

06
ИБВВ

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

37

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ

ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 37



ЛЕНИНГРАД

«НАУКА»

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

1978

Сборник содержит информацию о гербарии Института биологии внутренних вод АН СССР и оригинальные статьи, посвященные микробиологической характеристике различных водоемов, высшей водной растительности, фотосинтезу фитопланктона, а также биологии и распределению гидробионтов (включая беспозвоночных и рыб). Отдельные заметки посвящены усовершенствованию методов гидробиологического и гидрохимического исследования.

Издание рассчитано на гидробиологов, ботаников, ихтиологов, геологов.

О т в е т с т в е н н ы й р е д а к т о р

А.В. МОНАКОВ

ГЕРБАРИЙ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД АН СССР

Гербарий основан в 1954 г. А.М. Леонтьевым, Т.Б. Посохиной, А.П. Белавской и другими сотрудниками биологической станции „Борок” им Н.А. Морозова, реорганизованной в 1956 г. в Институт биологии водохранилищ АН СССР, а в 1962 г. – в Институт биологии внутренних вод АН СССР.

В настоящее время гербарий входит в состав Лаборатории водных растений, которой руководит старший научный сотрудник В.А. Экзерцев. Сотрудники гербария: Л.И. Лисицына (флора водных растений) и В.И. Артёменко (систематика рода *Potamogeton*).

Общее число листов гербария более 8000. В нем представлены преимущественно водные растения европейской части СССР, среди них сем. *Potamogetonaceae* – 800, *Cyperaceae* – 1250, *Poaceae* – 680, *Ranunculaceae* – 300, *Nymphaeaceae* – 170, *Typhaceae* – 150, *Sparganiceae* – 170, *Alismataceae* – 130 листов.

С гербарием института можно ознакомиться, согласовав приезд с заведующим лабораторией.

Л.И. Лисицына, В.И. Артёменко

Т.Н. Назина

ВЫДЕЛЕНИЕ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Наиболее благоприятными для выделения и культивирования сульфатвосстанавливающих бактерий служат следующие среды (г/л) Постгейта [4] при $\text{pH} = 7.5 \pm 0.2$ (см. таблицу).

Минеральную среду с лактатом стерилизуют в автоклаве при давлении 1 атм., остальные компоненты — отдельно в запаянных ампулах при 0,5 атм. и вносят в простерилизованную среду. Готовят на дистиллированной воде следующие среды: 1) 5%-й раствор дрожжевого автолизата, 2) 5%-й раствор FeSO_4 в 1%-й соляной кислоте, 3) 5%-е растворы HCl и NaHCO_3 , используемые для доведения pH до нужной величины, 4) 10%-й раствор пировинограднокислого натрия и 5%-й раствор аскорбиновой и тиогликолевой кислот в освобожденной от кислорода воде. Последние нейтрализуют NaOH , стерилизуют в доверху наполненных ампулах и хранят в холодильнике. В качестве восстановителя можно использовать 1%-й раствор $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, приготовленный на 1%-м растворе NaHCO_3 . Выделение культур вида *Desulfovibrio gigas*, способных развиваться при $E_h = 80$ мв, проводят на средах, восстановленных слабым восстановителем, — аскорбатом натрия.

Для выделения сульфатвосстанавливающих бактерий из засоленных природных источников в среду по мере надобности вносят хлористый натрий, но не больше 10–12% [3].

Добавление в среду природной воды (около 20% по объему), отобранной там же, где и исследуемый образец, способствует росту сульфатвосстанавливающих бактерий. Вместо природной воды можно добавлять микроэлементы по рецепту Пфеннига и Липперта [2]: вода дистиллированная — 1 л, титриплекс III (или трилон Б) — 500 мг, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 200 мг, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 10 мг, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 3 мг, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — 20 мг, H_3BO_4 — 30 мг, $\text{CuCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — 2 мг, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — 3 мг.

Микроэлементы стерилизуют при давлении 0,5 атм. На 1 л среды перед засевом вносят 1 мл раствора микроэлементов.

П о р я д о к п о с е в а. Для удаления из среды растворенного кислорода ее следует довести до кипения и быстро охладить в струе холодной воды, затем внести в требуемых количествах ингредиенты: 1) дрожжевой автолизат; 2) сернистое железо; 3) с помощью растворов HCl и NaHCO_3 довести реакцию

Ингредиент	Среда			
	В	С	Д	Н
KH_2PO_4	0,5 г	0,5	0,5	0,5
NH_4Cl	1	1	1	1
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	-	0,1	-
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1	-	-	-
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2	0,06	-	0,06
Na_2SO_4	-	4,5	-	-
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-	-	-	5
Лактат натрия	3,5	6	-	6
Пировиноградный натрий	2	-	3,5	-
Дрожжевой экстракт	1	1	1	1
Лимоннокислый натрий	-	0,3	-	0,3
Аскорбиновоокислый натрий	1	-	1	-
Na_2S	-	1 мМ	-	1 мМ
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,5	0,1	0,01	0,1
Вода водопроводная	1 л	-	-	-
Вода дистиллированная	-	1	1	1

среды до pH 7,0–7,5 по бромтимолблау, который при этом значении pH приобретает сине-зеленую окраску; 4) Na_2S довести до посерения среды (≈ 2 мл/л). Ен среды в этом случае равен ≈ -100 мв. Приготовленную к посеву среду использует однократно.

Накопительные культуры получают путем заражения жидкой среды Постгейта „В” 0,1 г почвы ила либо 3–5 мл образца природной воды. Почернение среды и появление запаха сероводорода в процессе инкубации указывают на развитие сульфатвосстанавливающих бактерий. Для получения активной культуры накопления следует сделать ряд пересевов на жидкую питательную среду 2–4-суточным посевным материалом, лучше из осадка, так как здесь, как правило, наблюдается скопление этих бактерий. Посевной материал берут в количестве 2% по объему. При этом сначала заражают примерно 100 мл среды, разливают в пробирки доверху и закрывают стерильными резиновыми пробками так, чтобы под пробкой не оставалось пузырьков воздуха, применяя прокаленную в пламени стальную проволоку. Резиновые пробки стерилизуют при давлении 1 атм, завернутыми в бумагу по 10 шт. Инкубируют посевы при температуре 30° , а термофильные сульфатвосстанавливающие бактерии – при $55\text{--}60^\circ$.

Прежде чем приступить к выделению чистой культуры из единичных колоний, следует оптимизировать среду для накопительной культуры и сделать 3–4 пересева, получив за один и тот же промежуток времени максимально возможное количество сероводорода, который определяют иодометрически. Оптимизация достигается добавлением в среду микроэлементов или природной воды подбором

оптимальной температуры и солёности. Как правило, максимальное накопление H_2S наблюдается при температуре и солёности, приблизительно сходных с таковыми природной среды, из которой была отобрана анализируемая проба.

Исследование накопительной культуры начинают с выявления наличия в ней спорообразующих сульфатовосстанавливающих бактерий. Для этого 1 мл 8–10-суточной культуры помещают в ампулу объемом 1–2 мл, на которую надевают резиновый шланг с зажимом [3]. Посредством иглы от шприца ампулу продувают в течение 3–5 мин инертным газом для удаления кислорода. Затем зажим закрывают, ампулу быстро запаивают и погружают в кипящую водяную баню на 10, 20 и 30 мин. Прокипяченный материал высевают на одну из сред Постгейта. Рост *Desulfotomaculum* обнаруживают после 3–4-суточной инкубации по почернению среды и присутствию подвижных клеток. Опыт на проращивание спор позволяет одновременно избавиться от беспоровых спутников.

Выделение чистой культуры проводят путем получения единичных колоний на оптимизированной среде „N” или „C” с добавкой 1,5% агара. Заметим, что перед внесением агара в минеральную среду с лактатом ее необходимо нейтрализовать до значения pH = 5,5–7,0. В противном случае после стерилизации среда не затвердеет.

Плотную среду готовят таким же образом, как и жидкую. После стерилизации и внесения посевного материала ее затягивают в стерильные трубочки диаметром 3–5 мм. В качестве посевного материала используют 2–3-суточные культуры накопления. При употреблении старых 6–7-суточных культур единичные колонии получить не всегда удается. После затвердения среды концы трубок запаивают в пламени горелки. Через 2–5 суток инкубации в трубках можно обнаружить черные колонии сульфатовосстанавливающих бактерий. Как правило, в трубках одновременно вырастают и колонии различных микроорганизмов-спутников.

Наличие белых колоний, нечеткая очерченность края колонии сульфатовосстанавливающих бактерий на плотной среде, светлое пятно внутри черной колонии, разрывы в агаризованной среде, запах масляной кислоты говорят о наличии посторонней микрофлоры. Единичные колонии, извлеченные из разрезанной трубочки, высевают на жидкую среду. Для посева используют колонии, находящиеся в удалении от разрывов в среде и от колоний-спутников.

Для получения гарантированно чистой культуры необходимо убедиться в том, что в накопительной культуре присутствует только один вид сульфатовосстанавливающих бактерий. Для этого микрокопируют множество единичных колоний.

При работе с сульфатовосстанавливающими бактериями постоянно необходим микроскопический контроль.

Чистоту культуры сульфатовосстанавливающих бактерий проверяют согласно методике, предложенной Постгейтом [3].

1. Исследуемую культуру высевают на чашки Петри с МПА и инкубируют при 30°. Отсутствие роста свидетельствует о том, что аэробных гетеротрофов в культуре нет.

Иногда можно наблюдать, что пересев колоний, выросших на поверхности МПА, на среды Постгейта приводит к восстановлению сульфатов и образованию H_2S . Сульфатредукцию в этом случае проводят сульфатвосстанавливающие бактерии, которые сохраняются на МПА под слоем микроорганизмов-спутников, поглощающих кислород.

2. Производят высев исследуемой культуры в трубочки. Отсутствие в среде разрывов и белых колоний свидетельствует о том, что спутников нет.

3. Наличие бактерий, осуществляющих брожение, определяют на плотной среде, залитой высоким столбиком следующего состава: пептон - 0.4%, глюкоза - 1%, сульфат натрия - 0.2%, агар - 1.5%, вода водопроводная. В простерилизованную среду добавляют соль Мора - 0.5%. Доводят pH до 7.0-7.6. Восстановительную обстановку создают внесением 2 мл 1%-го Na_2S на 1 л среды. Культивируют при 30 и 60°. Отсутствие газообразования и разрывов в плотных средах с лактатом или глюкозой говорит о том, что в них нет бактерий, осуществляющих брожение.

4. Наличие тионовых бактерий определяют на среде Бейеринка [1].

В пробирки помещают 2-3 капли свежепересеянной культуры с осадком и доливают до половины средой. Инкубируют при 30 и 60°.

Для достоверности получаемые данные всегда необходимо сравнивать с контролем (незараженная среда). Чистые культуры подерживают на оптимизированной жидкой среде „В“, осуществляя пересев не реже, чем через 2 месяца.

Л и т е р а т у р а

1. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974, 35 с.
2. Pfennig N., Lippert K.D. Über das Vitamin B₁₂ - Bedürfnis phototropher Schwefelbakterien. - Arch. Microbiol., 1966, Bd 55, S. 245-252.
3. Postgate J.R. Enrichment and isolation of sulphate-reducing bacteria, Anreicherungs Kultur und Mutantenauslese. - Zbl. Bakteriол., 1965, Bd 28, Suppl. 1, p. 190-197.
4. Postgate J.R. Media for sulfur bacteria. - Lab. Practice, 1966, N 15, p. 1239-1244.

Институт микробиологии
АН СССР

УЧЕТ ПОЛИТИОНАТОВ — ДОПОЛНЕНИЕ
К РАДИОИЗОТОПНОЙ (^{35}S) МЕТОДИКЕ

Методика определения интенсивности окисления серных соединений с помощью добавок ^{35}S — меченых соединений разработана М.В. Ивановым [1] и дополнена Ю.И. Сорокиным [2]. Мы предлагаем дополнить методику Иванова—Сорокина учетом политионатов. При значительном содержании политионатов их количество легко учесть щелочным методом [3]. Радиоизотопная методика предусматривает учет малых количеств с их выделением в виде осадков на фильтрах. Щелочной метод в этом случае непригоден, так как не позволяет разделить тиосульфат и политионаты при их переводе в осадки. Для отделения политионатов мы воспользовались их устойчивостью в кислой среде. Так, в уксусно-кислом растворе на политионаты не действует даже перекись водорода, тогда как в нейтрально-щелочном они окисляются до сульфатов и перекисью, и перманганатом, и иодом [3].

Мы предлагаем следующий порядок разделения серных соединений после фиксации S^{2-} — содержащей пробы солью кадмия.

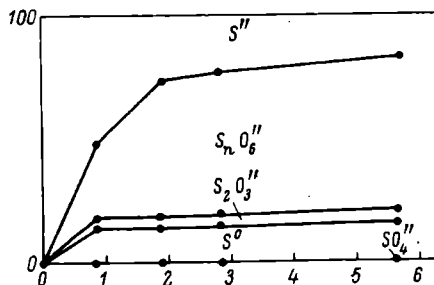
1. Пробу фильтруют через мембранный фильтр № 1 или № 2. На фильтре остаются элементарная сера и сульфид кадмия. Определяют их суммарную радиоактивность.

2. Серу с фильтра удаляют, пропуская через него спирт или бензол. Устанавливают радиоактивность оставшегося на фильтре сульфида кадмия. Радиоактивность серы определяют как разницу первой и второй радиоактивностей фильтра.

3. Фильтрат, оставшийся после 1-й операции, подкисляют 20%-й уксусной кислотой из расчета по объему 4 : 100. Затем осаждают сульфаты добавкой хлористого бария и отфильтровывают их на мембранный фильтр. Подкисление в этом случае необходимо, чтобы избежать частичного осаждения политионатов.

4. В фильтрат, оставшийся после 3-й операции, добавляют карбонат калия или натрия до полного выпадения растворенного бария в осадок карбоната бария. Одновременно происходит нейтрализация среды и в осадок выпадают также малоустойчивые политионаты в виде сульфата бария. Осадок отфильтровывают на мембранный фильтр.

5. Фильтрат, оставшийся после 4-й операции, подкисляют уксусной кислотой. Затем добавляют перманганат калия до появления розовой или слабо-вишневой окраски раствора. Тиосульфат превращается в сульфат, а окисливший его перманганат дает бурый осадок двуокиси марганца. Если барий не удалить в 4-й операции, то образуется смешанный осадок сульфата бария и двуокиси марганца с чрезвычайно высоким коэффициентом самопоглощения. В данном случае сульфат, полученный из тиосульфата, остается в



Окисление сероводорода в стерильной незабуференной среде.

По оси ординат – доля серных соединений от их суммарного содержания, %; по оси абсцисс – время, дни. (Содержанию каждого серного соединения соответствует величина, ограниченная линиями графика).

растворе, а осадок двуокиси марганца отфильтровывают на мембранный фильтр и выбрасывают.

6. В фильтрат, оставшийся после 5-й операции, добавляют хлористый барий. Осадок сульфата бария отфильтровывают на мембранный фильтр и определяют его радиоактивность, т.е. радиоактивность тиосульфата.

7. Фильтрат, оставшийся после 6-й операции, подщелачивают до щелочной реакции, а затем кипятят. (Эта операция представляет собой основу упомянутого выше щелочного метода). Находящиеся в растворе полиитионаты превращаются в тиосульфат и сульфит.

8. После кипячения пробу нейтрализуют, добавляют перекись водорода и хлористый барий, при этом находящиеся в растворе серные соединения окисляются до сульфата и выпадают в осадок в виде сульфата бария. Осадок отфильтровывают на мембранный фильтр и определяют его радиоактивность, т.е. радиоактивность полиитионатов.

Предлагаемый нами метод учета полиитионатов нетрудоемок. Приводим данные по спонтанному химическому окислению сероводорода кислородом воздуха в стерильной незабуференной среде (см. рисунок). Содержание полиитионатов в этом случае уже через сутки достигало 30% от исходного содержания сероводорода или 60% от количества окисленного сероводорода.

1. И в а н о в М.В. Роль микроорганизмов в образовании отложений серы в сероводородных источниках Сергиевских минеральных вод. — Микробиология, 1957, т. 26, вып. 3, с. 338-345.
2. С о р о к и н Ю.И. О механизме химического и биологического окисления сульфидов в разбавленных растворах. — В кн.: Микрофлора, фитопланктон и высшая растительность внутренних водоемов, Л., 1967, с. 75-84.
3. K u r t e n a c k e r A. Analytische Chemie der Sauerstoffsäuren des Schwefels. Stuttgart, Enke, 1938, S. 134-151.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

М. Перес Ейрис, М. Аврора Публиенес,
В.И. Романенко, В.М. Кудрявцев

ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
В ЕВТРОФНОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ОЛЬГИН НА КУБЕ

Водохранилище Ольгин расположено в восточной части Кубы в провинции Орьенте. Этот сформировавшийся водоем существует уже 20 лет. Водохранилище сооружено на р. Какоюгвин с целью питьевого водоснабжения г. Ольгин, от которого находится в 15 км к северо-западу.

Водоем мелководный, в сухой период средние глубины не превышают 2,5-4 м. Лишь у плотины на небольшой площади глубина равна 8-9 м, а в период дождей достигает 19 м. Его прибрежная часть покрыта сформировавшимися зарослями *Paspalum* и *Polygonum*. В сухой период года в центре водохранилища обнажается островок высшей водной растительности. При НПГ площадь водоема равна 1,76 км², объем — 5 млн м³, водосборная площадь — 68,7 км².

Нас интересовали конкретные величины первичной продукции органического вещества в сформировавшемся евтрофном водохранилище тропической зоны, численность бактерий, скорость их размножения и продукция бактериальной биомассы.

Водохранилище обследовалось в мае 1973 г. Пробы воды отбирались в 7 пунктах водоема (рис. 1). На самой глубокой станции (1) было определено содержание кислорода по вертикали, распределение водорослей и бактерий, у поверхности — дневная

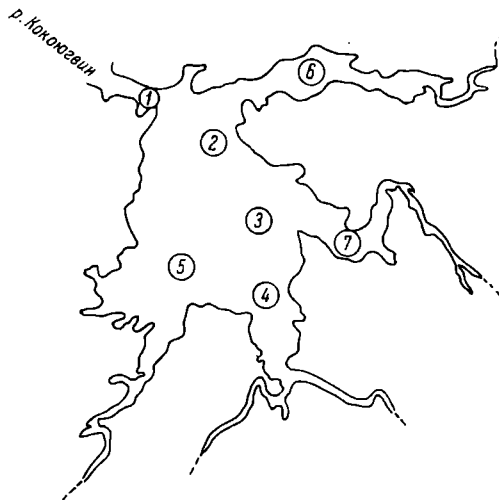


Рис. 1. Схематическая карта водохранилища Ольгин.
Цифры в кружках – место отбора проб воды (станции).

динамика фотосинтеза. При работе использованы методы, описанные в руководстве С.И. Кузнецова и В.И. Романенко [1].

На трех станциях (1, 3, 6) был определен химический состав воды. Ниже приведены средние данные по всем станциям, поскольку результаты анализа оказались близкими (табл. 1). Отличительная особенность воды этого водохранилища – относительно высокая минерализация (сумма ионов около 500 мг/л) и соответственно повышенная электропроводность воды (508 мкСм).

Воды карбонатные с относительно низким содержанием сульфатов. Характерная особенность химического состава воды этого водоема – превышение содержания магния над кальцием, в то время как для большинства водоемов Кубы имеет место обратное соотношение.

Прозрачность воды в период обследования равнялась на всех станциях 0,6 м по диску Секки. Поэтому фотосинтез шел интенсивно в самом поверхностном слое воды (рис. 2), хотя водоросли равномерно распределены до 4 м. Глубже численность их резко снижается. В толще воды имелась большая зона „светового голодания“ водорослей. В поверхностном слое содержание растворенного в воде кислорода достигало 7 мг/л, а на глубине 3 м наблюдалось резкое его снижение, доходившее на 6 м до полного исчезновения. Вода обладала большой карбонатной буферностью, в связи с чем рН ее не поднимался выше 8,2. По глубине отмечалось 2 максимума численности бактерий: в районе температурного скачка постоянно на глубине 3–4 м [3] и в придонных слоях воды.

