

06
и 71

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

7

2802/-77

06
и 71

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

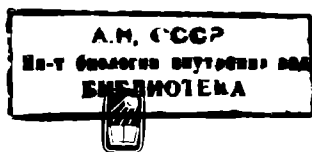
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ
ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 7



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Ленинград - 1970

2402177

Информационный бюллетень «Биология внутренних вод» публикует материалы о работе советских и зарубежных гидробиологических учреждений и соответствующих кафедр о совещаниях, конференциях, симпозиумах и научных сессиях, посвященных общим и частным вопросам изучения жизни внутренних водоемов, рецензии на книги и статьи по лимнологии и биологии пресноводных организмов. Бюллетень содержит также краткие статьи (объемом не свыше 0.25 авторских листа), излагающие результаты оригинальных исследований в этих областях науки.

Адрес редакции: п/о Борок Некоузского района Ярославской области, Институт биологии внутренних вод АН СССР.

Главный редактор

доктор биологических наук

Б. С. КУЗИН

Редактор издания

доктор биологических наук

Б. К. ШТЕГМАН

ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД АН СССР

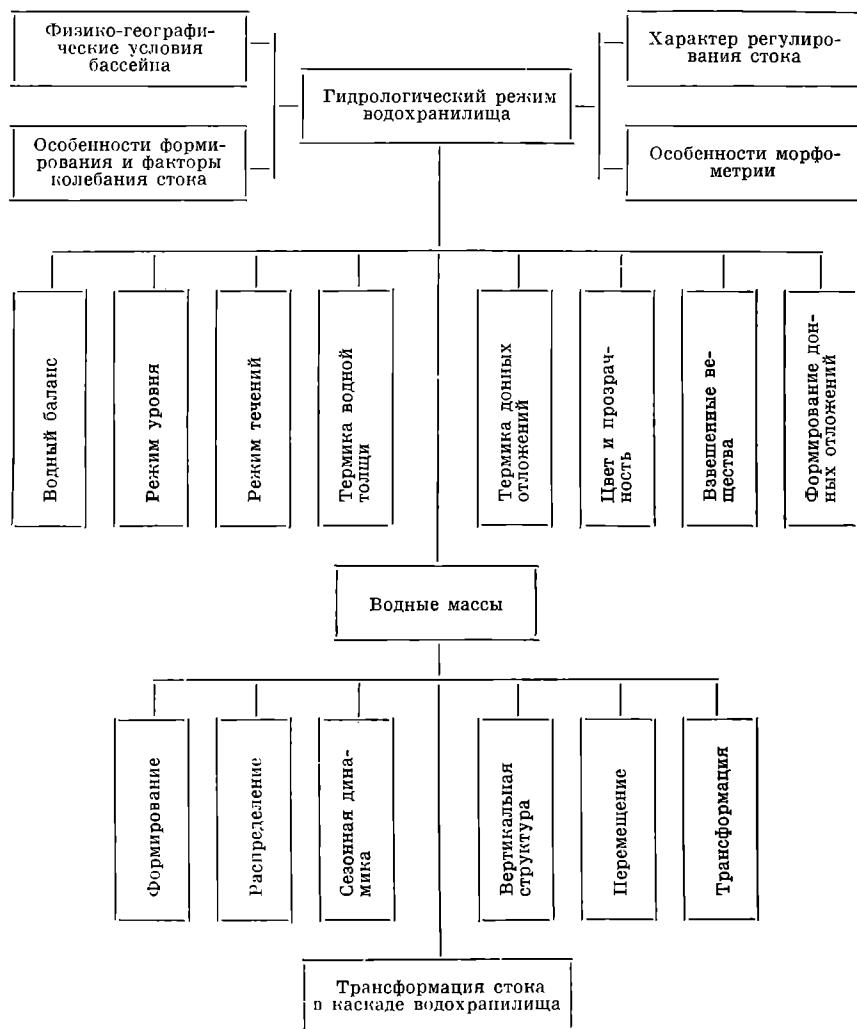
Институт биологии внутренних вод АН СССР является комплексным биологическим учреждением. Основная его задача — изучение биологических процессов, протекающих во внутренних водоемах, и их биологической продуктивности. Биологическая продуктивность водоемов представляет часть более общей проблемы продуцирования и трансформации органического вещества, решение которой связано с глубоким изучением биологии водных организмов.

Исследование этих вопросов требует знания абиотических факторов жизни водных организмов: химизма и гидрологического режима водоемов. Влияние отдельных элементов гидрологического режима на ход биологических процессов в водоемах, их продуктивность и санитарное состояние весьма существенно. Это особенно относится к водохранилищам. Искусственное регулирование объема водной массы в этих водоемах сопровождается значительными колебаниями уровня вод, что приводит к существенным изменениям площади зеркала водохранилища. Так, в Рыбинском водохранилище при зимней сработке площадь акватории в отдельные годы уменьшается на 48%. Аналогичная картина наблюдается в Куйбышевском водохранилище. Значительные изменения площади и глубины водохранилищ оказывают глубокое влияние на жизнь водоемов в целом. Все другие гидрологические факторы также в сильнейшей степени влияют на продуктивность водоема и на протекающие в нем биологические процессы, в том числе и на способность его к самоочищению, которое обеспечивается деятельностью сложного комплекса водных организмов.

Таким образом, гидрологические исследования составляют необходимую часть комплексного биологического изучения водоема. Это подтверждается опытом многолетних комплексных исследований Института биологии внутренних вод АН СССР. Уже на примере Рыбинского водохранилища стало очевидно, что для раскрытия закономерностей формирования фауны и

флоры водохранилищ, изучения вопросов, связанных с их рыбопродуктивностью, требуется знание уровня режима, особенностей водного баланса, детальное исследование течений, распределения температуры воды и донных отложений, количества и состава водных взвесей, а также формирования и распределения грунтов. Изучение этих вопросов и было положено в основу гидрологических работ Института.

При изучении гидрологического режима водохранилищ необходим тщательный учет физико-географических условий бассейна, характера регулирования стока и морфометрии этих водоемов,



поскольку они определяют направленность и интенсивность гидрологических процессов как во всем водохранилище, так и на отдельных его участках. Учет этих факторов позволяет установить причины специфических особенностей гидрологического режима водохранилищ и показать взаимозависимость отдельных элементов режима.

В ходе изучения элементов гидрологического режима водохранилищ выявилась неоднородность вод, наполняющих эти водоемы. Установлено, что в условиях замедленного водообмена воды рек, поступающие в водохранилища, образуют обособленные водные массы. При этом в процессе трансформации и главным образом в результате смешения речных вод формируется водная масса собственно водохранилища, которая по своим свойствам отличается от исходных речных вод. Изучение трансформации речного стока в каскаде водохранилищ и представляет собой основную цель гидрологических исследований Института (см. схему).

Такие исследования необходимы для раскрытия закономерностей формирования гидрологического режима водохранилищ и служат основой к пониманию особенностей распределения водных организмов, их перемещения, хода продукционных процессов. Они способствуют более эффективному использованию водных ресурсов водохранилищ для целей промышленного и бытового водоснабжения.

