экология микроорганизмов, участвующих в круговороте органического вещества в водоемах. – В кн.: Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР. М., 1979, с. 43–48.
4. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974. 194 с.
5. Сорокина В.А. Образование бактериальной пленки на поверхности илов и влияние ее на обмен веществом между илом и водой. – Микробиология, 1938, т. 7, вып. 5, с. 579–591.
6. H e n r i c i A.T., M c C o y E. The distribution of heterotrophic bacteria in the bottom deposits of some lakes. – Transac. Wisce. Ac. Sc., 1938, vol. 31, p. 323–362.
7. O l a h J. Bacterial gradient at the Sediment. Water Interface of Shallow Lakes. – Annal. Biol., Tihany, 1973, vol. 40, p. 219–225.

8. W a t s o n S.W., W a t e r b u r y J.B. Characteristics of two marine nitrite oxidizing bacteria. *Nitrosospira gracilis* n. gen. sp. - Arch. Microbiol., 1971, Bd 77, S. 203-230.
9. W h i t t e n b u r y R., P h i l l i p s K.C., W i l k i n s o n I.E. Enrichment, isolation and some properties of methane-utilizing bacteria. - J. Gen. Microbiol., 1970, vol. 61, p. 205-218.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 574.64 : 581.132

Лайош Вереш, В.И. Романенко

ВЛИЯНИЕ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ CO_2 У ВОДОРОСЛЕЙ

При исследовании выделения продуктов метаболизма клетками планктонных водорослей мы столкнулись с явлением невозможности отмыть помеченные ^{14}C клетки от радиоактивных ионов $^{14}\text{CO}_3^{''}$. Опыты ставили следующим образом. После роста на питательной среде с радиоактивным карбонатом 20 мл суспензии *Chlorella vulgaris* с активностью около 100 тыс. имп/мин вносили в воронку с мембранным фильтром № 6 (диаметр пор 3-6 мкм) и профильтровывали без вакуума. С осевшими на фильтре водорослями проводили анализы. В первой серии опытов определяли количество $^{14}\text{CO}_2$, выделившееся в процессе дыхания. Для этого непосредственно в воронке водоросли порциями по 10 мл 13-14 раз промывали 0.5%-ным физиологическим раствором с pH 5.5. Одна порция физиологического раствора через фильтр без вакуума проходит за 45-75 с. Все фильтраты прямо из воронки собирали отдельно в пробирки, куда предварительно вносили по 1 мл 1%-ной щелочи. В конце опыта в пробирки вносили по 1 мл 10%-ного BaCl_2 . Образовавшиеся осадки $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ отфильтровывали на мембранные фильтры, радиоактивность которых определяли общепринятым методом [2].

В контрольной серии опытов водоросли на фильтре были убиты 40%-ным раствором формалина. После этого их также промывали и в фильтратах анализировали количество $^{14}\text{CO}_2$. В этом случае содержание меченых карбонатов в тринадцатом фильтрате было минимальным. В экспериментах, где водоросли на фильтре были обработаны 0.1-молярным раствором азиды натрия

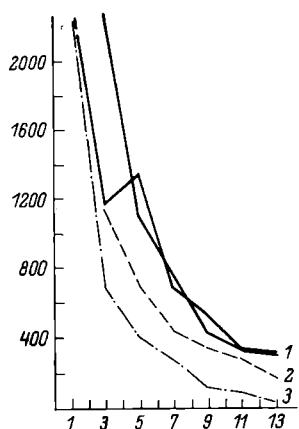


Рис. 1. Динамика очистки на мембранном фильтре помеченных клеток хлореллы от радиоактивного карбоната среды и выделяющейся в процессе дыхания углекислоты порциями физиологического раствора по 10 мл с pH 5,5 с интервалом 45–75 с.

1 — обе кривые: хлорелла без токсиканта (контроль); 2 — хлорелла, через которую пропущено 10 мл 0,1-молярного раствора азид натрия; 3 — хлорелла, через которую пропущен 1 мл 40%-ного формалина. Точки перелома на кривых — радиоактивность $^{14}\text{CO}_2$ в 10 мл фильтрата. По оси ординат — радиоактивность,

имп/мин; по оси абсцисс — номера порций отмывающего раствора.

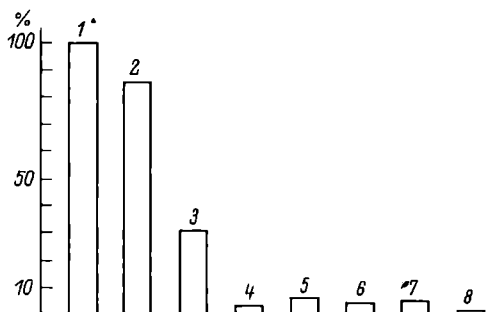


Рис. 2. Выделение меченой углекислоты суспензией радиоактивных клеток хлореллы, находящихся в течение суток в растворах токсических веществ.

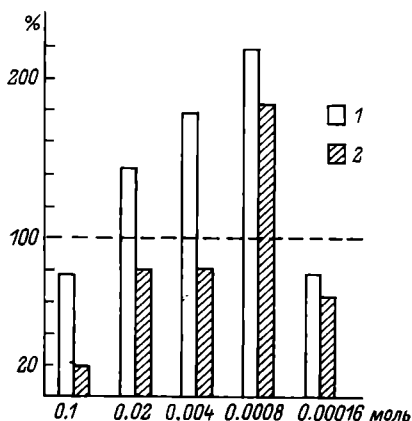
1 — (контроль) живая хлорелла в сосуде без токсических веществ; 2 — живая хлорелла в сосуде с 0,01 моль азид; 3 — то же с 0,1 моль азид; 4 — то же с 0,1 моль серебра; 5 — то же в крепком растворе Люголя; 6 — то же в 0,1-молярном растворе сернистой меди; 7 — то же в 0,4-молярном растворе сернистой меди; 8 — то же в 4%-ном растворе формалина. По оси ординат — выделение $^{14}\text{CO}_2$ (100% — контроль).

(ферментный яд, подавляющий окислительное фосфорилирование), выделение клетками водорослей $^{14}\text{CO}_2$ наблюдается в течение длительного времени — кривые на графике выходят на плато (рис. 1).

Убитые же немеченые водоросли после обработки в воронке на фильтре крепким радиоактивным карбонатом освобождаются от $^{14}\text{CO}_3$ после 7–8 промывок.

Рис. 3. Влияние различных концентраций азида натрия на выделение углекислоты в процессе дыхания в течение суток у хлореллы.

1 - при экспонировании на свету (2500 лк); 2 - в темноте. По оси ординат - выделение $^{14}\text{CO}_2$ (100% - контроль); по оси абсцисс - концентрация азида натрия, в растворах которого находились водоросли в течение суток.



Из этого следует, что в процессе метаболизма внутри клеток происходит интенсивное разрушение каких-то свежесинтезированных продуктов фотосинтеза и выделяется $^{14}\text{CO}_2$. Это согласуется с предварительными, произведенными ранее, экспериментами [1].

В ряде опытов фильтры, с осевшими на них водорослями, после 13 промывок разрезали на 4 равные части, которые затем помещали в склянки из-под пенициллина с 10 мл природной воды с pH 7.6 (контроль) и с растворами токсических веществ. Склянки закрывали пробками и выдерживали 24 ч в темноте. После фиксации проб формалином и их подщелачивания углекислоту из жидкости в специальном приборе [3] отгоняли после подкисления в раствор щелочи. Образовавшийся карбонат осаждали барием, радиоактивность его определяли под счетчиком Гейгера с внесением всех соответствующих поправок [2].

Оказалось, что крепкие растворы формалина, Люголя, 0.1-молярные растворы меди и серебра практически полностью подавляли выделение CO_2 , тогда как 0.01-молярный раствор серебра подавлял дыхание водорослей только на 75% (рис. 2).

Чрезвычайно интересное влияние оказывает азид натрия, считающийся классическим ферментным ядом, разобшающим процессы фосфорилирования и окисления. Через 24 ч после пребывания водорослей в 0.1-молярном растворе азид натрия задерживала выделения CO_2 по сравнению с контролем (нормальные водоросли) уменьшалась всего лишь на 15% (!).

В отдельных опытах было показано, что при концентрации азид, в 25 раз меньшей (0.004 моль), происходит полное подавление фотосинтеза у хлореллы и гетеротрофной ассимиляции CO_2 у обычных сапрофитных бактерий.

При более подробном исследовании воздействия азид натрия на выделение CO_2 водорослями установлено, что как в контроле, так и при различных концентрациях токсиканта клетки хлореллы на свету выделяют CO_2 больше, чем в темноте. При кон-

центрации азида 0.0008 моль наблюдается стимуляция выделения CO_2 как на свету, так и в темноте; при концентрации 0.004–0.02 моль на свету CO_2 выделяется больше, в темноте несколько меньше (рис. 3).

Следовательно, только что образованные продукты фотосинтеза в клетках водорослей быстро вступают в метаболизм, и часть их разрушается до CO_2 . Токсические вещества общебиологического действия в больших концентрациях угнетают этот процесс. Ферментный яд (азид натрия) у хлореллы при высокой концентрации (0.1 моль) не полностью подавляет выделение CO_2 , а в определенной концентрации даже стимулирует ее выделение. Наблюдается большая разница (в 25 раз) между концентрациями, угнетающими процессы синтеза и дыхания. Следует чрезвычайно осторожно относиться к результатам по использованию NaN_3 для разделения автотрофных и гетеротрофных процессов.

Литература

1. Романенко В.И. Скорость потери органического вещества клетками планктонных водорослей. – В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1971, № 9, с. 10–13.
2. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов: (Лабораторное руководство). Л., 1974. 193 с.
3. Романенко В.И., Лайош Вереш. Метод определения $^{14}\text{CO}_2$ при исследовании метаболизма у гидробионтов с помощью радиоактивного углерода. – В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1983, № 59, с. 64–67.

Институт биологии, Тихань
Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 541.144.7

В.И.Романенко, А.С. Даукшта

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА ФИТОПЛАНКТОНА В ВОДОЕМАХ РЯДА РЕГИОНОВ

Под суточной динамикой имеется в виду прирост органического вещества фитопланктона за короткие промежутки времени в процессе фотосинтеза в течение светлого периода суток. Попытки определить динамику прироста органического вещества фитопланктона были предприняты еще в 40-х годах с использованием скляночного кислородного метода [1]. Однако из-за малой чувствительности этого метода анализы были проведены лишь в высокоэвтрофном озере и то лишь с интервалом 4 ч.

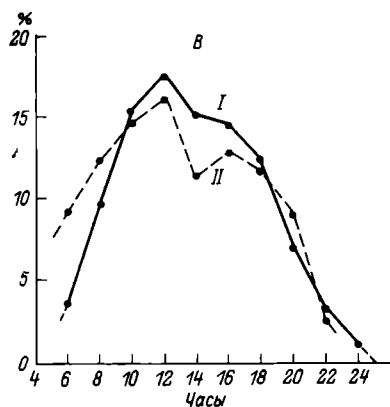
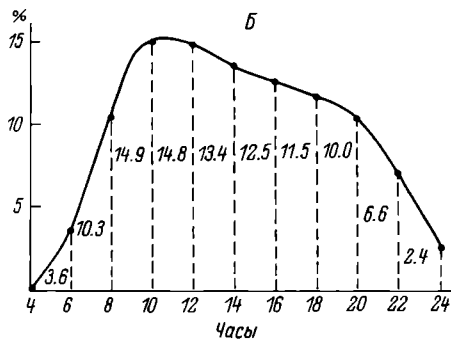
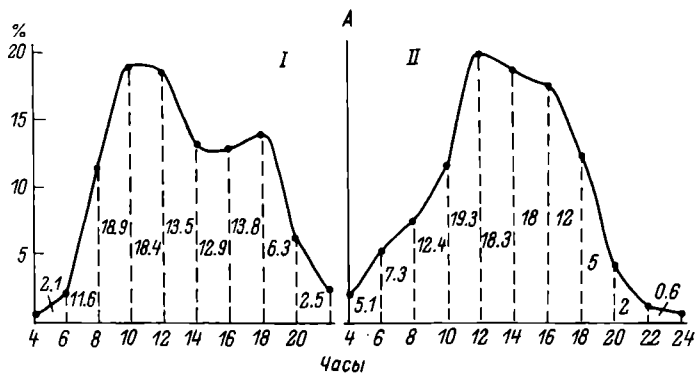
Радиоуглеродный метод позволяет проанализировать динамику фотосинтеза планктонных водорослей в любом водоеме, независимо от степени его трофии, и в любое время года. С его помощью можно уловить малейшие изменения интенсивности процесса. Одним из первых суточную динамику продукции органического вещества фитопланктона с применением ^{14}C определил Волленвейдер [10]. Он установил, что в поверхностном слое воды она описывается двухвершинной кривой.

В течение ряда лет нами определялась динамика прироста органического вещества за короткие промежутки времени в озерах Латвии, Карелии и в Рыбинском водохранилище [2, 4, 6]. Цель настоящей работы состояла в том, чтобы рассчитать средние величины для указанных регионов по всем имеющимся у нас материалам и определить, сколько органического вещества производится в отдельные часы суток.

Пробы воды по 1 л в двух повторностях отбирали ночью в бутылки светлого стекла объемом немногим более литра. Перед рассветом в них вносили растворы меченного ^{14}C карбоната. В Рыбинском водохранилище пробы экспонировались на палубе судна в аквариумах при постоянной смене воды из-за борта с целью поддержания соответствующей температуры. В озерах бутылки выдерживались около берега у поверхности воды. Начиная с 4 ч, через каждые 2 ч из бутылей после тщательного перемешивания отбирали по 50 мл воды, куда вносили по 1 мл 40%-ного формалина, а затем воду фильтровали через мембранные фильтры, задерживающие водоросли. Нами использовался и другой метод. Перед рассветом воду наливали в серию склянок из светлого стекла емкостью по 100 мл и в каждую из них вносили по 1 мл меченного ^{14}C карбоната. Через каждые 2 ч снимали по 2 склянки. В лаборатории после обработки соляной кислотой, производимой для удаления меченного карбоната, радиоактивность водорослей определяли под счетчиком Гейгера. Исходя из содержания карбонатов в воде и количества внесенного изотопа рассчитывали продукцию органического вещества в течение дня [3]. По разности между каждым последующим и предыдущим результатом анализа определяли прирост органического вещества за каждые 2 ч в течение дня.

Графики динамики процесса, полученные в разные периоды года, заметно отличаются между собой: летом большинство графиков были двухвершинными с максимумами в 10 и 16 или 18 ч, осенью они были одновершинными с максимумом в середине дня. Для выведения средних величин по региону результаты по каждому водоему выражали в относительных единицах. Суммарную величину продукции за день принимали за 100%, к ней же относили данные за каждые 2 ч.

Хефер и Толлинг [8, 9] в опытах, проделанных с 10 до 14 ч (суточная продукция фитопланктона была ими определена расчетным путем), установили, что в тропиках за 1 ч в середине дня образуется 1/9 (11%) часть продукции за сутки. Близкие



Суточная динамика интенсивности фотосинтеза фитопланктона.

А: I – в Рыбинском водохранилище за ряд лет; II – в озерах Латвии; Б – в озерах Карелии. В: I – в Рыбинском водохранилище и озерах Латвии; II – в листьях свеклы на широте Белоруссии. Цифры на графиках – продукция органического вещества за каждые 2 ч, % от суточной. По оси ординат – интенсивность фотосинтеза; по оси абсцисс – время суток.

величины, но при экспонировании проб в течение суток, были получены и на водохранилищах Кубы [5].

Во всех случаях продукция фитопланктона оказывается крайне малой в самые ранние утренние часы. В период с 4 до 6 ч она составляет всего 2.1-3.6 % дневной величины (рисунок, А). С 6-8 ч процесс продукции органического вещества стремительно усиливается. В Рыбинском водохранилище с 10 до 12 ч по астрономическому времени образуется 18.4% органического вещества от его суточной величины. В озерах Латвии за этот же период - 19.3%, при этом за каждые 2 ч с 10 по 16 ч производится почти одинаковое количество органического вещества. В Карелии (68° с.ш.) в июне, в период белых ночей, график суточной динамики интенсивности фотосинтеза растянут по оси абсцисс почти на полные сутки, в связи с чем в период с 10 до 12 ч органического вещества образуется несколько меньше, чем в других растениях региона - 14.8% (рисунок, Б). Следовательно, географическая широта местностей накладывает определенный отпечаток на суточную динамику продукции органического вещества в процессе фотосинтеза.

Интересно, что суточный ход интенсивности фотосинтеза фитопланктона в водоемах в целом совпадает с ходом его (рисунок, В), в листьях наземных растений [6, 7].

К сожалению, по суточной динамике процессов продуцирования органического вещества данных немного. Пока выявлены лишь некоторые общие закономерности. Возможно, когда эти процессы будут изучены более подробно, на разных широтах, а также в зависимости от падающей солнечной радиации, появится возможность упростить очень трудоемкие методы определения продукции органического вещества фитопланктона.

Л и т е р а т у р а

1. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск, 1960. 329 с.
2. Даукшта А.С., Вайнштейн М.Б. Сравнение фотосинтеза фитопланктона в различных озерах Латвии. - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1969, № 4, с. 11-15.
3. Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. М.; Л., 1963. 128 с.
4. Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическая характеристика озер Карелии. - В кн.: Биология и физиология пресноводных организмов. Л., 1971, с. 3-14.
5. Перес Ейрис М. Интенсивность фотосинтеза фитопланктона и его экологическая роль в водохранилищах Кубы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук, М., 1977. 32 с.
6. Романенко В.И., Кудрявцев В.М. Суточная динамика продукции органического вещества фитопланктона в Рыбинском водохранилище. - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1970, № 6, с. 10-13.

7. Рубин Б.А. Курс физиологии растений. М., 1976. 576 с.
8. N e p h e r B. Primary production in fishponds and its application to fertilization experiments. - Limnol., Oceanogr., 1962, vol. 7, N 2, p. 131-136.
9. T o l l i n g J.F. The photosynthetic activity of phytoplankton in East African lakes. - Intern. Rev. gesamt. Hydrobiol., 1965, Bd 50, N 1, S. 1-32.
10. V o l l e n w e i d e r R.A. Calculations →
→ Models and Photosynthesis depth curves and some implications regarding day rate in primary production measurements. - Mem. Ist. ital. idrobiol. „Dott.M.Marchi“, 1965, suppl. 18, p. 425-457.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 582.26 (282.2)

С.И. Генкал, Ю.В. Науменко

НОВЫЕ ДАННЫЕ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ОБИ И ИРТЫША

Флора диатомовых водорослей Оби и Иртыша изучалась под световым микроскопом [1, 5-7], кроме того, для Оби имеются некоторые данные, полученные с помощью ТЭМ [4].¹

При изучении проб фитопланктона, собранных в 1980 г. в Оби (у с. Белогорье) и в Иртыше (у г. Ханты-Мансийск) с помощью ТЭМ, были выявлены новые представители центрических диатомей.