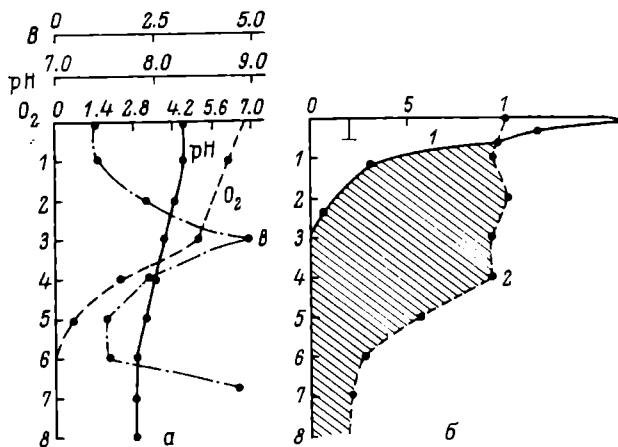


Рис. 2. Химические и биологические данные.

а – pH, кислород (O_2 , мг/л) и численность бактерий в воде (B , млн/мл); б – световая кривая фотосинтеза (1) и распределение водорослей в толще воды (2).

По оси ординат – глубина, м; по оси абсцисс – относительные единицы.

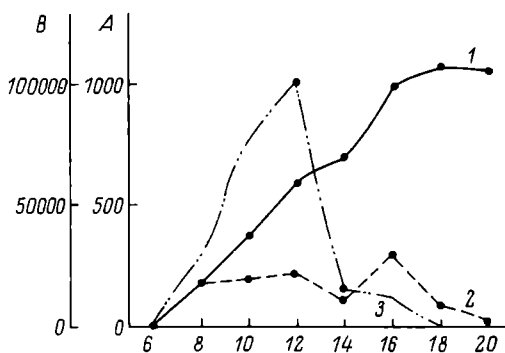


Рис. 3. Суточная динамика образования органического вещества в процессе фотосинтеза (1), прирост органического вещества через каждые 2 часа (2) и величины освещенности (3).

По оси ординат – органическое вещество (A , мг С/л) и освещенность (B , лк); по оси абсцисс – время суток, ч.

Т а б л и ц а 1

Химический состав воды

Форма выраже- ния ана- лиза	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ [']	SO ₄ ^{''}	Cl [']	NO ₃ [']	Сумма ионов	Жест- кость общая, мг- экв/л	Окисляе- мость, mgO ₂ /л		Элек- тро- провод- ность, мксм
											пер- манга- натная	би-хро- матная	
мг/л	25	53.9	23.7	2.4	360	6.8	28	0.8	500.6	-	7.0	25.1	508
мг-экв	1.25	4.44	1.03	0.06	5.90	0.14	0.79	0.01	-	5.69	-	-	-

П р и м е ч а н и е. Окисляемость определена спустя несколько месяцев, поэтому величины ее несколько занижены.

Т а б л и ц а 2

Численность и время генерации бактерий, продукция и деструкция органического вещества

	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6	Ст. 7
Глубина, м	8,0	3,5	2,5	4,5	4,0	3,0	3,0
Температура по- верхностного слоя воды, °С ...	28,8	28,4	29,2	29,8	29,0	31,6	31,4
Содержание кисло- рода в поверх- ностном слое во- ды, мг/л	5,25	4,54	6,08	6,30	6,05	7,94	6,91
Валовая продукция фитопланктона, + мг С/л в сутки	2,3	0,59	1,35	1,6	1,35	0,78	0,87
Валовая продукция фитопланктона, г С под 1 м ² в сутки	2,68	0,70	1,58	1,87	0,91	0,91	1,02
Деструкция органи- ческого вещества у поверхности, мг О ₂ /л в сутки	2,21	2,78	3,14	3,23	3,04	3,43	3,90
Деструкция органи- ческого вещества под 1 м ² , г С в сутки ⁺⁺	2,6	2,9	2,4	4,4	3,6	3,1	3,5
Общее количество бактерий, млн/мл	1,0	3,0	5,6	5,4	2,5	2,8	2,5
Биомасса бактерий при объеме бак- териальной клет- ки 0,5 мк ³ , мкг С/л	37,5	112	209	202	94	105	94
Бактериальная ас- симилиция СО ₂ , мкг С/л в сутки	27,1	29,2	21,0	35,8	34,8	27,5	27,6
Продукция бакте- риальной био- массы, мкг С/л в сутки	453	488	351	598	668	459	461

Т а б л и ц а 2 (продолжение)

	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6	Ст. 7
Время генерации бактерий, ч	6.3	9.9	16.6	12.2	7.9	9.4	9.5
Ассимиляция бактериями CO_2 на 1 мг потребленного кислорода ...	12.2	10.5	6.7	11.1	11.2	8.1	7.1

П р и м е ч а н и е. ⁺ – для перехода к валовой величине результаты, полученные по ^{14}C , умножены ввиду высокой температуры на максимальный коэффициент 1.9 [2]; ⁺⁺ – расчет произведен при дыхательном коэффициенте 0,8, для ст. 1 – лишь для аэробной зоны.

Продукция фитопланктона в водохранилище очень высокая: от 0.59 до 2.3 мг С/л или 0.7–2.68 г С под 1 м² в сутки. В течение дня максимальный прирост органического вещества фитопланктона не совпадает с максимумом освещенности (рис. 3).

Столь же интенсивно протекают процессы разрушения органического вещества в толще воды. В целом его деструкция почти в 2 раза превышает продукцию фитопланктона, что связано со значительной продукцией высшей водной растительности.

Общее количество бактерий колеблется от 1 до 5.6 млн в 1 мл воды на разных станциях. При этом гетеротрофная ассимиляция углекислоты достигает высоких величин, характерных лишь для автотрофных водоемов (21.0–35.8 мкг С/л в сутки), а продукция бактериальной биомассы колеблется около 0.5 мг С на 1 л в сутки. Примечательно, что в расчете на 1 мг потребленного на дыхание биоценозом кислорода гетеротрофная ассимиляция CO_2 выражается близкими величинами и соответствует тем показателям, которые характерны для гетеротрофных бактерий (табл. 2).

Скорость размножения бактерий, выраженная временем генерации, весьма высока и равна в среднем 10 ч с колебанием от 6.3 до 12.2 ч. В зарослях высшей водной растительности численность бактерий, как правило, немного выше, чем у края куртин.

На глубоких станциях в придонных слоях не было кислорода, а в пунктах с глубинами 2–4 м у дна содержание растворенного кислорода на 1.5–2 мг меньше, чем у поверхности.

Количество сапрофитных бактерий, учтенные на МПА, невелико (100–400 колоний на 1 мл воды), при этом во всех пробах постоянно вырастали грибы почти в таком же количестве, как и бактерии. В донных отложениях всегда имелись сульфатредуцирую-

шие бактерии (3000 на 1 г сырого грунта), денитрифицирующих бактерий очень мало (2000) и всегда встречались анаэробные азотфиксаторы (1000 на 1 г грунта).

Таким образом, по всем показателям водохранилище Ольгин типично евтрофный водоем, характеризующийся большим количеством водорослей, высокими величинами первичной продукции и деструкции органического вещества, низкой прозрачностью воды, большим количеством бактерий и высокой скоростью их размножения, отсутствием кислорода в гипolimнии в пунктах с большими глубинами, резкими перепадами кислорода в дневные и ночные часы.

Л и т е р а т у р а

1. Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. М.-Л., 1963. 129 с.
2. Романенко В.И. Сравнение кислородного и радиоуглеродного методов определения интенсивности фотосинтеза фитопланктона. - В кн.: Микрофлора, фитопланктон и высшая растительность внутренних водоемов. Л., 1967, с. 54-60.
3. Perez Eiriz M., Moncada M. Informe Preliminar sobre Las variaciones estacionales en un embalse antiguo en las estaciones de Lluvia y seca (Embalse de Holguin, Cuba). - Ser. Forestal, A.C. De Cuba, 1975, N 20, p. 1-15.

Департамент экологии леса, Куба
Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Н.А. Лаптева, А.С. Даукшта,
С.В. Монакова

ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИЙ В ОЗЕРАХ ЛАТВИИ, УЧИТЫВАЕМЫХ МЕТОДОМ ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗВЕДЕНИЙ НА СРЕДЕ С ЕСТЕСТВЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Для количественной оценки бактерий в водоемах пользуются 2 методами: подсчетом их непосредственно под микроскопом по Разумову и посевом на искусственные питательные среды. Первый метод дает представление об общей численности бактерий. При посевах учитывается лишь небольшой процент физиологически активных бактерий, так как большинство из них не растет на средах с высоким содержанием органического вещества. Вероятно, это можно объяснить тем, что основная масса бактерий требует для разви-

Характеристика обследованных озер ЛатвССР

Озеро	Тип озера	Горизонт, м	Цветность, град. хромо-к-бальной шкалы	Прозрачность, м	Температура, °С	Содержание кислорода, мг O ₂ /л	Перманганатная окисляемость, мг O/л	Продукция органического вещества фитопланктонов, мг С/л
Доткас	Евтрофное	Поверхность	35	0.65	20	10.9	12.6	2.5
Вишю	Мезотрофное	"	23	2.65	21	10.13	8.5	0.14
Резнас (центр)	Олиготрофное	"	12	3.30	16	9.79	5.3	0.12
Дридзас	"	"	10	3.7	18	9.73	5.7	0.070
		12	12	-	9	8.69	5.0	0
		40	12	-	7	9.24	4.8	0
Заболотниеху	"	Поверхность	70	1.65	23.5	9.42	20.6	0.071
		5	-	-	11	1.69	20.2	0.001
		7	70	-	9	1.96	20.4	0
		15	70	-	7	0.46	19.6	0
Бригенес	"	Поверхность	9	4.0	22	9.64	5.4	0.089
		8	9	-	13	8.29	4.7	0.024
		20	9	-	7	5.52	4.2	0

Т а б л и ц а 2

Количество живых бактерий в пробе воды озер при посеве на безбактериальную среду методом последовательных 10-кратных разведений

Озеро	Горизонт, м	Исходное количество бактерий в воде озера			Количество бактерий после 5 дней роста на безбактериальной воде		
		по прямому счету, млн/мл	на РПА	на РПА/10	по титрам при прямом подсчете, млн/мл	на РПА	на РПА/10
Доткас	Поверхность	5,5	160	600	0,001	1000	1000
Вишю	"	0,45	80	1300	0,01	1000	1000
Резнас (центр) ...	"	0,5	150	510	0,01	10000	10000
Дридзас (заросли)...	"	0,8	230	900	0,1	10000	10000
Дридзас	"	1,0	64	3000	0,001	100	1000
	12	0,42	2000	4400	0,10	10000	10000
	40	0,34	530	1260	0,10	10000	10000
Зоболотнику	Поверхность	0,8	100	4000	0,001	1000	1000
	5	0,45	84	850	0,1	1000	1000
	7	0,30	320	1640	0,1	10000	100000
	15	0,41	2040	16000	0,1	10000	100000
Бригенес	Поверхность	0,57	22	140	0,01	10000	10000
	8	0,35	8	90	0,01	10000	10000
	20	0,27	320	1300	0,1	1000	100000

тия более низких концентраций органического вещества по сравнению с его содержанием в используемых питательных средах.

В.И. Романенко был предложен метод, позволяющий определить численность живых бактерий в водоемах [1]. В качестве питательной среды используется вода из водоемов с естественным содержанием органического вещества.

Мы предприняли попытку определить этим методом количество живых физиологически активных бактерий в озерах разной трофности.

В июне-июле 1975 г. нами было обследовано 6 озер в восточной части ЛатвССР. В озерах с полной гомотермией число бактерий определяли в поверхностном слое воды, в стратифицированных — в поверхностном, в зоне температурного скачка и в придонном горизонтах. В качестве питательной среды брали воду исследуемых горизонтов. Ее готовили по методике В.И. Романенко [1]. Анализировали исходное количество бактерий путем прямого подсчета и высевом на рыбопептонный агар (РПА) и РПА, разбавленный в 10 раз (РПА/10). Из этих же проб методом титров делали посевы на стерильную безбактериальную воду в серию пробирок до 8-го разведения в 3-кратной повторности. Разведения велись 10-кратно, после перенесения 1 мл среды из одной пробирки в другую. Через 5 дней после инкубирования при температуре воздуха 20–22° из всех пробирок отбирали 1 мл среды и засевали на вышеуказанные агаризованные среды. В оставшуюся в пробирках воду добавляли пастеровской пипеткой каплю меченого гидролизата белка [2] с исходной активностью $0,22 \times 10^6$ и оставляли на 2 ч. При этом исходили из того, что живые бактерии активно ассимилируют гидролизат. Затем содержимое пробирок фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,3 мкм марки „Сынпор“, промывали 10 мл стерильной безбактериальной воды, высушивали и просчитывали радиоактивность фильтров под счетчиком Гейгера. Контролем служила незасеянная пробирка с гидролизатом белка. Наличие роста определяли в крайнем разведении, где радиоактивность явно была выше контроля. Число сапрофитных бактерий учитывали по росту их на агаризованных питательных средах из предельных разведений.

В озерах Доткас, Вишкю, Резнас наблюдалось полное перемешивание водной массы. Температура воды и содержание кислорода в них были благоприятны для развития гетеротрофной аэробной микрофлоры (табл. 1).

В группе олиготрофных озер (Дридзас, Заболотниеку, Бригес) кислород присутствовал до дна в значительных количествах. В оз. Заболотниеку в придонных слоях его содержание было ничтожным ($0,46 \text{ мг } \text{O}_2/\text{л}$). Концентрация растворенного органического вещества (согласно перманганатной окисляемости) отмечена высокой в олигодистрофном оз. Заболотниеку ($20 \text{ мг } \text{O}/\text{л}$), в олиготрофных озерах — в пределах $5 \text{ мг } \text{O}/\text{л}$. В стратифицированных озерах его содержание незначительно снижалось в гипolimнионе. Образование органического вещества за счет фотосинтеза фито-

планктона интенсивно происходило в евтрофном оз. Доткас, слабо — в олиготрофном оз. Резнас.

На безбактериальной воде с естественным содержанием органического вещества учитывается, как правило, меньше бактерий, чем по методу Разумова (табл. 2). Особенно эта разница значительна в евтрофном оз. Доткас и в поверхностном горизонте оз. Дридзас. В мезотрофном оз. Вишкю и олиготрофном оз. Резнас общее количество бактерий лишь в 10 раз превосходило число живых бактерий, определяемое по методу титров. В зарослях оз. Резнас величины численности бактерий, учитываемые вышеуказанными методами, одинаковы.

Интересные результаты по численности активных бактерий наблюдались в стратифицированных озерах. Так, в оз. Дридзас в зоне температурного скачка и в придонных слоях их количество в 1000 раз больше, чем в поверхностных горизонтах, и выражается величиной одного порядка с общим количеством бактерий, учитываемых по методу Разумова.

Аналогичную картину мы наблюдали и в олигодистрофном оз. Заболотниекю. В олиготрофном оз. Бригенес общее число бактерий в поверхностном слое воды и в зоне температурного скачка равно соответственно 0.57–0.35 млн/мл, тогда как по методу титров обнаружили 10000 в 1 мл воды, т.е. в 10 раз меньше. В придонном горизонте содержание живых бактерий и их общее количество были практически одинаковы.

Количество сапрофитных бактерий, учитываемое после 5 дней роста на безбактериальной среде, как правило, оказывалось большим, чем в воде озер. Так, в озерах с полным перемешиванием оно в 20 раз превышало исходное. Максимальное же число сапрофитов по методу титров, обнаруженное в воде стратифицированных озер Заболотниекю и Бригенес, было равно общему количеству бактерий, определенному этим же методом. Необходимо отметить, что на РПА, разведенной в 10 раз, учитывается в 10–100 раз больше сапрофитных бактерий, чем на РПА.

Таким образом, в исследуемый период наибольшее количество живых бактерий наблюдалось в стратифицированных олиготрофных озерах в слое термоклина и в придонных горизонтах. Вероятно, это связано с тем, что здесь скапливается опускающийся в силу увеличения плотности воды из эпилимниона отмерший фитопланктон и детрит, в результате присходит интенсивное развитие бактерий.

Низкие величины живых бактерий по сравнению с их общим количеством в воде евтрофного оз. Доткас, вероятно, можно объяснить интенсивным развитием в этот период водорослей, которые подавляют их активность.

1. Романенко В.И. Новый метод определения численности живых бактерий в водоемах и сравнение его с методом А.С. Разумова. — Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1974, № 22, с. 18–21.
2. Романенко В.И., Лаптева Н.А., Даукшта А.С. Использование меченого гидролизата белка для определения границы развития бактерий в разведениях на натуральной воде. — Гидробиол. ж., 1976, т. 12, вып. 5, с. 81–83.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А.Г. О х а п к и н, Г.В. К у з ь м и н

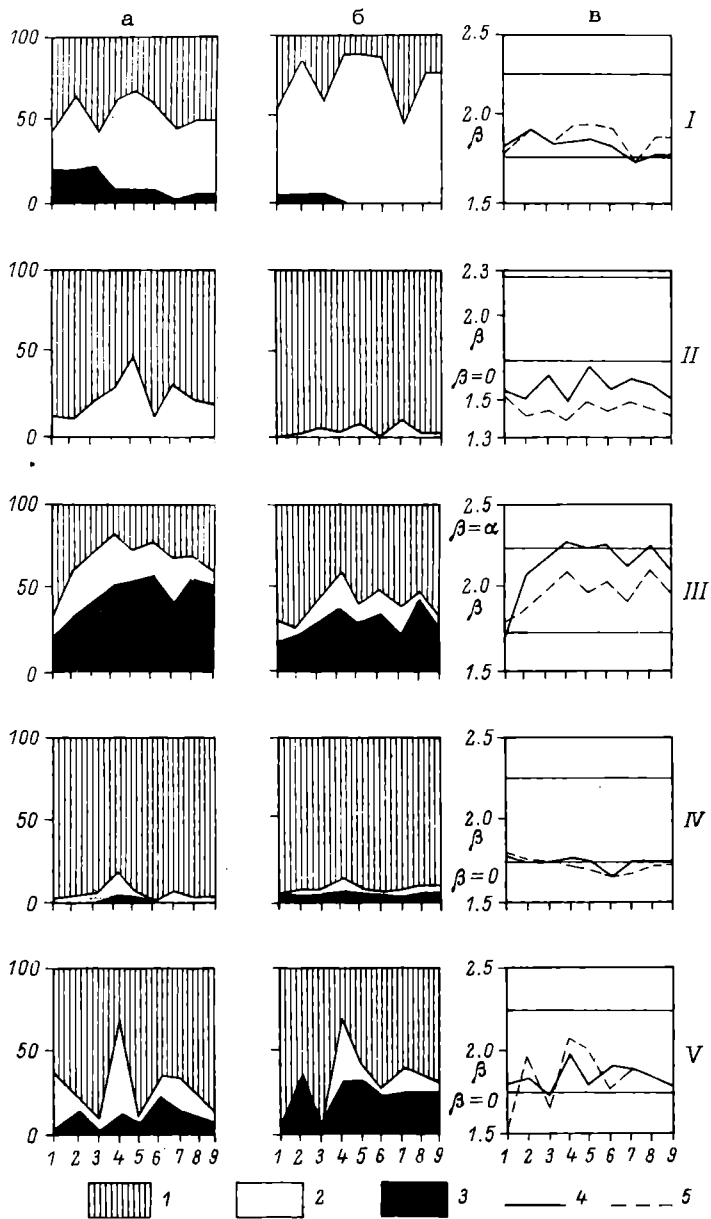
САПРОБНОСТЬ ВОД НИЗОВЬЯ ВОЛГИ

Нижняя незарегулированная часть Волги от Волгограда до взморья практически лишена боковой приточности. Качество ее вод определяется вышележащим Волгоградским водохранилищем. Сапробность воды этого участка ранее не изучалась.