Н. В. Буторин

С. И. Кузнецов

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОФЛОРЫ ВНУТРЕННИХ ВОД И ВОПРОСЫ УНИФИКАЦИИ МЕТОДОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель настоящего сообщения — уточнение подхода к унификации методов микробиологических исследований в пресных водах. Очевидно, работы должны идти по двум направлениям: 1) разработка новых методов применительно к решению новых задач; 2) проведение массовых исследований водоемов по определенной программе. В первом случае исследователю должна быть дана полная свобода в разработке приемов и методов исследования, во втором необходимо использовать методы анализа, надежные и доступные для массового применения. Но прежде чем переходить к методам исследования, следует сформулировать те направления в водной микробиологии, по которым целесообразно вести исследования в ближайшем будущем.

I. Как известно, существует разрыв между учетом количества бактерий методом посева на питательные среды и прямым микроскопическим методом. Если путем посева в водах из чистых озер учитывается 50—100 клеток бактерий в 1 мл, то микроскопическим методом в той же воде учитывается 1.5—2 млн клеток.

Применение электронномикроскопического метода подтверждает данные учета бактерий оптическим методом. Более того, применение электронного микроскопа к исследованию водной микрофлоры дает возможность увидеть такие формы микроорганизмов, которые по своим размерам меньше разрешающей способности оптических систем современных микроскопов, и при учете на мембранных фильтрах они невидимы даже при увеличении в 1000 раз.

Таким образом, первое направление водной микробиологии, в котором следует вести исследования, — это уточнение численности и морфологических форм водных микробов. Очевидно, изучение микрофлоры следует вести в водоемах разных типов по следующим разделам.

1. Уточнение морфологических форм микробов воды и ила путем применения электронного микроскопа.

2. Наблюдение за развитием микрофлоры ила путем применения пелоскопических капилляров.

3. Характеристика микрофлоры путем использования мембранных фильтров и специальных методов окраски, например эритрозина с докраской желтой кровяной солью.

4. Изучение прикрепляющихся бактерий путем применения стекол обрастания и путем электронной микроскопии взвешенных частиц.

5. Изучение микрофлоры путем окраски флюорохромами и применение люминесцентной микроскопии.

Визуальное исследование должно сопровождаться выделением отдельных видов олигокарбофилов на специальных питательных средах, идентификацией их видовой принадлежности и изучением их физиологии. Детали метода определения численности бактерий следует унифицировать, а остальные методы необходимо включать в план исследований.

II. Для решения ряда вопросов водной микробиологии требуется более детальное знание физиологии отдельных микроорганизмов. Сюда относятся вопросы изучения промежуточных и конечных продуктов первичной продукции и деструкции органического вещества отдельными видами микроорганизмов, изучение процесса гетеротрофной ассимиляции углекислоты и хемосинтеза, механизма процессов бактериального окисления метана, зависимости времени генерации бактерий от характера внешней среды и т. п. Развитие этого раздела водной микробиологии требует постановки лабораторных исследований и, очевидно, здесь нужно предоставить исследователям полную свободу действий.

III. Наконец, третье направление работ, которое требует стандартизации методов исследования, — это наблюдения непосредственно на самом водоеме, связанные с изучением круговорота веществ.

Если до сих пор количественно определялась лишь продукция органического вещества, а об интенсивности остальных микробиологических процессов судили с качественной стороны по наличию соответствующих бактерий, то в настоящее время основное внимание следует уделять определению именно интенсивности процессов круговорота вещества в природе. К этому имеется уже ряд предпосылок. Определения можно вести путем применения методов, основанных на использовании радиоактивных или стабильных изотопов. Более конкретно частные направления исследований водной микрофлоры могут быть представлены следующей таблицей.

Само собой разумеется, что представленный перечень вопросов допускает пересмотр и дополнение. За основу для стандартизации

Основные процессы, в которых участвует водная микрофлора, и методы анализа

Процесс	Предмет анализа	Методы анализа				Подлежит ли стандартизации
		изотопный	культуральный	микроскопический	химический	
Круговорот углерода	Продукция органического вещества	+	—	—	+	+
	Деструкция органического вещества	+	—	—	+	+
	Численность бактерий (общая)	—	—	+	—	+
	Время генерации и продукция бактерий	+	—	—	—	+
	Метанобразующие бактерии	—	+	—	—	—
	Метанокисляющие бактерии	+	+	—	—	—
	Бактерии, окисляющие углеводороды	—	+	—	+	+
	Гетеротрофная ассимиляция CO ₂	+	—	—	—	—
	Водородокисляющие бактерии	+	+	—	—	—
	Деструкция в иловых отложениях	—	—	—	+	—
	Потенциальная способность микрофлоры воды окислять метан и углеводороды	—	—	—	+	+
	Олигокарбофильные бактерии, новые формы	—	+	+	—	—
Круговорот серы	Гнилостные бактерии	—	+	—	—	+
	Сульфатредуцирующие бактерии	—	+	—	—	+
	Интенсивность процесса редукции сульфатов	+	—	—	—	—
	Тионовые бактерии: <i>Thiobacillus thio-parus</i> , <i>Th. thiooxidans</i> , <i>Th. denitrificans</i> . .	—	+	—	—	+
	Интенсивность процесса окисления H ₂ S .	+	—	—	—	+
	Видовой состав окрашенных серобактерий	—	+	+	—	—
Круговорот азота	Интенсивность процесса фиксации азота (N ¹⁵)	+	—	—	—	—

Процесс	Предмет анализа	Методы анализа				Подлежит ли стандартизации
		изотоп- ный	культу- ральный	микроско- пический	хими- ческий	
Круговорот железа и марганца	Азотфиксирующие бак- терии	—	+	—	—	—
	Азотфиксирующие во- доросли	—	—	+	—	—
	Нитрификационная способность воды и ила	—	—	—	+	+
	Учет железобактерий. Бактерии, восстанавли- вающие железо и марганец	—	+	+	—	—
	Поиски новых форм (электронный микро- скоп, телоскопиче- ские капилляры) .	—	+	+	—	—
	Трофические взаимоотноше- ния гидроби- онтов	+	—	+	—	—
	Усвоение кормов . .	+	—	+	—	—

методов можно взять руководство, составленное С. И. Кузнецовым и В. И. Романенко (1963), внеся в него некоторые дополнения и исправления.

ЛИТЕРАТУРА

Кузнецов С. И. и В. И. Романенко. 1963. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. Лабораторное руководство. Изд. АН СССР, М.—Л.

Институт биологии
внутренних вод
АН СССР

**СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ПРОДУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО
ВЕЩЕСТВА ФИТОПЛАНКТОНОМ В РЫБИНСКОМ
ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

Под суточной динамикой продукции органического вещества подразумевается прирост его через ряд последовательных интервалов времени в течение суток. В литературе имеются лишь единичные сведения по этому вопросу. Это объясняется, по-видимому, тем, что определить интенсивность фотосинтеза во многих водоемах за короткие промежутки времени кислородным методом, который являлся основным до 1952 г., не удавалось ввиду его низкой чувствительности. Такие анализы кислородным методом были произведены лишь в евтрофных водоемах (Винберг, 1960; Uhlmann, 1966). За последнее время появился ряд сообщений об определении суточной динамики фотосинтеза радиоуглеродным методом (Vollenweider a. Nauwerk, 1961).

Изучение суточной динамики фотосинтеза в естественных биоценозах позволяет уточнить следующие вопросы: в какое время и при какой освещенности наблюдаются оптимальные условия для фотосинтеза; равное ли количество органического вещества образуется в первую и во вторую половины дня; происходят ли потери органического вещества, синтезированного днем, в темное время суток и т. п.