Thalassiosira guillardii Hasle. - [9, p. 274-278, fig. 28-50].

Диаметр створки 10.6-12.7 мкм, краевых подпертых выростов 12-14 в 10 мкм (см. рисунок, а). Встречаемость в планктоне Оби, Иртыша - осенью.

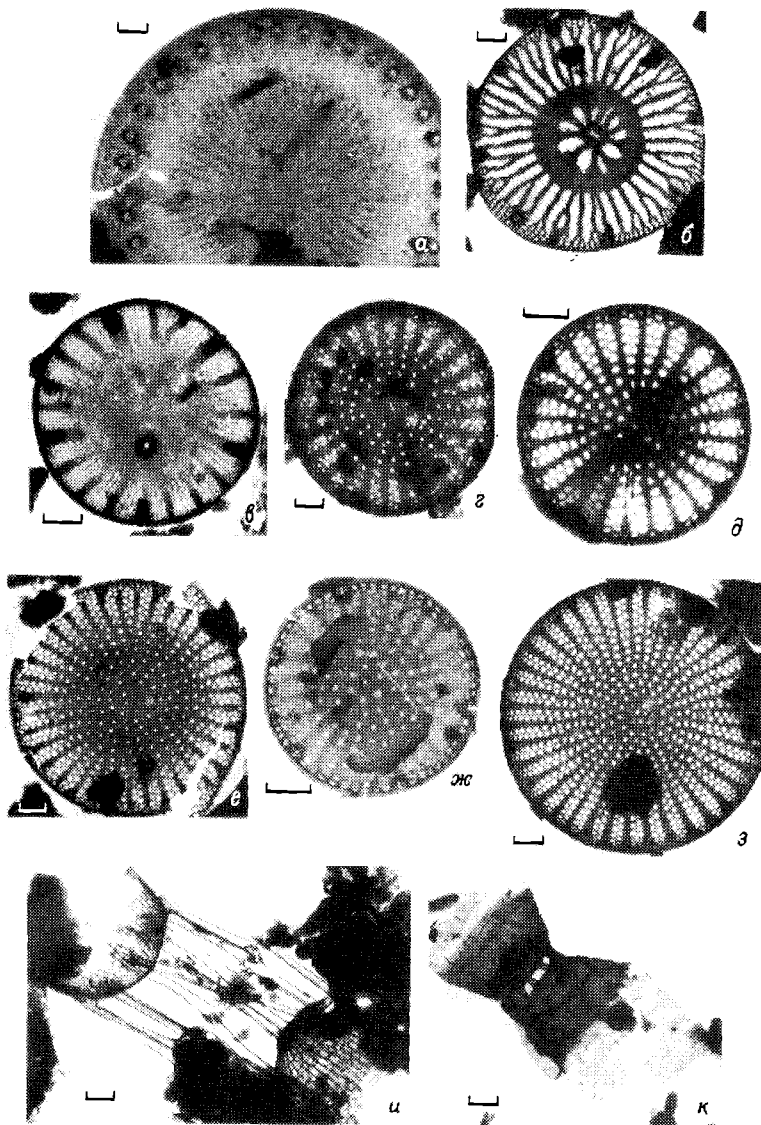
Cyclotella pseudostelligera Hust. - [13, p. 397, fig. 485]

Диаметр створки 4.7-7.9 мкм, штрихов 25-30 в 10 мкм. В центральном поле розетка иногда отсутствует (см. рисунок, б). Встречается в планктоне Оби осенью, Иртыша - летом и осенью.

C. atomus Hust. - [13, p. 398, fig. 486].

Диаметр створки 3.9-7.9 мкм, штрихов 14-16 в 10 мкм (см. рисунок, в). Встречаемость в планктоне Оби осенью, Иртыша - летом и осенью.

¹ Вид *Stephanidiscis dubius* (Fricke) Hust. приводится как новый для флоры, однако он в Оби был обнаружен ранее А.П. Скабичевским [8].



Электронные микрофотографии створок диатомей.

а - *Thalassiosira guillardii*; б - *Cyclotella pseudostelligera*; в - *C. atomus*; г - *Stephanodiscus minutula*; д - *S. makarovae*; е - *S. triporus*; ж - *S. triporus* var. *volgensis*; з - *S. invisitatus*; и - *Skeletonema subsalsum*; к - *Sc. potamos*. Масштаб соответствует 1 мкм.

Электронный микроскоп
ЭМ-100
Институт биологии
и географии
РАН
35996-н

Stephanodiscus minutula (Kütz.) Round. - [14, p. 462, fig. 19-24] (Syn.: S.perforatus Genkal et Kuzmin 3, с.1310, рис.3).

Диаметр створки 6,6-7,1 мкм, штрихов 14-16 в 10 мкм (см. рисунок, г). Встречается в планктоне Оби, Иртыша весной и осенью.

S.makarovae Genkal. - [2, с. 13, табл. I, П].

Диаметр створки 4,7-6,3 мкм, штрихов 20-25 в 10 мкм (см. рисунок, д). Встречается в планктоне Оби осенью, Иртыша - летом.

S.triporus Genkal et Kuzmin. - [3, с. 1310, рис. 2].

Диаметр створки 7,4-9,2 мкм, штрихов 16-18 в 10 мкм (см. рисунок, е). Встречается в планктоне Оби, Иртыша осенью.

S.triporus var. volgensis Genkal. - [В печати].

Диаметр створки 4,5-5,3 мкм, штрихов 25 в 10 мкм (см. рисунок, ж). Встречается в планктоне Оби, Иртыша осенью.

S.invisitatus Hohn et Hellerman. - [12, p. 277, pl. 1, fig. 7].

Диаметр створки 7,9-9,2 мкм, штрихов 16-18 в 10 мкм (см. рисунок, з). Встречается в планктоне Оби, Иртыша осенью.

Skeletonema subsalsum (A.C.L.) Bethge. - [10, p. 285, fig. 1-14].

Диаметр створки 5-6 мкм (см. рисунок, и). Встречается в планктоне Оби, Иртыша летом и осенью.

S.potamos (Weber) Hasle. - [11, p. 74, fig. 1-7].

Диаметр створки 3,4-5 мкм (см. рисунок, к). Встречается в планктоне Оби осенью.

Литература

1. Андреев Г.П., Горячева Г.И., Скабичевский А.П., Чернявская М.А., Чистяков Л.Д. Водоросли реки Иртыша и его бассейна. - В кн.: Природа поймы реки Оби и ее хозяйственное освоение. Томск, 1963, с. 69-103.
2. Генкал С.И. Новый вид из рода Stephanodiscus Ehr. (Bacillariophyta). - В кн.: Новости систематики низших растений. Л., 1978, т. 15, с. 11-14.
3. Генкал С.И., Кузьмин Г.В. Новые таксоны рода Stephanodiscus Ehr. (Bacillariophyta). - Ботан. журн., 1978, т. 63, № 9, с. 1309-1312.
4. Генкал С.И., Левадная Г.Д. Новые данные к флоре диатомовых водорослей реки Оби. - В кн.: Новости систематики низших растений. Л., 1980, т. 17, с. 3-7.
5. Куксен М.С., Левадная Г.Д., Попова Т.Г., Сафонова Т.А. Водоросли Оби и ее поймы. - В кн.: Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1972, ч. 2 (4), с. 3-44.
6. Левадная Г.Д. Заметки о некоторых видах диатомовых водорослей Верхней Оби и Новосибирского водохранилища. - В кн.: Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1972, ч. 2 (4), с. 45-50.

7. Левадная Г.Д., Сафонова Т.А. Диатомовые водоросли водоемов поймы нижнего течения Оби и прилегающих районов лесотундры. - В кн.: Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1972, с. 2 (4), с. 71-77.
8. Скабичевский А.П. Популяция *Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hust. в Новосибирском водохранилище. - В кн.: Водные и наземные сообщества низших растений Сибири. Новосибирск, 1974, с. 115-121.
9. Hasle G.R. Some fresh-water and brackish-water species of the diatom genus *Thalassiosira* Cleve. - *Phycologia*, 1978, vol. 17, N 3, p. 236-292.
10. Hasle G.R., Evensen D.L. Brackish-water and fresh-water species of the diatom genus *Skeletonema* Grev. 1. *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge. - *Phycologia*, 1975, vol. 14, p. 283-297.
11. Hasle G.R., Evensen D.L. Brackish-water and fresh-water species of the diatom genus *Skeletonema*. II. *Skeletonema potamos* comb. nov. - *J. Phycol.*, 1976, vol. 12, N 1, p. 73-82.
12. Hohn M.N., Hellerman J. The taxonomy and structure of diatom populations from eastern North American rivers using three sampling methods. - *Trans. Amer. Microsc., Soc.*, 1963, vol. 83, N 3, p. 250-329.
13. Huber-Pestalozzi G. Das Phytoplankton des Süßwassers. - In: Thienemann's. Die Binnengewässer. Stuttgart, 1942, Bd 16, T. 2, H. 2, S. 1-549.
14. Round F.E. The diatom genus *Stephanodiscus*: an electronmicroscopic view of the classical species. - *Arch. Protistenk.*, 1981, Bd 124, S. 455-470.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР
Центральный сибирский
ботанический сад СО АН СССР

А.В. Фрейндлинг

О ФИТОМАССЕ МАКРОФИТОВ ВОДОХРАНИЛИЩ
СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ

Озера Куйто (Верхнее, Среднее и Нижнее) относятся к крупным водоемам севера республики тектонического происхождения. Площадь акватории изменяется от 143 (Нижнее Куйто) до 274 км² (Верхнее Куйто). Средняя глубина варьирует от 8.7 (Верхнее Куйто) до 10.4 м (Среднее Куйто), коэффициент извилистости береговой линии от 2.9 (Среднее и Нижнее Куйто) до 5.3 (Верхнее Куйто). Термический режим озер характеризуется большой изменчивостью в связи с их мелководностью, уровенный режим средней устойчивости. В настоящее время естественный ход уровня имеет только Верхнее Куйто. Все водоемы олиготрофные, маломинерализованные. Литоральная зона развита слабо, выложена преимущественно каменисто-валунными грунтами. Песчаные отложения встречаются редко. Среднее и Нижнее Куйто были объединены в Юшкозерское водохранилище для обеспечения работы каскада ГЭС на р. Кеми. Народнохозяйственное значение озер Куйто велико – они используются для лесосплава, рыболовства, являются крупнейшими резервуарами высококачественной воды.

Летом 1982 г. в процессе комплексных рекогносцировочных исследований, выполненных Отделом водных проблем Карельского филиала АН СССР, было оценено современное состояние этих водоемов.

Отрывочные сведения о водной растительности озер Куйто при их естественном уровенном режиме получены при их рыбохозяйственном изучении [1]. Наши исследования показали, что степень зарастания озер незначительна. В Среднем и Нижнем Куйто водные растения встречаются ограниченно. Несколько шире они распространены в Верхнем Куйто вследствие большей изрезанности береговой линии озера. В литоральной зоне открытой части водоемов заросли макрофитов отсутствуют. Растительные сообщества находятся преимущественно в кутовых частях заливов, изолированных от основной акватории, и в приустьевых участках рек. Пределы колебаний численности стеблей и фитомассы макрофитов представлены в таблицах 1 и 2.

Для получения более полного представления о процессах зарастания и продукционных возможностях макрофитов водохранилищ северной Карелии мы сопоставили данные, полученные по озерам Куйто, с данными по водной растительности двух других крупнейших водоемов этой зоны – Топозеру и Пяозеру [2]. Топозеро и Пяозеро – водохранилища, относящиеся к олиготрофному типу. Площадь зеркала их равна соответственно 967 и 943 км². Эти озера глубоководные, маломинерализованные. Зараста-

Таблица 1

Численность стеблей макрофитов исследованных озер, экз./м²

Вид	Верхнее Куйто	Среднее Куйто	Нижнее Куйто
<i>Phragmites australis</i>	$\frac{7-50}{12}$	-	$\frac{4-32}{14}$
<i>Scirpus lacustris</i>	$\frac{13-17}{15}$	-	-
<i>Equisetum heleocharis</i>	$\frac{10-17}{14}$	$\frac{36-70}{49}$	$\frac{8-26}{14}$
<i>Eleocharis palustris</i>	$\frac{70-251}{154}$	$\frac{108-135}{121}$	$\frac{108-250}{179}$
<i>Nuphar lutea</i>	$\frac{14-17}{15}$	$\frac{5-9}{7}$	$\frac{9-13}{10}$

Примечание. Здесь и в табл. 2: над чертой - пределы колебаний численности стеблей, под чертой - средняя численность стеблей.

Таблица 2

Пределы колебаний величины фитомассы (воздушно-сухое вещество) некоторых видов макрофитов, г/м²

Вид	Верхнее Куйто	Среднее Куйто	Нижнее Куйто
<i>Phragmites australis</i>	$\frac{52-209}{114}$	-	$\frac{25-280}{97}$
<i>Scirpus lacustris</i>	$\frac{31-35}{33}$	-	-
<i>Equisetum heleocharis</i>	$\frac{31-47}{39}$	$\frac{42-78}{61}$	$\frac{7-26}{14}$
<i>Eleocharis palustris</i>	$\frac{9-41}{26}$	$\frac{16-25}{21}$	$\frac{22-49}{36}$
<i>Nuphar lutea</i>	$\frac{26-31}{29}$	$\frac{6-18}{12}$	$\frac{15-27}{22}$
<i>Sparganium friesii</i>	$\frac{10-37}{24}$	$\frac{7-19}{12}$	$\frac{8-13}{10}$
<i>Potamogeton natans</i>	$\frac{20-30}{25}$	$\frac{5-10}{8}$	$\frac{4-7}{6}$
<i>Polygonum amphibium</i>	$\frac{19-39}{30}$	7	$\frac{13-23}{18}$
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	$\frac{13-28}{22}$	$\frac{20-26}{24}$	$\frac{18-21}{20}$

ют они аналогично озерам Куйто. В литоральной зоне открытой части водохранилищ растительные сообщества практически отсутствуют. Фитоценозы встречаются лишь в защищенных от ветроволнового воздействия местах, преимущественно на илистых и илисто-песчаных грунтах. Фитомасса различных видов макрофитов варьирует в широких пределах. Так, для *Phragmites australis* Cav. Trin ex Steud в Топозере ее значения достигают в среднем 119 г/м^2 возд.-сухого вещества, варьируя от 68 до 162 г/м^2 , при средней численности стеблей на 1 м^2 литорали 55 экз./ м^2 (21-140 экз./ м^2). У *Scirpus lacustris* L. значения фитомассы достигают 104 г/м^2 (98-108 г/м^2) при плотности стеблей 39 экз./ м^2 (36-45 экз./ м^2), у *Nuphar lutea* (L.) Sm. - 43 г/м^2 (30-62 г/м^2).

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что растительные сообщества крупных олиготрофных водохранилищ северной Карелии вследствие неблагоприятных условий произрастания разрежены и величина фитомассы макрофитов невелика. Их роль в формировании состава и качества вод незначительна.

Л и т е р а т у р а

1. Заболотский А.А. Озера Верхнее Куйто, Среднее Куйто и Нижнее Куйто. - В кн.: Озера Карелии. Петрозаводск, 1959, с. 525-532.
2. Клюкина Е.А., Фрейндлинг А.В. Геоботаническая характеристика водохранилищ бассейна р. Ковда. - В кн.: Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск, 1979, с. 78-87.

Отдел водных проблем
Карельский филиал АН СССР

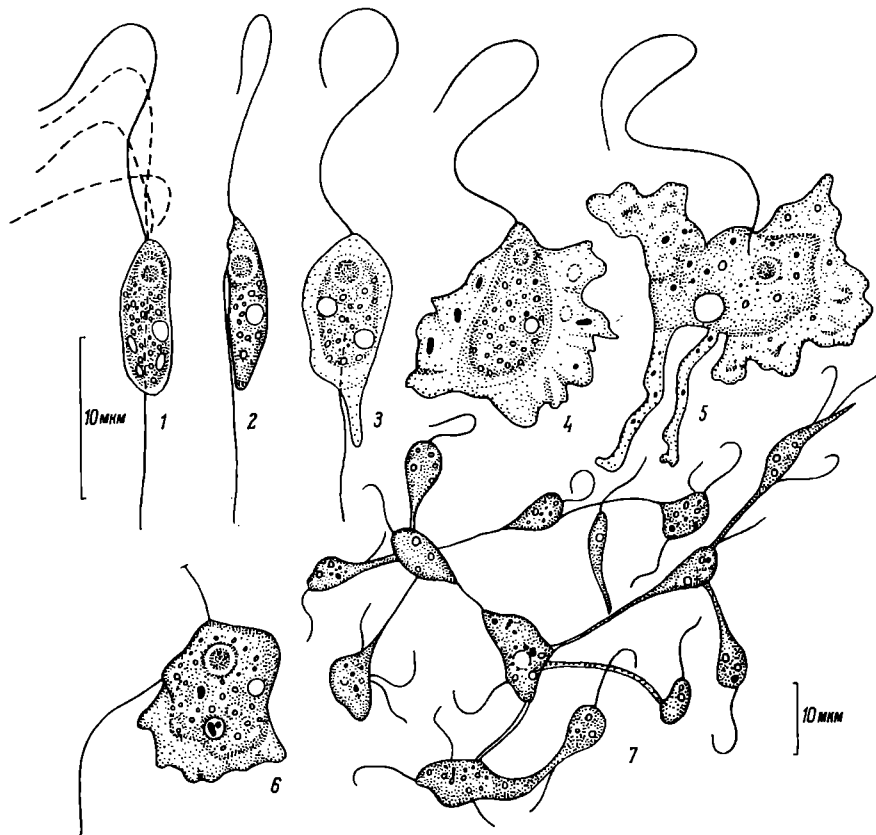
УДК 593.162 : 591.3

А.П. Мыльников

НОВЫЙ ВИД *CERCOBODO AMOEBINUS* (КЛАСС *ZOOMASTIGOPHOREA* CALKINS)

Большинство авторов, описывающих жгутиконосцев, не работают с чистыми культурами. Поэтому возникает большая путаница в первоописаниях. В полной мере такое положение создалось в систематике рода *Cercobodo* Klassischik, 1886.

В мае 1978 г. нами из бентосных проб Рыбинского водохранилища были выделены в чистую культуру жгутиконосцы рода *Cercobodo*. Изучено семь клонов. Культивирование жгутиконосцев проводили в чашках Петри на среде Пратта с добавлением суспензии бактерий *Aerobacter aerogenes*. Живых жгу-



Строение *Cercobodo amoebinus* sp. n.