Исследование сапробного состояния Волги от Волгограда до пос. Оля проводилось нами в 13 рейсах (1969, 1970, 1972, 1975 гг.). Сбор и обработка фитопланктона осуществлены по ранее описанной методике [1]. Сапробность оценивалась по методу Пантле–Бука в модификации Сладечека [3], при этом использовалась не только численность индикаторных видов фитопланктона, но и их биомасса.

Полученные данные свидетельствуют (табл. 1), что Волга в районе Волгоград–Оля относится к β -мезосапробному классу с колебаниями от β -олиго- до β -мезосапробной зоны.

Уровень сапробности по сезонам не остается постоянным. Так, весной (май) в планктоне преобладали диатомовые водоросли *Melosira islandica* (2.4 млн кл./л) и *Diatoma elongatum* (1.4) в сопровождении *Asterionella formosa* (0.4) и *Staphanodiscus hantzschii* var. *pusillus* (0.4 млн кл./л). Среди показательных видов господствовали истинные β -мезосапробы и индикаторы более чистых вод (см. рисунок, а, б). Доля высокосапробных видов незначительна. Индексы сапробности всего участка лежали в пределах нижней границы β -мезосапробной зоны. Это говорит о том, что экосистема, по-видимому, справлялась с поступающими с водами половодья и весеннего паводка органическими соединениями.



В конце июня с увеличением температуры воды и интенсификацией процессов самоочищения индексы сапробности снижались, значительно увеличивалась в планктоне доля представителей чистых вод, уменьшалось обилие истинных β -мезосапробов, а развитие высокосапробных видов почти полностью прекращалось (см. рисунок, II, а, б). Индексы сапробности смешались в это время в β -олиго-мезосапробную зону.

Для середины лета (конец июля-начало августа) характерен самый высокий уровень сапробного состояния волжских вод в исследуемом районе. Индексы сапробности, рассчитанные по численности, в ряде случаев указывали даже на β - α -мезосапробную зону. Средние значения индексов, рассчитанные по численности клеток, достигали 2.16, а по биомассе - 1.98. Наиболее высок в этот период был и процент видов с повышенной сапробностью (см. рисунок, III, а, б). В планктоне преобладали *Stephanodiscus subtilis* (6.8 млн кл./л) и *S. hantzschii* var. *pusillus* (2.7).

В конце августа интенсивное развитие синезеленых (*Microcystis aeruginosa* - 47.2, *Aphanizomenon flos-aquae* - 5.0 млн кл./л) и диатомовых водорослей (*Melosira italica* - 8.4, *M. ambigua* - 4.6 млн кл./л) способствовало значительному самоочищению воды. Индексы сапробности в этот период указывали на β - β -олиго-мезосапробную зону (см. рисунок, IV, б) и составляли в среднем 1.76 по численности и 1.73 по биомассе. Структура планктонных группировок характеризовалась преимущественным развитием представителей низкосапробных вод (81-97%) и незначительным участием видов-показателей высоких степеней сапробности.

Осенью (октябрь) в результате снижения интенсивности процессов разложения отмершего летнего планктона, а также вследствие поступления дополнительного количества аллохтонного органического вещества с водами осеннего паводка развивались фитоценозы с большим, чем в августе, числом высокосапробных

Сезонные изменения структуры сапробных фитоценозов (а, б) и распределения индексов сапробности (б).

I - 19-22 мая 1972 г., II - 25-29 июня 1970 г., III - 28 июля-1 августа 1969 г., IV - 18-21 августа 1972 г., V - 12-14 октября 1970 г.

Индекс сапробности: 1 - <2.0, 2 - 2.0, 3 - >2.0, 4 - рассчитанный по численности индикаторных видов, 5 - по биомассе.

По оси ординат: а - соотношение индикаторных видов водорослей в общей численности показательных форм, %; б - то же по биомассе, б - индексы сапробности.

По оси абсцисс - станции: 1 - Волгоград, 2 - Райгород, 3 - Каменный Яр, 4 - Черный Яр, 5 - Ветлянка, 6 - Енотаевка, 7 - Замьяны, 8 - выше Астрахани, 9 - ниже Астрахани.

Т а б л и ц а 1

Средние за сезоны индексы сапробности, рассчитанные по численности (в числителе) и биомассе (в знаменателе) индикаторных видов фитопланктона

Станция	Весна	Лето	Осень
Волгоград	$\frac{1.89}{1.89}$	$\frac{1.83}{1.81}$	$\frac{1.76}{1.69}$
Райгород	$\frac{1.89}{1.94}$	$\frac{1.94}{1.72}$	$\frac{1.75}{1.76}$
Каменный Яр	$\frac{1.84}{1.90}$	$\frac{1.79}{1.76}$	$\frac{1.52}{1.49}$
Черный Яр	$\frac{1.84}{1.94}$	$\frac{1.85}{1.80}$	$\frac{1.81}{1.80}$
Ветлянка	$\frac{1.82}{1.94}$	$\frac{1.88}{1.77}$	$\frac{1.75}{1.77}$
Енотаевка	$\frac{1.78}{1.89}$	$\frac{1.82}{1.73}$	$\frac{1.80}{1.68}$
Замьяны	$\frac{1.76}{1.80}$	$\frac{1.86}{1.73}$	$\frac{1.77}{1.69}$
Выше Астрахани	$\frac{1.80}{1.80}$	$\frac{1.92}{1.82}$	$\frac{1.73}{1.86}$
Ниже Астрахани	$\frac{1.80}{1.90}$	$\frac{1.80}{1.74}$	$\frac{1.84}{1.69}$
Икряное	$\frac{1.81}{1.92}$	$\frac{1.85}{1.75}$	-
Оля	$\frac{1.80}{1.91}$	$\frac{2.25}{1.94}$	$\frac{2.00}{1.60}$
Средний индекс	$\frac{1.82}{1.89}$	$\frac{1.89}{1.78}$	$\frac{1.77}{1.70}$

Т а б л и ц а 2

Средние за сезоны индексы сапробности (по численности фитопланктона) Волги в районе Астрахани в 1909 г. и 1969–1975 гг.

Сезон	По: Эльдарова–Сергеева [2]	Наши данные
Весенний	1.68	1.80
Летний	1.73	1.80
Осенний	1.63	1.84
Средняя	1.68	1.81

видов и истинных β -мезосапробов (см. рисунок, У, а, б). Однако качество воды оставалось по-прежнему удовлетворительным, не выходя из границ β - β олиго-мезосапробной зоны.

Изменения средних за сезоны величин сапробности (табл. 1) незначительны, что, по-видимому, можно рассматривать как признак довольно высокой стабильности экосистемы участка и как результат влияния вышерасположенных водохранилищ, являющихся мощным агентом самоочищения волжских вод.

Нами были вычислены индексы сапробности по флористическому списку М.Х. Эльдаровой–Сергеевой [2], проводившей исследования в районе Астрахани в 1909 г. Сравнение полученных данных (табл. 2) свидетельствует, с одной стороны, о сравнительно небольшом увеличении загрязнения органическим веществом за прошедшие годы, а с другой – о довольно мощной самоочистительной способности незарегулированного участка Волги.

Л и т е р а т у р а

1. Кузьмин Г.В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие. – В кн.: Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975, с. 73–87.
2. Эльдарова–Сергеева М.Х. Фитопланктон дельты реки Волги за 1909 г. – Тр. Астраханск. ихтиол. лабор., 1913, т. 2, вып. 7, с. 3–83.
3. Sladecsek V. System of water quality from the biological point of view. – Arch. Hydrobiol., Beih. Ergebn. Limnol., 1973, h. 7, p. 1–218.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА
В СОЛЕННЫХ ОЗЕРАХ КРЫМА

Данные о первичной продукции в соленых водоемах исчерпываются к настоящему времени статьями С.И. Кузнецова и В.И. Романенко [2], Э.Г. Добрынина [1] – для соленых озер Крыма, В.Д. Вильямса [4] – для Австралии. Работы этих авторов относятся, однако, к разовым наблюдениям и дают лишь ориентировочное представление о продукции фитопланктона в высокосолёных озерах.

Цель нашей работы состояла в изучении продукции фитопланктона соленых озер степной части Крыма в течение вегетационного периода 1974 г. С мая по октябрь были обследованы Сакское озеро и Сасык-озеро, в августе–октябре – Мойнакское озеро. Высокая инсоляция и, как правило, сильные сухие ветры в районах расположения соленых водоемов превращают их в летние месяцы в интенсивные испарители. Так, концентрация солей в Сакском озере увеличилась с 58 г/л в мае до 140 г/л в сентябре, а в Сасык-озере – от 77 до 200 г/л за тот же период. Столь большие колебания солёности в этих озерах обусловлены отсутствием осадка NaCl и разбавлением рапы осенне–зимними атмосферными осадками.

Плотность рапы измеряли ареометром до третьего знака. Интенсивность фотосинтеза определяли радиоуглеродным методом В.И. Романенко и С.И. Кузнецова [3]. Отличие от прописи в руководстве состояло в том, что большая плотность рапы позволяла профильтровать только 10 мл пробы. Карбонаты определяли титрованием 100 мл рапы 0,1 н. раствором HCl с индикатором метилрот.

Первичную продукцию под 1 м² рассчитывали как произведение ее величины в поверхностном слое на глубину водоема. Возможность такого расчета обеспечена малыми глубинами (0,4–0,7 м), полной прозрачностью и ветровым перемешиванием всей водной массы.

Сакское озеро разделено дамбой на 2 части. В одну из них поступают производственные стоки сырьевой базы Сакского химического завода, другая (площадью 160 га со средней глубиной 0,5 м) представляет собой источник лечебной грязи для санатория и не подвержена посторонним воздействиям. Продукция фитопланктона в озере (табл. 1) достигала высоких величин уже весной и в начале лета, что обусловлено появлением в планктоне в больших количествах нитчатых водорослей. В Восточном Сиваше переход нитчатой водоросли *Cladophora sivaschensis* из прикрепленного состояния в планктон происходит при солёности около 50 г/л [2]. Такая концентрация солей существовала уже к началу наших наблюдений. Максимальная продукция планктонных нитчатых водорослей (10,92 мг С/л в сутки) отмечена в середине июня при солёности 70 г/л. При повышении концентрации солей до 80 г/л практически вся их масса отмирает и интенсивность фотосинтеза

Т а б л и ц а 1

Интенсивность фотосинтеза (Ф) в рапе Сакского озера

	15 У	15У1	1 УП	15 УП	2 УП	17 УП	1 1Х	15 1Х	15 Х	Среднее
Соленость, г/л	58	68	80	100	104	110	125	140	126	-
Температура, °С	22	28	28	29	29,5	30,5	26	21	21	-
Ф, мг С/л в сутки ...	1.78	10.92	0.26	0.22	0.60	2.02	0.66	0.21	0.49	1.91
Ф, г С/м ² в сутки ..	0.89	5.46	0.13	0.11	0.30	1.01	0.33	0.10	0.25	0.95

Т а б л и ц а 2

Интенсивность фотосинтеза (Ф) в рапе Саськ-озера

	13 У	3 У1	16 У1	19 УП	5 УП	22 УП	23 Х	Среднее
Соленость, г/л	77	83	90	130	147	165	203	-
Температура, °С	23	26	28	29	29,5	30,5	18	-
Ф, мг С/л в сутки ...	0.12	0.16	0.97	1.16	3.32	1.57	0.52	1.12
Ф, г С/м ² в сутки	0.08	0.11	0.68	0.81	2.32	1.10	0.36	0.78

Интенсивность фотосинтеза (Φ) в рапе Мойнакского озера

	14 УИИ	2 IX	16 IX	11 X
Соленость, г/л	85	90	90	84
Температура, °C	31	24	21	21,5
Φ , мг С/л в сутки ..	0.47	0.25	0.25	0.24
Φ , г С/м ² в сутки ..	0.28	0.15	0.15	0.14

уменьшается почти в 40 раз. В течение июля продукция фитопланктона находилась на низком уровне, но в августе (при солености 105 г/л) вновь возросла. С повышением солености до 140 г/л в середине сентября произошло заметное снижение продукции фитопланктона. Последующее разбавление рапы осенними дождями до 126 г/л вновь привело к повышению интенсивности фотосинтеза в октябре при понижении температуры.

С а с ы к - о з е р о - площадь 4700 га, средняя глубина 0,7 м. К началу наблюдений (13 мая) рапа озера имела соленость 77 г/л, равную той, при которой в Сакском озере произошло отмирание нитчатых водорослей. Поэтому в мае-начале июня в озере был отмечен самый низкий уровень первичной продукции (табл. 2). В июне-июле интенсивность фотосинтеза повышалась, достигнув максимума (3,32 мг С/л в сутки) в начале августа при солености около 150 г/л. Дальнейшее повышение концентрации солей привело к уменьшению продукции фитопланктона в озере.

М о й н а к с к о е о з е р о - площадь около 200 га, глубина 0,6 м. Продукция фитопланктона невелика (табл. 3), колебания ее не столь значительны, как в Сакском озере или Саськ-озере. Только в этом озере видно явное влияние температуры на интенсивность фотосинтеза. Последняя уменьшалась вдвое при снижении температуры от 31-32° в августе до 21-24° в сентябре-октябре. Концентрация солей в рапе оставалась при этом постоянной (85-90 г/л).

Из представленных данных видно, что интенсивность фотосинтеза в Сакском озере и в Саськ-озере в среднем весьма высока - 1,91 и 1,12 мг С/л в сутки соответственно. Столь высокая продукция фитопланктона в единице объема обусловила высокие ее значения и под 1 м² (0,95 и 0,72 г С/м² в сутки), несмотря на малую высоту фотосинтезирующего слоя в этих озерах.

1. Д о б р ы н и н Э.Г. Микробиологическая характеристика Сиваша и испарительных бассейнов садки соли. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод", 1974, № 22, с. 2-7.
2. К у з н е ц о в С.И., Р о м а н е н к о В.И. Микрофлора Сиваша и испарительных соляных промыслов. - Микробиология, 1968, т. 37, вып. 6, с. 1104-1108.
3. Р о м а н е н к о В.И., К у з н е ц о в С.И. Экология организмов пресных водоемов. Л., 1974. 194 с.
4. W i l l i a m s W.D. The uniqueness of salt lake ecosystem. - Proc. Probl. Freshwater. Proc. IBP-UNESCO, Symp. Kazimierz Dolny, 1970, Warszawa-Krakov, 1972, p. 349-361.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

И.В. Д о в б н я

О СЕЗОННОМ ИЗМЕНЕНИИ ФИТОМАССЫ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОВ

При подсчете первичной продукции, создаваемой высшей водной растительностью в ее надземной сфере, за годовую величину принимают биомассу фитоценозов во время цветения. Ряд авторов указывает на то, что годовая продукция в действительности выше фитомассы в момент цветения [1, 2].

Чтобы проследить изменения фитомассы и установить период максимума, нами проведены наблюдения за ее динамикой в течение всего сезона вегетации. Ежемесячно с мая по сентябрь в одном из заливов Иваньковского водохранилища на постоянных площадках брали укосы в ассоциациях с господством *Carex acuta*, *Scirpus lacustris*, *Equisetum fluviatile*, *Potamogeton natans*, *P. lucens*, *P. perfoliatus*, *Stratiotes aloides*. Растения срезали с 1 м² у поверхности грунта или доставали ботаническими граблями. Измерение проводили в 5-кратной повторности. Учитывали воздушно-сухой вес, а в ассоциациях полупогруженных растений - высоту и число экземпляров на 1 м². Учесть количество растений в ассоциациях гидатофитов не удалось, так как извлечь растения с большой глубины, не повредив, было невозможно.

В ассоциации *Carex acuta purum* с мая по июль происходило интенсивное нарастание фитомассы (табл. 1, 2). Наибольшее продуцирование биомассы наблюдалось после цветения - с 6 VI по 21 VII (осока острая цветет в мае-июне). В августе,

Т а б л и ц а 1

Динамика фитомассы макрофитов в течение
вегетационного сезона, г/м² (воздушно-сухой вес)

Заросли	8 V	6 VI	21 VII	29 VIII	19 IX
<i>Carex acuta</i>	41	266	745	633	510
<i>Scirpus lacustris</i> ...	-	128	396	556	433
<i>Equisetum fluviatile</i> ..	55	141	653	860	333
<i>Potamogeton natans</i>	-	40	147	221	153
<i>P. lucens</i> ...	-	31	131	172	67
<i>P. perfoliatus</i>	-	27	132	151	55
<i>Stratiotes aloides</i> ...	21	270	470	1096	576

несмотря на продолжавшийся рост осоки, в результате разрежения зарослей происходило снижение их фитомассы, которое прослеживалось и в сентябре.

В ассоциации *Scirpus lacustris purum* в мае были обнаружены низкорослые побеги, поэтому определения биомассы не произведено, но в начале июня число экземпляров на 1 м² уже составляло 112. В период усиленного нарастания растительной массы (с 6 VI по 21 VII) количество растений увеличилось вдвое, прирост в весе составил 0,9 см и 5,9 г в сутки. После цветения (цветет камыш озерный в районе Ивановского водохранилища в июле) наблюдалось дальнейшее, хотя и менее интенсивное, накопление растительного вещества преимущественно за счет прироста в высоту, и к концу августа фитомасса достигла максимума.

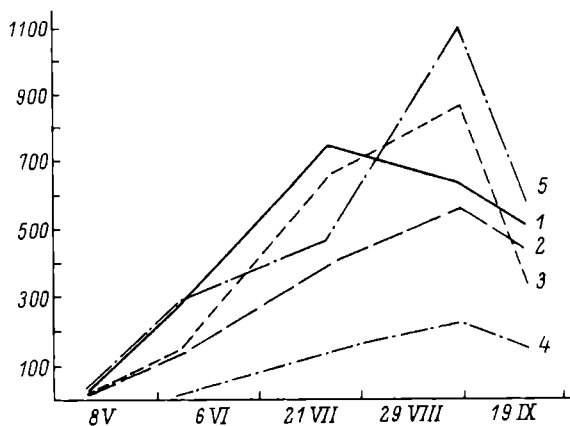
В ассоциации *Equisetum fluviatile purum* проросший в большом количестве хвощ полностью находился под водой, через месяц высота его достигла 60 см и число экземпляров на 1 м² - 416. С появлением спороносных побегов (июнь) темп вертикального роста заметно снизился, но начался период усиленного накопления биомассы за счет бокового ветвления. Вертикальный рост и увеличение веса растений не прекратились и после спороношения, которое происходит в конце июня-июле. Максимум фитомассы в этой ассоциации зарегистрирован в августе.

В ассоциациях *Potamogeton natans*, *P. lucens*, *P. perfoliatus purum* в начале мая развития растений почти не наблюдалось, в начале июня фитомасса рдестов во

Т а б л и ц а 2

Динамика роста растений в течение вегетационного сезона

Заросли	Показатели роста	8 V	6 VI	21 VII	29 VIII	19 IX
<i>Carex acuta</i>	Количество растений на 1 м ²	212	344	421	366	308
	Высота, см	30	70	145	170	150
	Вес одного растения, г	0.2	0.8	1.8	1.7	1.6
	Прирост в сутки, см	1.6	1.7	0.6	-	-
	То же, г	9.0	10.6	-	-	-
<i>Scirpus lacustris</i>	Количество растений на 1 м ²	-	112	221	217	169
	Высота, см	-	80	120	210	195
	Вес одного растения, г	-	1.1	1.8	2.6	2.5
	Прирост в сутки, см	-	0.9	2.3	-	-
	То же, г	-	5.9	4.1	-	-
<i>Equisetum fluviatile</i>	Количество растений на 1 м ²	-	416	342	338	268
	Высота, см	12	60	90	110	75
	Вес одного растения, г	-	0.3	1.9	2.5	1.2
	Прирост в сутки, см	-	1.9	0.6	0.5	-
	То же, г	-	3.4	11.3	5.3	-



Изменение фитомассы макрофитов за вегетационный период.

1 - *Carex acuta*, 2 - *Scirpus lacustris*, 3 - *Equisetum fluviatile*, 4 - *Potamogeton natans*, 5 - *Stratiotes aloides*. По оси ординат - фитомасса, г/м² (воздушно-сухой вес); по оси абсцисс - время сбора.