Наблюдения на Рыбинском водохранилище производились нами ежегодно на 8 станциях в августе 1966—1968 гг. Анализ выполнялся двумя способами. Один из них состоял в том, что после тщательного перемешивания пробы вода разливалась равными порциями в склянки светлого стекла объемом 250 мл. На рассвете во все склянки одновременно было добавлено по 1 мл меченого карбоната — $\text{NaHC}^{14}\text{O}_3$. Склянки экспонировались на палубе судна в аквариуме при температуре воды водохранилища. Через каждые 2 часа пробы в двух склянках фиксировались формалином и водоросли отфильтровывались на мембранный фильтр № 5. После соответствующей обработки радиоактивность проб определялась под торцовым счетчиком Гейгера. По второму способу пробы воды отбирались в бутылки объемом 1—2 л, куда вносился радиоактивный карбонат. Через каждые 2 часа из бутылей отбирались порции воды, в которых также определялась радиоактивность водорослей. В 1968 г. параллельно с анализом фотосинтеза определялась освещенность с помощью люксметра.

В различные дни на разных станциях абсолютные величины фотосинтеза в светлое время суток составляли 0.05—0.28 мг С/л

(рис. 1). Для того чтобы получить среднюю по всем станциям для всего периода исследования в данном рейсе, результаты двухчасовых величин фотосинтеза за день на каждой станции выражались в процентах по отношению к фотосинтезу за период

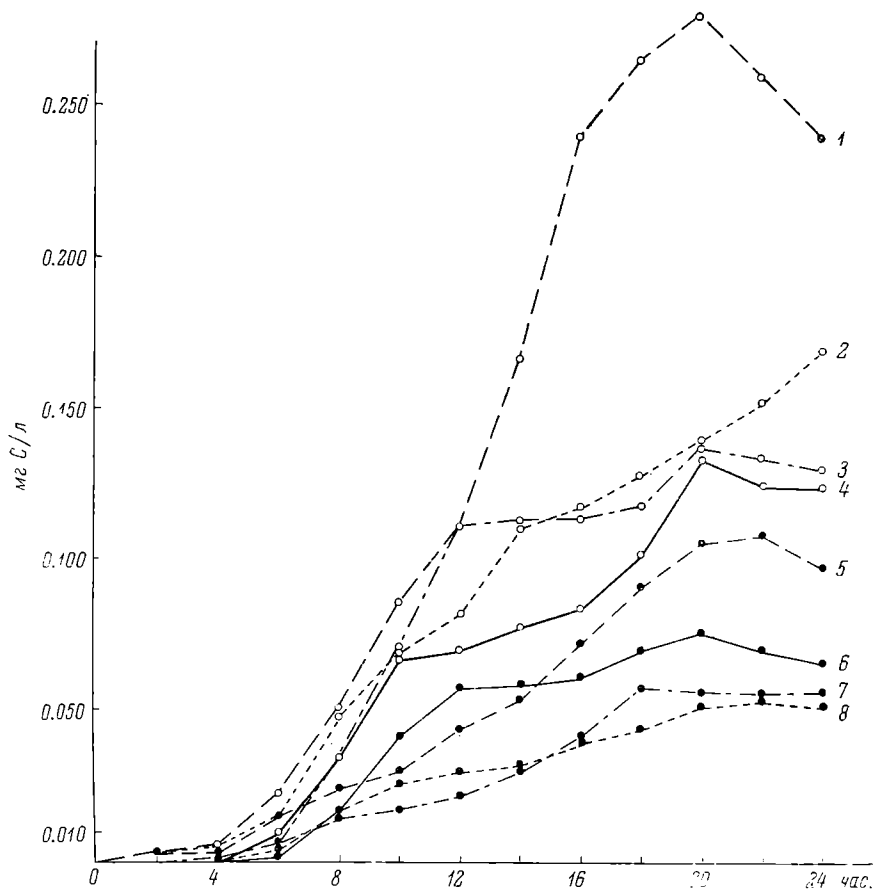


Рис. 1. Суточная динамика фотосинтеза фитопланктона в Рыбнском водохранилище за 1968 г. в различных пробах воды в абсолютных величинах.

1—8 — номера станций.

времени от 8 до 10 час. утра и затем суммировались по всем станциям за одни и те же промежутки времени. Суммарные величины фотосинтеза в процентах нанесены на график (рис. 2). Разница между каждым последующим и предыдущим анализом дает величину прироста органического вещества за 2 часа. В 1966 и 1967 гг. анализы производились в безоблачные дни. Из рис. 2 видно, что рано утром (до 5—6 час.) прирост органического вещества

идет медленно. Максимальный прирост органического вещества происходит около 8—10 час. и в 15—16 час. при освещенности 10 000—30 000 лк. В 1967 и 1968 гг. в середине дня при освещенности 50 000—70 000 лк наблюдалось световое подавление фотосинтеза.

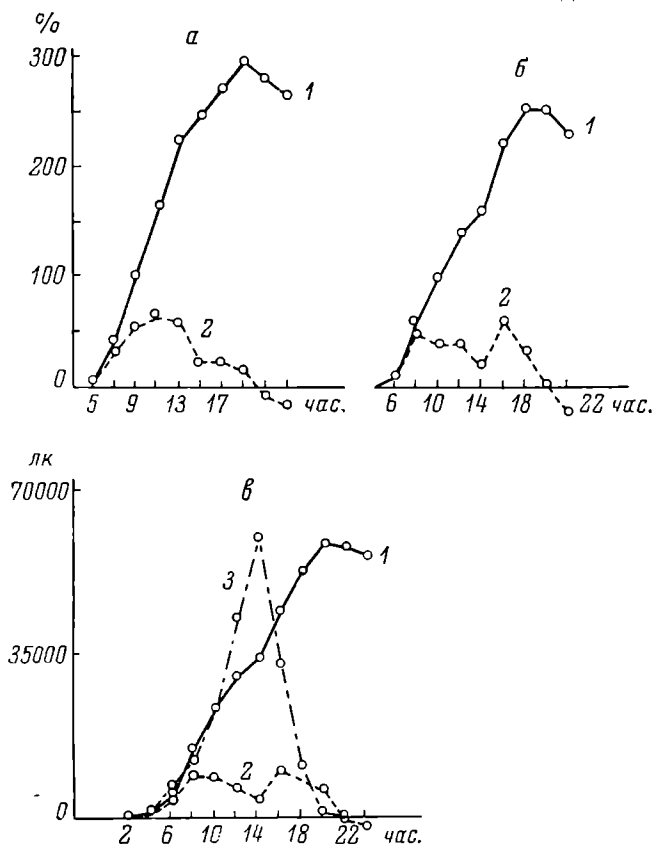


Рис. 2. Осредненные величины суточной динамики фотосинтеза в Рыбинском водохранилище за 1966 (а), 1967 (б) и 1968 гг. (в).

1 — динамика фотосинтеза за сутки, %; 2 — динамика прироста органического вещества за каждые 2 часа, %; 3 — освещенность, лк.

синтеза. Фотосинтез практически прекращается к 20 час. После этого начинается постепенная потеря органического вещества, в основном, как было показано в специальных опытах, результаты которых здесь не приводятся, за счет дыхания водорослей, т. е. в виде CO_2 . Примерно за 2 часа эти потери составляют 2—4% от синтезированного за день органического вещества.