1, 2 - подвижная форма (1 - вид сверху, 2 - вид сбоку), 3 - форма тела в начале питания, 4-6 - амебоидная форма, 7 - сетчатое распределение особей. Масштаб соответствует 10 мкм.

тиконосцев изучали методом фазового контраста и после окраски их железным гематоксилином по Гейденгайну (см. рисунок). Препараты голотипа хранятся в лаборатории биологии низших организмов ИБВВ АН СССР.

В стадии активного движения *Cercobodo amoebinus* имеет более или менее продолговато-овальную форму тела. Задний конец тела иногда заострен. Тело интенсивно метаболирует. Длина его без псевдоподий 8-12 мкм, ширина 3-7 мкм. Направленный вперед (двигательный) жгутик, длина которого равна 15-22 мкм, совершает колебательные движения. Задний (рулевой) жгутик, длиной 14-20 мкм, тянется под клеткой, прикрепляясь проксимальным концом к телу на 1/4-1/3 часть своей

длины. Пузырьковидное ядро с крупным ядрышком располагается спереди. Кинетопласта нет. Одна, реже две, сократительные вакуоли лежат латерально спереди или сзади. В цитоплазме заметны многочисленные пищеварительные вакуоли.

У амeboидной формы жгутиконосца тело уплощенное с псевдоподиями, которые относятся к типу лобоподий. Они отходят от любой части тела и достигают 10–20 мкм. Жгутики в момент питания не отбрасываются. Питающаяся особь напоминает голых амeb рода *Vanella* Bovee. В начале активного движения псевдоподии быстро втягиваются. Размножаются жгутиконосцы продольно делясь надвое или отпочковываясь от многоядерного плазмодия. Половой процесс не обнаружен. Цист нет. Во время движения особи скользят по субстрату или плавают в толще воды. Питаются бактериями и протококковыми водорослями, захватывая их псевдоподиями.

После стадии логарифмического роста культуры некоторые клоны образуют многоядерные и многожгутиковые плазмодии, которые фрагментируются, затем из них отпочковываются отдельные дочерние клетки. Незавершенный цитогенез приводит к сетчатому распределению клеток на дне чашки Петри. Такие плазмодии у представителей рода *Cercobodo* обнаружены впервые. Сходные образования найдены у *Thaumatomonas lauterborni* De Saedelleer [2]. У *Cercobodo amoebinus* на каждое ядро в плазмодии приходится одна сократительная вакуоль и два жгутика. Плазмодии появляются в культуре при численности свыше 100 тыс. экз./мл. Плазмодияльное состояние сохраняется 2–3 сут. За четырехлетний период культивирования *C.amoebinus* не обнаружено каких-либо изменений в его морфологии и размерных характеристиках. Различие между клонами касается лишь частоты образования плазмодиев.

Описанный вид сходен с видами *C.varians* Skuja, 1948, *C.bodo* (Meyer) Lemm. [1], *C.lagoenaris* Hamar, 1979 [3]. В отличие от них у *C.amoebinus* имеются одна, реже две сократительных вакуоли, расположенные как спереди, так и сзади; проксимальная часть рулевого жгутика прикреплена к телу; псевдоподии образуются часто, ядро спереди.

Л и т е р а т у р а

1. Жуков Б.Ф. Определитель бесцветных свободноживущих жгутиконосцев подотряда *Bodonina* Hollande – В кн.: Биология и продуктивность пресноводных организмов. Л., 1971, с. 241–284.
2. Ширкина Н.И., Селиванова Г.В. Особенности жизненного цикла бесцветного жгутиконосца *Thaumatomonas lauterborni* (Kinetoplastida, Thaumatomonadidae). – Зоол. журн., 1982, т. 61, вып. 6, с. 929–933.

25. Hamar J. Some new zooflagellates from Hungary. - Tiscia, 1979, vol. 14, p. 147-162.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 595.371 : 574.587

Н.Д. Бородич, Л.Ф. Бондаренко,
В.Л. Лавров

ПОНТОКАСПИЙСКИЕ РАКООБРАЗНЫЕ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ

Видовой состав и распространение понтокаспийских ракообразных в Куйбышевском водохранилище изучается с 1967 г. через каждые 5 лет. За этот период отобрано 178 проб. На участке р. Волги от г. Городец до г. Чебоксары, залитым в настоящее время водами Чебоксарского водохранилища, в 1979 г. было отобрано 90 проб.

Материал в прибрежной зоне отлавливали скребком-ловушкой, на глубинах 1.5-3 м - штанговым дночерпателем Заболотского ($1/40 \text{ м}^2$), на глубинах 5 м и более - дночерпателем Петерсена ($1/10 \text{ м}^2$), или Экмана-Берджи ($1/25 \text{ м}^2$). Гаммарид с растений и из под камней собирали сачком и вручную.

Согласно литературным данным, на участке р. Волги, вошедшем в состав Куйбышевского водохранилища, обитало 9 видов понтокаспийских ракообразных [1, 5, 6]. Пять из них - *Dikergammarus haemobaphes* (Sars), *Pontogammarus sarsi* (Sowin.), *Corophium curvispinum* Sars, *Paramysis ullskyi* Czern., *Jara sarsi* Valkan - поднимались по Волге и Каме значительно выше верхней границы Куйбышевского водохранилища. *Stenogammarus macrurus* (Sars), *Pontogammarus abbreviatus* (Sars) распространялись лишь до г. Казани; *Pontogammarus obesus* (Sars) и *Chaetogammarus ischnus* (Steb.) - до Ульяновска.

После образования водохранилища на большей части указанного участка возникли огромные озеровидные плесы. Условия обитания резко изменились. Встречаемость и численность широко распространенных в р. Волге псаммореофила *Jara sarsi* и литореофила *Corophium curvispinum* сильно снизилась. Оба вида, по данным последних обследований водохранилища (1977 и 1979 гг.), обитают исключительно на участках с сохранившимися речными условиями. На бывшем русле р. Камы у Сорочьих гор и на суженном участке водохранилища у г. Тетюши, где еще имеется проточность, довольно регулярно встречается равноногий рак - *Jara sarsi*.

Границы распространения бокоплава *Dikergammarus haemobaphes* и мизиды *Paramysis ullskyi* в пределах изучае-

мого нами района не изменились, возросла лишь численность Pullskyi в озеровидных плесах. Если в реке она не превышала 3-4 экз./м², то в водохранилище иногда достигает 10 экз./м² и более.

Pontogammarus obesus, по данным С.М. Ляхова [5], встречался только до г. Ульяновска, мы уже в 1977 г. находили его на всех плесах водохранилища, а в 1979 г. - за его пределами и в р. Оке вплоть до пос. Новинки.

Chaetogammarus ischnus behningi Martyn. остался в пределах своего прежнего ареала - в районе с. Ундоры-Бан-ные острова.

Stenogammarus dzjubani (M.-Bolt.et Ljach), который ранее принимался исследователями за S. macrurus [9], распространен по всему водохранилищу и за его пределами до г. Козьмодемьянска. Особенно часто встречается он на песчаных и илисто-песчаных грунтах прибрежной зоны.

Pontogammarus abbreviatus пока не найден.

Кроме перечисленных видов в водохранилище были обнаружены ранее неизвестные для этого участка р. Волги ракообразные: мизиды Paramysis intermedia (Czern.), регулярно встречавшиеся в различных участках водохранилища с 1958 по 1966 г. В настоящее время она встречается по всему водоему от г. Казани и пос. Рыбная Слобода до плотины Волжской ГЭС им. Ленина. Наиболее плотно ею заселены песчаные пляжи нижних плесов. В благоприятные для развития мизид годы - средняя сумма тепла в мае-октябре 3000 и более градусо-дней - численность их на отдельных участках достигает 800-1000 экз./м², биомасса - 2.3-3.0 г/м². В годы с неблагоприятными погодными условиями - средняя сумма тепла 2600-2800 градусо-дней - численность рачков снижается до десятков экземпляров на квадратный метр (1977-1979 гг.).

Dikerogammarus villosus-bispinosus Martyn., возможно, был завезен из дельты Дона вместе с мизидами, не исключено также, что обитал он в р. Волге до образования водохранилища, но не был обнаружен из-за крайне малой численности.

Corophium sowinskyi Martyn. встречается на заиленных грунтах озеровидных плесов, в речных участках отсутствует. Этот вид исследователями объединяется с видом C. curvispinum Sars., несмотря на то что еще в 1947 г. Ф.Д. Мордухай-Болтовской [7] подробно описал, а в 1969 г. включил его как самостоятельный вид в определитель фауны Азовского и Черного морей [10].

Gmelinoides fasciatus (Steb.) - байкальский бокоплав, обнаруженный на участке от г. Чебоксары до с. Васильево, приток сюда из Гэрковского водохранилища [2]. Обитает, как и в оз. Байкал, на песке, илистом грунте с растительными остатками и среди растительности.

Caspiocuma campylaspoides (Sars) - кумовый рачок был найден в 1976 г. в районе г. Ульяновска на участке,

протяженностью около 60 км [3]. Встречается на глубинах от 3 до 21 м, что свидетельствует о благоприятных условиях его существования. В 1980 г. был единично встречен в Приплотинном плесе на очистных сооружениях Волжского автозавода.

Pterocuma sowinskyi (Sars) – кумовый рачок в количестве одного экземпляра был обнаружен в 1977 г. в Сидельниковском затоне Волжского плеса.

Таким образом, в настоящее время в Куйбышевском водохранилище обитает 13 видов понтокаспийских перекарид (амфипод – 8, кумовых – 2, изопод – 1, мизид – 2) и один байкальский бокоплав. Наиболее многочисленны и широко распространены из бокоплавов *Dikerogammarus haemobaphes*, *Pontogammarus obesus* и *Stenogammarus dzjubeni*, а из мизид – *Paramysis intermedia*.

На участке р. Волги от г. Городец до г. Чебоксары, до создания Чебоксарского водохранилища, обитало 9 видов высших ракообразных: 6 понтокаспийских – *Paramysis ullskyi*, *Dikerogammarus haemobaphes*, *Pontogammarus obesus*, *P.sarsi*, *Stenogammarus dzjubeni* и *Corophium curvispinum*, один байкальский – *Gmelinoides fasciatus* и два пресноводных – *Asellus aquaticus* (L.) и *Rivulogammarus pulex* (L.). Согласно же представлению ряда специалистов [1, 4, 9], пресноводные гаммариды подрода *Rivulogammarus* обычно не встречаются вместе с каспийскими амфиподами и вытесняются ими в пойменные водоемы или верховья рек. Видимо, из-за наблюдавшегося в 1977–1979 гг. снижения численности понтокаспийских перекарид *R.pulex* расширил ареал своего обитания.

Литература

1. Бенинг А.Л. К изучению придонной жизни р. Волги. Саратов, 1924. 398 с.
2. Бородич Н.Д. Байкальский бокоплав *Gmelinoides fasciatus* Stebbing (Amphipoda, Gammaridae) в Куйбышевском водохранилище. – Зоол. журн., 1979, т. 58, вып. 6, с. 920.
3. Бородич Н.Д. О нахождении *Caspiocuma campilapoides* G.O.Sars. (Crustacea, Cumacea) в Куйбышевском водохранилище. – В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1979, № 43, с. 29–31.
4. Дедю И.И. Амфиподы и мизиды бассейнов рек Днестра и Прута. М., 1967. 171 с.
5. Ляхов С.М. О границах распространения каспийских бокоплавов в Волге к началу ее гидротехнической реконструкции. – Науч. докл. высш. школы. Биол. науки, 1958, № 5, с. 16–19.
6. Ляхов С.М., Мордухай-Болтовской Ф.Д. О распространении *Jaera sarsi* Valvanov, 1936 (Crustacea,

- Isopoda*) в бассейне Волги. - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1973, № 20, с. 29-32.
7. Мордухай-Болтовской Ф.Д. О систематическом положении *Corophium devium* (Wundsch.). - Докл. АН СССР, 1947, т. 56, № 4, с. 437-440.
 8. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне. М.; Л., 1960. 288 с.
 9. Мордухай-Болтовской Ф.Д., Ляхов С.М. Новый вид рода *Stenogammarus* в бассейне Волги. - Зоол. журн., 1972, т. 51, вып. 1, с. 21-27.
 10. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Киев, 1969, 536 с.

Куйбышевская станция
Института биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 595.7

Г.Х. Шербина, А.И. Шилова,
Н.И. Зеленцов

НОВЫЕ И МАЛОИЗВЕСТНЫЕ ВИДЫ ХИРОНОМИД ФАУНЫ СССР ИЗ ОЗ. ВИШТЫНЕЦКОГО КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (DIPTERA, CHIRONOMIDAE)

Неполный список видов (65) хирономид озер Калининградской обл. опубликован нами ранее [5]. Позже было установлено, что в состав фауны этого района входит более 110 видов, из них 21 - новые для фауны Советского Союза, 8 видов относятся к числу редких. Все они определены по имаго, собранным или полученным путем культивирования преимагинальных стадий в 1981-1983 гг.

Подсем. Tanypodinae

1. *Natarsia punctata* (Fabr.) 2 ♂♂ найдены в мае в районе биостанции. В СССР известен только из р. Волги [4].

2. *Paramerina diwisa* (Walk.). 5 ♂♂ найдены в сентябре в районе биостанции. В СССР известен только из Верхней Волги [4].

3. *Procladius crassinervis* (Zett.). 1 ♂ собран в конце апреля с поверхности воды Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

4. *P. culiciformis* (Mg.). 15 LP ♂ и 9 LP ♀ выведены в июне из личинок, собранных на мелкоалевритовых илах. Глубоководный вид, обнаружен на глубине 19-40 м. Для СССР указывается впервые.

5. P.jonsoni Roback. 23 LP♂, 13 LP♀, 15 LP выведены в апреле-мае из личинок, собранных на серых и мелкоалевритовых илах. Многочисленные самцы и самки, а также экзувии куколок собраны с поверхности воды в апреле-мае. Личинки обитают на глубинах от 3 до 35 м. Для СССР указываются впервые.

6. P.sagittalis K.¹ P♂ выведен в июне из куколки, обнаруженной на серых илах. Для СССР указывает впервые.

7. P.signatus (Zett.). 3 LP♂ и LP♀ выведены из личинок, собранных в июле на серых илах. 15 ♂♂ собраны в сентябре с поверхности воды Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

8. P.simplicistilus Fr. 10 LP♂, 8 LP♀ и 3 P♂ выведены в мае из личинок и куколок, собранных в Утином заливе. Массовый лет в мае. Многочисленные самки и самцы собраны с поверхности воды. Для СССР указывается впервые.

9. P.vesus Roback. LP♀ выведена в апреле из личинки, обнаруженной на серых илах. Для СССР указывается впервые.

10. Trissopelopia longimana (Staeg.). 10 ♂♂ собраны в апреле в районе биостанции. В СССР известен только из Ленинградской обл. [2].

Подсем. Orthocladinae

11. Acricotopus lucens (Zett.). 5 ♂♂ собраны в мае в районе Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

12. Bryophaenocladus subvernalis (Edw.). 2 ♂♂ собраны в октябре в районе биостанции. Для СССР указывается впервые.

13. Corynoneura carriana (Edw.). P♂ и LP выведены в мае из личинки и куколки, собранных на песке. 3 ♂♂ собраны в мае с поверхности воды Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

14. Cricotopus laricomalis Edw. LP♂ выведен в июле из личинки, обнаруженной на песке с харой. 3 ♂♂ собраны в июле с поверхности воды Утиног залива. Личинки встречаются на песках и серых илах, среди растительности. Для СССР указывается впервые.

15. Limnophyes habilis (Walk.). 2 ♂♂ собраны в мае, 12 ♂♂ - в сентябре в районе Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

16. Metriocnemus hygropetricus K. 6 ♂♂ собраны в конце апреля. Ранее известен только из района Средней Волги [4] по личинке.

17. M.picipes (Mg.). 2 ♂♂ собраны в начале мая с поверхности воды Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

¹ Этот вид найден только в оз. Камышовом, расположенном в 3 км от оз. Виштынецкого.

18. Paraphaenocladus impensus (Walk.). 20 ♂♂ собраны в мае, 12 ♂♂ - в сентябре, посредством облова роев. Ранее известен только из Калининской обл. [1].

19. Smittia nudipennis G. 4 ♂♂ собраны в мае в районе Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

Подсем. Chironominae

Триба Chironomini

20. Chironomus piger Str. 2 ♂♂ собраны в июне в районе Утиног залива. 3 LP♂ и 3 LP♀ выведены в сентябре из личинок, собранных в прибрежной зоне озера. Для СССР указывается впервые.

21. Cryptocladopelma edwardsi Krus. 1 ♂ найден в июне на поверхности воды Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

22. Polypedilum arundinetum G. 4 ♂♂ собраны в мае-июне в районе Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

23. Sregentia coracina (Zett.). P♂ выведен в июне из куколки, обнаруженной на мелкоалевритовых илах, на глубине 22 м. Для СССР указывается впервые.

24. Pentapedilum uncinatum G. 18 ♂♂ собраны в мае в районе биостанции. Ранее известен только из Рыбинского водохранилища [3].

Триба Tanytarsini

25. Cladotanytarsus teres Hirv. 18 ♂♂ собраны в мае в районе Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

26. Micropsectra tenellula G. 53 ♂♂ собраны в конце мая в районе Утиног залива. Для СССР указывается впервые.

27. Paratanytarsus handlirschi G. 82 ♂♂ собраны в сентябре в районе Утиног залива и биостанции. Для СССР указывается впервые.

28. Tanytarsus bathophilus (K.). 105 ♂♂ собраны в сентябре в районе Утиног залива и биостанции. 13 ♂♂ и экзuvии куколок собраны с поверхности воды. В СССР известен только из Рыбинского водохранилища [3].

29. Zavrelia pentatoma K. 17 ♂♂ собраны в мае в районе Утиног залива. В СССР известен только из Рыбинского водохранилища [3].

Литература

1. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthoclaadiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae-Tendipedidae). Л., 1970. 344 с. (Определитель по фауне СССР, № 102).
2. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Podonominae и Tanytarsinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae-Tendipedidae). Л., 1977. 152 с. (Определитель по фауне СССР, № 122).

3. Шилова А.И. Хируномиды Рыбинского водохранилища. Л., 1976. 252 с.
4. Шилова А.И. Отряд двукрылые. - В кн.: Волга и ее жизнь. Л., 1978, с. 337-339.
5. Щербина Г.Х., Шилова А.И. К фауне хируномид некоторых озер Калининградской области (*Diptera, Chironomidae*). - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1983, № 59, с. 26-31.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 595.1

Е.М. Коргина

ФАУНА И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ТУРБЕЛЛЯРИЙ В ПРУДАХ

В 1980 г. проводилось изучение фауны и динамики численности турбеллярий в двух прудах, расположенных в окрестностях пос. Борок (Ярославская обл.).