всех изучаемых ассоциациях была невелика. Наибольший прирост происходил с 6 VI по 21 VII (цветут рдесты в конце июня-июле). В дальнейшем вес возрастал, но менее интенсивно. В конце августа фитомасса достигла наибольшей величины.

В ассоциации *Stratiotes aloides purum* в начале мая началось массовое развитие молодых растений, еще не отделившихся от материнских, фитомасса телореза в этот период незначительна. В июне молодые экземпляры полностью отделились от старых, биомасса быстро увеличивалась, особенно значительно после цветения (цветет телорез в июле).

Таким образом, во всех рассматриваемых сообществах макрофитов (см. рисунок) нарастание растительной массы происходило с начала мая до конца августа (исключение составляли заросли осоки острой). Следовательно, максимальное развитие типичных для Иваньковского водохранилища ассоциаций наблюдалось несколько позже периода массового цветения. Количественные изменения происходили как в результате уплотнения зарослей при одновременном увеличении их высоты, так и при уменьшении числа экземпляров на 1 м² вследствие ветвления и вертикального роста.

1. Б о р у ц к и й Е.В. Методика изучения динамики биомассы макрофитов водохранилищ. – Тр. У1 совещ. по проблемам биол. внутр. вод, М.-Л., 1959, с 580–588.
2. Р а с п о п о в И.М., Р ы ч к о в а М.И. Биомасса некоторых группировок макрофитов Ладожского озера в сезонном аспекте. – В кн.: Гидробиология и ихтиология внутренних водоемов Прибалтики. Рига, 1963, т. 7, с. 177–182.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А.Ф. Т и м о х и н а

ЗООПЛАНКТОН В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ВОЛЖСКОЙ ГЭС
ИМ. В.И.ЛЕНИНА В 1974–1975 гг.

На основании еженедельных сборов, производившихся на постоянной станции примерно в 300 м от берега с мая по сентябрь в 1974 и 1975 гг., выявлен состав и характер сезонных изменений зоопланктона¹. Его видовой состав достаточно разнообразен. Из 84 видов, обнаруженных в Саратовском водохранилище [2], в нижнем бьефе ВОГЭС отмечено 63 вида, из них 22 – коловраток, 17 – ветвистоусых, 13 – циклопид, 6 – каланид.

Одна из характерных особенностей зоопланктона этого района – количественное преобладание рачков, особенно циклопид, средняя численность которых за вегетационный период составляет более 50% (см. таблицу). Относительно высокая численность коловраток отмечена лишь в мае и сентябре 1975 г.

Количественные показатели зоопланктона колеблются по сезонам и значительно отличаются по годам.

В 1974 г. средняя численность зоопланктона за вегетационный период составляла 20 тыс. экз./м³, а биомасса 213 мг/м³, в 1975 г. – 84 тыс. экз./м³ и 734 мг/м³. Высокая численность зоопланктона в 1975 г., вероятно, обусловлена малой водностью и более ранним и интенсивным по сравнению с 1974 г. прогревом вод. В сезонных изменениях количества зоопланктона отмечен один максимум, совпадающий с периодом массового размножения циклопид (рис. 1, 2). В зависимости от прогрева вод и сроков наступления биологической весны пики численности могут смещаться во времени. В 1974 г. максимум количества был во

¹ Сбор проб производился сетью Джудея малой модели от дна до поверхности.

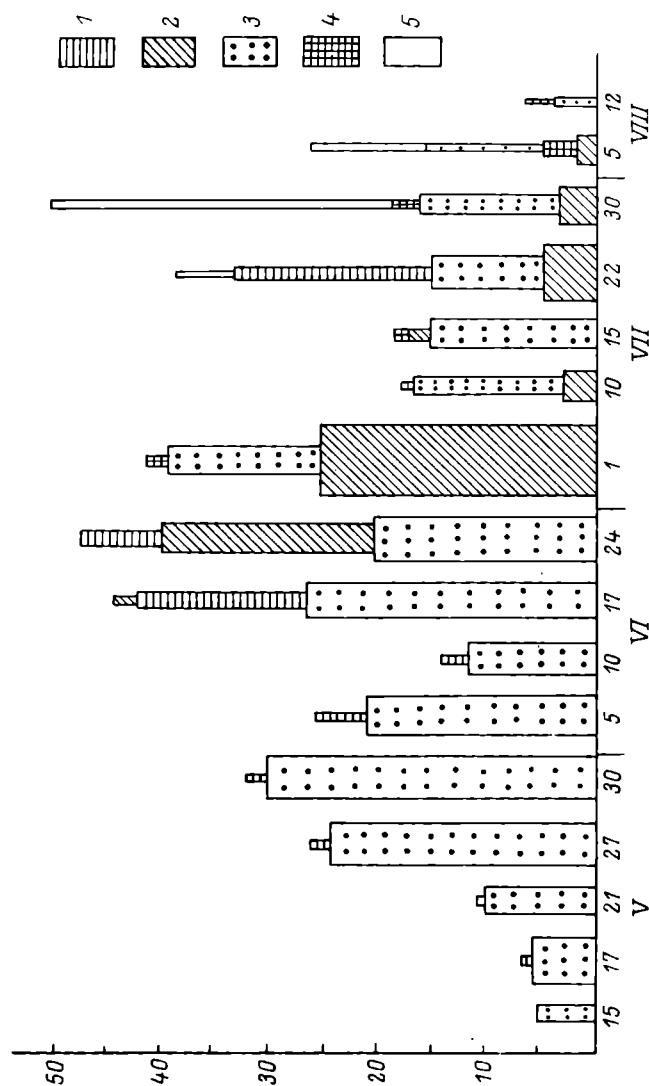


Рис. 1. Сезонные изменения зоопланктона в 1974 г.

1 - коловратки, 2 - клadoцеры, 3 - циклопиды, 4 - каланиды, 5 - велигеры.
По оси ординат - численность, тыс. экз./м³; по оси абсцисс - дата сбора материала;
биомасса, 1 см соответствует 250 мг/м³.

Соотношение численности (Ч) и биомассы (Б)
различных групп зоопланктона в 1974-1975 гг.
(среднее за май-сентябрь, %)

Год	Rotatoria		Cladocera		Cyclopoida		Calanoida	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
1974	16.8	6.6	15.8	33.6	61.6	50.2	5.8	9.6
1975	30.0	19.0	6.4	20.2	58.0	49.5	5.6	11.3

второй половине июня (температура воды на глубине 1 м составляла 15-16°), в 1975 г. в результате раннего и интенсивного прогрева вод - в последней декаде мая (температура воды 14-16°). С мая-июня происходило непрерывное снижение количественных показателей зоопланктона.

Несмотря на видовое разнообразие, в вегетационный период доминирует небольшая группа видов, значение которых меняется по сезонам. В мае 57-91% численности и 56-97% биомассы составляли циклопиды, представленные в основном 3 видами: *Cyclops vicinus*, *C. kolensis*, *Mesocyclops leuckarti*. Доминирующее значение циклопид сохранялось и в июне, однако в более теплом 1975 г. вместо *C. vicinus* и *C. kolensis* возросла роль *Acanthocyclops vernalis* ¹.

В весеннем планктоне значительную долю составляют коловратки, среди которых преобладают *Asplanchna priodonta* и *Keratella quadrata*. В июне повышается роль ветвистоусых, в особенности *Daphnia longispina* и *Bosmina longirostris*. Июль характеризуется резким спадом количества циклопид. Основу биомассы в этот период составляют ветвистоусые, главным образом *D. longispina*. Повышается значение каланид - *Eudiaptomus gracilis* и *Heterosira caspia* - и велигеров - *Dreissena*. Численность последних достигала в середине 1975 г. 95 тыс. экз./м³.

В августе резко сокращается количество всех компонентов планктона, за исключением каланид, количество которых несколько повышается по сравнению с июлем.

Характерная особенность сентября - обеднение видового состава и чрезвычайно низкие количественные показатели.

Таким образом, характер сезонных изменений в исследуемые годы в целом сходен. Однако в более маловодном 1975 г., отли-

¹ Преобладание циклопид в мае-июне отмечено также в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища.

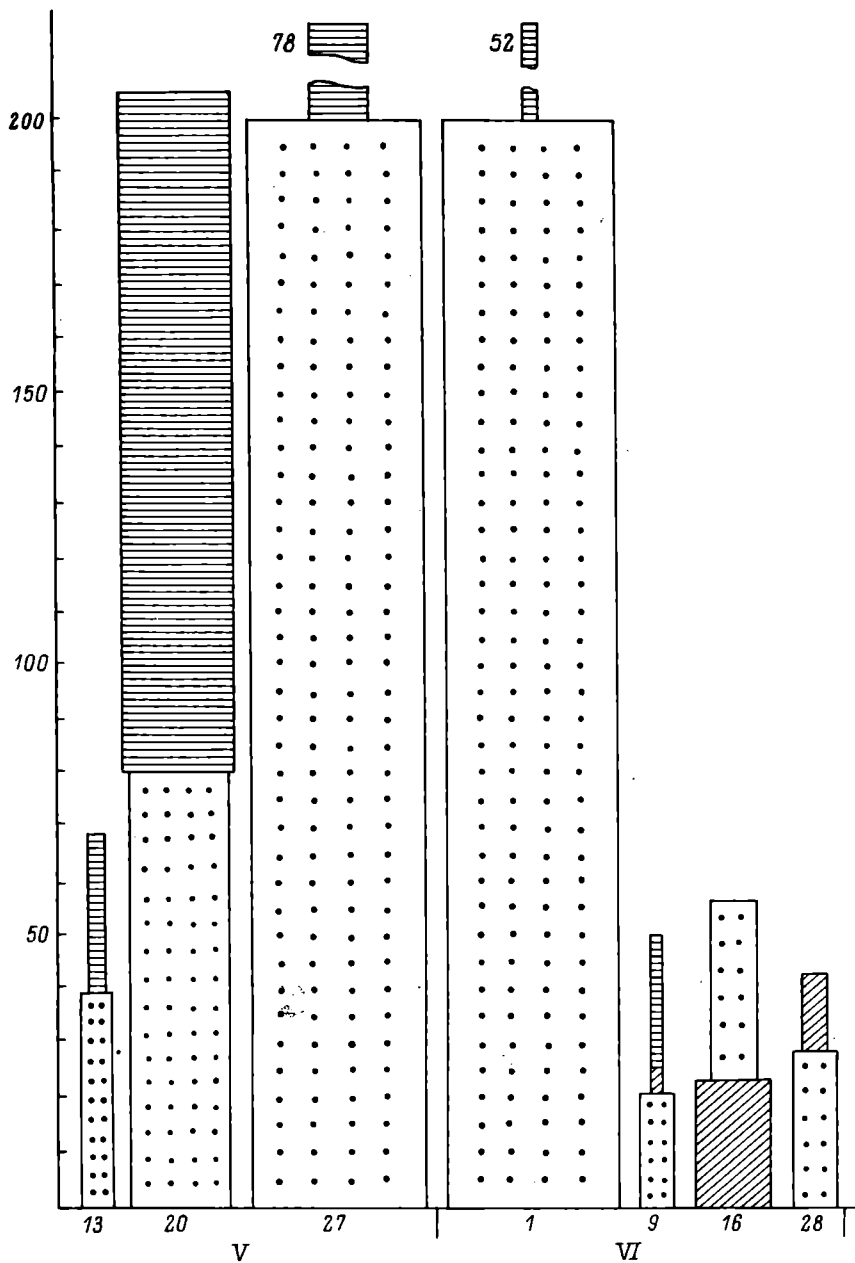


Рис. 2. Сезонные изменения планктона в 1975 г.

По оси абсцисс – биомасса, 1 см соответствует 500 мг/м³.

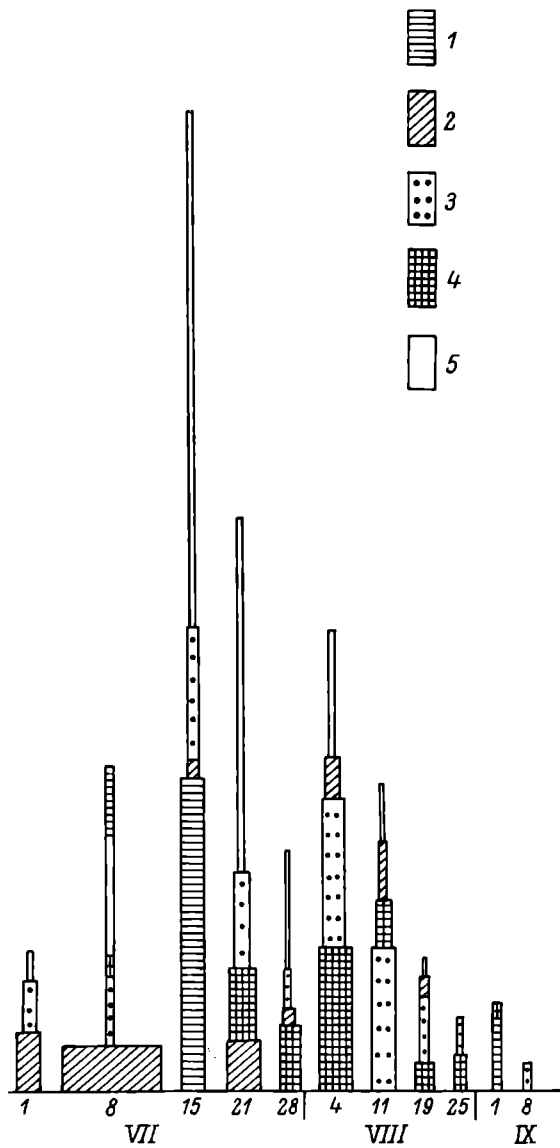


Рис. 2 (продолжение).

Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

чающемся ранним прогревом вод, численность и биомасса зоопланктона были соответственно в 4,2 и 3,5 раза выше, а их максимумы смещены на более ранние сроки, чем в 1974 г.

Смена ценозов определяется не только температурным, но и пищевым фактором [4]. Анализ сезонных изменений численности 6 видов кладоцер-фильтраторов (*Daphnia longispina*, *D. cucullata*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longispina*, *B. longirostris*, *B. coregoni*) показал, что их максимальная численность не совпадает во времени. В результате наиболее полно используются кормовые ресурсы. В частности, у *D. longispina* - самого многочисленного из кладоцер вида, интенсивное развитие и размножение происходят в середине лета в период распада диатомовых водорослей, способствующего росту продукции бактерий. Максимальная численность *Bosmina longirostris* - одного из пищевых конкурентов *D. longispina* [1], отмечена в мае, когда количество последней невелико. *Chydorus sphaericus* достигает наибольшей численности в августе, в период резкого сокращения количества *D. longispina*, отмершие покровы которой, вероятно, служат субстратом для обрастания бактериями - основной пищей хидриды [3].

Л и т е р а т у р а

1. Б о г а т о в а И.Б. Питание и пищевые отношения *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller), *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin) в прудах. - Сб. науч.-исслед. работ по прудовому рыбоводству. М., 1969, № 2, с. 38-43.
2. Д з ю б а н Н.А., К у з н е ц о в а С.П. Особенности формирования и распределения зоопланктона Саратовского водохранилища. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, № 28, 1975, с. 28-31.
3. С м и р н о в Н.Н. Биология ветвистоусых ракообразных. - В кн.: Итоги науки и техники, сер. зоол. беспозвоночных, М., 1975, т. 3, с. 127-158.
4. С о р о к и н Ю.И. Сравнительная оценка продуктивности планктона мелководий Волжского плеса Рыбинского водохранилища. - В кн.: Биология и продуктивность пресноводных организмов. Л., 1971, с. 5-16.

Куйбышевская станция
Института биологии внутренних вод
АН СССР

УСТОЙЧИВОСТЬ ЖГУТИКОНОСЦЕВ
BODO MARINA BRAARUD К ТОКСИКАНТАМ

Исследовалось отношение свободноживущего жгутиконосца *Bodo marina* Braarud (*Bodonina*, *Protozoa*) к токсикантам – фенолу, монурону, атразину.

Среди токсических веществ, загрязняющих водоемы, по вредности и распространению в первую очередь можно выделить яды фенольного ряда. Максимально переносимые концентрации фенола у различных одноклеточных гидробионтов существенно различаются. В концентрациях от 10 мг/л и выше фенол подавляет фотосинтез зеленых водорослей [6]. Инфузории могут продолжать некоторое время находиться в концентрациях фенола до 300 мг/л [3], пресноводные представители бодонид в модельных биоценозах в массовых количествах размножаются при 1000 мг/л [5].

Гербициды – атразин и монурон – привлекают внимание гидробиологов в связи с накоплением их в воде и в биосубстратах. Дозы 1,5–2 мг/л этих токсикантов угнетают фотосинтез водорослей, снижают биомассу зоопланктона и зообентоса в 1,5–4 раза [1,7]. Двухсуточное пребывание в концентрации атразина 10–20 мг/л оканчивается гибелью для *Daphnia pulex* и *D. magna* [2].

О токсическом действии перечисленных гербицидов на *B. marina* судили по поведению, темпу размножения и выживаемости этого простейшего. Жгутиконосцы культивировались в колбах Виноградского объемом 0,5 л по принятой ранее методике [4]. Токсикант до нужной концентрации добавлялся в стерильную среду перед внесением простейших. Исходный титр жгутиконосцев в опытах с фенолом – $0,07 \cdot 10^{-6}$, с атразином и монуроном – $0,17 \cdot 10^{-6}$.

Действие фенола исследовалось в концентрациях от 0,01 до 1000 мг/л. На средах с концентрацией фенола до 100 мг/л включительно никаких изменений в морфологии и поведении жгутиконосцев не отмечено (табл. 1). Максимальная численность в течение опыта и численность простейших на 20-й день были несколько выше на средах с содержанием фенола 0,1–100 мг/л. Это связано с интенсивным размножением на этих средах бактерий сопутствующего вида *Pseudomonas* sp. При увеличении концентрации до 250 и 500 мг/л бодо размножались только первые 2 дня. Затем культура постепенно деградировала: нарушалась двигательная активность клеток, начинался их лизис. В концентрации 1000 мг/л потеря двигательной активности наступала мгновенно, через сутки погибала половина жгутиконосцев.

Влияние атразина (производное симм-триазина) изучалось в концентрациях от 0,1 до 1000 мг/л. Жгутиконосцы оказались очень чувствительными к этому токсиканту. В концентрации 500 мг/л включительно атразин не влиял на поведение,

Т а б л и ц а 1

Размножение жгутиконосцев на средах с фенолом

Концентрация фенола, мг/л	Численность по дням культивирования, млн кл./мл				
	2	3	5	10	20
0 (контроль)	0.75	1.42	2.84	2.86	0.61
0.01	0.74	1.49	2.74	1.72	0.84
0.1	0.66	1.56	3.54	1.81	0.97
1.0	0.73	1.20	3.63	1.63	0.71
10	0.99	1.25	3.01	1.77	0.84
100	0.76	1.28	3.08	1.84	1.03
250	0.73	0.68	0.51	0.43	0.11
500	0.58	0.07	0.03	нет	нет
1000	0.03	нет	нет	нет	нет

Т а б л и ц а 2

Размножение жгутиконосцев на средах с атразином

Концентрация атразина, мг/л	Численность по дням культивирования, млн кл./мл		
	2	5	10
0 (контроль)	1.56	3.11	2.93
0.10	1.61	3.17	2.85
0.25	1.52	2.96	2.66
0.50	1.50	2.81	2.61
1.0	1.35	2.74	2.62
5.0	1.31	2.87	2.82
100.0	1.29	2.66	2.21
500.0	1.30	2.34	2.89
1000.0	1.11	2.21	1.47

Т а б л и ц а 3

Размножение жгутиконосцев на средах с монуроном

Концентрация монурона, мг/л	Численность по дням культивирования, млн кл./мл		
	2	5	10
0 (контроль)	1.56	3.11	2.93
0.25	1.76	3.47	3.26
0.50	1.66	3.04	2.97
1.0	1.45	2.83	2.98
5.0	1.38	2.91	3.18
10.0	1.30	2.83	2.90
50.0	1.32	2.86	2.71
100.0	1.01	2.35	2.08
500.0	0.40	0.47	0.78
1000.0	0.19	0.13	0.06
2000.0	0.01	нет	нет

морфологию клеток и размножение бодонид. Только при содержании в среде гербицида 1000 мг/л снижались скорость размножения и плотность популяции простейших (табл. 2). Однако и в этой концентрации подвижность и морфология клеток не изменялись.