Как правило, в первую половину дня (до 13 час.) органического вещества образуется несколько больше. В 1966 г. это превышение было значительным — почти на 50%, в 1967 г. на 8, в 1968 г. на 6% (см. таблицу). Можно предположить, что это связано с повышением содержания биогенных элементов в первую половину дня после преобладания ночью деструкционных процессов.

	Период суток (время декретное)	Результаты анализов, %		
		1966 г.	1967 г.	1968 г.
Фотосинтез	Первая половина дня (0—13 час.)	67	54	52
	Вторая половина дня (13—21 час.)	33	46	48
Потери органического вещества	За 2 часа в сумерки	4	4.5	2.5

Таким образом, ввиду несимметричности кривой суточной динамики фотосинтеза в некоторых случаях могут быть получены ошибки при постановке полусуточных станций на определение первичной продукции органического вещества. При постановке суточных станций и использовании радиоуглеродного метода в мезотрофных водоемах недоучет за счет дыхания и потерь водорослями органических веществ может составить от 7 до 20% от суточной величины фотосинтеза. По-видимому, при устранении всех прочих недостатков на такую величину должны различаться результаты, полученные кислородным и радиоуглеродным методами.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- В и н б е р г Г. Г. 1960. Первичная продукция водоемов. Изд. АН БССР, Минск.
V o l l e n w e i d e r R. A. and A. N a u w e r k. 1961. Some observations on the C^{14} method for measuring primary production. Verhandl. Internat. Verein. Limnol., 14, Stuttgart.
U h l m a n n D. 1966. Production und Atmung im hypertrophen Teich. Verhandl. Internat. Verein. Limnol., 16, Stuttgart.

Институт биологии
внутренних вод
АН СССР

УТИЛИЗАЦИЯ СВЕТОВОЙ ЭНЕРГИИ ХЛОРЕЛЛОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА И ГУСТОТЫ КУЛЬТУРЫ

Зависимость роста водорослей и утилизации ими световой энергии от условий среды рассматривалась многими авторами (Myers a. Graham, 1959; Golucka, 1962; Ничипорович и др., 1962, и др.). Исследовалось, как правило, влияние одного какого-либо фактора. Одновременное влияние нескольких факторов изучено значительно хуже.

Мы задались целью исследовать рост и использование световой энергии водорослями в зависимости от густоты культуры и интенсивности света. Объектом исследования служила водоросль хлорелла. Использовалась среда Тамия с мочевиной в качестве источника азота и с рН 6.5. Температура при культивировании равнялась 26°. Водоросли выращивались в сосудах с плоско-параллельными стенками при освещаемой поверхности 3.12 дм². Суспензии барботировались воздухом, обогащенным СО₂. Источник света — лампа ДРЛ. Нужная густота культуры достигалась засевом сосудов определенным количеством водорослей. Длительность опытов составляла 24 часа. Процент утилизируемого света рассчитывался как отношение световой энергии, поглощенной водорослями, к падающей на них. Количество энергии, поглощенной водорослями, определялось по количеству накапливаемого водорослями сухого вещества, в 1 г которого, как показали наши исследования (Трухин, 1967), заключено 4.8 ккал. Количество сухого вещества в водорослях определялось их взвешиванием после высушивания сначала при температуре 80°, а затем при 100° (в вакууме). Одновременно с учетом использования водорослями световой энергии устанавливалась зависимость от интенсивности света (при различной густоте культуры) прироста биомассы и коэффициентов размножения водорослей. Коэффициент размножения рассчитывался как отношение биомассы в конце опыта к биомассе в начале его.

При сравнительно небольшом количестве водорослей в культуре (под 1 м² 0.5—5.5 г сухого вещества) прирост биомассы и утилизация света были невысокими, хотя водоросли размножались довольно энергично (рис. 1). Кривая зависимости прироста биомассы, а также коэффициентов размножения водорослей от интенсивности света имела одновершинный характер с максимумом при 60—100 тыс. эрг/см² · сек. Кривая зависимости утилизации света от его интенсивности имела иной характер:

с повышением интенсивности света процент его утилизации резко снижался.

Увеличение количества водорослей в культуре при высоких интенсивностях света приводило к возрастанию величины прироста биомассы, при низких интенсивностях — к снижению. Вследствие этого кривые прироста биомассы и кривые коэффициентов размножения водорослей «выпрямлялись», а максимумы на этих кривых исчезали. Кривые утилизации водорослями энергии света при увеличении количества водорослей в культуре, напротив, приобретали одновершинный характер. Положение максимума утилизации световой энергии удается сдвинуть (повышая засевной титр водорослей) лишь при интенсивности света, не превышающей 60 тыс. эрг/см² · сек. Указанная интенсивность, как показали специальные исследования, является пороговой для насыщения светом процесса фотосинтеза у отдельной клетки водоросли.

Очевидно, в загущенных культурах, несмотря на значительную взаимозатеняемость водорослей, определенное количество клеток при повышенных интенсивностях света испытывает переоблучение. Сравнивая эффективность использования световой энергии при 60 тыс. эрг · см²/сек., т. е. при интенсивности света, являющейся пороговой для насыщения фотосинтеза у отдельно взятой водоросли, с эффективностью использования света при более

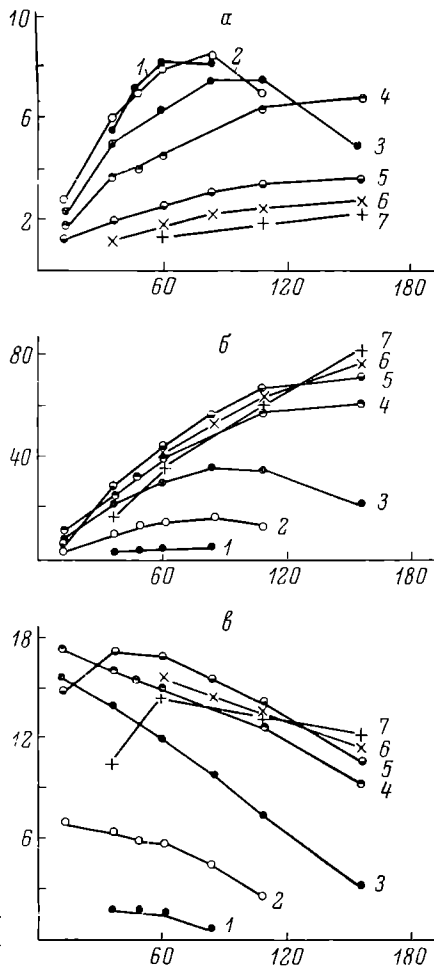


Рис. 1. Влияние интенсивности света на коэффициент размножения, суточные приросты биомассы и утилизацию водорослями световой энергии.

Титр засева водорослей (в г сухого вещества на 1 м² освещаемой поверхности): 1 — 0.55; 2 — 2.2; 3 — 5.5; 4 — 11; 5 — 28; 6 — 45; 7 — 68. а — коэффициент размножения; б — суточный прирост сухого вещества, г/м²; в — процент утилизации световой энергии. По оси абсцисс — интенсивность света, тыс. эрг/см² · сек.

высоких его интенсивностях, можно установить степень переоблученности водорослей ярким светом. На рис. 2 приводятся подобные данные для ряда суспензий, отличающихся титром засева водорослей.