Размеры обоих обследованных прудов примерно равны: площадь зеркала 70 м², максимальная глубина 2 м. Пруд № 1 - высокосапробный, заросший макрофитами и ряской, с pH 7.0. Грунт - грубодетритный ил с большим количеством разлагающихся растительных остатков. Пруд № 2 - с незначительным зарастанием макрофитами, с pH 8.0. Грунт - слабо заиленный песок.

Пробы отбирали по общепринятой методике с мая по ноябрь через каждые 10 сут; одновременно измеряли температуру воды. Всего взято и обработано 33 пробы.

Фауна турбеллярий обоих прудов насчитывала 19 видов и 2 подвида, относящихся к 3 отрядам и 7 семействам (см. таблицу). В пруду № 1 зарегистрировано 15 видов и один подвид, в пруду № 2 - 11 видов. В обоих прудах доминировали *Stenostomum leucops*, *Castrella truncata*. Виды *Stenostomum grabbskogense*, *Provortex pallidus*, *Opisthomum fusum* и подвид *Stenostomum leucops aquariorum* прежде не отмечались в фауне турбеллярий нашей страны. *Macro-stomum obtusum* - новый для бассейна Волги вид однажды указывался для окрестностей Ленинграда [1].

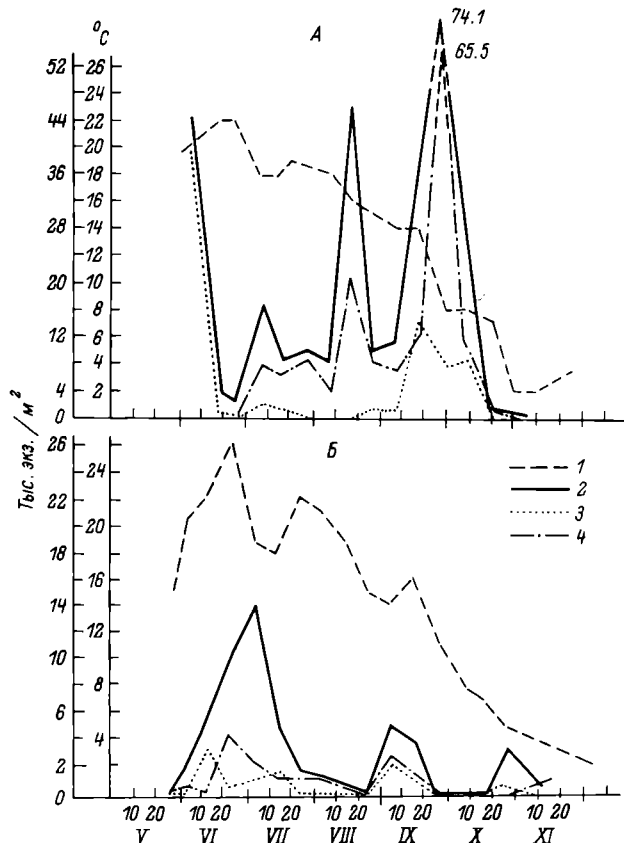
В пруду № 1 за исследуемый период наблюдалось четыре пика численности турбеллярий. Первый пик зарегистрирован в начале июня (см. рисунок, А). К этому времени вода в пруду прогрелась до 23 °С и в массовом количестве развилась *Castrella truncata* (40 тыс. экз./м²). Второй, менее высокий пик, наблюдался в начале июля. В этот период значительно увеличилась относительная доля *Stenostomum leucops*. Этот вид

Вид	Барс- кий пруд	Пруд № 1	Пруд № 2
<i>Stenostomum leucops leucops</i>	-	75	59
<i>St.leucops aquariorum</i>	-	6	-
<i>St.grabbskogense</i>	-	-	6
<i>Macrostomum obtusum</i>	-	13	-
<i>M.distinguendum</i>	5	6	-
<i>M.rostratum</i>	-	13	-
<i>Microstomum lineare</i>	58	13	-
<i>Microdalyellia armigera</i>	5	-	6
<i>M.brevimana</i>	47	-	-
<i>Gieysztoria chlynovica</i>	-	32	-
<i>Castrella truncata</i>	5	63	44
<i>Typhloplana viridata</i>	-	6	6
<i>Castrada hofmanni</i>	5	13	6
<i>C.viridis</i>	-	19	13
<i>Strongylostoma radiatum</i>	5	-	-
<i>Rhynchomesostoma rostratum</i>	-	6	-
<i>Olisthanella obtusa</i>	-	6	-
<i>Bothromesostoma essenii</i>	27	57	25
<i>Phaenocora rufodorsata</i>	-	-	0,6
<i>Opistomum arsennii</i>	-	6	-
<i>O.fuscum</i>	-	-	6
<i>Gyratrix hermaphroditus</i>	84	6	-
<i>Provortex pallidus</i>	-	-	6

фактически и определял в дальнейшем динамику численности турбеллярий в этом пруду. Третья вспышка отмечена в середине августа. Осенью численность турбеллярий сначала увеличилась до 74 тыс. экз./м², а затем снизилась. В конце ноября ресничные черви полностью выпали из состава фауны водоема.

В пруду № 2 численность всех турбеллярий возрастала трижды. Максимум приходился на начало июля, когда вода прогрелась до 25-26 °С (см. рисунок, Б). Как и в пруду № 1, преобладали те же 2 вида: *St.leucops* и *Castrella truncata*. К концу августа численность турбеллярий снизилась, причем *C. truncata* стала встречаться лишь спорадически. Стал малочисленным и *Stenostomum leucops*. Два других незначительных повышения численности червей зафиксированы в первой половине сентября и в конце октября.

Таким образом, общая численность турбеллярий в обоих прудах была обусловлена в основном численностью всего 2 видов:



Динамика температуры и численности турбеллярий в прудах за весенне-осенний период 1980 г.

А - в пруду № 1; Б - в пруду № 2. 1 - температура; 2 - общая численность турбеллярий; 3 - *Castrella truncata*; 4 - *Stenostomum leucops*. По оси ординат: слева - численность, справа - температура; по оси абсцисс: римские цифры - месяцы, арабские цифры - дни.

Castrella truncata и *Stenostomum leucops*. Последний является доминантным эвритопным видом и в озерах Польши [2].

Средняя численность турбеллярий за сезон в пруду № 1 составила 18.6 тыс. экз./м², в пруду № 2 - 3 тыс. экз./м², средние биомассы соответственно были 2.0 и 0.5 г/м².

Число видов турбеллярий в прудах в разные сезоны года не было постоянным. Весной и осенью встречалось 1-2 вида, в летний период - до 8 видов в пробе. *St. leucops* и *Castrella truncata* встречались на протяжении всего вегетационного се-

зона, *Bothrosomastoma essenii* присутствовал в водоемах весной и летом, а стенотермные виды *Typhloplana viridata*, *Gieysztoria chlynovica*, *Provortex pallidus*, *Castrada viridis* отмечались только в летний период.

Ранее нами обследовался еще один пруд (Барский), сильно заросший макрофитами, с большим количеством разлагающихся растительных остатков, с pH 9.0. Его площадь в 4 раза больше площади выше упомянутых прудов.

Для сравнения видового состава фауны этих трех прудов был применен коэффициент фаунистического сходства Серенсона

$$S = \frac{2c}{A+B} \cdot 100,$$

где С - число общих видов, А и В - число видов в одном и другом водоеме. Невысокие значения коэффициента (40-45%) свидетельствуют о том, что сравниваемые водоемы различаются качественным составом турбеллярий.

Л и т е р а т у р а

1. (Насонов Н.В.) *N a s o n o v N.V. Die Turbellarien fauna Leningraden gouvernements.* - Изв. АН СССР, 1926, № 9, с. 6, 817-836.
2. *К о л а з а J. Ecological and faunistical Characteristics of Turbellaria in the eutrophic Lake Zbechy.* - *Acta Hydrobiol.*, 1979, vol. 21, fasc. 4, p. 435-459.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 591.132.05 : 597/05-11

В.В. Кузьмина, А.П. Стрельникова

АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ ПЛОТВЫ

Данных об уровне активности пищеварительных ферментов у молоди рыб крайне мало [2]. Сведения о суточной динамике ферментативной активности кишечника рыб на ранних этапах онтогенеза отсутствуют вообще. Однако можно предположить, что в онтогенезе на активность пищеварительных ферментов могут оказывать влияние изменение интенсивности питания в течение суток и смена кормовых объектов. С целью проверки этой гипотезы изучали общую амилолитическую активность и активность щелочной фосфатазы в кишечнике плотвы в период становления экзогенного питания.

Таблица 1

Суточная динамика уровня ферментативной активности молоди плотвы из пруда

Дата взятия пробы	Стадия разви- тия	Длина тела, мм	Масса рыбы, мг	Уровень ферментативной активности в разное время суток									
				6 ч		9 ч		12 ч		15 ч		18 ч	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
18 V	C ₁	9.9	3.4	0.9	60.0	0.4	55.6	2.2	56.3	1.5	151.1	1.6	157.0
25 V	C ₂	11.6	7.0	5.0	-	5.1	216.3	3.4	154.1	6.3	225.2	6.0	148.1
31 V	D ₁	13.1	12.5	8.7	235.9	4.0	207.4	5.5	138.9	6.2	207.3	3.2	186.7
8 VI	D ₂	15.5	23.5	17.0	125.8	17.0	105.6	13.2	75.6	10.7	70.3	15.0	106.0
15 VI	E	19.4	41.8	9.9	142.6	9.5	170.4	7.2	203.7	9.9	175.9	11.7	140.7
22 VI	F	23.0	115.6	19.7	250.0	13.0	115.7	19.7	244.4	8.8	155.6	19.9	259.2
29 VI	G	27.0	288.5	20.2	274.2	9.5	168.5	19.4	202.2	26.4	108.9	14.9	168.5
Среднее				11.6± + 2.8	181.4± + 3.1	8.4± + 2.4	148.5± + 22.9	9.7± + 2.5	153.6± + 26.9	10.0± + 3.6	156.3± + 22.1	10.3± + 2.6	153.7± + 21.9

Примечание. Здесь и в табл. 3: 1 - общая аминолитическая активность, ммоль·г⁻¹·мин⁻¹; 2 - активность щелочной фосфатазы, мкмоль·г⁻¹·мин⁻¹.

Таблица 3

Суточная динамика уровня ферментативной активности молоди плотвы из аквариума

Дата взятия пробы	Стадия разви- тия	Длина тела, мм	Масса рыбы, мг	Уровень ферментативной активности в разное время суток									
				6 ч		9 ч		12 ч		15 ч		18 ч	
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
8 VI	D ₁	14.2	13.0	9.6	183.2	7.2	135.1	8.2	185.0	7.5	112.9	2.8	96.9
15 VI	D ₂	15.3	28.0	13.7	308.2	5.7	101.9	5.9	266.7	1.5	61.1	9.1	182.2
22 VI	E	19.9	53.5	18.2	203.7	17.0	266.7	15.2	207.4	18.2	214.8	20.2	275.0
29 VI	F	24.0	139.6	13.0	171.1	5.6	101.1	4.9	82.2	7.6	95.9	13.6	228.2
13 VII	G	31.0	394.0	6.6	32.1	7.2	477.0	5.8	246.3	20.9	259.3	7.4	108.9
Среднее				12.2± + 2.3	179.7± + 55.2	8.5± + 2.3	216.4± + 75.2	8.0± + 2.1	197.5± + 36.9	11.1± + 3.9	148.8± + 39.6	10.6± + 3.5	178.2± + 35.6

Таблица 2

Динамика потребления пищи личинками и мальками плотвы в аквариумах (над чертой) и в прудах (под чертой)

Время суток, ч	Индекс наполнения (‰) на разных этапах развития				
	Д ₁	Д ₂	Е	Е	Г
6	<u>206.1</u> 80.0	<u>125.6</u> 105.9	<u>129.9</u> 133.9	<u>108.9</u> 61.7	<u>82.6</u> 33.8
9	<u>155.3</u> 81.3	<u>134.3</u> 48.2	<u>100.1</u> 97.1	<u>82.7</u> 57.3	<u>107.5</u> 47.7
12	<u>150.7</u> 51.1	<u>99.6</u> 19.3	<u>103.8</u> 39.8	<u>95.7</u> 26.9	<u>88.6</u> 10.5
15	<u>164.9</u> 18.9	<u>122.9</u> 16.9	<u>128.1</u> 10.1	<u>104.3</u> 7.8	<u>94.5</u> 12.1
18	<u>178.1</u> 19.7	<u>98.8</u> 172.6	<u>109.5</u> 159.0	<u>81.6</u> 72.9	<u>78.0</u> 82.9
21	<u>165.2</u> 17.0	<u>104.7</u> 83.8	<u>119.7</u> 61.8	<u>105.4</u> 28.7	<u>69.0</u> 50.8
Среднее за сутки	<u>170.1</u> 44.6	<u>114.3</u> 74.4	<u>113.0</u> 83.6	<u>96.4</u> 42.5	<u>86.7</u> 39.6

Исследовали сеголеток плотвы, содержащихся в прудах и аквариумах, на этапах развития С₁– Г (по: [1]). Отлов рыб производили в одно и то же время суток с 6 до 21 ч с интервалом в 3 ч. Активность ферментов в кишечниках молоди определяли в суммарных пробах от 60 особей. Анализировали суммарную активность ферментов, функционирующих в полости и составе слизистой кишечника. Амилолитическую активность определяли по методу Уголева и Иезуитовой [3], активность щелочной фосфатазы – по приросту п-нитрофенола при гидролизе п-нитрофенилфосфата натрия.

Данные, полученные при исследовании плотвы, обитающей в прудах, свидетельствуют о значительной вариабельности исследуемых показателей: как в разное время суток, так и в разные периоды развития рыб (табл. 1). Обращает внимание значительно более низкий по сравнению с другими этапами развития уровень ферментативной активности кишечника личинок рыб на этапе С₁.

Этап С₁. Максимум активности амилолитических ферментов проявляется в 12 ч, щелочной фосфатазы в 15 и 18 ч. Наибольшие индексы наполнения кишечника отмечены в 9.15 и 21 ч (13.6, 10.7 и 20.0 ‰ соответственно).

Этап C_2 . Максимальная активность ферментов наблюдалась в 21 ч, наибольшие индексы наполнения - в 6 и 18 ч (38,5 и 53,6 ‰ соответственно).

Этап D_1 . Максимум ферментативной активности отмечен в 6 ч, значительное снижение - в 18 и 21 ч. Наибольшие индексы наполнения кишечника - в 6 и 9 ч, наименьшие - в 18 и 21 ч (табл. 2).

Начиная с этапа D_2 , у молоди плотвы в большинстве случаев проявляются два пика интенсивности питания - в 6 и 18 ч. Уровень общей амилалитической активности, особенно у личинок на этапах $D_2 - F$, в эти сроки, как правило, значительно выше, чем в остальные. Увеличение уровня активности щелочной фосфатазы в меньшей степени коррелирует с интенсивностью питания рыб. При этом амилалитическая активность чаще наиболее высока в дневные часы, а активность щелочной фосфатазы - в вечерние. Отсутствие корреляции между уровнем ферментативной активности и интенсивностью питания может быть связано с изменением спектра кормовых объектов, имеющих разный биохимический состав. Так, на этапе D_2 основным компонентом питания является *Bosmina longirostris*. Причем в утренние часы помимо этого вида молодь плотвы потребляла и *Ceriodaphnia sp.*, а в вечерние - личинок хирономид и других насекомых. На этапе E днем в состав пищевого комка входят пелагические ракообразные (*Bosmina longirostris*, *B. coregoni*, *Chydorus sp.*, вечером - фитофильные виды рачков (*Polyphemus pediculus* и *Scapholeberis sp.*) а также личинки хирономид и ручейников. На этапах F и G состав пищи в течение суток не изменялся. Во все сроки наблюдений в пищевом комке имелись зарослевые формы планктона, личинки хирономид и других насекомых. На этапе G в период максимального откорма доминировали ракообразные (*Polyphemus pediculus* и *Eurycercus sp.*). Повышение уровня амилалитической активности на этапах $D_2 - G$ может быть связано с увеличением доли хирономид и других форм, содержащих большее количество углеводов.

У личинок и мальков плотвы, которых содержали в аквариуме при избытке корма, ярко выраженных подъемов пищевой активности в течение суток не наблюдалось, тем не менее уровень ферментативной активности у них колебался (табл. 3) так же, как и у рыб, обитающих в прудах.

В заключение необходимо отметить, что уровень активности ферментов в кишечнике молоди плотвы на протяжении суток значительно варьирует. На этапах C_1 и C_2 корреляция между уровнем ферментативной активности и интенсивностью питания в естественных условиях отсутствует. На этапе D_1 характерен один (утренний), для этапов $D_2 - G$ два (утренний и вечерний) пика уровня общей амилалитической активности, совпадающих с пиками интенсивности питания. Эти данные свидетельствуют о раннем (этап D_1) становлении регуляторных

механизмов, контролирующих активность амилалитических ферментов. Для щелочной фосфатазы подобная зависимость не обнаружена.

Литература

1. Васнецов В.В. Этапы развития костистых рыб. – В кн.: Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.; Л., 1953, с. 207–218.
2. Кузьмина В.В. Мембранное пищеварение у круглоротых и рыб. – *Вопр. ихтиологии*, 1978, т. 18, вып. 4 (111), с. 684–696.
3. Уголев А.М., Иезуитова Н.Н. Определение активности инвертазы и других дисахаридаз. – В кн.: Исследование пищеварительного аппарата у человека. Л., 1969, с. 192–196.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

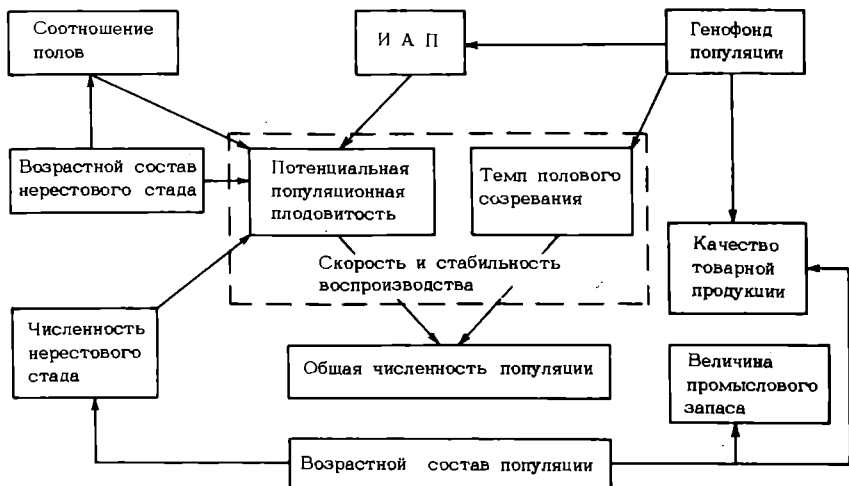
УДК 597.639

В.М. Володин

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ НА ЧИСЛЕННОСТЬ РЫБ

С рыбохозяйственной точки зрения популяция рыб должна удовлетворять двум основным требованиям: обеспечивать высокие уловы и давать высококачественную товарную продукцию. Величина уловов определяется промысловым запасом, а следовательно, и общей численностью рыб данной популяции, последняя же во многом зависит от скорости и стабильности воспроизводства. Качество уловов зависит от размерно-возрастного состава рыб в популяции, а также от соотношения в ее составе особей, характеризующихся разным темпом линейного и весового роста, упитанностью и жирностью. Величина и качество уловов зависят, таким образом, не только от чисто внешних факторов, но и от состояния структуры популяций.