Монурон (производное мочевины) исследовался в концентрациях от 0.25 до 2000 мг/л. Токсическое действие начинало проявляться с концентрации 100 мг/л: скорость размножения жгутиконосца несколько снижалась, но плотность популяции на протяжении опыта была достаточно высокой, двигательная активность клеток не нарушалась (табл. 3). Размножение простейших значительно угнеталось при содержании в среде монурона 500 мг/л: через 10 дней клетки полностью утрачивали подвижность, округлялись. Дальнейшее увеличение концентрации этого гербицида приводило к мгновенной потере двигательной активности и гибели клеток через несколько дней.

Анализ приведенного материала показал высокую устойчивость бесцветного жгутиконосца к исследованным токсикантам. Выявилась различная степень токсичности для бодо атразина и монурона.

Л и т е р а т у р а

1. Брагинский Л.П. Проблема пестицидов в водной токсикологии. — В кн.: Водная токсикология. М., 1970, с. 81–87.

2. Брагинский Л.П. Пестициды и жизнь водоемов. Киев, 1972. 227 с.
3. Веселов Е.А. Токсическое действие фенолов на рыб и водных беспозвоночных. - Учен. зап. Петрозаводск. ун-та, 1956, т. 7, вып. 3, с. 27-30.
4. Горячева Н.В. Культивирование бесцветного морского жгутиконосца *Vodoo marina*. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1971, № 11, с. 25-28.
5. Камшилов М.М., Костяев В.Я., Лаптева Н.А. и др. Изучение деструкции фенола в модельных биоценозах. - В кн.: Влияние фенола на гидробионтов. Л., 1973, с. 184-200.
6. Костяев В.Я. Действие фенола на водоросли. - В кн.: Влияние фенола на гидробионтов. Л., 1973, с. 98-113.
7. Пидгайко М.Л., Щербань Э.П. Развитие зоопланктона и зообентоса в водоемах, обработанных моноуромом. - В кн.: Водная токсикология. М., 1970, с. 96-101.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

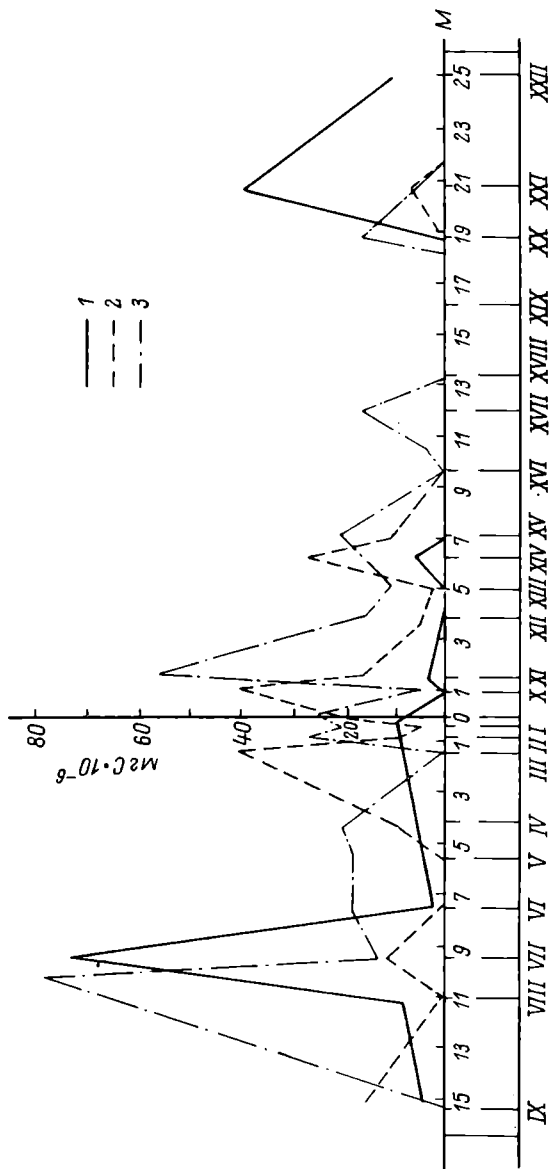
Л.Г. Б у т о р и н а

О ПРИМЕНЕНИИ ^{14}C ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ МИГРАЦИЙ *POLYPHEMUS PEDICULUS* (L.) (CLADOCERA)

Вертикальным миграциям ракообразных посвящено большое количество работ. Между тем у планктонных ракообразных, кроме того, существуют и горизонтальные миграции, до сих пор практически не изученные. Они совершаются в пределах одного водоема стаями или одиночными рачками. Их величина, характер перемещений, скорость и направления могут быть специфичны для каждого вида, пола и возраста особей. Вопрос о горизонтальных перемещениях или миграциях рачков в пределах одного водоема необычайно важен и имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение.

С целью установления и изучения горизонтальных миграций у *P. pediculus* и форм их проявления нами применена радиоуглеродная методика, разработанная Ю.И. Сорокиным [3]. В экспериментальном пруду размером 20х40 м предварительно было отмечено местоположение 22 стай рачка, схематично изображенных на рисунке. Минимальное расстояние между стаями составляло 40 см, максимальное - 560 см.

Согласно определению Д.В. Радакова [2], стаи полифема могут служить классическим примером стай без доминирования. Все



Суточные горизонтальные миграции *Polyphemus pediculus*.

1 - распределение рачков через 2 ч после начала опыта, 2 - через 4 ч, 3 - через 24 ч.
Римские шифры - номера станций, арабские - расстояние, м.

полифемы в течение светлого времени суток сосредоточены в стаи. Вне стай, вернее между стаями, встречается небольшое количество рачков [1]. Стаи пятнами разбросаны по побережью. Для них характерна строгая и постоянная локализация, привязанность к одному и тому же месту в течение суток и вегетационного сезона.

В одну из стай, обозначенную „О“ (см. рисунок), помещались *P. pediculus*, меченные ^{14}C . Для этого рачки в течение суток кормились *Bosmina longirostris*, выращенной на *Chlorella*, содержащей ^{14}C . Через каждые два часа из стай небольшим сачком отлавливалась часть рачков. Выловленные особи помещались в боксы объемом 5 см³, пронумерованные соответственно стаям. Сачок после каждого отлова тщательно прополаскивался. В лаборатории полифемы под бинокуляром переносились из боксов на предметные стекла для приготовления препаратов. После переноса всех рачков вода со стекла отсасывалась пипеткой и заменялась 2–3 каплями 1%-го раствора крахмала.

Приготовление стекол для препаратов, размещение на них животных, сушка препаратов, подсчет импульсов и все последующие расчеты содержания ^{14}C производились согласно принятой методике [3]. Результаты исследований представлены на рисунке.

Стаи полифемы находятся на постоянном месте, но в их составе происходят значительные и быстрые перемены. Количество меченых рачков на каждой станции заметно колеблется в течение суток. Это означает, что у *P. pediculus* существуют ярко выраженные горизонтальные миграции, которые осуществляются не стаями, а отдельными особями. Состав стай при сохранении их количества отличается текучестью, непостоянством. Каждый рачок остается в пределах одной стаи непродолжительное время. Отдельные особи *P. pediculus*, постепенно переходя из стаи в стаю, совершают в течение светлого времени суток длительные горизонтальные миграции. За 2 часа с начала опыта полифемы размером около 1 мм проделали путь длиной до 25 м. При этом их средняя скорость передвижения составляла около 10 м/ч или 17 см/мин. Это более, чем в 170 раз превышает размеры их тела.

Горизонтальные миграции *P. pediculus* носят хаотический характер, поскольку совершаются отдельными особями в разных направлениях. Полифемы с различных сторон входят в пределы стаи и также ее покидают. При выходе из стаи резко увеличивается скорость движения рачков. Их путь становится прямолинейным. Передвижение особей происходит головой вперед. Продольная ось тела всегда параллельна поверхности воды.

Попавшая в пределы стаи, рачки замедляют скорость движения. Характер их перемещений, а также местоположение в стае различны в зависимости от пола и возраста рачка. Однако при всем разнообразии их путь в стае обязательно включает в себя челночный или зигзагообразный тип движений, характерный для рачков при поиске пищи.

1. Б у т о р и н а Л.Г. О причинах образования стай у *Polyphe-mus pediculus* (L.). - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1969, № 3, с. 68-71.
2. Р а д а к о в Д.В. Стайность рыб как экологическое явление. М., 1972. 174 с.
3. С о р о к и н Ю.И. О применении радиоактивного углерода для изучения питания и пищевых связей водных животных. - В кн.: Планктон и бентос внутренних водоемов. М.-Л., 1966, с. 75-120.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Л.М. С е м е н о в а

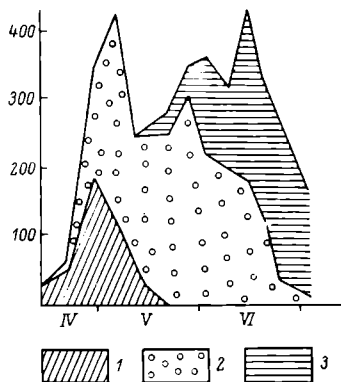
К БИОЛОГИИ *HETEROCYPRIS INCONGRUENS* (RAMD.)

Настоящее сообщение посвящено жизненному циклу, особенностям размножения и структуре популяции *Heterocypris incongruens* (Ramd.). Этот вид известен из водоемов различного типа: от мелких пересыхающих луж, канав и до очень крупных, богатых растительностью, озер [1]. В Рыбинском, Ивановском и Угличском водохранилищах *H. incongruens* распространен в зарастающем прибрежье и в устьях впадающих рек. Сведения о морфологических особенностях развития личиночных стадий и о некоторых чертах биологии этого вида имеются в работах Шрайбера [2] и Вольгемута [3].

Сбор материала производили в небольшом временном водоеме, расположенном в районе пос. Борок. Пробы отбирались скребком каждые 5 дней с апреля по июнь 1974 г. Под бинокулярным микроскопом учитывалась относительная численность живых рачков.

В начале апреля популяция *H. incongruens* представлена личинками I и в меньшей степени II стадии (см. рисунок). К концу апреля-началу мая большую часть популяции составляли личинки V-VI стадий. В течение мая-июня доминируют особи более поздних стадий развития. Встречаются единично также личинки II и III стадий и отдельные особи половозрелых партеногенетических самок. В период полного созревания самок водоем, как правило, сильно мелеет, а затем и вовсе обсыхает. Это приводит к тому, что следующее поколение появляется только будущей весной из отложенных самками в июне яиц.

Параллельно полевым наблюдениям проводилось изучение постэмбрионального развития *H. incongruens* в лаборатории. Прослежены сроки развития каждой личиночной стадии, продол-



Структура популяции *Heterocypris incongruens* в водоеме.

1 — новорожденные, 2 — молодь II-III стадий, 3 — половозрелые самки.

По оси ординат — относительная численность; по оси абсцисс — месяцы.

жительность жизни половозрелой партеногенетической самки, плодовитость, число кладок.

Половозрелых самок сажали по одной в бьюксы объемом 40 мл, на дно которых помещали немного прокаленного песка, кормом служили измельченные сухие листья рдеста блестящего. Одновременно с одиночными особями в аквариумах объемом 600 и 1000 мл содержали культуру *Heterocypris* на илесто-песчаном грунте. Половозрелые самки в условиях опыта откладывали яйца или непосредственно на дно, или прикрепляли их к листьям рдеста с обратной стороны. В условиях же культуры яйца откладывались самками в грунт. На это указывает и Шрайбер [2]. По наблюдениям Вольгемута [3], *H. incongruens* откладывает яйца на обломки ветвей, на стенки аквариумов, у самой поверхности воды, где они немного подсыхают, а затем, попав в воду, снова разбиваются. По-видимому, рачки приспосабливаются к любым условиям, в которые они попадают.

Из отложенных яиц через 2-4 дня вылупляются науплии длиной 0.19 мм. Новорожденный рачок имеет яйцевидную форму, но уже после 2-й линьки становится похожим на взрослого. За 28 дней личинка проходит последовательно все 8 стадий личиночного развития, характерного для остракод. По данным Шрайбер [2], *Heterocypris* созревает через 54 дня (см. таблицу).

Самки, достигнув половозрелости, сразу приступают к откладыванию партеногенетических яиц. Обычно за период размножения самка делает 6-9 кладок с максимальным выметом яиц во 2-й и 3-кладках (30-40 шт.). Исключительно редко она выметывает 70-80 яиц. Продолжительность жизни половозрелых рачков не превышает 30 дней. Средняя плодовитость 130 яиц, максимальная — 180.

В культуре, содержащейся в лаборатории около 3 лет, получено более 30 поколений. В популяции постоянно присутствуют особи на всех стадиях развития. Отмечается постепенное измельчение половозрелых самок. Так, если в 1974 г.

Постэмбриональное развитие *H. incongruens* (Ramd.)

Стадия развития	Длина, мм		Продолжительность развития, сутки		Возраст, сутки	Продолжительность развития по: [2]
	от-до	средняя	от-до	средняя		
I	0.19	0.19	1-3	2.0	2.0	3
II	0.23-0.25	0.24	1-4	2.5	4.5	4.0
III	0.27-0.29	0.28	1-4	2.5	7.0	4.0
IV	0.32-0.35	0.34	2-4	3.0	10.0	7.0
V	0.44-0.48	0.46	2-4	3.0	13.0	7.0
VI	0.52-0.62	0.57	3-5	4.0	17.0	8.5
VII	0.76-0.82	0.79	4-6	5.0	22.0	10.0
VIII	0.96-1.18	1.07	5-7	6.0	28.0	11.0
IX	1.20-1.54	1.37	-	-	-	-
Половозрелая форма	-	1.37	19-37	-	28.0	54.5
Яйцо	-	-	2-4	3.0	3.0	-
Продолжительность жизни половозрелой самки	-	-	-	-	30.0	35.0
Общая продолжительность жизни самки	-	-	-	-	61.0	89.5

средний размер половозрелой самки составлял 1.54 мм, то в 1976 - 1.46 мм.

Таким образом, *H. incongruens* - вид с коротким жизненным циклом. Во временных водоемах дает одну генерацию. Из перезимовавших яиц весной появляется молодежь, которая через месяц становится половозрелой. Продолжительность жизни половозрелой самки составляет 30 дней. За это время она откладывает в среднем 130 яиц. Общая продолжительность жизни *H. incongruens* около 2 месяцев.

Л и т е р а т у р а

1. Б р о н ш т е й н З.С. Фауна СССР. Ракообразные. Ostracoda пресных вод. М.-Л., 1947, т. 2, вып. 1.339 с.
2. S c h r e i b e r E. Beiträge zur Kenntnis der Morphologie, Entwicklung und Lebensweise der Süßwasserostacoden. - Zool. Jahrb., 1922, Bd 42, S. 483-538.
3. W o h l g e m u t h R. Beobachtungen und Untersuchungen über die Biologie der Süßwasserostacoden. - Intern. Rev. ges. Hydrobiol., 1914, Bd 6, S. 1-72.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

П.В. Т у з о в с к и й

НИМФА ВОДЯНОГО КЛЕЩА *OXUS ANGUSTIPOSITUS* VIETS, 1908 (LEBERTIDAE, ACARIFORMES)

Нимфа *Oxus angustipositus* до сих пор не была описана. В августе 1975 г. в р. Сить близ с. Сить-Покровское Брейтовского района Ярославской обл. были найдены нимфы этого вида, перелинявшие в лабораторных условиях во взрослых клещей.

Туловище продолговатое, длина 400-500 мкм. Обе пары глаз сильно сближены и находятся на дорсальной поверхности лобного края (рис. 1, А). Теменные наружные щетинки с сопутствующими железами (см. номенклатуру [1]) сидят на небольших щитках. Первая пара лировидных органов (i_1) находится далеко позади глаз, вторая (i_2), третья (i_3) и четвертая (i_4) соответственно латеральнее внутренних плечевых, лопаточных и поясничных щетинок. Латеральный край тазиков IV с ячеистой скульптурой загнут на дорсальную поверхность.

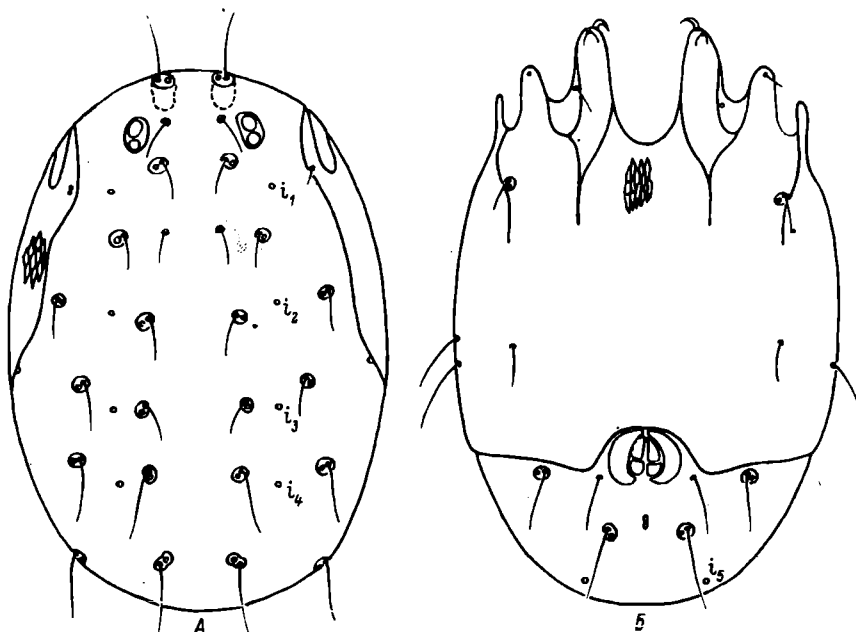


Рис. 1. Нимфа *Oxus angustipositus*.

А - сверху, Б - снизу. i_1-i_5 - лировидные органы.

Число и расположение щетинок вентральной поверхности показано на рис. 1, Б. Коксальные щиты срослись в медиальной части до полного исчезновения швов и занимают около 3/4 длины тела. Первая пара межтазиковых щетинок расположена у заднего края тазиков II. Генитальная выемка неглубокая и широкая. Расстояние между гипостомальной и генитальной выемками 220 мкм. Пятая пара лировидных органов (i_5) находится на заднем скате туловища.

Передний край тазиков I (рис. 2, А) с 1 крупной изогнутой перистой щетинкой и латеральным бугром.

Генитальный орган (рис. 2, Б) с 4 присосками. Передние присоски вытянуты в длину, треугольной формы, задние короткие с прямым передним и овальным задним краями. На половых створках по 3 щетинки.

Основной членик хелпщеры (рис. 2, В) вдвое длиннее подвижного пальца. Беззальная часть желы сильно утолщена, а дистальная вытянута в длину и заострена на вершине.