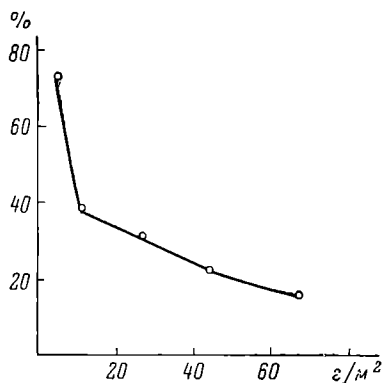


Рис. 2. Влияние величины титра засева водорослей на степень их «переоблучения» ярким светом.

По оси абсцисс — титр засева, г/м²; по оси ординат — процент «переоблучения» водорослей ярким светом.

Интенсивность света, при которой водоросли испытывают переоблучение, составляла 156 тыс. эрг/см² · сек. Согласно полученным данным, в условиях сильно загущенных суспензий переоблученность водорослей таким довольно ярким светом сравнительно невысока — при титре засева 68 г/м² она составляла всего 17.5%.

Таким образом, применяя различный засевной титр водорослей, нам удалось показать, что максимума утилизации световой энергии можно достигнуть, используя лишь сильно загущенные культуры и интенсивности света, не превышающие пороговую для насыщения светом фотосинтеза у отдельно взятой клетки.

ЛИТЕРАТУРА

- Н и ч и п о р о в и ч А. А., В. Е. Семененко, М. Г. Владимирова. 1962. Интенсификация фотосинтетической продуктивности одноклеточных водорослей. Изв. АН СССР, сер. биол., 2.
- Семененко В. Е., М. Г. Владимирова, Л. П. Цоглин, М. И. Таутс, Ю. Н. Филипповский, Г. Л. Клячко-Гурвич, Е. Д. Кузнецов, Е. С. Кованова, Н. И. Райков. 1966. Непрерывное управляемое проточное культивирование водорослей и физиолого-биохимическая характеристика продуктивности и эффективности утилизации лучистой энергии хлореллой при длительном интенсивном выращивании. В сб.: Управляемый биосинтез, изд. «Наука», М.
- Т р у х и н Н. В. 1967. Влияние формы азота на продуктивность и химический состав *Chlorella pyrenoidosa*. В сб.: Лучистые факторы в жизни водных организмов, изд. «Наука», М.—Л.
- G o l u c k a C. C. 1962. Over-all light energy conversion efficiency of a high-temperature strain of *Chlorella pyrenoidosa*. *Physiol. plant.*, 15, 1.
- M y e r s J. and G r a h a m J. R. 1959. On the mass culture of algae. II. Yield as a function of cell concentration under continuous Sunlight irradiance. *Physiol. plant.*, 34, 3.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ПОГРЕШНОСТЬ МЕТОДА СКЛЯНОК ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОДУКЦИИ И ДЕСТРУКЦИИ ПЛАНКТОНА

Несмотря на широкое применение метода склянок для различного рода исследований, нам известна лишь одна работа, посвященная анализу погрешности этого метода. На основании лабораторных экспериментов Паттен с соавт. (Patten et al., 1964) определяли стандартное отклонение при единичном определении кислорода в склянках. В интервале концентраций кислорода от 2 до 10 мг/л оно оставалось постоянным и было равно для контрольных склянок 0.025, а для опытных (темных и светлых) — 0.075 мг O_2 /л. Ошибка с вероятностью 95% была равна ± 0.30 мг O_2 /л при определении валовой продукции планктона и ± 0.20 для чистой продукции и деструкции.

В настоящей работе анализируется погрешность метода склянок при определении продукции и деструкции планктона в высокопродуктивных водоемах. Исследование проводили на интенсивно удобряемых прудах рыбхоза «Якоть» Московской обл.

Для вычисления погрешности результата мы воспользовались материалами полевых исследований, где все опыты ставили с двухкратной повторностью. Из имеющихся данных о содержании кислорода в контрольных, темных и светлых склянках была сделана случайная выборка. Для каждой пары параллельных проб вычисляли отклонение от средней ($x_i - \bar{x}$) и полученные величины группировали относительно концентрации кислорода с таким расчетом, чтобы в каждой группе было по 20 значений ($n=20$). Всего было проанализировано 1840 проб кислорода. Каждую группу мы рассматривали как отклонения от генеральной средней — \bar{x} (середина класса), полученные при 20-кратном ее измерении ($x_i - \bar{x} = x_i - \bar{x}$), и вычисляли стандартное отклонение по формуле

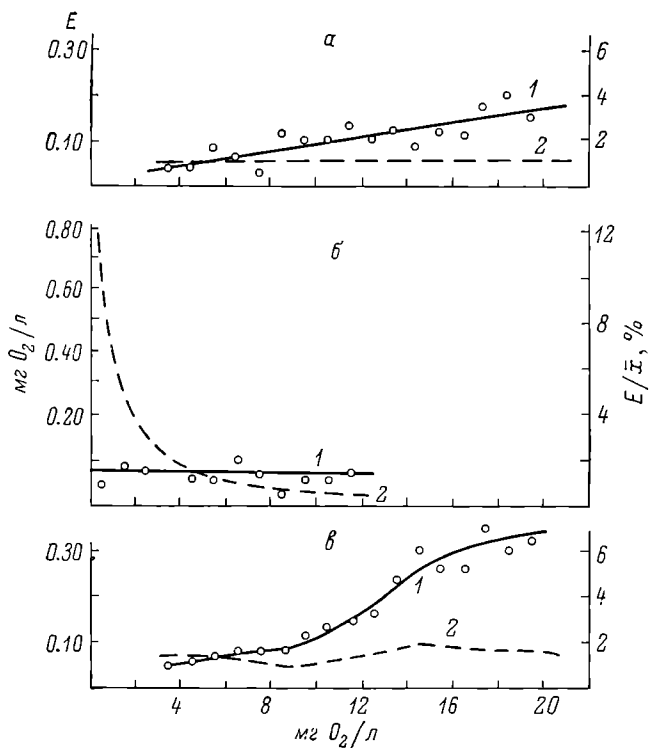
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}.$$

На основании полученных величин дисперсии выборочных данных вокруг генеральной средней вычисляли вероятную погрешность результата при двух параллельных определениях по формуле

$$E = \frac{2/\sqrt{3}\sigma}{\sqrt{2}} = \sigma \cdot 0.47.$$

В темных склянках вычисленная погрешность, как и у Паттен с соавт., оставалась постоянной в диапазоне концентраций кислорода от 0.5 до 12 мг/л и была равна 0.07 мг O_2 /л (см. рисунок, б). В контрольных склянках абсолютные значения вероятной по-

грешности увеличивались с возрастанием концентрации кислорода от 3 до 20 мг/л по уравнению $y=0.011+0.008x$, где x — концентрация кислорода, мг/л; y — погрешность, мг O_2 /л. Величина относительной погрешности результата оставалась постоянной и была равна 1% (см. рисунок, а).

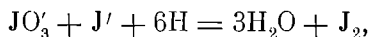


Вероятная погрешность результата при определении концентрации кислорода.

а — в контрольных, б — в темных, в — в светлых склянках. 1 — абсолютная погрешность; 2 — относительная погрешность. По оси ординат слева — абсолютная погрешность метода, мг O_2 /л, справа — относительная погрешность метода, %; по оси абсцисс — содержание кислорода, мг O_2 /л.