При исследовании причин колебаний численности рыб преимущественное внимание обычно уделяется двум факторам: обеспеченности пищей и условиям размножения. Их значимость в определении численности отдельных поколений и популяции рыб в целом слишком очевидна, чтобы подробно останавливаться на них при обсуждении рассматриваемого вопроса. Достаточно сказать, что обеспеченность пищей служит тем фундаментом, на котором покоится современная теория динамики численности рыб, а ярчайшим примером действительности условий размно-



Основные показатели структуры популяции, определяющие величину и качество уловов.

жения могут служить изменения численности рыб в процессе формирования водохранилищ. Известно, что численность может оказывать существенное влияние на размерно-возрастной состав, темп линейного и весового роста, упитанность, жирность и плодовитость рыб, т.е. на структуру популяции. Это также нашло свое отражение в теории динамики стада рыб. Вместе с тем, до сих пор не уделяется должного внимания анализу обратной зависимости: влиянию структуры популяции на ее численность, хотя этот аспект и не менее важен, чем первый. Нетрудно показать, что наряду с обеспеченностью пищей и условиями размножения численность любой популяции рыб во многом определяется и ее структурой.

К основным показателям, характеризующим состояние структуры популяции рыб, мы относим следующие:

1. Общий возрастной состав, или соотношение остаток-пополнение. Он определяет численность нерестового стада и тем самым оказывает влияние на скорость и стабильность воспроизводства, а также определяет величину промышленного запаса и качество уловов (для промысла далеко не безразлично, ловить мелочь или полноценную взрослую рыбу). Сам зависит (помимо видовой специфики, естественно) исключительно от состояния промысла.

2. Возрастной состав нерестового стада определяет скорость и стабильность воспроизводства. От общего возрастного состава популяции зависит сравнительно мало, так как возрастная структура нерестового стада в принципе может быть „нормальной“ независимо от соотношения остаток-пополнение. Находится

под влиянием промысла и зависит также от мощности отдельных поколений.

3. Генофонд популяции определяет соотношение самок с потенциально разной плодовитостью и особей с разным темпом полового созревания и тем самым оказывает влияние на скорость и стабильность воспроизводства. Он также определяет соотношение в популяции особей с потенциально разными темпами линейного и весового роста, оказывая влияние на качество товарной продукции. Сам зависит от экологических условий и промысла.

4. Темп полового созревания оказывает влияние на скорость и стабильность воспроизводства. Сам зависит от генофонда популяции и экологических условий.

5. Соотношение полов. В принципе видовое свойство различается у разных видов рыб спецификой изменения соотношения полов с возрастом, и поэтому косвенно зависит от возрастной структуры нерестового стада. Определяет скорость и стабильность воспроизводства и помимо возрастной структуры нерестового стада зависит от экологических условий (дифференцированная смертность одного из полов при воздействии неблагоприятных факторов внешней среды) и промысла (дифференцированный вылов одного из полов в силу морфологических особенностей самцов и самок или раздельных мест их нагула).

6. Индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП) определяет скорость и стабильность воспроизводства. Зависит главным образом от генотипа популяции и в меньшей степени от экологических условий.

Характер влияния перечисленных показателей структуры популяции рыб на величину их уловов и качество товарной продукции схематически представлен на рисунке.

Воздействие рассмотренных показателей состояния структуры популяции на скорость и стабильность воспроизводства, а через них на общую численность и величину промыслового запаса, естественно, корректируется, причем весьма существенно, условиями внешней среды, определяющими „успех размножения“. Все же их потенциальные возможности довольно велики, что можно проиллюстрировать следующим примером (см. таблицу).

В верхней части таблицы представлена структура нерестового стада и популяционная плодовитость леща Рыбинского водохранилища в 50-е годы, в нижней ее части – 70-е годы. Нерестовое стадо леща, состоящее (условно) из тысячи производителей, в 50-е годы имело популяционную плодовитость около 82,7 млрд. икринок. При полном „успехе размножения“, приняв коэффициент промыслового возврата от икры равным 0,02, оно могло дать промыслу примерно 16,5 тыс. рыб, что при средней массе пойманной рыбы в 1 кг составило бы 16,5 т товарной продукции.

В 70-е годы возрастной состав нерестового стада, соотношение полов в отдельных возрастных группах и индивидуальная

Влияние отдельных показателей структуры популяции на потенциально возможные уловы леща в Рыбинском водохранилище

Показатель	Возраст, лет							Показатель популяционной плодотворности	Количество рыб, шт.	Масса улова, т	Разница, т
	7	8	9	10	11	12	13	14			
Количество рыб, %	0.9	3.9	7.4	12.7	28.0	25.4	18.1	2.5			
Количество самок, %	18.2	33.3	36.6	43.1	47.5	56.6	74.8	92.3			
шт.	2	13	27	55	133	144	135	23			
ИАП, тыс. икринок	92	103	115	128	142	158	180	220			
Сумма ИАП, тыс. икринок	184	1339	3105	7040	18886	22752	24300	5060	82666	16.5	-
А											
Количество рыб, %	7.1	15.2	20.0	16.2	14.5	11.4	8.7	4.3			
Количество самок, %	13.2	33.3	36.6	43.1	47.5	56.6	74.8	92.3			
шт.	13	51	73	70	69	64	65	40			
ИАП, тыс. икринок	92	103	115	128	142	158	180	220	64214	12.8	-3.7
Сумма ИАП, тыс. икринок	1196	5253	8395	8960	9798	10112	11700	8800	12843		
Б											
Количество рыб, %	7.1	15.2	20.0	16.2	14.5	11.4	8.7	4.3			
Количество самок, %	44.9	44.5	30.0	32.1	39.0	43.0	49.5	59.7			
шт.	32	68	60	52	57	49	43	26			
ИАП, тыс. икринок	92	103	115	128	142	158	180	220	52800	10.5	-6
Сумма ИАП, тыс. икринок	2944	7004	6900	6656	8094	7742	7740	5720	10560		
В											
Количество рыб, %	7.1	15.2	20.0	16.2	14.5	11.4	8.7	4.3			
Количество самок, %	44.9	44.5	30.0	32.1	39.0	43.0	49.5	59.7			
шт.	32	68	60	52	57	49	43	26			
ИАП, тыс. икринок	92	103	115	128	142	158	180	220	29032	5.8	-10.7
Сумма ИАП, тыс. икринок	1216	3264	3540	3692	4731	4704	4687	3198	5806		

абсолютная плодовитость самок существенно изменились. Рассмотрим, какое влияние на выход товарной рыбной продукции при одинаковом „успехе размножения“ оказывает последовательное „включение“ этих трех изменившихся показателей структуры популяции. Численность нерестового стада, коэффициент промыслового возврата и массу одной особи при вылове принимаем прежними.

В графах под литерой А представлены последствия изменения только возрастной структуры нерестового стада. Если в 50-е годы на долю молодых и впервые созревающих самок приходилось 24.9%, а 74.0% составляла „элита“ – производители средних возрастных групп, то в 70-е годы доля тех и других составляла соответственно 58.5 и 40.9%. В результате этого изменения та же тысяча производителей „недодала“ 3.7 т товарной продукции. В графах под литерой Б добавлено произошедшее в 70-е годы изменение в соотношении полов. „Недолов“, как можно видеть, составляет уже почти 6 т. Наконец, в графах под литерой В отражены изменения и плодовитости. Получается, что в 70-е годы в результате изменений только части показателей структуры популяции равное по численности стадо производителей по сравнению с 50-ми годами ежегодно „недодавало“ 10.7 т товарной продукции, а с учетом „неуспеха“ размножения, вероятно, и того больше.

Этот пример показывает таким образом, что структура популяции в целом и структура ее нерестового стада в частности могут оказывать весьма серьезное влияние на численность рыб.

Он показывает также, что такие элементы структуры популяции, как общий возрастной состав, возрастной состав и численность нерестового стада, соотношение полов в нерестовом стаде, темп полового созревания и индивидуальную абсолютную плодовитость самок следует обязательно принимать во внимание при составлении прогнозов численности рыб и их возможных уловов как на ближайший отрезок времени, так и, особенно, на перспективу.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 597-11(28)

Е.И. Извеков

ЧАСТОТНЫЕ СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОВОСПРИЯТИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ

Реакции изолированных тканей животных на раздражение электрическим током исследованы детально [6]. Спектральная чувствительность целостного организма (в особенности рыб) к синусоидальным полям остается малоизученной.

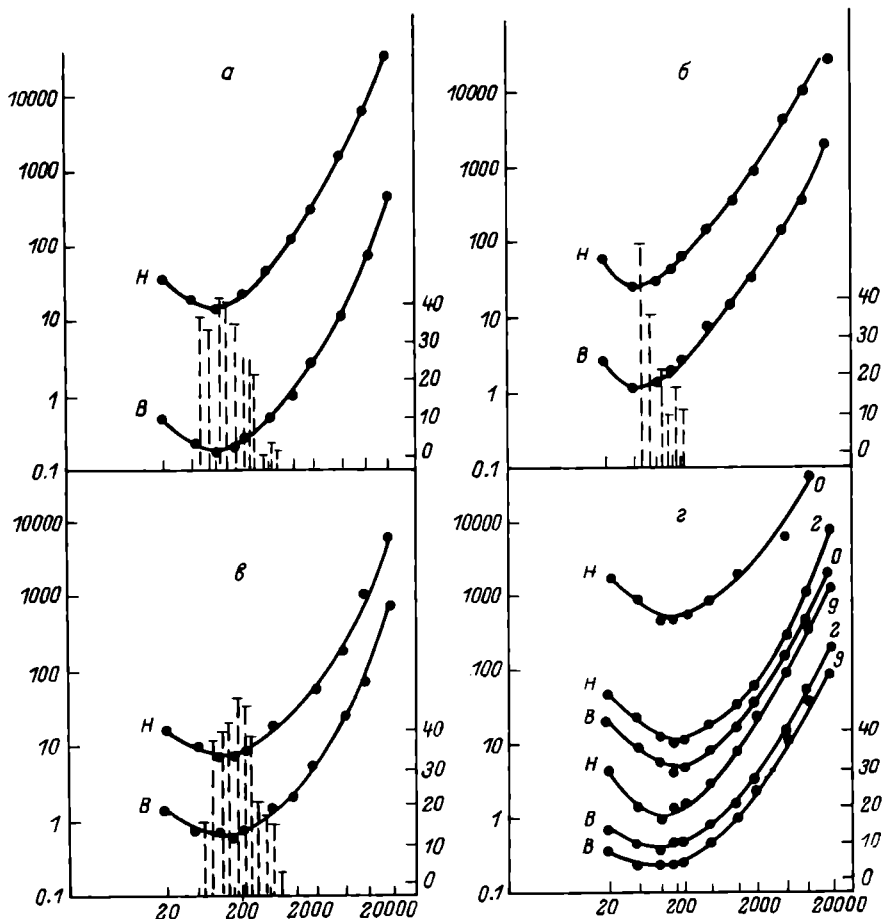
Первые опыты на неэлектрических рыбах [7] проводились с применением переменного тока частотой от 10 до 600 Гц. Они показали, что напряженность поля, необходимая для раздражающего эффекта, сначала падает, а затем возрастает с увеличением частоты. Подобную зависимость наблюдали и другие исследователи. Так, минимальная мощность поля, вызывающая реакции возбуждения и электронаркоза, у форели приходится на частоту 150 Гц, у плотвы — на 100 Гц [5], у карася — на 100 Гц [1].

Целью настоящей работы было изучить чувствительность широкого круга неэлектрических рыб в зависимости от частоты синусоидального тока, проследить в какой мере область максимального электровосприимчивости меняется у рыб различного систематического положения и возраста, провести сравнительный анализ частотных спектров электровосприимчивости и разрядной деятельности.

Опыты проводились на 10 видах рыб: щуке (*Esox lucius* L.), вьюне (*Misgurnus fossilis* (L.)), леще (*Abramis brama* (L.)), плотве (*Rutilus rutilus* (L.)), синце (*Abramis ballerus* (L.)), налиме (*Lota lota* (L.)), мозамбикской тилапии (*Tilapia mossambica* Peters), ерше (*Acerina cernua* (L.)), окуне (*Perca fluviatilis* (L.)) и судаке (*Lucioperca lucioperca* (L.)). Методика изучения спектральной чувствительности рыб к электрическим полям подробно описана [1]. Исследования проводились на фиксированных частотах 20, 50, 100, 150, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10 000 и 20 000 Гц в продольном поле синусоидального тока. На каждой частоте определялась электрочувствительность 10 особей конкретного вида, которая оценивалась по удельной мощности электрического поля, вызывавшей реакции возбуждения и электронаркоза. Удельное сопротивление воды составляло (2800 ± 200) Ом·см при температуре воды (21 ± 5) °C. На каждом отдельном виде опыты проводились при постоянных значениях температуры и электропроводности. Относительная ошибка измерения, как правило, не превышала 10%.

Установлено, что для всех исследованных видов рыб в диапазоне от 20 до 20 000 Гц характерен один максимум электрочувствительности, который у большинства видов приходится на частоты от 100 до 150 Гц. В указанной полосе частот удельная мощность, необходимая для вызова реакций возбуждения и электронаркоза рыб, минимальна (см. рисунок, а, б, в). При этом пороги обеих реакций одинаково зависят от частоты, отличаясь лишь абсолютными значениями удельной мощности. В настоящее время имеющиеся данные позволяют рассматривать подобную зависимость чувствительности от частоты в качестве закономерности, единой для пресноводных неэлектрических рыб.

Однако следует отметить, что у вьюна наблюдается некоторый сдвиг максимума электровосприимчивости в сторону низких частот (~ 50 Гц), а у представителей отряда — Perciformes в направлении высоких частот (~ 200 Гц). Область максималь-



Спектры электровосприятия и разрядной деятельности рыб.

а - щука; б - вьюн; в - окунь; г - спектр электровосприятия различных возрастных групп окуня (0, 2, 9 - возраст, годы). Сплошная линия - пороги реакций возбуждения (В) и электро-наркоза (Н); пунктирная - спектр электрического разряда (по: [3, 4]). По оси ординат: слева - удельная мощность порогов реакций (масштаб логарифмический), справа - амплитуда разрядов рыб; по оси абсцисс - частота (масштаб логарифмический).

ных значений у большинства рассмотренных нами окунеобразных (тиляпия, ерш, окунь, судак) растянута и охватывает более широкую часть спектра, чем у карповых, а также у щуки и налима.

Опыты, проведенные с разновозрастными особями окуня (см. рисунок, г) и леща, показали, что зависимость электровосприятия от частоты переменного тока у исследованных видов рыб с возрастом не меняется. В процессе онтогенеза изменяются лишь

абсолютные значения порогов реакций. По-видимому, это явление носит общий характер и для других неэлектрических рыб.

При сравнении данных наших опытов по спектральной чувствительности щуки, окуня и вьюна с имеющимися литературными данными [3, 4] по спектру разрядной деятельности тех же видов видно, что максимумы этих спектров совпадают по частоте тока. Особенно наглядно это прослеживается при наложении графического изображения спектра разрядов рыб на кривые электровосприимчивости (см. рисунок, а, б, в). Подобное совпадение обнаружено и для карася [2]. Следовательно, за электровосприятие и генерирование сигналов ответственны одни и те же структуры организма. Ими, как предполагают [2], являются нервно-мышечные элементы. Единство воспринимающих и генераторных органов также подтверждается тем, что спектр электровосприимчивости не зависит от ориентации рыб в электрическом поле [1].

Электропроводность всех живых клеток и тканей возрастает с увеличением частоты тока. Зона дисперсии электропроводности обычно варьирует в интервале 10^2 – 10^8 Гц, причем различают три области дисперсии: α -, β - и γ -дисперсии. Область низких частот электрического тока, соответствующую низким частотам звукового диапазона, в которой проявляется максимум электровосприимчивости рыб, занимает так называемая α -дисперсия [6]. Повышенная чувствительность организма рыб к синусоидальному току в этой области частот (50–200 Гц), по-видимому, определяется релаксационными процессами, связанными с поверхностной поляризацией частиц клеток и органоидов, обладающих близкими по величине емкостными параметрами мембран ~ 1 мкФ/см². Механизм образования электрических разрядов, вероятно, обусловлен деполяризацией тех же элементарных структур. Область максимальной разрядной деятельности и наивысшей электрочувствительности является для данного релаксационного процесса характеристической, т.е. такой, при которой частоты воздействующего электрического сигнала совпадают с частотными возможностями релаксирующей системы [2].

Поскольку элементарные структуры различных организмов, ответственные за электровосприятие, имеют близкие емкостные параметры, становится понятным, почему максимум электрочувствительности многих видов рыб приходится на довольно узкую область частот, слабо различающуюся даже у представителей разных отрядов, а также не смещается с возрастом.

В отличие от обитателей пресных вод у морских рыб максимум разрядной деятельности сдвинут в сторону высоких частот 400–800 Гц [4]. Причины этого явления следует искать, по-видимому, в специфике химизма внутренней среды организма морских рыб, в особенностях ионного обмена, активного транспорта веществ через мембраны их клеток. Исходя из обнаруженного соответствия между частотными спектрами электрогенерации и чувствительностью у пресноводных видов, можно предположить, что подобное совпадение существует и для морских рыб. В та-

ком случае максимальная электрочувствительность у морских рыб, очевидно, будет приходиться на область частот 400-800 Гц.