Вентральная поверхность бедра I педипальпы (рис. 2, Г) вогнута, бедра II - прямая, колена - слабовыпуклая. Вертлуг педипальпы без щетинок, бедро I с 3 дорсальными щетинками: короткой близ середины членика и 2 длинными дистальными. Бедро II с 2 дистальными щетинками, колено с 4 соленидиями, 3 так-

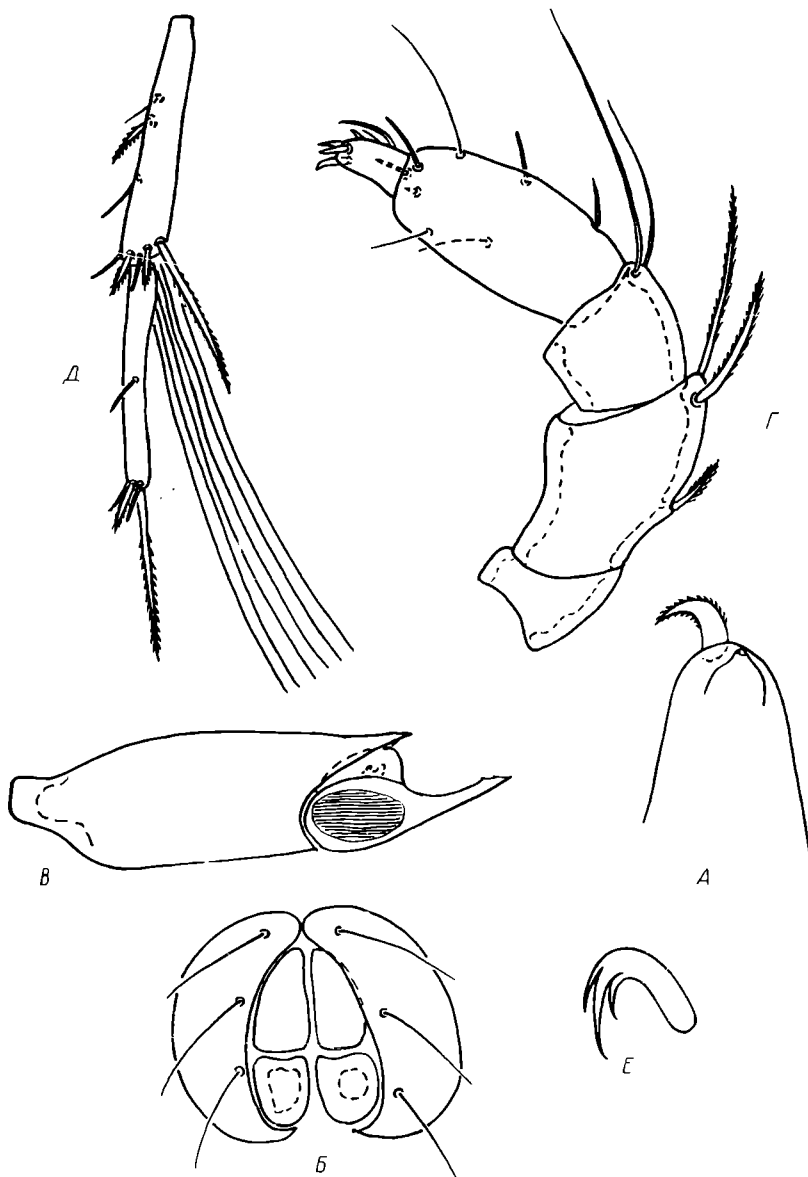


Рис. 2. Нимфа *Oxus angustipositus*. Детали строения.

А - передний край тазика Г, Б - генитальный орган, В - хелицера, Г - педипальпа, Д - колено и голень ноги IV, Е - коготок.

тильными щетинками и дистальным шипом. Длина члеников педипальпы, измеренная по дорсальной поверхности, мкм: 20, 35, 25, 45 и 15.

На голеньях II–IV ног по 6–7 плавательных щетинок, далеко выступающих за лапки. Дистальная щетинка на лапке короче самого членика (рис. 2, Д). Длина члеников ног, мкм:

Нога	Вертлуг	Бедро I	Бедро II	Колено	Голень	Лапка
I	30	30	30	50	65	65
II	30	35	45	60	85	90
III	40	35	50	65	90	100
IV	35	45	50	85	85	90

Коготки (рис. 2, Е) с крупным срединным и 2 более короткими боковыми зубцами.

Л и т е р а т у р а

1. В а й н ш т е й н Б.А., Т у з о в с к и й П.В. Туловищный хетом водяных клещей, его онтогенез и эволюция. – В кн.: Биология и продуктивность пресноводных беспозвоночных. Л., 1974, с. 230–269.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

К.Э. К а н г у р, А.Э. К а н г у р

РАЗМЕРНО-ВЕСОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИЧИНОК CHIRONOMUS PLUMOSUS L. В ОЗ. ВЫРТСЯРВ

Материал собирали в течение 1973–1975 гг. Пробы фиксировали 70%-м спиртом и хранили в фиксаторе не менее 3 месяцев. Сырой вес фиксированных личинок определяли на торсионных весах после предварительного обсушивания на фильтровальной бумаге до прекращения появления влажных пятен. Длину тела личинок измеряли на миллиметровой бумаге. Результаты измерений объединяли по длине тела в размерные группы с интервалом 1 мм. Для каждой размерной группы находили средние веса (табл. 1), их использовали для всех последующих расчетов.

Возрастные стадии личинок определялись под микроскопом по ширине головной капсулы и по длине гулярно-лабиального склерита

Т а б л и ц а 1

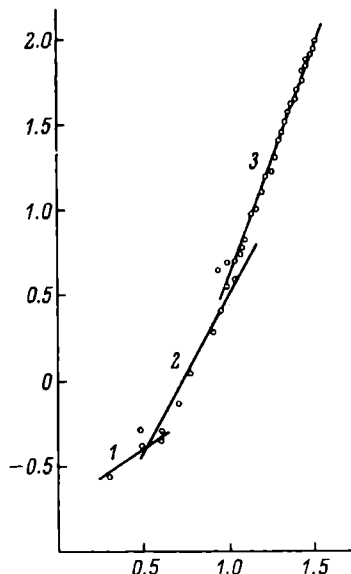
Средний вес личинок *Ch. plumosus*

Длина, мм	Вес, мг	Число измерений	Длина, мм	Вес, мг	Число измерений
2	II возраст		11	4.9	38
	0.27	3	12	5.8	35
			13	6.6	36
			14	9.4	41
3	0.40	18	15	10.8	52
4	0.43	19	16	12.6	52
3	III возраст		17	15.6	46
	0.5	4	18	16.8	62
			19	20.5	83
			20	25.2	92
			21	28.2	100
			22	32.6	112
			23	36.3	159
			24	41.7	171
			25	43.7	158
			26	51.2	130
			27	58.2	101
			28	64.1	100
4	0.5	25	29	68.8	64
5	0.7	47	30	76.0	31
6	1.1	84	31	80.8	16
7	1.6	80	32	87.0	3
8	1.9	111	33	97.0	1
9	2.5	107			
10	3.5	81			
11	3.8	46			
12	5.7	7			
9	IV возраст				
	4.3	12			
10	4.8	19			

Зависимость между весом и длиной тела личинок *Chironomus plumosus* в оз. Вуртсъярв.

1 - II возраст, 2 - III возраст, 3 - IV возраст.

По оси ординат - логарифмы веса, мг; по оси абсцисс - логарифмы длины, мм.



Т а б л и ц а 2

Ширина головной капсулы (Φ) и длина гулярно-лабиального склерита (GL) у личинок *Ch. plumosus*

Возрастная стадия	Φ , мм			GL , мм			Число измерений
	средняя	мин.	макс.	средняя	мин.	макс.	
I	132 \pm 15	116	150	71 \pm 13	63	78	50*
II	245 \pm 28	221	289	129 \pm 14	113	148	57
III	504 \pm 95	400	592	255 \pm 54	176	338	308
IV	924 \pm 323	800	1104	469 \pm 73	384	560	888

* Личинки I стадии выведены в лаборатории из яиц.

та, измеряемой как наименьшее расстояние от переднего края субментума до затылочного отверстия (табл. 2).

Между весом (W) и линейными размерами тела животных (L) существует степенная зависимость, выражающаяся формулой $W = \alpha L^b$, где α и b константы (α равна W при $L = 1$, b - показатель изменения формы тела в период роста животных). По Г.Г. Винбергу [2], если рост происходит с сохранением геометрического

Т а б л и ц а 3

Величины констант σ и b у личинок *Ch. plumosus* в различных водоемах

Личиночная форма, вид	Водоем	Число промеренных особей	Пределы длины тела, мм	Пределы веса, мг	b	σ
<i>Ch. f. l. plumosus</i> L.*	Нарочь	1295	5-37	1.2-85.0	2.2 ± 0.04	-
<i>Ch. f. l. plumosus</i> L.*	Пруды в Пейше (ГДР)	223	3-27	0.1-60.0	2.9 ± 0.04	-
<i>Ch. f. l. plumosus</i> L.*	Поля орошения (Московская обл.)	197	3-26	0.7-52.6	2.9	-
<i>Ch. plumosus</i> L., IV стадия	Вуртсъярв	1704	9-33	4.3-97.0	2.683 ± 0.022	0.00811
III стадия	'	592	3-12	0.5-5.7	1.853 ± 0.137	0.0449

* Данные Арабиной И.П. и С.И. Гаврилова [1].

подобия, то $b = 3$. Если же при росте форма меняется так, что отношение рассматриваемого линейного признака к весу снижается, то $b > 3$, а в обратном случае $b < 3$.

Графический анализ эмпирических данных показывает, что зависимость между сырым весом и длиной тела личинок *Ch. plumosus* разных возрастов носит параболический характер. У разных возрастных стадий эти кривые различаются. На логарифмическом графике (см. рисунок) иллюстрируется зависимость между весом и длиной тела личинок *Ch. plumosus*. Большого разброса точек не наблюдается, все они в довольно строгой последовательности укладываются на прямую. Это значит, что эмпирические данные удовлетворяют формулу $\lg W = \lg \alpha + b \lg L$, исходя из которой константы α и b рассчитаны методом наименьших квадратов (табл. 3). Рассчитанный коэффициент корреляции между весом и длиной тела у личинок IV возраста равен 0.956, III - 0.996, II - 0.952.

По данным И.П. Арабиной и С.И. Гаврилова [1], константа b у личинок *Ch. plumosus* колеблется в различных водоемах от 2.2 до 2.9.

По нашим сведениям, показатели α и b у разных возрастных стадий личинок *Ch. plumosus* одной популяции различаются. У всех возрастных стадий $b < 3$, т.е. при росте форма меняется, так что отношение длины тела к весу увеличивается. Самый высокий коэффициент b у личинок IV возраста.

Л и т е р а т у р а

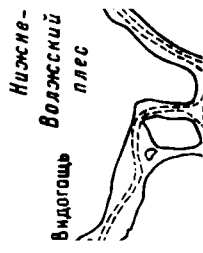
1. А р а б и н а И.П., Г а в р и л о в С.И. Соотношение веса и линейных размеров у представителей пресноводного бентоса. - Гидробиол. ж., 1967, т. 3, вып. 2, с. 71-73.
2. В и н б е р г Г.Г. Рост, скорость развития и плодовитость в зависимости от условий среды. - В кн.: Методы определения продукции водных животных. Минск, 1968, с. 45-77.

Институт зоологии и ботаники АН ЭССР

Е.М. К о р г и н а

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ
DREISSENA POLYMORPHA PALLAS
В ИВАНЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

С 1973 г. по февраль 1975 г. систематически отбирались пробы бентоса дночерпателем типа Экмана ($1/40 \text{ м}^2$), видоизмененным А.П. Кожевниковым. На одних станциях сборы производились спорадически, на других регулярно в течение всего вегетационного периода - через каждые 2 недели.



Результаты обработки более 300 проб дают возможность составить некоторое представление о встречаемости дрейссены (отношение числа проб с дрейссеной, взятых на данной станции, к общему числу проб, собранных на этой станции за весь период наблюдений) и о составе ее популяций в обследованных районах.

В 1950-х годах крупные моллюски, в том числе дрейссена, в Ивановском плесе встречались крайне редко, в Нижне-Волжском - несколько чаще, в Шошинском - были обычны [2]. В 1969 г. численность этих моллюсков резко снизилась в Шошинском и Нижне-Волжском плесах [1]. В настоящее время (1973-1974 гг.) дрейссена совершенно отсутствует в Верхне-Волжском плесе и на большей части Нижне-Волжского не только на илистых, но и на плотных грунтах. Она не найдена и в Шошинском плесе, лишь на выходе из него в грунте было обнаружено множество полуразрушенных раковин дрейссены.

Дрейссена появляется в Ивановском плесе, в нижних частях Нижне-Волжского, у Заборья и в нижележащем участке до Корчевского залива включительно. В этом районе она найдена на 8 из 14 станций, причем на некоторых из них ее встречаемость достигала 20-33%. Указанный район представляет собой основную область распространения подогретых вод Конаковской ГРЭС.

Нижне разреза IV в нижележащих частях Ивановского плеса вплоть до приплотинного района дрейссена отсутствовала как на мягких, так и на плотных грунтах.

Больше всего дрейссены было обнаружено в Мошковичском заливе - участке наиболее сильного подогрева. В 200 м от водосброса ее встречаемость доходила до 33,3%. Рачки локализовались преимущественно на глубине 5-6 м и почти не встречались в прибрежье на глубине 0,5-3,0 м. Как известно, дрейссена совершенно не выносит осухания и гибнет от зимнего спада уровня в прибрежье Мошковичского залива.

На пойменном участке IX разреза (см. рисунок) дрейссена отсутствовала, а на глубине 8 м ее встречаемость не превышала 6,6%. На глубоководной станции (14-16 м) в районе Корчевы дрейссена также не была обнаружена, не было ее и в районе правой поймы IV разреза на глубинах 1,5-2,0 м. Однако на левой пойме этот моллюск отмечался довольно часто (встречаемость 27,3%). В Корчевском заливе эта величина не превышала 7,3%.

Такая неравномерность распределения очень характерна для дрейссены, живущей преимущественно в сростках на плотных субстратах и на их включениях среди илистых грунтов.

Анализируя возрастной состав дрейссены, можно заметить, что на большинстве станций встречаются лишь отдельные возрастные группы (см. таблицу). Только в Мошковичском заливе, где встречаемость моллюсков наиболее высока, были найдены все возрастные группы: от сеголетков до старых 7-8-летних особей (возраст определялся по годовым кольцам). Старые особи

[illegible]

встречались также у Корчевы. В этом районе и в Мошковичском заливе отмечались наиболее крупные моллюски – длиной до 34 мм.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что дрейссена в Ивановском водохранилище распространена в основном в районе Конаковской ГРЭС.

Судя по высокой встречаемости и полной представленности всех возрастных групп, дрейссена находит самые благоприятные условия в наиболее сильно подогреваемом Мошковичском заливе. Наличие 7–8-летних моллюсков говорит о том, что здесь уже в первые годы существования Конаковской ГРЭС (1966–1967 гг.) началось оседание сеголетков дрейссены.

Л и т е р а т у р а

1. П о д д у б н а я Т.Л. Состояние донной фауны Ивановского водохранилища на 32-й год его существования. – В кн.: Флора, фауна и микроорганизмы Волги. Рыбинск, 1974, с. 143–153.
2. Ф е н ю к В.Ф. Донная фауна Ивановского и Угличского водохранилищ. – Тр. Ин-та биол. водохр. АН СССР, 1959, вып. 1 (4), с. 139–160.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

С.М. К а ш и н, Л.К. М а л и н и н,
Г.Н. О р л о в с к и й

БРОСОК ПЛОТВЫ НА НЕПОДВИЖНЫЙ ПИЩЕВОЙ ОБЪЕКТ

Ситуация, в которой рыба догоняет и схватывает жертву, характерна для многих животных. По-видимому, движения животного при этом должны содержать ряд стандартных элементов, поскольку эта реакция постоянно используется и должна происходить быстро. С другой стороны, исходные условия перед броском (расстояние до жертвы, взаимная ориентация, скорость перемещения) могут быть весьма разнообразны. Поэтому возникает вопрос, как в столь нестандартных условиях организуются быстрые движения и как при этом взаимодействуют сенсорные и моторные отделы нервной системы.

В качестве первого шага при исследовании этого вопроса необходимо получить кинематическое описание броска. В данной работе исследовалась кинематика броска плотвы на неподвижный пищевой объект (дождевой червь).

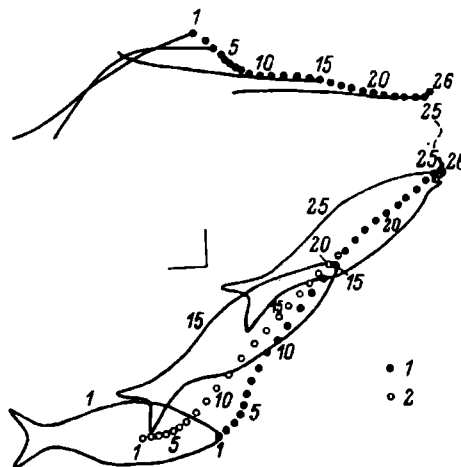


Рис. 1. Траектория броска плотвы в горизонтальной (сверху) и вертикальной (снизу) плоскостях.

1 — последовательные положения самой передней точки тела,
2 — то же центра тяжести тела через каждые 40 мс.

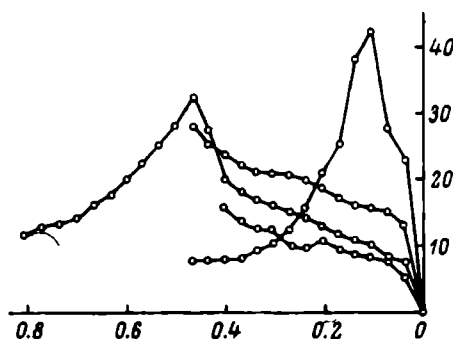


Рис. 2. Варианты изменений скорости плавания плотвы во время бросков. Отсчет времени производился от момента схватывания добычи.

По оси ординат — скорость движения, см/с; по оси абсцисс — время, сек.

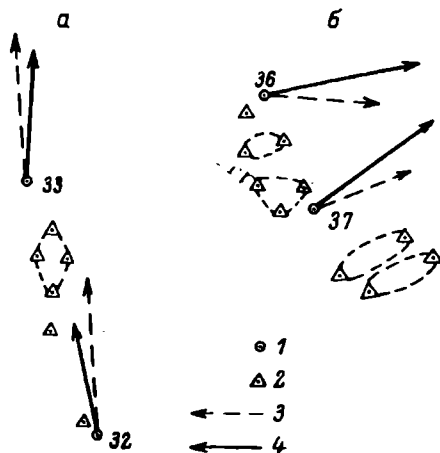


Рис. 1. Схема перемещения пятна загрязнения в опытах 1 (а) и 3 (б).

1 - гидрологические станции, 2 - точки определения границ пятна, 3 - вектор ветра, 4 - вектор поверхностного течения.

и на месте исчезновения пятна выполнялись наблюдения за течением до глубины слоя скачка плотности (10–12 м) и направлением и скоростью ветра.

Результаты опытов показали, что перемещение пятна загрязнения не всегда совпадает с направлением поверхностного течения и ветра (рис. 1). Видна определенная связь между направлением и скоростью движения пятна загрязнения и направлением и скоростью результирующего течения, вычисленных по данным наблюдений на горизонтах 1, 3, 5, 10 как средневзвешенные (табл. 1).

Коэффициенты корреляции соответственно равны: между направлением результирующего течения и направлением движения пятна - $r_n = 0.94$, скоростью результирующего течения и скоростью движения пятна - $r_c = 0.70$. Проверка реальностей связей по соотношению $\frac{r}{E} > 6$, где $E = \pm 0.67 \frac{1-r^2}{\sqrt{N}}$ [2], дает $\frac{r_n}{E_n} = 41.6$,

$\frac{r_c}{E_c} = 7.07$. Обнаруженные связи реальны. Данные, полученные при наблюдении за размерами пятна во время опытов 3, 4, 6, позволили рассчитать коэффициенты горизонтальной турбулентной диффузии для масштабов явления от 160 до 360 м

(табл. 2). Расчет произведен по формуле $K_e = \frac{dF}{dt}$, где K_e - коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии, dF - изменение площади пятна за время dt .