Увеличение погрешности в контрольных склянках связано, вероятно, с перенасыщением воды кислородом. В этих условиях малейшая небрежность при заполнении склянок и фиксации проб могла привести к потере кислорода и увеличению разницы между параллельными пробами. Бóльшую ошибку в контрольных склянках по сравнению с темными отчасти можно объяснить следующим. Контрольные пробы фиксировали в момент постановки опыта и хранили до следующего дня в лаборатории. При этом склянки могли освещаться неравномерно. Как указывает

Оле (цит. по: Patten and et al., 1964), под влиянием света образуется гипоиодид с последующим освобождением иода из NaJ в кислой среде по уравнению



что увеличивает количество определяемого кислорода. Затемнение склянок в период хранения снижало разницу между параллельными пробами.

Вероятная погрешность результата в светлых склянках при концентрации кислорода от 3 до 9 мг/л была равна погрешности в контрольных склянках. С повышением концентрации кислорода до 20 мг/л погрешность возрастает до 0.32 мг/л (см. рисунок, в). При еще более высоком содержании кислорода данных оказалось недостаточно для их группировки, но на основании 52 случаев, которые распределены довольно равномерно в интервале 21—30 мг O_2 /л, установлено, что погрешность продолжает расти и в среднем для этого интервала равна 0.37 мг/л.

Резкое возрастание погрешности с увеличением концентрации кислорода выше 9 мг/л связано с перенасыщением воды кислородом в склянках за время экспозиции, которое иногда достигало 300—400%. При этом в склянках выделялись пузырьки газа, объем которых увеличивался с повышением степени насыщения воды кислородом и в некоторых случаях достигал 20 мл. При наличии пузырей пробы фиксировали в наклонном положении склянок, в результате чего пузыри оставались в склянке и часть содержащегося в них кислорода тоже фиксировалась. После фиксации таким способом объем пузырей, по визуальным наблюдениям, не изменялся, но количество определяемого в пробе кислорода увеличивалось. Извлечение кислорода из пузырей было, по-видимому, неполным, и степень его могла зависеть от ряда условий, например, от интенсивности взбалтывания проб, которая не была стандартизирована в опыте. Это вероятней всего и было причиной столь большого расхождения параллельных проб.

Таким образом, в контрольных склянках вероятная погрешность результата была равна 1%, в светлых — около 1.8% (см. рисунок, в). В темных склянках абсолютная погрешность независимо от концентрации кислорода оставалась постоянной — 0.07 мг O_2 /л, а относительная возрастала с понижением концентрации до 12%. При определении величин продукции и деструкции погрешности, получаемые в светлых, темных и контрольных склянках, складываются. Ниже приводятся пределы вероятных погрешностей при концентрации кислорода в светлых и контрольных склянках от 3 до 20 мг/л (мг O_2 /л).

$$\Phi = C - T \dots 0.12-0.43$$

$$D = K - T \dots 0.10-0.27$$

$$\Phi - D = C - K \dots 0.08-0.56,$$

где С, Т, К — концентрация кислорода соответственно в светлых, темных и контрольных склянках.

Приведенные величины показывают, что вычисленная вероятная погрешность результата зависит от концентрации кислорода в контрольных и светлых склянках. При малых концентрациях кислорода наши данные совпадают с литературными, а при больших, которые не исследовались другими авторами, погрешности увеличиваются в несколько раз. Применение в высокопродуктивных водоемах краткосрочных экспозиций вместо суточных позволяет снизить величину погрешности.

ЛИТЕРАТУРА

Patten B. C., J. J. Norcross, D. K. Young, C. L. Rutherford. 1964. Some experimental characteristics of dark and light bottles. J. Conseil perman. internat. explorat. mer., 28, 3.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
прудового рыбного хозяйства

В. И. Кузьмичева

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ФОТОСИНТЕЗА НА ЕДИНИЦУ ПОВЕРХНОСТИ В ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ МЕЛКОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ

При расчете биотического баланса водоема в целом возникает необходимость вычисления величин фотосинтеза и деструкции под 1 м² поверхности. В неглубоких водоемах, где вся водная масса постоянно перемешивается и организмы планктона распределены равномерно во всей толще воды, величина деструкции мало различается на разных глубинах (Herper, 1962; Wrobel, 1965). Поэтому расчет деструкции для всего слоя воды обычно не вызывает затруднений и может быть проведен по одному измерению в среднем слое воды. Величина продукции, напротив, может резко изменяться с глубиной, что связано с уменьшением освещенности в нижних слоях воды. Распределение фотосинтеза по глубинам меняется в зависимости от интенсивности солнечной радиации у поверхности воды и от концентрации взвешенных частиц, в частности водорослей, в толще воды. В гидробиологической практике обычно принимается, что уменьшение интенсивности фотосинтеза с глубиной в мелководных водоемах происходит равномерно, и средний фотосинтез для слоя воды определяется или непосредственно в середине слоя или как среднее из двух измерений у поверхности и у дна водоема.

Цель настоящей работы — поиски более простого метода определения среднего фотосинтеза для слоя воды и оценка возможных погрешностей. Работа была проведена на интенсивно удобряемых прудах рыбхоза «Якоть» Московской обл. Измерение

фотосинтеза обычно проводили на двух горизонтах: в 15 см от поверхности и у дна на глубине 50 см в мелководных выростных прудах и 100 см — в более глубоких нагульных прудах.

На основании полученных эмпирических данных были рассчитаны величины падения фотосинтеза ($\Delta\Phi$) при увеличении глубины на 1 см:

$$\Delta\Phi_1 = \frac{\Phi_{15} - \Phi_{50}}{35}, \quad \Delta\Phi_2 = \frac{\Phi_{15} - \Phi_{100}}{85}.$$

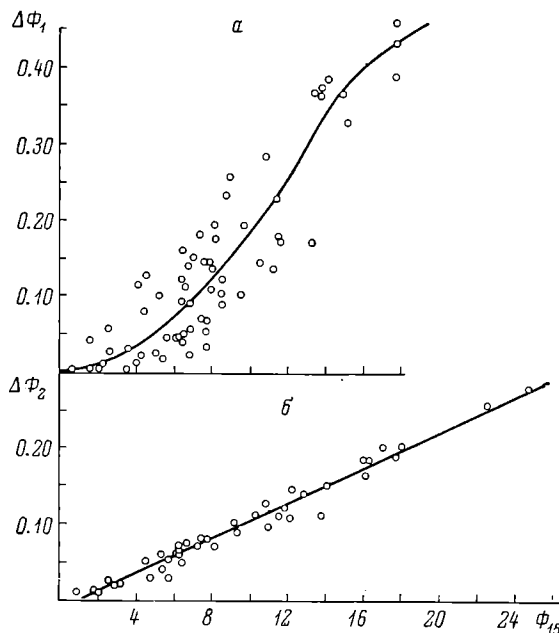


Рис. 1. Зависимость градиента падения фотосинтеза с глубиной от величины поверхностного фотосинтеза.

a — для слоя воды 15—50 см; *б* — для слоя воды 15—100 см. По оси абсцисс — фотосинтез на глубине 15 см, мг O_2 /л·сутки; по оси ординат — величина фотосинтеза при увеличении глубины на 1 см, мл O_2 /л·сутки.