Литература

1. Лапкин В.В., Зайцев К.Н. Реакция рыб на электрическое поле различной частоты. - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1976, № 30, с. 17-19.
2. Лапкин В.В., Протасов В.Р. О механизме генерирования и восприятия электрических сигналов неэлектрическими рыбами. - В кн.: Новое в гидробионике. М., 1980, с. 7-9.
3. Протасов В.Р. Биоэлектрические поля в жизни рыб. М., 1972. 228 с.
4. Протасов В.Р., Басов Б.М., Круминь В.М., Орлов А.А. Электрические разряды так называемых неэлектрических рыб и их возможное биологическое значение. - Зоол. журн., 1970, т. 49, вып. 5, с. 754-756.
5. Шабанов В.Н. Изменение параметров реакций плотвы и форели в зависимости от частоты переменного синусоидального тока. - Изв. Гос. НИИ озер. и речн. рыб. хоз-ва, 1975, т. 96, с. 142-147.
6. Яглова Л.Г. Электропроводность биологических систем. - В кн.: Биофизика. М., 1968, с. 186-208.
7. N i k o l a i L. Über Electrotaxis und Electronarkose von fischen. - Pflugers Arch. gesamt. Physiol., 1930, Bd 224, S. 268-277.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 556.556.2.048

С.А. Поддубный

РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Вопрос о вертикальных перемещениях вод является частью общей проблемы течений в водоеме. Зная поле горизонтальных течений, определенных из наблюдений или вычисленных расчетным путем, на основании уравнения неразрывности можно оценить вертикальную составляющую скорости течения [2]. Такой метод расчета дает в итоге суммарные вертикальные перемещения, обусловленные действием ветра, возмущениями свободной поверхности, а также турбулентным перемешиванием.

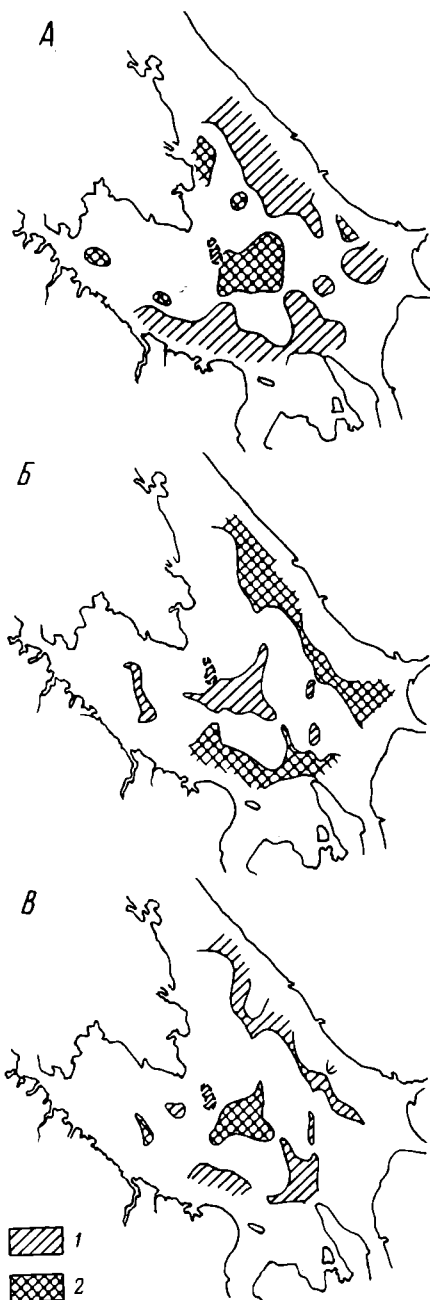
Устойчивые зоны подъема и опускания вод в Рыбинском водохранилище.

А - в навигационный период при преобладающих направлениях ветра западной четверти. Б - то же при направлениях ветра $45-180^\circ$. В - то же при направлениях ветра $225-360^\circ$. 1 - опускание вод; 2 - подъем вод.

При оценке вертикальной составляющей скорости течения в Рыбинском водохранилище ставились следующие задачи: уточнить представления о трехмерном поле течений в навигационный период, используя рассчитанные ранее схемы интегральной циркуляции; выявить устойчивые зоны подъема и опускания вод при различных ветровых условиях; определить величину скорости вертикального переноса.

Согласно ранее приведенным расчетам [1], в Рыбинском водохранилище в навигационный период (май-октябрь) горизонтальная циркуляция характеризуется наличием трех основных циркуляционных зон: двух антициклонических, в затопленных долинах рек Мологи и Шексны, и циклонической, в центральной части Главного плеса.

Расчет зон подъема и опускания вод показал, что в период с мая по октябрь при преобладающих ветрах западной четверти устойчивые зоны подъема вод (см. рисунок, а) наблюдаются в



западной, центральной, северной и восточной частях водоема, а зоны опускания – в юго-западной, северной и юго-восточной его частях. Площади этих зон составляют от 20 до 300 км². Зоны подъема совпадают с циклоническими круговоротами и их ложбинами, а зоны опускания – с антициклоническими круговоротами и их гребнями.

Изменения ветрового поля над водоемом приводят к перестройке и взаимному наложению друг на друга зон вертикальных перемещений вод. В связи с этим возникает необходимость в определении устойчивости зон подъема/опускания вод. Эту устойчивость можно охарактеризовать как стремление зон сохранить свое относительное положение в водоеме в ответ на воздействие внешних меняющихся факторов. Основными внешними возмущающими силами могут быть ветер и объем притока.

Для характеристики устойчивости зон подъема/опускания в Рыбинском водохранилище был осуществлен расчет вертикальной компоненты скорости течения по восьми румбам направления ветра и при различных величинах притока и стока. Влияние притока и стока оценивалось сравнением положения зон подъема/опускания вод в различные по водности годы (многоводный, маловодный и средний по водности). Оказалось, что горизонтальная циркуляция и положение рассчитанных зон при различном объеме притока и стока практически неизменны. Следовательно, основную роль в формировании этих зон играет ветер.

Ветры, соответствующие по направлению восьми румбам, можно разделить на две группы – 45–180° и 225–360°, которые вызывают в водохранилище установление двух типов циркуляции: горизонтальной и вертикальной. Различие между ними состоит в том, что при изменении направления ветра с юго-восточного на северо-западное, положение вихрей и зон подъема/опускания вод остается постоянным, а меняется только направление переноса вод в них. Устойчивые зоны подъема и опускания вод для двух групп ветров показаны на рисунке б и в. Их положение и размеры в основном совпадают с аналогичными зонами, выделенными в навигационный период по преобладающим ветрам. Площадь устойчивых зон подъема/опускания вод в каждой ветровой группе составляет около 30% по отношению к площади, соответствующей конкретной ветровой ситуации. При последовательной смене направления ветра от 45° до 360° устойчивых зон в водохранилищах не наблюдается, так как происходит их взаимное наложение друг на друга.

Рассчитанная по уравнению неразрывности величина вертикальной компоненты скорости течения составляет 10⁻⁴ см/с, что соответствует основным морфометрическим характеристикам водохранилища. Поскольку в мелководных водоемах основную роль в перемешивании водных масс в навигационный период играет волнение, интересно сравнить величины вертикальной компоненты скорости орбитального движения частиц воды при волновом движении и вертикальной составляющей скорости те-

чения. Расчет скорости орбитального движения частиц, проведенный по формулам трохоидальной теории волн [3] для скоростей ветра 1–5 м/с на одной фиксированной вертикали с глубиной 10 м, показал, что при ветрах ~ 5 м/с величина вертикальной компоненты скорости орбитального движения частиц воды в волнах сравнима с вертикальной составляющей скорости течения только на глубине > 10 м, т.е. в глубоководных районах водоема, которые составляют 27% его площади.

Таким образом, выполненная качественная оценка поля вертикальной составляющей скорости течения в Рыбинском водохранилище показала, что в навигационный период при преобладающих направлениях ветра наблюдается четыре зоны подъема и три зоны опускания вод, а их устойчивость определяется ветровыми условиями.

Литература

1. Буторин Н.В., Литвинов А.С., Фомичев И.Ф., Поддубный С.А. Горизонтальная циркуляция вод в Рыбинском водохранилище и возможные ее изменения при перераспределении стока. – В кн.: Экологические исследования водоемов Волго-Балтийской и Северо-Двинской водных систем. Л., 1982, с. 150–167.
2. Фельзенбаум А.И. Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. М., 1960. 127 с.
3. Шулейкин В.В. Физика моря. М., 1953. 989 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 556.16 : 556.53(28 : 47)

О.Ф. Кондрацова

КОЛЕБАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА В БАСЕЙНЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Колебания речного стока в бассейне Рыбинского водохранилища рассмотрены на 35 его реках (см. таблицу), 24 из которых впадают непосредственно в Рыбинское водохранилище, а остальные 11 относятся к бассейну Верхней Волги. Наблюдения проводились с 1955 по 1975 г., в период, когда формирование водохранилища практически закончилось. Схема бассейна с пунктами наблюдений за расходами воды и их нумерацией, в соответствии с таблицей, приведена на рис. 1.

Согласно районированию европейской территории СССР по согласованности колебаний стока 28 ее рек [1], рассматриваемая территория характеризуется коэффициентом внутрирайонной

Таблица 1
Сведения о реках

№ п/п	Река, створ	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Средний расход за 21 год, м ³ /с
1	Кема, д. Левково	57	4160	44.4
2	Ковжа, д. Шулепово	40	712	6.47
3	Суда, д. Куракино	61	4950	43.7
4	Колпь, д. Верхний Двор	30	3160	25.4
5	Чагодоша, д. Анисимово	42	2720	22.6
6	Кобожя, д. Мошенник	25	2330	17.2
7	Молога, г. Устюжна	83	19100	124.0
8	Могоча, д. Борисоглеб	33	1230	8.0
9	Тверца, с. Медное	40	5400	43.6
10	Медведица, с. Большие Сетки	71	3900	23.8
11	Тьма, с. Новинки	13	1800	9.7
12	Шоша, с. Хлопово	107	339	1.91
	Городище			
13	Шексна, д. Черная Гряда	28	18400	159.0
14	Ухра, д. Панино	78	396	3.45
15	Корожечна, д. Сумы	26	1550	6.62
16	Нерль, д. Подол	55	1810	11.2
17	Сить, д. Игнатово	19	1760	11.3
18	Ильдь, с. Спас-Ильди	18	185	1.25
19	Лидь, рзд. Тургош	27	1420	13.1
20	Песь, д. Яхново	127	693	6.29
21	Реня, д. Любер	24	523	3.33
22	Сутка, д. Речково	36	391	2.54
23	Улема, д. Савино	17	506	3.16
24	Меглинка, д. Русское Пестово	6.8	700	4.85
25	Большая Коша, д. Пьянково	7.9	748	5.33
26	Сежа, д. Новое Село	21	375	1.94
27	Волчина, Волчинское лесничество	13	2990	18.6
28	Согожа, д. Родионка	60	814	6.72
29	Шалочь, д. Шутово	29	207	1.21
30	Ягорба, д. Мостовая	13	374	3.36
31	Ворон, д. Ямшево	15	248	1.55
32	Лама, с. Егорье	13	184	7.35
33	Волга, г. Старица	3178	24900	141.1
34	Волга, Угличский гидроузел	2834	60000	325.0
35	Андога, с. Никольское	27	2250	16.3

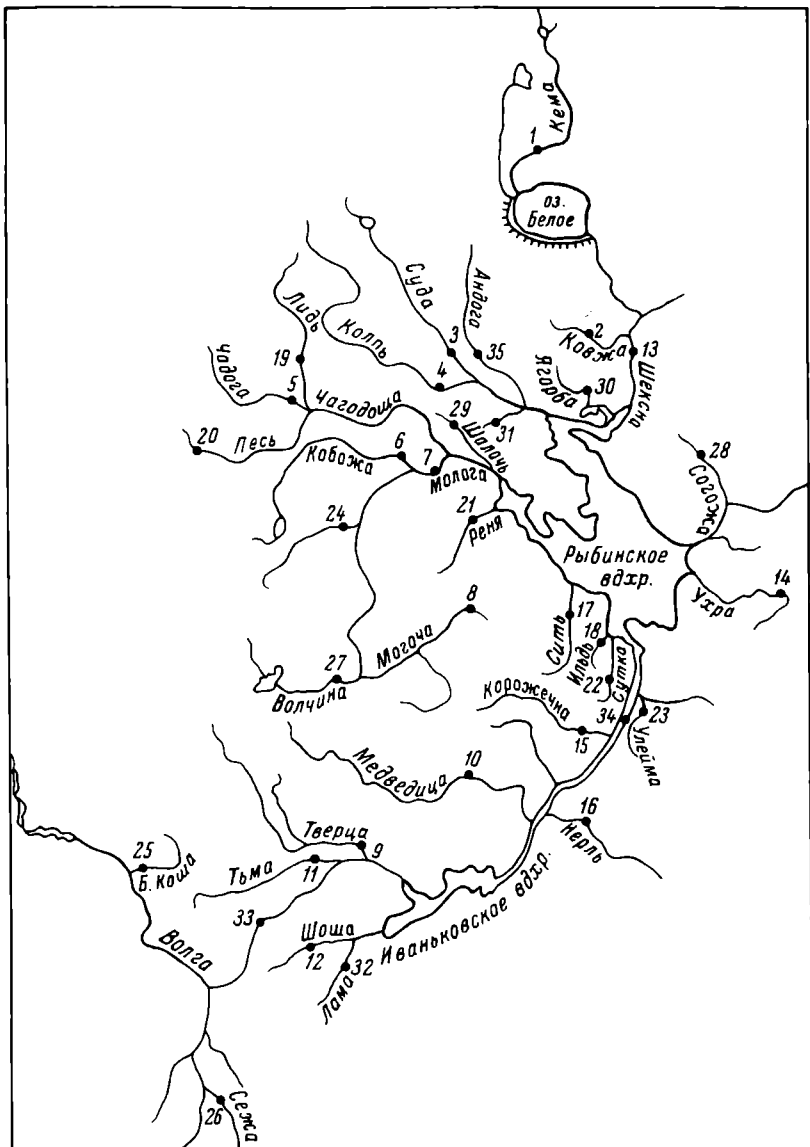


Рис. 1. Схема бассейна Рыбинского водохранилища.

Цифры – номера створов согласно таблице.

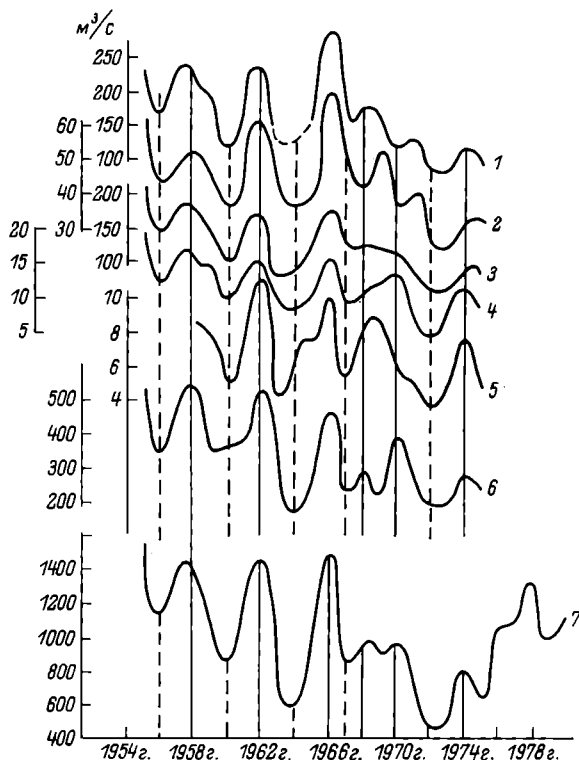


Рис. 2. Многолетние изменения среднегодовых расходов воды.

1 - Шексна; 2 - Суда; 3 - Молога; 4 - Сить; 5 - Согожа; 6 - Волга (Угличский гидроузел); 7 - общая приточность в Рыбинское водохранилище.

корреляции между стоковыми рядами равным 0.54. Из этого следует, что режим водности рек, относящихся к исследуемому бассейну, в общих чертах должен быть схожим. Это и подтверждает рис. 2, где показаны кривые изменения среднегодовых расходов воды на наиболее крупных реках, которые характеризуют водность прилегающих к ним участков бассейна. На всех реках наблюдается некоторая тенденция к снижению среднегодовых расходов в период с 1955 по 1975 г. На фоне этой тенденции видны отдельные пики и снижения расходов воды, приходящиеся у всех рек на одни и те же годы: сдвиги экстремумов нигде не превышают одного года. Всюду многоводными были 1955, 1957-1958, 1962-1963 и 1966 гг., а маловодными 1960, 1963-1964 и 1972-1973 гг. Особенно устойчивое снижение расходов началось с 1967 г. и продолжалось до глубокого минимума 1972-1973 гг. В этот, последний, период, когда среднегодовые расходы воды в течение ряда лет были близки к своим

среднемноголетним значениям, начались сбои в общей согласованности колебаний стока рек. В эти годы увеличение расходов на одних реках могло сопровождаться их снижением на других. Так, например, увеличение стока в 1969 г. у Суды и Согожи сопровождалось его снижением у Волги и Шексны, и, наоборот, положительным аномалиям расходов в Волге и Сити в 1970 г. соответствовали отрицательные аномалии расходов у рек Шексны, Суды и Мологи. Очевидно, в периоды формирования в бассейне средней водности начинают существенно сказываться местные условия водосборов.

Определенные расхождения видны и в относительной оценке величины экстремумов водности на разных реках. По этому признаку водосбор можно разбить на три района. В первом, северном, включающем реки бассейнов Чагодоши, Суды и Шексны, т.е. реки Молого-Шекснинской низины, самым многоводным из наблюдаемых лет был 1966 г. Во втором районе, расположенном на Верхневолжской низине, к которому относятся все остальные реки без притоков Волги выше Ивановского водохранилища, самым многоводным был 1955 г. В третьем районе, образованном притоками Волги, выше Ивановского водохранилища, по этому признаку выделяются 1958 и 1962 гг.

В соответствии с колебаниями расходов на отдельных реках бассейна находилась общая приточность воды в Рыбинское водохранилище, данные по которой имеются до 1980 г. Исключительно неблагоприятными годами для этого водоема были 1964 и 1972 гг. Отрицательная аномалия в эти годы достигала соответственно 370 и 460 м³/с. Однако после 1973 г. общая приточность в водохранилище стала возрастать и к 1978 г. не только поднялась до средней многолетней величины, но значительно ее превысила, хотя и не достигала приточности самых многоводных лет (рис. 2). Среднегодовые максимумы притока в водохранилище, естественно, приходятся на те же годы, что и у рек, но по величине они различаются между собой значительно меньше, чем у рек. Это связано, надо полагать, с несовпадением сроков экстремальных значений водности на реках Молого-Шекснинской и Верхневолжской низин.