Т а б л и ц а 1

Параметры ветра, течения и перемещения пятна загрязнения

Номер опытов	Номер станций	Ветер		Течение поверхностное		Течение результирующее		Перемещение индикатора	
		направление, град.	скорость, м/с	направление, град.	скорость, м/с	направление, град.	скорость, м/с	направление, град.	скорость, м/с
1	32	176	6	350	0.23	342	0.34	346	0.26
	33	171	6	352	0.21	347	0.18	346	0.32
2	34	186	2	24	0.13	15	0.14	15	0.08
	35	240	5	72	0.12	47	0.13	343	0.29
3	36	276	7	76	0.22	156	0.19	151	0.14
	37	246	7	50	0.19	107	0.14	135	0.13
4	38	140	6	—	—	147	0.10	149	0.09
	39	150	7	290	0.03	147	0.10	78	0.06
5	40	300	3	22	0.20	5	0.07	354	0.15
	41	350	3	35	0.10	355	0.07	13	0.12
	42	255	4	354	0.08	339	0.09	3	0.08
6	43	260	4	10	0.04	237	0.03	316	0.07

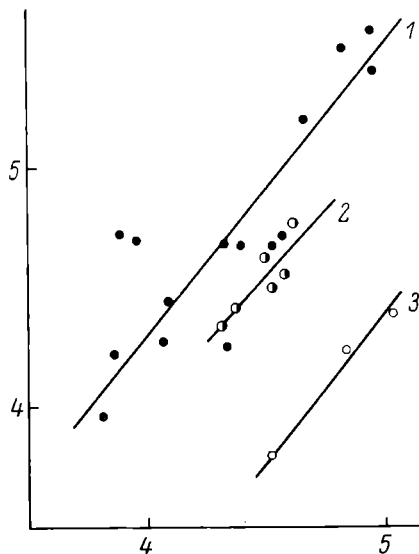


Рис. 2. Зависимость коэффициентов горизонтальной турбулентной диффузии от масштаба явления.

По данным: 1 - Киричека и Михайлова [1], 2 - наблюдений в июле 1974 г., 3 - Озмидова [3].
По оси ординат - $\lg K_1, \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$; по оси абсцисс - $\lg l, \text{см}$.

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты горизонтальной турбулентной диффузии

Номер опыта	Масштаб явления, см	Коэффициент диффузии, $\text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$
3	$1.88 \cdot 10^4$	$3.0 \cdot 10^4$
3	$2.86 \cdot 10^4$	$4.4 \cdot 10^4$
3	$3.64 \cdot 10^4$	$4.9 \cdot 10^4$
4	$2.95 \cdot 10^4$	$3.3 \cdot 10^4$
4	$3.23 \cdot 10^4$	$3.8 \cdot 10^4$
6	$1.62 \cdot 10^4$	$2.5 \cdot 10^4$

Сопоставление коэффициентов горизонтальной турбулентной диффузии, вычисленных по результатам наблюдений в июле 1974 г., с данными других авторов (рис. 2) подтверждает правильность выбранной методики. Можно заключить, что распространение загрязненных вод происходит под влиянием результирующего течения от поверхности до глубины слоя скачка плотности. Для вычисления скорости изменения концентрации загрязняющего вещества необходимы определения как коэффициентов горизонтальной, так и вертикальной турбулентных диффузий.

Л и т е р а т у р а

1. К и р и ч е к А.Д., М и х а й л о в Ю.Д. Результаты эксперимента с люминесцентным трассером по исследованию турбулентной диффузии в море. — Тр. ГОИН, 1974, вып. 122, с. 96–98.
2. К у д р я в а я К.И. Морские гидрологические прогнозы. Л., 1951. 275 с.
3. О з м и д о в Р.В. О зависимости коэффициентов горизонтального турбулентного обмена в океане от масштабов явления. — Изв. АН СССР, сер. „Физика океана и атмосферы“, 1968, т. 4, № 11, с. 1224–1225.

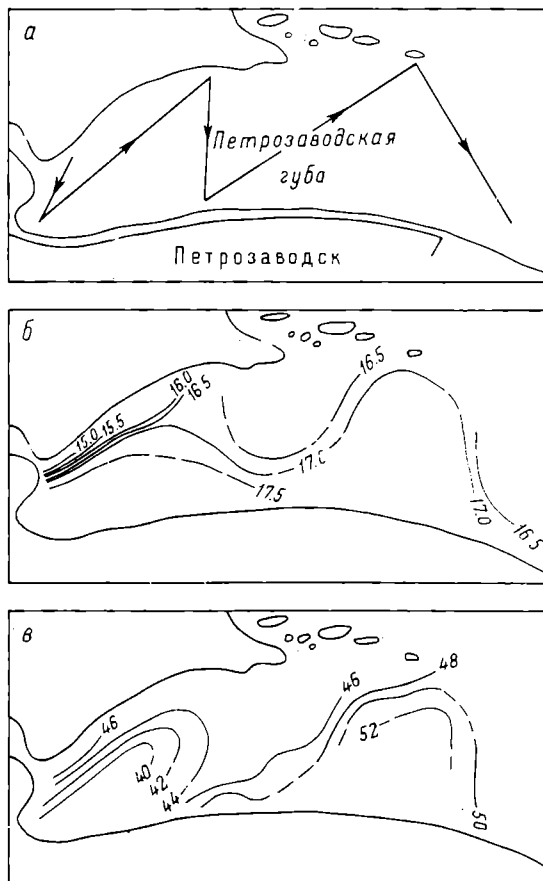
Ленинградское

Высшее инженерное морское училище
им. адм. С.О. Макарова

О.Е. К о р о т к е в и ч

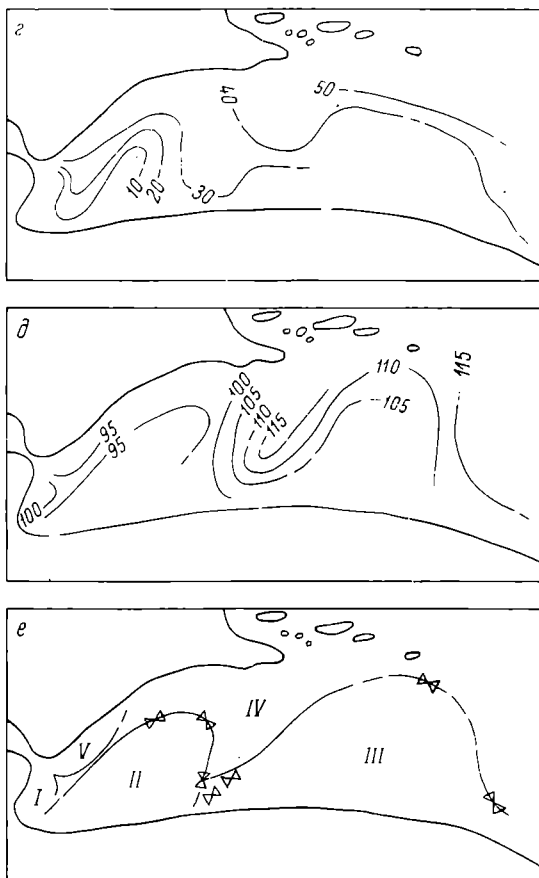
О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОД В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ

За последние годы в Онежско-Ладожской экспедиции Института озероведения АН СССР был создан комплекс дистанционной аппаратуры для исследования физико-химических характеристик водной массы на ходу судна с непрерывной записью результатов измерений. С помощью этого комплекса 2 августа 1974 г. проведена съемка ряда параметров в поверхностном слое вод Петрозаводской губы Онежского озера (см. рисунок, а). Используемый комплекс приборов позволяет измерять температуру воды, электропроводность, прозрачность, содержание растворенного кислорода и градиент электрического поля (см. рисунок, б-е). Датчики буксировались за бортом в невозмущенной массе воды на глубине 0.5 м. Весь маршрут съемки длиной более 40 км был выполнен за 4 часа.



Распределение физико-химических характеристик в поверхностном слое вод.

а - схема района работ, б - температура, в - электропроводность, г - прозрачность, д - кислород, е - схема распространения вод (1-У). 1 - направление съемки, 2 - зоны с резкими изменениями градиента электрического поля.



(продолжение рис.).

В период, предшествовавший работе, происходил нагон вод в губу, а во время съемки наблюдался ветер северо-западного направления, вызывающий сгон поверхностных вод из губы и частично к юго-западному берегу [2].

Температура воды измерялась электронным термометром с инерционностью 1 град./с и точностью 0.1°C , удельная электропроводность – мостом $P = 38$ на частоте 1000 гц с точностью 1 мкСсм, прозрачность – прозрачномером, разработанным в институте, с точностью 2%, содержание растворенного кислорода – оксиметром ИТ-6803 Тартусского университета с точностью 0.1 мг/л . Электрическое поле измерялось с помощью неполяризующихся электродов конструкции НИИГА с точностью 0.2 мв .

Т а б л и ц а 1

Физико-химические характеристики поверхности вод
2 августа 1974 г.

Участки	Температура, °С	σ , мкссм	ϵ , %	O ₂ , %
I	17.5-17.8	39-43	7-11	95-102
II	16.5-17.8	40-44	9-30	92-95
III	16.5-17.6	45-52	30-50	100-110
IV	16.1-16.5	43-44	45-50	110-115
V	14.2-15.5	44-46	30-34	92-95

Проведение работ с помощью быстродействующей дистанционной аппаратуры позволило резко сократить время обследования района и таким образом изучать распределение характеристик, близкое к единовременному. Другое преимущество — более точное исследование изменений характеристик в пространстве с точностью порядка нескольких метров. Использование комплекса датчиков позволяет получить более полную картину и избежать ошибок, которые могут произойти при выделении водных масс по какому-либо одному параметру.

В результате съемки удалось выделить в поверхностном слое исследуемого района участки, занятые водами с определенными характеристиками (табл. 1).

Воды Логмозера, вытекающие из пролива (см. рисунок, *е*, I), занимают верховья губы. Это теплые воды с низкой электропроводностью и значительным содержанием кислорода, имеющие низкую прозрачность [3]. Объем стока через пролив составляет более 3 км³/год [4], что вызывает существование постоянного течения в губе. На некотором расстоянии от пролива воды смешиваются с городскими стоками. Образовавшиеся воды (см. рисунок, *е*, II) отличаются от рассмотренных пониженным содержанием кислорода. Другая область распространения вод, смешанных с городскими стоками (см. рисунок, *е*, III), занимает устье губы, перемещаясь в направлении открытого озера и вдоль юго-западного берега. Юго-восточная граница этих вод выходит за пределы района исследований. Будучи сходными с водами предыдущего района по температуре они отличаются более высокими прозрачностью и электропроводностью, повышенным содержанием кислорода.

Озерные воды (см. рисунок, *е*, IV) занимают северо-восточную часть губы, несколько отклоняясь к югу в ее центральной части. Для них характерны более низкая температура, средние зна-

Градиенты горизонтального изменения физико-химических характеристик в переходных зонах

Границы	Температура, °С/м	σ , мкСсм/м	ϵ , %/м	O ₂ , %/м
I	0.048	0.030	0.270	0.100
II	0.007	0.010	0.021	0.010

чения электропроводности, высокие прозрачность и содержание кислорода.

В северо-западной части верховий губы обнаружены холодные прозрачные воды с невысоким содержанием кислорода и электропроводностью, близкой к средней (см. рисунок, ϵ , У). Учитывая гидрометеорологическую обстановку, можно предположить, что это глубинные озерные воды, поднятые на поверхность компенсационными течениями. Такие воды и ранее встречались в этом районе [1].

Рассматривая границу между водами, вытекающими из Логмозера, и вышедшими на поверхность придонными водами, можно видеть, небольшую ширину переходной зоны (порядка 100 м), значительные градиенты изменения характеристик (табл. 2, I) и равномерность их изменения. Все это говорит о наличии здесь узкой четкой границы и слабом взаимодействии этих вод между собой. Иной характер имеет граница между загрязненными водами, расположенными в верхней части губы, и озерными водами, обнаруженными у северо-восточного берега. Переходная зона здесь значительно шире (порядка 0.5–1.0 км), изменение характеристик неравномерно, а его градиенты гораздо меньше (табл. 2, II). В этом случае можно говорить о постепенном переходе от одних вод к другим и о гораздо более сильном взаимодействии между ними.

Представляет интерес попытка определить положение границ между различными водами с помощью измерения градиента электрического поля. Методика таких исследований разработана недостаточно, но следует отметить, что местоположение резких изменений градиента, указывающее на наличие переходной зоны, в данной съемке совпадает с границами, которые выделяются по комплексу остальных физико-химических характеристик.

Таким образом, использование комплекса дистанционных малоинерционных датчиков на ходу судна позволяет за сравнительно ко-

роткий отрезок времени получить картину распределения характеристик вод в исследуемом районе, достаточно объективно выделить воды с определенными физико-химическими характеристиками, а также сделать некоторые выводы о их происхождении, направлении распространения, степени трансформации, размерах переходных зон и интенсивности происходящих в них процессов.

Л и т е р а т у р а

1. Л и т и н с к а я К.Д. Гидрология Петрозаводской губы Онежского озера как источника водоснабжения г. Петрозаводска. – В кн.: Вопросы гидрологии, озераведения и водного хозяйства Карелии, Петрозаводск, 1965, вып. 23, с. 5–24.
2. О х л о п к о в а А.Н. Течения Онежского озера. – В кн.: Динамика водных масс Онежского озера. Л., 1972, с. 74–113.
3. Р у м я н ц е в В.Б. Гидрооптическая характеристика водного тела Онежского озера. – В кн.: Динамика водных масс Онежского озера. Л., 1972, с. 114–158.
4. С е к а ч е в А.А. Водный баланс Онежского озера. – В кн.: Сборник работ Ленинградской и Петрозаводской гидрометеорологических обсерваторий. Л., 1970, вып. 6, с. 3–44.

Институт озераведения АН СССР

А.И. Б а к а н о в

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ АГРЕГАЦИЙ БЕНТОСА

Степень агрегированности – важная видовая и популяционная характеристика организмов. Ее необходимо знать для точного количественного учета животных, при изучении взаимоотношений организмов типа хищник–жертва, для правильного суждения об обеспеченности пищей рыб–бентофагов. Изучение характера агрегированности пресноводного бентоса сдерживается отсутствием подходящих методик и приборов. Для описания пространственного размещения организмов нужно в первую очередь выяснить их статистическое распределение, которое может быть аппроксимировано различными теоретическими распределениями, параметры которых зачастую бывает трудно интерпретировать биологически.

В последнее время предложено новое статистическое распределение [5], три параметра которого имеют четкий экологический смысл, характеризуя среднюю плотность организмов внутри скоплений, на фоне и долю, которую составляет площадь скоплений от

общей площади изучаемого биотопа. С его помощью было описано размещение организмов почвенной фауны. Для этой цели оно может быть применено и в исследованиях бентоса.

Предложенная Ю.Э. Романовским и А.В. Смуровым методика изучения пространственного распределения организмов [2-4] предусматривает взятие нескольких серий проб. При этом внутри серии пробы берутся одного размера, а величина проб разных серий должна последовательно возрастать. Затем для каждой серии находят ее дисперсию и среднюю и выясняют характер зависимости дисперсии от средней. На основе знания этой зависимости выбирают оптимальный размер проб, соответствующее теоретическое статистическое распределение и индекс агрегированности.

Эту методику легко применить в исследованиях почвенной фауны или планктона. Использование ее при изучении агрегаций бентоса затрудняется отсутствием подходящих приборов для получения серий проб бентоса разного размера. Выпускаемые промышленностью дночерпатели Петерсена, дающие сильно заниженные величины плотности бентоса [1], непригодны для этой цели. В последние годы в Институте биологии внутренних вод АН СССР инженером А.П. Кожевниковым совместно с автором данной статьи создан комплекс приборов для изучения пространственного размещения организмов бентоса. К нему относятся в первую очередь значительно усовершенствованные дночерпатели Экмана [1], захватывающие грунт с площади 100, 250 и 400 см². Для получения большей площади захвата скрепляют вместе два дночерпателя, что дает пробу площадью 800 см². Это возможно благодаря тому, что приборы работают в автоматическом варианте, т.е. без посыльного груза.

Для изучения микрораспределения организмов в дночерпатель вставляется специальная кассета, делящая его содержимое на 9-16 частей. В качестве примера распределения организмов внутри дночерпателя предлагаются данные, полученные нами в августе 1976 г. в русловой части Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища.

$\frac{5}{5.1}$	$\frac{3}{0.8}$	$\frac{3}{3.6}$
$\frac{3}{5.5}$	$\frac{4}{10.5}$	$\frac{3}{2.8}$
$\frac{2}{0.5}$	$\frac{8}{10.5}$	$\frac{4}{0.6}$

Сторона квадрата ячейки равна 6 см, в числителе — численность организмов, в знаменателе — их биомасса, мг. При пересчете на площадь 1 м² это составляет 1084 экз. и 1.2 г соответственно. Бентос был представлен олигохетами. Статистические характеристики этой пробы приведены ниже.

	m	$S\bar{m}$	σ	CV	D	K_A
Дночерпатель:						
кассетный	$\frac{3.9}{4.4}$	$\frac{0.6}{1.3}$	$\frac{1.76}{3.90}$	$\frac{45.0}{88.5}$	$\frac{0.8}{3.5}$	$\frac{-0.05}{0.36}$
трубчатый,						
I проба	$\frac{13.3}{11.4}$	$\frac{1.4}{2.8}$	$\frac{3.45}{6.77}$	$\frac{26.0}{59.3}$	$\frac{0.9}{4.0}$	$\frac{-0.01}{0.21}$
трубчатый,						
II проба	$\frac{34.3}{105.8}$	$\frac{3.9}{18.9}$	$\frac{9.52}{46.24}$	$\frac{27.8}{43.8}$	$\frac{2.6}{20.2}$	$\frac{0.04}{0.15}$

П р и м е ч а н и е. \bar{m} – среднее арифметическое, $S\bar{m}$ – его ошибка, CV – коэффициент вариации, σ – среднеквадратическое отклонение, D – показатель дисперсии, K_A – коэффициент агрегации Смурова. В числителе – численность, экз., в знаменателе – биомасса, мг.

Для характеристики степени агрегированности лучше использовать не показатель дисперсии D , а коэффициент агрегированности Смурова, который не зависит от величины \bar{m} . Величины этого коэффициента показывают, что во всех трех случаях численность организмов распределяется случайно, а биомасса – агрегированно.

Весьма ценный прибор, широко применяемый при гидробиологических работах зарубежными исследователями, – многотрубный дночерпатель. Он соединяет достоинства трубчатого дночерпателя (возможность брать длинную колонку грунта и учитывать фауну плотных грунтов) с качеством обычного дночерпателя (большая площадь захвата материала). Этот прибор, позволяя брать серию одномоментных проб, расположенных на фиксированных расстояниях одна от другой, дает возможность оценивать равномерность или неравномерность размещения организмов. Наш 6-трубный дночерпатель имеет трубы с площадью отверстия 25 см^2 каждая. Высота труб 50 см, они расположены на расстоянии 10 см друг от друга в два ряда, расстояние между рядами 25 см. Благодаря большому весу и надежному закрывающему устройству им можно брать пробы практически на всех типах грунтов, встречающихся в Рыбинском водохранилище. Разбирая пробы по вертикальным слоям, можно получить трехмерную картину распределения бентоса. Выше приведены два примера получения характеристик бентоса с помощью этого прибора в условиях низкой (4.6 г/м^2 , Шекснинский плес, I проба) и высокой (42.3 г/м^2 , Волжский плес, II проба) биомассы бентоса.

Таким комплексом приборов можно брать серии проб площадью от 25 до 800 см^2 , делая возможным применение метода Ю.Э. Романовского и А.В. Смурова при изучении агрегаций организмов бентоса.

Для контроля полученных данных может быть рекомендован используемый также в почвенно-зоологических исследованиях метод парных проб Хьюджеса [6]. Для этого два автоматических дночерпателя крепятся на горизонтальной штанге на фиксированном расстоянии друг от друга. Сравнивая полученные данные по парам проб с использованием формул Хьюджеса, мы получим величины среднего радиуса агрегаций и количество их на исследованном участке.