По полученным значениям $\Delta\Phi$ можно найти величину фотосинтеза на любой глубине, т. е. любую точку на прямой, соединяющей величины поверхностного и придонного фотосинтеза по формуле

$$\Phi = \Phi_{15} - \Delta\Phi (h - 15), \quad (1)$$

где Φ — искомая величина фотосинтеза на глубине h см.

Определив по этой формуле фотосинтез в середине слоя воды и умножив полученную величину на глубину слоя, получим величину продукции под 1 м².

Полученные из экспериментальных данных величины ΔF_1 и ΔF_2 были сопоставлены с величинами поверхностного фотосинтеза (рис. 1). Представленные на рисунке зависимости аппроксимируются уравнениями:

$$y = -0.010 - 0.00024x + 0.00258x^2 - 0.00006x^3, \quad (2)$$

$$y = 0.01145(x - 1). \quad (3)$$

Используя эти зависимости, можно рассчитать фотосинтез на единицу поверхности, имея лишь величину фотосинтеза на глубине 15 см.

В основу предложенного приема расчета среднего фотосинтеза, как указывалось выше, взято предположение о равномерном убывании продукции планктона с глубиной. Это справедливо для вод высокой прозрачности и средней продуктивности. В интенсивно цветущих прудах распределение величин фотосинтеза по глубинам может сильно отклоняться от прямой и принимать вид сложных кривых. В этих случаях расчет среднего фотосинтеза по прямой с постоянным ΔF может давать ошибку.

Для оценки возможной ошибки было проведено 8 серий наблюдений за распределением фотосинтеза по глубинам в разных условиях. Склянки устанавливали начиная с нулевого горизонта через каждые 10 см. Полученные кривые приведены на рис. 2. Средний для слоя воды фотосинтез, рассчитанный по сумме площадей трапеций, образованных перпендикулярами, опущенными из точек на ось абсцисс, принимали за 100%. С ним сопоставляли средний фотосинтез, найденный на прямой, соединяющей точки на глубине 15 и 50 см. Как показало сравнение величин, разница незначительна при поверхностном фотосинтезе (F_0) до 10 мг O_2 /л и концентрации хлорофилла «а» до 200 мкг/л (рис. 2, 1—3, таблица). С повышением концентрации хлорофилла

Сравнение разных способов расчета среднего для слоя воды фотосинтеза

Серия наблюдений	Средний фотосинтез, мг O ₂ /л · сутки для слоя воды						Концентрация хлорофилла «а», мкг/л	Суммарная солнечная радиация, кал × X см ² /сутки
	0—50 см			0—100 см				
	по кривой	по двум точкам	отношение, %	по кривой	по двум точкам	отношение, %		
1	5.34	5.81	108.8	4.02	4.25	105.7	55	515
2	6.79	6.87	101.2	4.72	5.18	109.7	112	515
3	6.21	6.26	100.8	3.74	4.94	132.1	—	534
4	5.77	6.82	118.2	3.54	5.69	160.7	195	534
5	8.91	10.85	121.8	4.82	9.27	192.3	275	534
6	12.54	13.49	107.6	7.32	11.07	151.2	295	534
7	5.96	3.61	60.5	—	—	—	371	57
8	8.42	5.01	59.5	—	—	—	5119	—

от 200 до 300 мг/л и с увеличением поверхностного фотосинтеза результаты при расчете по прямой завышаются на 7—22% (рис. 2, 4—6). Седьмая серия опыта была поставлена при концентрации хлорофилла 370 мг/л и очень низкой интенсивности

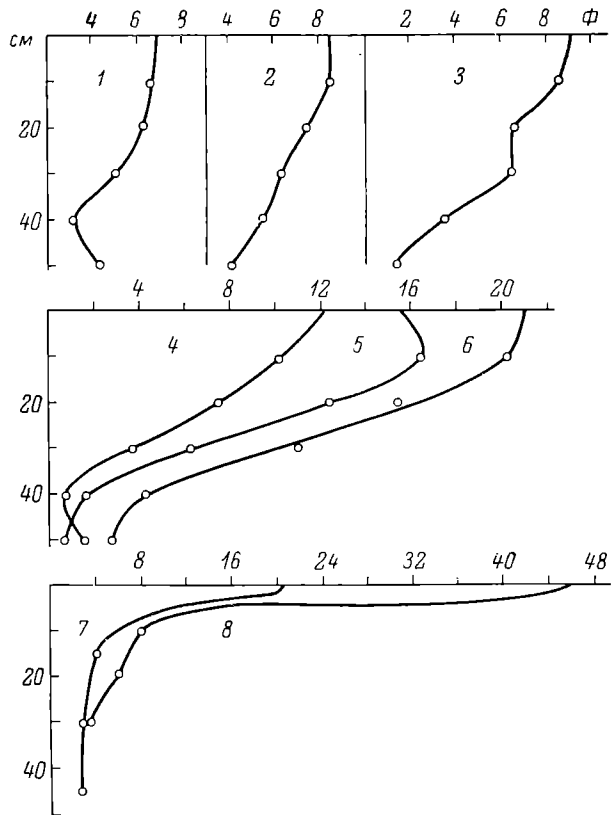


Рис. 2. Изменение интенсивности фотосинтеза с глубиной.

По оси абсцисс — величина фотосинтеза, мг O_2 /л·сутки;
по оси ординат — глубина, см. Цифры на кривых —
серии наблюдений.

солнечной радиации ($57 \text{ кал.} \cdot \text{см}^2/\text{сутки}$). В этих условиях фотосинтез шел в основном в верхнем 10-сантиметровом слое и не учитывался при постановке склянок на глубине 15 см. Поэтому при расчете по прямой получали занижение среднего для слоя воды фотосинтеза на 60%. Подобная форма кривой распределения фотосинтеза была получена также на очистных прудах Минска (рис. 2, 8) при исключительно высокой концентрации хлоро-

филла «а» — 5119 мкг/л (Винберг, Сивко, 1960, 1963). Расчет показал, что и в этом случае происходит занижение величин среднего фотосинтеза на 60%.

Таким образом, расчет среднего фотосинтеза для слоя воды глубиной 50 см при допущении постоянства на всех горизонтах ΔF может давать завышение результата не более чем на 22%. Лишь в чрезвычайно редких (в рыбоводных прудах) ситуациях может быть получено занижение результата.

Кривые распределения фотосинтеза по глубинам (см. рис. 2) были использованы также для расчета ошибки при определении среднего фотосинтеза в 100-сантиметровом слое. Для этого фотосинтез на глубине 100 см для каждой кривой находили по зависимостям (3) и (1). Расчеты показали, что при вычислении среднего фотосинтеза по двум точкам (50 и 100 см) его величина может быть завышена в некоторых случаях почти в 2 раза (см. рис. 2 и таблицу). Величина погрешности значительно снижалась, если дополнительно рассчитывали величину фотосинтеза на глубине 50 см по зависимостям (2) и (1) и среднюю для метрового слоя воды продукцию планктона определяли по трем точкам.