Идентичность хода кривых общего притока в водохранилище и его отдельных рек позволяет составить представление о режиме рек бассейна после 1975 г. и также считать самым маловодным за последние годы 1972 г., после которого среднегодовая водность рек стала повышаться.

Причиной описанного выше хода многолетней водности рек бассейна, очевидно, следует считать атмосферную циркуляцию. В последние годы над европейской территорией СССР она развивалась таким образом, что наибольшее количество дней приходилось на процессы формы Е (по Гирсу), которые и обуславливают пониженное влагосодержание воздушных масс над ЕТС. Все нарастающее преобладание этой формы от 1955 г. к 1975 г. и вызвало, надо полагать, постепенное снижение водности во всем

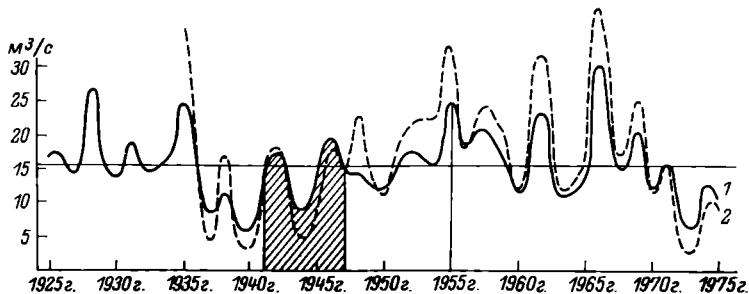


Рис. 3. Многолетние изменения среднегодовых расходов р. Андоги (1) и р. Суды (2).

Заштрихованы годы заполнения Рыбинского водохранилища.

бассейне. Особенно показательным в этом отношении был маловодный 1972 г., в течение которого было зарегистрировано максимальное за весь период наблюдений количество дней с атмосферными процессами формы Е и минимальное с атмосферными процессам формы С и особенно W. Первая из них несет с собою, как уже отмечалось, относительно сухие воздушные массы, вторая и третья обеспечивают над ЕТС избыточное увлажнение. Примерно этим же характеризуются и минимумы водности 1960 и 1963 гг. Однако в период максимумов водности наблюдались отклонения от этого правила. Так, например, в многоводном 1966 г. соотношение количества дней с атмосферной циркуляцией формы W, Е и С было примерно такое же, как и в маловодном 1960 г., но в течение 1966 г. это соотношение менялось таким образом, что господство формы Е пришлось на наиболее сухие месяцы года, тогда как весной и осенью преимущество имели формы W и С, которые и обеспечили высокую водность 1966 г.

Если взять за основу общую согласованность в колебаниях стока рассматриваемых рек, то можно сделать некоторые выводы о режиме их водности за годы, предшествующие 1955 г. Для этого достаточно воспользоваться длинным рядом наблюдений на р. Андога (1925–1975), относящейся к водосбору р. Суды (впадает в последнюю недалеко от ее устья) и имеющей с нею одинаковый гидрологический режим (рис. 3). До 1955 г. многоводными были только 1928 и 1935 гг., а самым маловодным – 1940 г. Близки к нему по водности 1937 и 1944 гг.

Годы заполнения Рыбинского водохранилища (1941–1947 гг.), заштрихованные на рисунке, приходятся на период низкой водности в бассейне и поэтому заполнение его растянулось на многие годы.

1. Скляренко В.Л., Кондрацова О.Ф., Скляренко В.Н. Исследование согласованности многолетних колебаний стока рек приемами многомерного анализа. — В кн.: Географо-гидрологический метод исследования вод суши. Л., 1984. (В печати).

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 556.55(28)

В.Х. Лифшиц, М.П. Петров,
П.М. Бояринов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

В прибрежной зоне Онежского озера происходит ряд мезомасштабных явлений, приводящих к переносу гидробионтов, взвешенных веществ природного и антропогенного происхождения и перемешиванию водных масс. Здесь наряду с конвекцией важную роль играют динамические процессы, связанные с течениями, апвеллингами-даунвеллингами, длинными внутренними волнами. В 1976–1982 гг. Отделом водных проблем Карельского филиала АН СССР на гидрофизических полигонах был собран массовый материал, который впервые позволил детально охарактеризовать масштабы естественной изменчивости этих процессов.

Одним из определяющих факторов тепло- и энергообмена в водной толще являются течения. Как показал совместный анализ данных по всему полигону буйковых станций, в заливе Б. Онего при определенных условиях развиваются мощные циркуляционные течения с большими скоростями. На расстоянии 1 км от восточного берега залива в первой половине навигации 1977 г. скорости в диапазоне 40–50, 50–75 и 75–100 см/с составили соответственно 6,8, 10,8 и 3,3% от общего числа случаев. Часто наблюдалась определенная цикличность увеличения скорости течения, связанная с характером динамических процессов в открытой части водоема. Так, во второй половине августа выделена отчетливая трехсуточная периодичность. У восточного побережья озера осенью 1979 г. средний период флюктуаций скорости составил 2 сут, что соответствовало среднему периоду ветра.

Циркуляционные течения, как правило, захватывают всю водную толщу от поверхности до дна и характеризуются стабильностью по направлению. Действуя продолжительное время, они обуславливают интенсивный водообмен в прибрежной зоне.

Анализ полученных материалов свидетельствует, что с началом устойчивых вдольбереговых ветров в прибрежной зоне развиваются динамические процессы, характерные либо для апвеллинга, либо – для даунвеллинга. У правого берега (относительно направления ветра) термоклин вследствие нисходящих вертикальных движений заглубляется, а у левого – перемещается к поверхности и в ряде случаев выходит на поверхность, в результате чего формируется чрезвычайно выраженный термический фронт с градиентами температуры, достигающими $5^{\circ}\text{C}/\text{км}$. Вдоль фронта развивается интенсивное градиентное течение.

В результате вертикальных движений у обоих берегов в летнее время периодически устанавливается гомотермия: – у левого берега с температурой $6-7^{\circ}\text{C}$, у правого – $16-18^{\circ}\text{C}$. Средние градиенты температур по вертикали здесь обычно не превышают $0.02-0.03^{\circ}\text{C}/\text{м}$. Это приводит к уменьшению гидростатической устойчивости по глубине, а вследствие большого горизонтального градиента плотности – и к увеличению неустойчивости по горизонтали.

Для оценки перехода жидкости в турбулентный режим служит величина динамической неустойчивости, индикатором которой может быть принято значение числа Ричардсона, меньшее, чем 0.25.

По наблюдениям на автоматической буйковой станции (АБС) в заливе Б. Онего в 1978 г. нами были вычислены числа Ричардсона для слоев 5 и 10 м между горизонтами установки приборов. Анализ их значений показывает, что с началом апвеллинга они уменьшаются от нескольких сотен до единиц. При сочетании подъема вод в апвеллинге с подъемом в длинных внутренних волнах, отмечающихся в этом районе в течение всей навигации и имеющих период 12-14 ч, происходит уменьшение чисел Ричардсона до значений, меньше критических, т.е. возникает турбулентный режим. В ряде случаев в это же время, по-видимому, происходит обрушение внутренних волн, о чем свидетельствует возникновение частых инверсий плотности и температур воды между горизонтами наблюдений.

Для четырех случаев апвеллинга, имевших место в заливе Б. Онего в июле-августе 1978 г., по горизонтальным скоростям течений был вычислен перенос воды от берега. Оказалось, что в среднем за период апвеллинга к поверхности поднимается и перемешивается 7-9% объема воды, находящейся ниже термоклина, а в апвеллинге 11-14 августа в перемешивании участвовало даже 21% от объема глубинных вод. В зоне даунвеллинга происходит опускание и перемешивание примерно такого же объема воды верхнего слоя над заглубившимся термоклином.

Коэффициент вертикального турбулентного объема, найденный по нижней границе экмановского слоя, изменялся в апвеллинговой зоне от 2.3 до $10.2 (\text{г}\cdot\text{см}^{-1}\cdot\text{с}^{-1})$.

Таким образом, прибрежные районы шириной несколько километров с глубинами до 30-35 м можно рассматривать как зоны интенсивного перемешивания.

В результате длительной синхронной регистрации температуры по всей водной толще выявлены периоды резкой деформации термоклина, обусловленной внутренними волнами и адвекцией. Так, с 14 по 20 июля 1977 г. термоклин в районе банки Осетровской опустился с 9 до 19 м, с 5 по 14 августа - с 5 до 19 м. Для Онежского озера оказалось характерным наличие двух слоев с максимальными градиентами температуры (в поверхностном и придонном слоях), что способствует интенсивному вертикальному обмену в срединной водной толще, находящейся в гомотермическом состоянии.

Определенный вклад в процессы перемешивания вносят внутренние волны различной периодичности, образующиеся в результате резкого изменения давления над акваторией водоема, при прохождении атмосферных фронтов, под действием приливов и т.п. Их характерной особенностью является смещение зоны интенсивных температурных флюктуаций по глубине. Так, в цуге внутренних волн, образовавшихся 30 июня 1978 г. в районе Чажнаволока, наиболее мощные колебания температуры в период с 4 до 9 ч наблюдались на горизонтах 7-15 м, с 14 до 22 ч - в слое 11-15 м. С 7 до 17 ч 1 июля максимальные флюктуации имели место на глубинах от 17 до 23 м. Аналогично развивались внутренние волны 19-20 июля. Только в этот период короткопериодные пульсации были менее выражены. В основном, колебания температуры имели здесь упорядоченный крупномасштабный характер и развивались на горизонтах 19-25 м.

На основании спектрального анализа, в который были включены осредненные с периодом в 3 ч реализации по 10 008 часам, получены значимые максимумы спектральной плотности на частотах, соответствующих периодам 12-13 ч. Такая же периодичность получена и для составляющих скорости вдоль береговых течений. Это позволяет предположить, что полусуточная изменчивость температуры либо связана с инерционными колебаниями, либо является отражением внутренних волн Пуанкаре 2-го рода, генерируемых приливообразующей силой. Поскольку, по нашим данным, амплитуда внутренних волн достигает 10 м, а образование этих волн наблюдается в течение всего летнего периода, они могут быть отнесены к числу важнейших механизмов, обеспечивающих интенсивный массо- и теплообмен в водоемах.

В период весеннего подледного прогрева, когда распределение температуры воды по глубине имеет характер обратной стратификации, перемешивание водных масс происходит в результате свободной проникающей конвекции. Для анализа процесса конвективного обмена нами использованы ряды наблюдений, полученные в результате регистрации температуры с применением автономных измерителей системы „Андера“. Впервые в отечественной лимнологической практике приборы работали в течение всего межнавигационного периода (октябрь 1977-май 1978 г.). В марте-апреле 1980-1982 гг. наблюдения велись с помощью термозонда и электронной термокосы системы „Андера“.

Полученные данные позволили установить точные сроки начала весеннего прогрева. Средняя скорость опускания нижней границы перемешанного слоя, зависящая от исходной стратификации и интенсивности потока радиации, оценивается величиной 2 м/сут. Скорость прогрева в однородном слое составляла 0,03–0,05 °С/сут. Рассчитанная по фазовому спектру скорость перемещения суточной тепловой волны, вызванной вертикальными движениями в охваченном конвекцией слое, составила в среднем 10 м/ч.

Полученные оценки характеристик динамики перемешанного слоя свидетельствуют об определяющей роли проникающей конвекции в вертикальном перемешивании в водоеме в период весеннего подледного прогрева.

Отдел водных проблем
Карельский филиал АН СССР

УДК 579.68(28)

А.Н. Дзюбан, А.С. Даукшта

УЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ СПОР АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ БАКТЕРИЙ

При микробиологических исследованиях часто возникает необходимость учета численности не только вегетативных клеток бактерий, но также их спор. Обычно с этой целью применяют температурную пастеризацию, т.е. прогрев посевного материала в течение 10–15 мин при температуре 70–80 °С [4]. Однако при работе на водоеме это не всегда удобно, а зачастую – невозможно. В.И. Романенко и А.С. Даукшта [5] предложили другой, более простой метод обработки проб воды и ила с использованием 96° этилового спирта. Оказалось, что при работе с сапрофитно-аэробной микрофлорой оба метода дают сходные результаты.

Изучая численность и распространение спорообразующих маслянокислых бактерий из рода *Clostridium*, мы убедились, что они являются одной из самых массовых групп анаэробной микрофлоры илов водоемов [1, 2]. Поскольку клостридии в большом количестве встречаются и в анаэробных участках водоемов, и в аэрируемых отложениях, для оценки физиологического состояния маслянокислых бактерий оказалось необходимым постоянно учитывать численность их спор. Поэтому для выделения спор этих анаэробных бактерий мы решили проверить возможность использования обработки проб этиловым спиртом.

Перед выполнением настоящей работы мы еще раз сравнили методы учета численности спор аэробных сапрофитных бактерий на некоторых водоемах Латвийской ССР. В илах озер Доткас и Лукнас споры составляли 1,5–3,5% от количества вегетативных клеток, и данные, полученные при применении обоих методов

Таблица 1

Численность сапрофитов в илах, тыс. кл./см³

Обработка пробы	оз. Доткас			оз. Лукнас		
	1	2	Среднее	1	2	Среднее
Без обработки	230	140	185	330	300	315
Пастеризация	7.0	6.0	6.5	6.0	7.0	6.5
Этиловым спир- том	7.0	5.0	6.0	4.0	5.0	4.5

Примечание. Здесь и в табл. 2-3: 1, 2 – повторность опыта.

Таблица 2

Численность сапрофитов в воде, кл./см³

Обработка пробы	оз. Вишки			Р. Даугава		
	1	2	Среднее	1	2	Среднее
Без обработки	2200	2080	2140	1870	1730	1800
Этиловым спир- том	43	36	40	49	55	52
Ацетоном	85	67	76	65	84	75

Таблица 2 (продолжение)

Обработка пробы	Оз. Доткас			Плавательный бассейн		
	1	2	Среднее	1	2	Среднее
Без обработки	2450	2410	2430	980	880	930
Этиловым спир- том	37	34	35	27	29	28
Ацетоном	39	47	43	57	49	53

оказались весьма близкими (табл. 1). В некоторых опытах мы попытались применить в качестве антисептика ацетон. Предварительные результаты показали, что он оказывает сильное воздействие на вегетативные клетки сапрофитных бактерий, угнетая их, но количество проросших зародышей в опытах с ацетоном несколько выше, чем в опытах со спиртом (табл. 2).

Работу по учету спор маслянокислых бактерий мы провели с пробами илов из Рыбинского водохранилища (ст. Молога) и из оз. Доткас в Латвийской ССР, отобранными в октябре 1982 г. Посевы делали на обогащенных питательных средах с различны-

Таблица 3

Численность сапрофитных бактерий, тыс. кл./см³

Обработка пробы	Оз. Доткас			Рыбинское водохрани- лище		
	1	2	среднее	1	2	среднее
Без обработки	4200	5000	4800	130	110	120
Пастеризация	350	450	400	55	45	50
Обработка эти- ловым спиртом	550	500	525	50	40	45
Обработка аце- тоном	420	600	510	65	50	57

ми углеводами. В среде с глюкозой выращивали *Cl. pasteurianum*, в среде с крахмалом - *Cl. butyricum* [3]. В начале опыта делали болтушку из 1 мл свежего ила и 100 мл стерильной водопроводной воды. Затем из нее производили 10-кратные разведения в трех вариантах:

во все пробирки наливали по 9 мл стерильной воды;

пробирка для 3-го разведения заполняется 9 мл 96° этилового спирта, а остальные - стерильной водой;

пробирка для 3-го разведения заполняется 9 мл ацетона, остальные - стерильной водой.

Для каждого опыта засеивали пробирки с 3-го по 7-е разведения, а результаты опытов рассчитывали по таблице Маккреди [6]. Из первого варианта разведений засеивали две серии параллельных пробирок. Первая серия служила для определения исходного количества бактерий, вторую пастеризовали на водяной бане в течение 10 мин при 80 °С.

По аналогичной схеме из 4-6-го разведений делали посев на РПА в чашках Петри и через 5-8 сут инкубации подсчитывали колонии сапрофитов.

Опыты показали, что в посевах на РПА после пастеризации, обработки этиловым спиртом и ацетоном выросло почти одинаковое число колоний (табл. 3). Иную картину мы наблюдали при анализе посевов анаэробных маслянокислых бактерий. После пересчета результатов по таблице Маккреди оказалось, что количество спор после пастеризации и обработки спиртом почти в каждом опыте полностью совпадает (табл. 4). В опытах с ацетоном были получены противоречивые данные. Так, для оз. Доткас результаты по учету численности спор при обработке проб ацетоном по сравнению с пастеризацией и обработкой спиртом оказались резко завышены. Для Рыбинского же водохранилища: на среде с глюкозой - также завышены, а на среде с крахмалом - занижены (табл. 4).

Таким образом, результаты нашей работы показывают, что обработка проб воды и грунтов 96° этиловым спиртом дает

Таблица 4

Численность маслянокислых бактерий, тыс. кл./см³

Обработка пробы	Оз. Доткас		Рыбинское водохранилище	
	глюкоза	крахмал	глюкоза	крахмал
Без обработки	1300	7000	60	60
Пастеризация	25	130	13	30
Обработка этиловым спиртом	30	130	13	30
Обработка ацетоном	100	1100	20	13

эффект, аналогичный тому, который получаем при пастеризации как аэробной, так и анаэробной микрофлоры. Следовательно, при изучении в водоемах маслянокислых бактерий можно рекомендовать этот очень простой и быстрый способ учета спор. Возможность применения в качестве антисептика других веществ требует дополнительной проверки.

Литература

1. Дзюбан А.Н. Количество маслянокислых бактерий, относящихся к роду *Clostridium* в иловых отложениях водохранилищ Волги. - Микробиология, 1978, т. 47, вып. 6, с. 1124-1126.
2. Дзюбан А.Н. Микрофлора и деструкция органического вещества в донных отложениях Цимлянского водохранилища. - Вод. ресурсы, 1979, т. 5, с. 171-176.
3. Мишустин Е.М., Емцев В.Т. Почвенные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium*. М., 1974. 250 с.
4. Омелянский В.Л. Практическое руководство по микробиологии. М.; Л., 1940. 420 с.
5. Романенко В.И., Даукшта А.С. Определение численности бактериальных спор при обработке проб воды и грунта этиловым спиртом. - В кн.: Биология внутренних вод: Информ. бюл., Л., 1975, № 26, с. 62-65.
6. (Meunell G., Meunell E.) Мейнелл Д., Мейнелл Э. Экспериментальная микробиология. М., 1976. 345 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

С.И. Метелев

ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ

За последние годы в растровой электронной микроскопии достигнуты определенные успехи. Тем не менее методы исследования и подготовки биологических объектов разработаны еще не достаточно полно и нуждаются в дальнейшем усовершенствовании [5]. Это объясняется большим разнообразием биологического материала, а также требованиями, которые предъявляются к нему при исследовании в растровом электронном микроскопе (РЭМ).