Л и т е р а т у р а

1. Б а к а н о в А.И. Сравнительная оценка эффективности работы дночерпателей различных систем. - Гидробиол. ж., 1977, т. 13, № 2, с. 97-103.
2. Р о м а н о в с к и й Ю.Э., С м у р о в А.В. Методика исследования пространственного размещения организмов. - Ж. общ. биол., 1975, т. 36, № 2, с. 227-236.
3. С м у р о в А.В. Статистические методы в исследовании пространственного размещения организмов. - В кн.: Методы почвенно-зоологических исследований. М., 1975, с. 217-240.
4. С м у р о в А.В. Пространственное размещение организмов и его анализ с применением статистических распределений и индексов агрегированности. - Автореф. канд. дис., М., 1976. 24 с.
5. С м у р о в А.В., Р о м а н о в с к и й Ю.Э. Новое трехпараметрическое статистическое распределение и более общее выражение индекса агрегированности K_A , имеющего экологический смысл. - Ж. общ. биол., 1976, т. 37, № 1, с. 141-150.
6. H u g h e s R.D. The study of aggregated populations. - Progress in soil zoology. London, 1962, p. 51-55.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

О ДОСТОВЕРНОСТИ ВЕЛИЧИНЫ
СРЕДНЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ МЕЙОБЕНТОСА,
ОТОБРАННОГО МИКРОБЕНТОМЕТРОМ СИСТЕМЫ „С-1”

Изучая распределение природных популяций животных, обычно приходится использовать выборочный метод. При неоднородной плотности организмов в популяции (популяция дисперсна) исследователь стремится выявить точность, с которой производится подсчет численности животных. Оценка достоверности определения численности животных в пробах усложняется отсутствием унифицированной методики. Обычно пробы мейобентоса отбираются приборами разной конструкции в разной повторности (от 1 до 10 проб).

В Институте биологии внутренних вод АН СССР мейобентос изучается при помощи микробентометра системы „С-1”. Труба микробентометра имеет диаметр 3 см (площадь сечения около 7 см²) и высоту 34 см. Прибор данной конструкции обеспечивает сохранность грунта разной консистенции при глубине водоема до 25 м и более [6]. Применение других приборов для количественного учета мейобентоса (трубчатый лот Гурвича-Цееба [3], трубка К.С. Владимировой [1], микробентометр системы МБ-ТЕ, предложенный Е.С. Травяно и Л.В. Евдокимовой [5]) ограничено вследствие конструктивных недостатков их основных частей.

Нами изучалась точность определения численности мейофауны, собранной микробентометром системы „С-1”, при выемке от 5 до 10 проб. В Ивановском водохранилище на участке размером 30х30 м, однородном по глубине и грунту (серый ил, 7 м), было взято 94 пробы мейобентоса. В каждой пробе в расчете на 1 м² просчитывались Rhizopoda, Nematoda, Oligochaeta, Ost-racoda, Copepoda и Cladocera, а также их эфиппии и лентинные яйца. Полученные материалы обрабатывались на электронно-вычислительной машине „Минск-22”.

При математической обработке материала исходили из гипотезы, согласно которой генеральная совокупность мейобентоса распределяется по нормальному закону [4, 7].

В качестве статистического критерия (случайной величины, используемой для проверки гипотезы) избран критерий согласия Колмогорова $K(\lambda)$ [2]: $\lambda_0 = \max[\sum f_j \hat{f}_j - \sum f_j] \cdot \sqrt{n}$, где \hat{f}_j и f_j — эмпирические и теоретические частности. Уровень значимости $\alpha = 0.05$.

Вычисленная для всех групп организмов и мейобентоса в целом λ_0 табличного значения $1 - K(\lambda_0)$ превосходит заданный уровень значимости, и поэтому отвергнуть гипотезу распределения генеральной совокупности по нормальному закону нет оснований.

Величина достоверности средней численности мейобентоса при разном количестве отбора проб, тыс. экз./м²

Группа организмов	\bar{x}	δ	
		$n = 5$	$n = 10$
Rhizopoda	240	102	72
Oligochaeta	11	5,6	4
Nematoda	10	5,6	4
Ostracoda	1,2	3	2,2
Copepoda	57,5	30	22
Cladocera	7,8	6,6	4,7
Эфибии	48	37	26
Весь мейобентос	376	122	87

Для случайных величин, распределенных по нормальному закону, с вероятностью $\gamma = 1 - \alpha$ справедливо неравенство:

$$|\bar{x} - \alpha| < t_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}},$$

откуда $|\bar{x} - \alpha|^2 = \frac{t^2(\alpha, n-1)S^2}{n}$, $\delta = \sqrt{\frac{t^2(\alpha, n-1)S^2}{n}}$, где δ - вычисляемая

точность определения средней численности мейобентоса, \bar{x} - выборочное среднее (среднее арифметическое численности мейобентоса), α - среднее генеральной совокупности (среднее численности мейобентоса в естественной популяции), S^2 - выборочная дисперсия (показатель рассеивания мейобентоса), n - объем выборки (количество проб), $t(\alpha, n-1)$ - двусторонняя критическая точка распределения по Стьюденту (находится по таблице).

Таким образом, мы можем узнать точность определения средней, задаваясь минимальным объемом выборки и используя статистические данные, полученные по предыдущей выборке. Для мейобентоса величина точности оказалась равной 122 тыс. экз./м² ($n = 5$) и 87 тыс. экз./м² ($n = 10$) (см. таблицу), что соответствует 33 и 22% средней арифметической из выборки. Для исследования распределения организмов эта точность низка. Однако при изучении фауны водоемов в одном биотопе одновременно делаются несколько станций, поэтому у исследователя накапливаются 30-50 проб. При их обработке достоверность величин значительно повышается. В нашем случае, например при 30 пробах, точность повышается до 50 тыс. экз./м² (13% от выборочной средней), а при 50 пробах - 39 тыс. экз./м² (10% от выборочной средней).

1. В л а д и м и р о в а К.С. Удосконалений приклад для сбору фитомикробентосу. - Укр. бот. ж., 1961, т. 18, вып. 2, с. 86-89.
2. Г м у р м а н В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., 1972. 368 с.
3. Г у р в и ч В.В., Ц е е б Я.Л. Микробентометр для взяття кількісних проб мікробентосу. - ДАН УССР, 1958, т. 10, с. 57-63.
4. М и т р о п о л ь с к и й А.К. Техника статистических вычислений. М., 1971. 576 с.
5. Т р а в я н к о Е.С., Е в д о к и м о в а Л.В. Микробентометр МБ-ТЕ. - Гидробиол. ж., 1968, т. 4, вып. 1, с. 94-96.
6. Ч и р к о в а З.Н. Микрзообентос. - В кн.: Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975, с. 178-184.
7. H u l l i n g s N.C., C r a y I.S. A manual for the study of meiofauna. - Smithsonian Contrib. Zool., vol. 78. Washington, 1971. 84 p.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Э.С. Б и к б у л а т о в

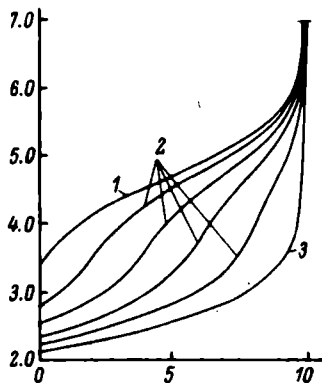
КРИТЕРИЙ ДЛЯ ВЫБОРА ЗНАЧЕНИЙ pH ПРИ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОМ ТИТРОВАНИИ СМЕСЕЙ КИСЛОТ

Состав двухкомпонентных смесей слабых кислот можно установить на основе данных потенциометрического титрования, анализируя полные кривые титрования на ЭВМ [2, 3]. Авторы работы [3] показали, что можно использовать калибровочные кривые, если проводить титрование до определенного процента нейтрализации. Из-за отсутствия соответствующей теории более простое и точное потенциометрическое титрование до определенного pH использовано не было.

Рассмотрим задачу определения состава на примере титрования смеси слабой и сильной кислот. Предполагается, что смесь этих кислот не дает на кривой титрования отдельных скачков потенциала. Пусть такая смесь кислот общим объемом V_k титруется раствором сильного основания, концентрация которого равна C . Концентрация слабой кислоты в смеси - C_w , сильной - C_g . Уравнение кривой титрования для этого случая можно записать в следующем виде:

Кривые титрования смесей уксусной и серной кислот.

1 - для чистой уксусной кислоты - $C_w = 10^{-2}n$, 2 - для смесей $C_s + C_w = 10^{-2}n$, 3 - для чистой серной кислоты - $C_g = 10^{-2}n$. По оси ординат - pH растворов кислот; по оси абсцисс - объем щелочи, идущей на титрование, мл.



$$\frac{v}{v+v_k} \left[\frac{C_s H + K(C_s + C_w)}{H + K} \right] - \frac{v}{v+v_k} C = H - \frac{K_b}{H}, \quad (1)$$

где $H = [H^+]$, $K_b = [H^+][OH^-]$, K - константа диссоциации слабой кислоты и v - объем приливаемой щелочи.

Если в этом уравнении

$$C_s + C_w = \text{const}, \quad (2)$$

то концентрация сильной кислоты в смеси C_s становится функцией только v и H , т.е. тех параметров, которые непосредственно изменяются при потенциометрическом титровании. Если проводить потенциометрические титрования смеси всегда до какого-либо постоянного значения pH и соблюдать одновременно условие (2), то концентрация оттитрованной части сильной кислоты в смеси будет всегда пропорциональной только объему внесенного раствора щелочи. Это дает возможность установить состав смеси кислот титрованием до заданного pH с использованием заранее построенных калибровочных кривых на различных смесях аналогичного качественного состава. Из кривых для смеси уксусной и серной кислот видно (см. рисунок), что от выбора pH будет зависеть точность определений. Поэтому необходимо ответить на вопрос, до какого значения pH нужно титровать смесь, чтобы точность анализа была наибольшей.

По-видимому, если при титровании исследуемых отдельно взятых сильной и слабой кислот, концентрации которых удовлетворяют равенству (2), разность между объемом щелочи, израсходованной на титрование сильной кислоты, и объемом щелочи, израсходованной на титрование слабой кислоты той же концентрации, будет максимальна, то будет максимальной и точность анализа. Решим задачу математически.

Запишем уравнения кривых титрования сильной и слабой кислот. Из уравнения (1) при $C_w = 0$ получим уравнение кривой титрования сильной кислоты:

$$\frac{v_K}{v_1 + v_K} C_S - \frac{v_1}{v_1 + v_K} C = H - \frac{K_B}{H}, \quad (3)$$

а при $C_S = 0$ — уравнение кривой титрования слабой кислоты:

$$\frac{v_K}{v_2 + v_K} \cdot \frac{C_{WK}}{K + H} - \frac{v_2}{v_2 + v_K} C = H - \frac{K_B}{H}, \quad (4)$$

где v_1 объем щелочи, идущей на титрование сильной кислоты до определенного pH, а v_2 — объем щелочи, идущей на титрование слабой кислоты до того же pH. Остальные обозначения прежние.

Решив уравнения относительно v_1 и v_2 и вычтя одно из другого, получим:

$$\Delta v = v_1 - v_2 = \frac{v_K C_S H^2}{(H + K)(H^2 + CH - K_B)}.$$

Δv — непрерывная функция, поэтому для нахождения ее экстремума нужно найти первую производную и приравнять ее нулю:

$$(\Delta v)' = -v_K C_S H \frac{H^3 - CKH + K_B H + 2KK_B}{(H + K)^2 (H^2 + CH - K_B)^2} = 0. \quad (5)$$

Так как $v_K \cdot C_S H \neq 0$ то, очевидно, для выполнения равенства (5) необходимо, чтобы был равен нулю второй сомножитель в числителе, т.е.

$$H^3 - (CK + K_B)H + 2KK_B = 0. \quad (6)$$

Поскольку $CK \gg K_B$, то уравнению (6) можно придать более простой вид

$$H^3 - CKH + 2KK_B = 0. \quad (7)$$

Полученное кубическое уравнение (7) можно решить при помощи тригонометрических функций [1]. Один из корней этого уравнения имеет следующий вид:

$$H = 2\sqrt{\frac{CK}{3}} \cdot \cos\left(60 - \frac{\varphi}{3}\right), \text{ где } \varphi = \arccos \frac{3\sqrt{3}KK_B}{CK\sqrt{CK}}.$$

Два других корня могут быть отброшены, как не имеющие физического смысла. Значение выражения под знаком „arccos“ близко к нулю, тогда $\varphi = 90^\circ$, поэтому

$$H = \sqrt{CK}.$$

(8)

Полученное выражение (8) и есть необходимый критерий титрования смеси одной слабой и одной сильной кислоты до pH, при котором точность определения состава смеси максимальна.

Экспериментальная проверка этого критерия была проведена на смесях уксусной и серной кислот, уксусной и соляной, муравьиной и серной. При этом неизменно подтверждалась его применимость.

Рассмотрим вкратце возможности использования полученного критерия при анализе природных вод. Если в пробу природной воды внести определенное количество титрованного раствора сильной кислоты (соляной или серной), достаточное для разрушения бикарбонатов и карбонатов, а также выделения слабых кислот из их солей, то получим систему, близкую к рассмотренной выше. Отличие ее заключается в том, что в системе совместно с сильной кислотой имеется не одна, а несколько слабых кислот. Тогда критерий выбора значений pH и основанный на нем метод применимы: 1) если содержание в воде одной из слабых кислот намного превышает содержание других и 2) если константы диссоциации всех слабых кислот близки. Оба случая встречаются на практике: первый — в анаэробных зонах многих водоемов, где в процессе сульфатредукции образуется практически одна уксусная кислота, второй — в метантенках при биохимической очистке сточных вод и анаэробном метановом брожении органического вещества планктонных организмов в отсутствие нитратов и сульфатов. В последнем случае образуются в основном кислоты от C₂ до C₅, константы диссоциации которых лежат в очень узких пределах (pK = 4.75–4.87).

Практическое применение разработанного метода, основанного на этом критерии, при исследовании продуктов анаэробного распада фитопланктона показало большую простоту (анализ выполняется < 10 мин) и надежность. Использование калибровочной кривой, построенной на смесях уксусной и соляной кислот с суммарной концентрацией 10⁻² н., позволило определять содержание слабой кислоты в исследуемой пробе воды в интервале концентраций 0.5–10 мг-экз./л с точностью ±0.2 мг-экз./л. Несомненно, применение других калибровочных кривых (с суммарной концентрацией < 10⁻² н.) позволит повысить чувствительность такого метода.

Л и т е р а т у р а

1. С п р а в о ч н и к для инженеров, техников и студентов. М.-Л., 1936, т. 1. 912 с.
2. K a n k a r e J.K. Determination of dissociation constants of acids and bases by potentiostatic titration. - *Analyt. Chem.*, 1973, vol. 45, N 11, p. 1877–1880.

3. P u r d i e N, T o m s o n M.B., C o o k G.K. Determination of composition of mixtures of diastereoisomeric forms of weak acids by pH titration, - Analyt. Chem., 1972, vol. 44, N 8, p. 1525-1528.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Гербарий Института биологии внутренних вод АН СССР (Л.И. Лисишина, В.И. Артёменко)	3
---	---

СООБЩЕНИЯ

Т.Н. Назина. Выделение чистых культур сульфатвос- станавливающих бактерий	4
М.Б. Вайнштейн. Учет полиниатов — дополнение к радиоизотопной (^{35}S) методике	8
М. Перес Ейрис, М. Аврора Публие- нес, В.И. Романенко, Э.М. Кудряв- цев. Особенности микробиологических процессов продукции и деструкции органического вещества в евтрофном водохранилище Ольгин на Кубе	10
Н.А. Лаптева, А.С. Даукшта, С.В. Мо- накова. Численность бактерий в озерах Латвии, учитываемых методом предельных разведений на среде с естественным содержанием органического вещества	16
А.Г. Охалкин, Г.В. Кузьмин. Сапробность вод низовья Волги	21
Э.Г. Добрынин. Интенсивность фотосинтеза в со- леных озерах Крыма	26
И.В. Довбня. О сезонном изменении фитомассы со- обществ макрофитов	29
А.Ф. Тимохина. Зоопланктон в нижнем бьефе Волж- ской ГЭС им. В.И. Ленина в 1974–1975 гг.	33
Н.В. Горячева. Устойчивость жгутиконосца <i>Bodo</i> <i>marina</i> Braarud к токсикантам	39
Л.Г. Буторина. О применении ^{14}C для изучения горизонтальных миграций <i>Polyphemus pedicu-</i> <i>lus</i> (L.) (Cladocera)	42
Л.М. Семеновна. К биологии <i>Heterocypris</i> <i>incongruens</i> (Ramd.)	45

П.В. Тузовский. Нимфа водяного клеща <i>Oxus angustipositus</i> Viets, 1908 (Lebertiidae, Aca-riformes)	48
К.Э. Кангур, А.Э. Кангур. Размерно-весовая характеристика личинок <i>Chironomus plumosus</i> L. в оз. Выртъярв	51
Е.М. Коргина. Некоторые данные по распределению <i>Dreissena polymorpha</i> Pallas в Иваньковском водохранилище	55
С.М. Кашин, Л.К. Малинин, Г.Н. Орловский. Бросок плотвы на неподвижный пищевой объект	60
И.Ф. Фомичев. К изучению влияния гидрометеорологических факторов на распространение загрязнения в водоеме	63
О.Е. Короткевич. О распределении физико-химических характеристик вод в поверхностном слое Петрозаводской губы	67
А.И. Баканов. К вопросу о методике изучения агрегаций бентоса	72
З.Н. Чиркова, В.Г. Гагарин, В.П. Сеитов. О достоверности величины средней численности мейобентоса, отобранного микробентометром системы „С-1“	76
Э.С. Бикбулатов. Критерий для выбора значе-ний рН при потенциометрическом титровании смесей кислот	78

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень № 37

Утверждено к печати

Институтом биологии внутренних вод Академии наук СССР

Редактор издательства Л.М. Маковская

Технический редактор Е.В. Кирилина

Корректор К.С. Фридлянд

ИБ № 8445

Подписано к печати 13.02.78. М-20106. Формат 60х90 1/16.

Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Печ. л. 5 1/2 = 5.5 усл. печ. л.

Уч.-изд. л. 4.90. Тираж 1350. Изд. № 6941. Тип. зак. № 14.

Цена 75 к.

Ленинградское отделение издательства „Наука“

199164, Ленинград, В-164, Менделеевская линия, д. 1

1-я тип. издательства „Наука“

199034, Ленинград, В-34, 9 линия, д. 12

Издательство „Наука“

готовит к выпуску в 1978 г.

информационные бюллетени № 38–40.

В каждом номере публикуются

краткие сообщения

гидробиологических исследований,

информации, рецензии.

Объем каждого бюллетеня 5 л.

Ориентировочная цена 75 к.

Издательство „Наука“

готовит к выпуску в 1978 г.

книгу

„Иваньковское водохранилище и его жизнь“.

Опубликованные данные позволят проследить за изменениями биологического режима водоема, происшедшими за длительный период его существования. Составлен баланс органического вещества водохранилища, дана характеристика основных показателей его биологической продуктивности.

Объем книги 19 л.

Цена 3 р. 40 к.

Книги издательства „Наука“ можно предварительно заказать
в магазинах конторы „Академкнига“

Адреса и почтовые индексы магазинов:

480391 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97
370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13
320005 Днепропетровск, пр. Гагарина, 24
734001 Душанбе, пр. Ленина, 95
375009 Ереван, ул. Туманяна, 31
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 303
252030 Киев, ул. Ленина, 42
277001 Кишинев, ул. Пирогова, 28
343900 Краматорск, ул. Марата, 1
443002 Куйбышев, пр. Ленина, 2
192104 Ленинград, Литейный пр., 57
199164 Ленинград, Таможенный пер., 2
199004 Ленинград, 9 линия, 16
220072 Минск, Ленинский пр., 72
103009 Москва, ул. Горького, 8
117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7
630076 Новосибирск, Красный пр., 51
630090 Новосибирск, Академгородок, Морской пр., 22
620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137
700029 Ташкент, ул. Ленина, 73
700100 Ташкент, ул. Шота Руставели, 43
634050 Томск, наб. реки Ушайки, 18
450075 Уфа, Коммунистическая ул., 49
450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10
720001 Фрунзе, бульв. Дзержинского, 42
310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6