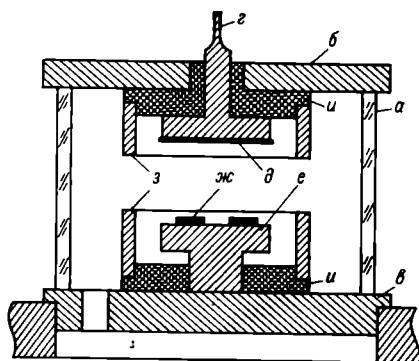
При изучении топографии биологических объектов в РЭМ методом регенерации вторичных электронов одним из важных условий является наличие на поверхности объекта тонкой (10–20 нм) проводящей пленки металла. Такая пленка создает при исследовании ряд преимуществ: предотвращает образование на поверхности объекта электрических зарядов, способствует отведению тепла, улучшает соотношение сигнал/шум, что в итоге увеличивает разрешение и улучшает качество изображения в РЭМ.

Основным методом создания проводящей пленки на поверхности объекта в настоящее время является метод термического испарения металла в вакууме. Этот метод относительно прост и дает удовлетворительные результаты при работе с растительными и животными тканями, имеющими несложную конфигурацию исследуемых участков. Однако при подготовке объектов со сложной конфигурацией поверхности эффективность его снижается. Это объясняется тем, что атомы распыляемого металла, летящие по прямолинейным траекториям, не могут образовывать на таких поверхностях проводящую пленку требуемой толщины. В результате на поверхности и в глубине объекта образуются заряды, которые вносят искажения и снижают разрешение РЭМ.

Некоторые авторы [2, 4] для покрытия проводящей пленкой объектов со сложной поверхностью предлагают метод ионной бомбардировки (катодного распыления). В основе этого метода лежит бомбардировка ионами газа металлической мишени (катода), в результате чего из нее выбиваются атомы, создающие на поверхности объекта проводящую пленку. Поскольку энергия атомов, выбитых ионной бомбардировкой, выше, чем при термическом испарении, а многочисленные столкновения с ионами газа обеспечивают их рассеивание во всех направлениях, покрытие при этом методе получается более прочным и равномерным. В результате толщина пленки может быть уменьшена без нарушения целостности покрытия [2]. Основным препятствием к широкому использованию этого метода в практике часто является отсутствие в лабораториях необходимой аппаратуры.

Рис. 1. Камера для покрытия объектов.

а - стеклянный цилиндр, б - крышка, в - основание, г - катод, д - распыляемый металл, е - анод, ж - столики с объектами, з - экран, и - шайбы.



Цель нашей работы заключалась в создании камеры для покрытия биологических объектов проводящей пленкой методом ионной бомбардировки, которую можно было бы эксплуатировать вместе с широко распространенными вакуумными испарительными установками (вакуумными универсальными постами - ВУП).

Известно, что процесс катодного распыления зависит от давления газа в камере и величины ионизирующего напряжения, которые определяют ионный ток. Интенсивность распыления принято оценивать коэффициентом распыления N_0 . Он определяет среднее число атомов, выбитых из катода одним бомбардирующим ионом (либо массу этих атомов). Величина N_0 зависит от материала катода, вида газа в камере и энергии ионов. С энергией ионов значение N_0 связано следующим соотношением: $N_0 = C (V_p - V_0)$, где C - постоянная, зависящая от материала катода; V_p - энергия ионов; приходящих к мишени; V_0 - порог распыления, определяемый энергией, ниже которой распыление почти не происходит [1]. С увеличением ионизирующего напряжения V_p возрастает. Коэффициент распыления зависит также от давления газа. С повышением давления скорость распыления уменьшается. Это объясняется возвратом части атомов металла обратно к катоду в процессе упругих столкновений их с атомами газа. Общая зависимость скорости распыления от давления газа имеет вид: $V = k \cdot P^{-m}$, где k - коэффициент, относящийся к единице давления; $m > 2$ [1].

Массу распыленного металла можно определить по формуле $G = p \cdot A \cdot I \cdot t / 96.5$ мг, где p - коэффициент весового распыления (кг/Кл); A - атомный номер; I - ионный ток (А); t - время распыления, секунды [1]. При этом следует учитывать, что расстояние между катодом и напыляемым материалом должно быть больше удвоенной длины темного катодного пространства, так как плотность тока резко уменьшается при сближении катода и анода на расстояние, сравнимое с длиной темного катодного пространства [3].

С учетом этого нами была изготовлена и опробована в работе камера с внутренним объемом около 500 см³. Камера выполнена в виде стеклянного цилиндра (рис. 1, а) с гермети-

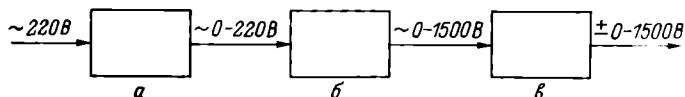


Рис. 2. Блок-схема источника питания.

а - ЛАТР, б - повышающий трансформатор, в - выпрямитель.

чески закрывающейся крышкой (рис. 1, б). Основание камеры плотно входит во входное отверстие вакуумной системы испарительной установки (рис. 1, в). В верхней части установлен катод (рис. 1, г) с пластинкой распыляемого металла (рис. 1, д), в нижней части - анод (рис. 1, е), где закрепляются столики с объектами (рис. 1, ж). Расстояние между катодом и анодом может регулироваться. Для улучшения формы газового разряда предусмотрены специальные экраны (рис. 1, з), которые закрепляются с помощью шайб из диэлектрика (рис. 1, и). Откачка воздуха из камеры осуществляется с помощью форвакуумного насоса испарительной установки, а величина давления регулируется соответствующим клапаном. Ионизирующее напряжение подается на катод от источника питания, блок-схема которого приведена на рис. 2. Можно также использовать любой другой источник питания, обеспечивающий ток до 15-20 мА и плавно регулирующий постоянное выходное напряжение до 1500 В.

Практическое использование камеры дало хорошие результаты. При исследовании в РЭМ напыленной методом ионной бомбардировки поверхности тела ленточных червей, покрытых густой шетиночной каймой микроворсинок, отмечено значительное снижение эффектов заряда объекта и повышение разрешения. Толщина покрытия составляла около 12 нм. Распыление проводили при ионизирующем напряжении 1200 В и давлении, обеспечивающем ионный ток 8-10 мА в течение 7 мин. В качестве распыляемого металла использовали золото.

Таким образом, предлагаемая камера позволяет с помощью вакуумной испарительной установки осуществить метод ионной бомбардировки и широко использовать его в практике подготовки биологических объектов для электронного микроскопирования.

Литература

1. Каганов И.Л. Ионные приборы, М., 1972. 528 с.
2. Ровенский Ю.А. Растровая электронная микроскопия нормальных и опухолевых клеток, М., 1979. 152 с.
3. (M a i s s e l L.I.) Майссел Л.И. Нанесение тонких пленок катодным распылением. - В кн.: Физика тонких пленок, М., 1968, т. 3, с. 58-134.
4. (N e w b u r y D.E., V a k o w i t z H.) Ньюбэри Д.Е., Яковиц Х. Подготовка образцов, специальные методики и примеры применения растрового электронного

микроскопа. — В кн.: Практическая растровая электронная микроскопия. М., 1978, с. 233–281.

5. (W e a k l e y B.) Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих. М., 1975. 326 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

УДК 574.5(28) : 581

А.А. Биочино

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ, БЛИЗКИХ К ЕСТЕСТВЕННЫМ

Жизнь макрофитов при различных температурных режимах еще мало освещена в литературе [2]. Проведенные нами ранее определения теплоустойчивости и оптимальных температур при развитии некоторых погруженных растений показали, что исследования такого рода трудоемки и требуют наличия аппаратуры с автоматизированным процессом поддержания и регистрации заданного температурного режима. Методические трудности постановки таких работ объясняют слабую изученность макрофитов в эколого-физиологическом отношении по сравнению с геоботаническим. В проблеме температурных влияний особое значение имеют способы исследования развития растений в условиях максимального приближения к естественным, с сохранением управления и контроля за режимом температуры. В настоящей работе описывается установка для изучения длительного действия постоянной и переменной температур на процессы роста и накопления биомассы погруженных растений.

Установка была собрана на берегу р. Сунога (Рыбинское водохранилище) в районе экспериментальной прудовой базы Института биологии внутренних вод АН СССР. По принципу действия она моделирует (в миниатюре) процессы подогрева и сброса вод тепловыми электростанциями.

Вся конструкция состоит из трех основных частей: водозаборное устройство, забирающее и накапливающее воду из реки; терморегулирующие электрические приборы, помещающиеся внутри помещения; экспериментальные аквариумы с заданным температурным режимом, находящиеся под открытым небом (см. рисунок).

Установка функционирует следующим образом. При помощи насоса вода из реки через заградительное сито поступает в накопительный аквариум (1) объемом около 100 л. Уровень в аквариуме поддерживается постоянным автоматическим включением и выключением насоса датчиком уровня (11). Из аквариума-накопителя вода поступает в термостат (3). Здесь она проходит по теплообменнику (12), принимает заданную температуру и затем попадает в

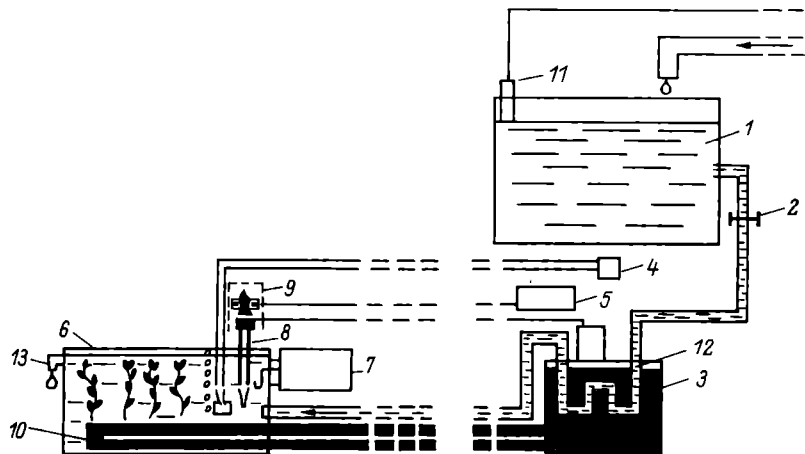


Схема экспериментальной установки.

1 - накопительный аквариум; 2 - регулятор скорости потока; 3 - термостат; 4 - микрокомпрессор; 5 - устройство, управляющее контактным термометром; 6 - экспериментальный аквариум с растениями; 7 - термограф недельный; 8 - контактный термометр; 9 - защитный колпак; 10, 12 - теплообменники, 11 - датчик постоянного уровня воды; 13 - слив воды.

экспериментальный аквариум объемом около 50 л (6). Заполнив аквариум, вода выливается через сливное отверстие (13). Скорость потока воды в системе регулируется зажимом (2). Для стабильности режима температуры в экспериментальный аквариум встроены теплообменник (10), в котором циркулирует вода термостата (3). Постоянная температура поддерживается при помощи контактного термометра (8), переставленного из термостата в экспериментальный аквариум. Для создания переменного режима температуры контактный термометр управляется блоком (5), в котором при помощи реле времени, микроэлектродвигателя и редуктора создается возможность механического вращения головки контактного термометра в ту или иную сторону с заданной скоростью. Применение двухпрограммного реле времени позволяет получать кроме пилообразного изменения температуры более естественный циклический режим трапецевидной формы. Для защиты от атмосферных воздействий и безопасности работы головка контактного термометра закрывается пластмассовой крышкой (9). В экспериментальном аквариуме для однородности температуры во всей толще воды и для улучшения газового режима целесообразно производить продувку при помощи обычного микрокомпрессора (4). Для контроля за температурой в аквариуме можно применять электрические датчики, но, учитывая круглосуточное нахождение аквариумов под открытым небом, безопаснее применять термографы механического действия (7).

На практике мы использовали четыре комплекта описанной аппаратуры. При скорости протока воды в 0.3 л/мин в трех аквариумах поддерживалась постоянная температура 16, 23 и 28 °С, а в четвертом – (переменный режим трапецевидной формы: в полуденные часы – 28 °С, в полночные – 16 °С). Для опытов по вегетативному росту и накоплению биомассы растений в аквариуме было помещено по 30 экз. *Elodea canadensis*. Их еженедельно измеряли и взвешивали. Полученные результаты обработаны статистически. Опыт непрерывно длился 3 нед и показал хорошую работоспособность всего устройства. Во всех аквариумах наблюдались статистически достоверные различия в темпе роста растений и накоплении биомассы в зависимости от температурного режима [1].

Таким образом, проточность системы, использование речной воды в аквариумах, находящихся под открытым небом, и возможность поддержания различного температурного режима позволяют экспериментально исследовать влияние температуры на развитие растений в условиях, максимально приближенных к естественным.

Литература

1. Биочино А.А. Экспериментальные исследования действия повышенной температуры воды на высшие водные растения. – В кн.: Экология водных организмов верхневолжских водохранилищ. Л., 1982, с. 3–14.
2. Катанская В.М. Растительность водохранилищ-охлаждающих тепловых электростанций Советского Союза. Л., 1979. 277 с.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ИНФОРМАЦИИ

Рабочий симпозиум по методикам определения запасов и численности рыб в водохранилищах (А.С. Стрельников)	3
--	---

СООБЩЕНИЯ

Б у т о р и н А.Н. Микрофлора поверхностного слоя илов озер Северо-Двинской системы	5
В е р е ш Л а й о ш, Р о м а н е н к о В.И. Влияние токсических веществ на выделение метаболической CO_2 у водорослей	9
Р о м а н е н к о В.И., Д а у к ш т а А.С. Суточная динамика интенсивности фотосинтеза фитопланктона в водоемах ряда регионов	12
Г е н к а л С.И., Н а у м е н к о Ю.В. Новые данные к флоре диатомовых водорослей Оби и Иртыша	16
Ф р е й н д л и н г А.В. О фитомассе макрофитов водохранилищ северной Карелии	20
М ы л ь н и к о в А.П. Новый вид <i>Cercobodo amoebinus</i> (класс Zoomastigophorea Calkins)	22
Б о р о д и ч Н.Д., Б о н д а р е н к о Л.Ф., Л а в р о в В.Л. Понтокаспийские ракообразные Средней Волги	25
Ш е р б и н а Г.Х., Ш и л о в а А.И., З е л е н ц о в Н.И. Новые и малоизвестные виды хирономид фауны СССР из оз. Виштынецкого Калининградской области (Diptera, Chironomidae)	28
К о р г и н а Е.М. Фауна и динамика численности турбеллярий в прудах	31
К у з ь м и н а В.В., С т р е л ь н и к о в а А.П. Активность пищеварительных ферментов в раннем онтогенезе плотвы	34
В о л о д и н В.М. Влияние структуры популяций на численность рыб	38
И з в е к о в Е.И. Частотные спектры электровосприятия пресноводных рыб	42
П о д д у б н ы й С.А. Расчет вертикальной составляющей скорости течения в Рыбинском водохранилище	46
К о н д р а ц о в О.Ф. Колебания речного стока в бассейне Рыбинского водохранилища	49
Л и в ш и ц В.Х., П е т р о в М.П., Б о я р и н о в П.М. Исследование процессов перемешивания в прибрежной зоне Онежского озера	55
Д з у б а н А.Н., Д а у к ш т а А.С. Учет численности спор аэробных и анаэробных бактерий	58
М е т е л е в С.И. Применение вакуумной испарительной установки для напыления биологических объектов методом ионной бомбардировки	62
Б и о ч и н о А.А. Установка для изучения действия температуры на высшие водные растения в условиях, близких к естественным	65

CONTENTS

INFORMATION

	Page
Working Symposium on methods of determination of Stock and abundance of fishes in reservoirs. (A.S. S t r e l n i k o v)	3
ARTICLES	
B u t o r i n A.N. Microflora of surface silts layer of the North-Dvina system Lakes	5
V e r e s h L., R o m a n e n k o V.I. Influence of toxic matters on metabolic CO ₂ in algae	9
R o m a n e n k o V.I., D a u k s h t a A.S. Twenty-four hours dynamics of phytoplankton photosynthesis intensity in reservoirs of some regions	12 12
G e n k a l S.I., N a u m e n k o Ju.V. New data on diatomaceous algae of the rivers Ob and Irtysh	16
F r e i n d l i n g A.V. On phytomasses of macro- phytes in the Northern Karelia reservoirs	20
M y l n i k o f A.P. New Species of Cercoboda amoebinus (Class Zoomastigophorea Calkins) . .	22
B o r o d i t c h N.D., B o n d a r e n k o L.F., L a v r o v V.L. Ponto Caspian Crustacea of the Middle Volga	25
T s c h e r b i n a G.Kh., S h i l o v a A.I., S e l e n t s o v N.I. New and little known species of the USSR Chironomids fauna in Vishtynets lake of the Kaliningrad region (Diptera, Chironomidae)	28
K o r g i n a E.M. Fauna and abundance of Tur- bellaria in ponds	31
K u z m i n a V.V., S t r e l n i k o v a A.P. Activity of digestive ferments in early ontoge- nesis of roach	34
V o l o d i n V.M. Influence of populations struc- ture on fishes abundance	38
I z v e k o v E.I. Frequency Spectrum of elect- roreception of freshwater fishes	42
P o d d u b n y i S.A. Computation of vertical Component of stream speed in the Rybinsk re- servoir	46
K o n d r a t s o v a O.F. Fluctuations of the river flow in the Rybinsk reservoir basin	49

L i v s h i t z V.Kh., P e t r o v M.P., B o j a - r i n o v P.M. Investigations of mixing pro- cesses in the coastal zone of the Onega lake . .	55
D s u b a n A.N., D a u k s h t a A.S. Calcu- lation of spore abundance of aerobic and an- aerobic bacteria	58
M e t e l e v S.I. Use of vacuum evaporating ar- rangement for dispersion of biological objects by means of ionic bombardiering	62
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">B i o t c h i n o A.A.</div> Arrangement for investiga- tions in temperature effect on higher water plants in conditions like natural ones	65

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД
ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ № 65

Утверждено к печати
Институтом биологии внутренних вод
Академии наук СССР

Редактор издательства Л.И. Сметанкина
Технический редактор Н.А. Мяготина
Корректоры О.М. Бобылева и С.Ф. Феофанова

ИБ № 21213

Подписано к печати 16.10.84. М-30926. Формат
60х90 1/16. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4 1/2. Усл. кр.-отт. 4.75. Уч.-изд. л. 4.83.
Тираж 700. Тип. зак. № 60. Цена 70 к.

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

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