В нашей предыдущей работе (Кузьмичева, 1969) расчет среднего фотосинтеза выполнялся по двум точкам (15 и 100 см), поэтому в некоторых случаях величины оказались завышенными. Однако пересчет данных с учетом возможной ошибки показал, что внесение поправки мало отразилось на величине среднего за сезон фотосинтеза, и сделанные в работе выводы остаются в силе.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- В и н б е р г Г. Г., Т. Н. С и в к о. 1960. Фотосинтез фитопланктона в биологических прудах полей фильтрации г. Минска. Докл. АН БССР, 4, 11.
- В и н б е р г Г. Г., Т. Н. С и в к о. 1963. Участие фотосинтезирующих организмов планктона в процессах самоочищения загрязненных вод. Тр. Инст. биол. АН Латв. ССР, 23, 7.
- К у з ь м и ч е в а В. И. 1969. Первичная продукция при разных методах удобрения нагульных прудов. Тр. Всесоюз. н.-иссл. инст. прудового рыбного хоз., 16.
- П е р п е r В. 1962. Primary production in fishponds and its application to fertilization experiments. Limnol. a. Oceanogr., 7, 2.
- W r o b e l St. 1965. Przyczyny i następstwa eutrofizacji stawów. Acta hydrobiol., 7, 1.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
прудового рыбного хозяйства

**ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФЕНОЛА
В БОЛЬШИХ ДОЗАХ НА ХАРАКТЕР
БИОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У ХЛОРЕЛЛЫ**

Токсические вещества, поступающие в водоем с промышленными сточными водами в больших концентрациях, как правило, действуют на организмы лишь в ограниченный отрезок времени. Несмотря на кратковременность воздействия, ход биосинтетических процессов может оказаться нарушенным.

Задачей настоящего исследования явилось изучение изменений в процессах жизнедеятельности водорослей после кратковременного воздействия фенолом в больших концентрациях.

Тест-объектом служила *Chlorella pyrenoidosa*, хорошо поддающаяся лабораторному культивированию. Водоросли были выращены в условиях проточной культуры на среде Тамия при температуре 27° и интенсивности света 50 килоэрг/см² · сек. Из культуры водорослей отбирался определенный объем суспензии, в который вносился раствор свежеперегнанного фенола в количестве, необходимом для достижения нужной концентрации токсиканта. Суспензия водорослей помещалась в темноту на 10 час. Затем водоросли отмывались от фенола (посредством центрифугирования), переносились в свежеприготовленную среду Тамия и культивировались на свету при интенсивностях от 12 до 250 килоэрг/см² · сек. Температура при проведении опытов равнялась 27°. Всего поставлено две серии. В первой серии водоросли на свету находились в течение 3 час., во второй — 10 час.; в первой учитывалась скорость фотосинтеза и дыхания водорослей, во второй — величина прироста сухого вещества, белков, углеводов и липидов. О скорости фотосинтеза и дыхания судили по изменению количества кислорода в среде, определяемого методом Винклера. Содержание сухого вещества, белков, углеводов и липидов определялось широко распространенными методами, подробно описанными одним из авторов ранее (Трухин, 1968). Засевной титр водорослей в первой серии опытов составлял около 4.5 мг, во второй серии — около 450 мг сухого вещества на 1 л суспензии.

После пребывания водорослей в растворе фенола скорость фотосинтеза снижалась (рис. 1). При наиболее низкой концентрации фенола (0.01 г/л) снижение скорости фотосинтеза происходило лишь при слабом свете, т. е. фенол замедлял течение световой (фотохимической) стадии фотосинтеза и не оказывал влияния на течение темновой (химической) стадии. В более высоких концентрациях (0.1 и 1 г/л) фенол вызывал снижение скорости фотосинтеза как при слабом, так и ярком свете, т. е. задерживал

скорость не только световой, но и темновой стадии фотосинтеза. В наиболее высокой концентрации (10 г/л) фенол оказал на водоросли столь резкое ингибирующее влияние, что фотосинтез прекратился: водоросли не выделяли, а поглощали кислород и сильнее на ярком, чем на слабом свете.

Скорость дыхания водорослей была сравнительно низкой и почти одинаковой во всех вариантах опыта. Она соответствовала примерно скорости поглощения кислорода водорослями на сла-

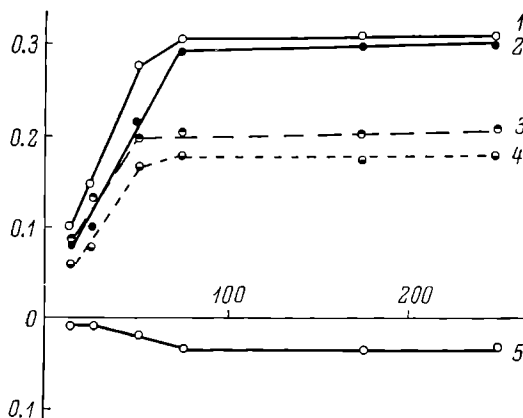


Рис. 1. Последствие влияния фенола на световые кривые фотосинтеза водорослей.

По оси абсцисс — интенсивность света, килоэрг/см²·сек.; по оси ординат — скорость фотосинтеза, мг O₂/час на 1 мг сухого вещества. Концентрация фенола, г/л: 1 — 0; 2 — 0.01; 3 — 0.1; 4 — 1; 5 — 10.

бом свете после воздействия на них фенолом в концентрации 10 г/л (см. рис. 1).

При исследовании последствий влияния фенола на величину прироста сухого вещества, белков, углеводов и липидов водоросли выращивались на свету более продолжительное время, чем в опытах, рассмотренных выше (соответственно 10 и 3 часа). Удлинение экспозиции несомненно несколько снижало эффект фенольного отравления. Учитывая это, исследование влияния на водоросли токсиканта велось лишь в довольно высоких концентрациях (1.2 и 3 г/л). Скорость фотосинтеза в данной серии опытов не определялась. Однако о ней можно было судить по приросту сухого вещества, величина которого зависит от скорости фотосинтеза.

Пребывание водорослей в растворе фенола (концентрация 1 г/л) не оказывало заметного влияния на величину прироста сухого вещества и его химических компонентов (рис. 2). Поскольку при меньшей длительности опыта фенол в указанной

концентрации оказывал влияние на жизнедеятельность водорослей, а именно на процесс фотосинтеза, то с увеличением длительности опытов его воздействие, видимо, равно нулю. По-видимому, повреждения, вызванные фенолом за 10-часовой промежуток времени, полностью репарировались.

Пребывание водорослей в растворе фенола в концентрации 2 г/л сказывалось отрицательно на величине прироста сухого ве-

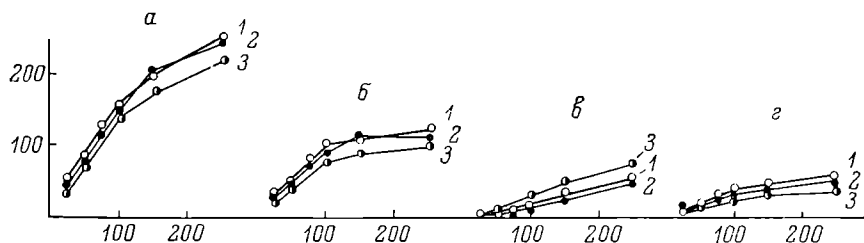


Рис. 2. Последствие влияния фенола.

а — на прирост сухого вещества, б — белков, в — углеводов, г — липидов. По оси абсцисс — интенсивность света, килоэрг/см²; по оси ординат — величина прироста, мг/дм². Концентрация фенола, г/л: 1 — 0; 2 — 1; 3 — 2.

щества и белков, а при ярком свете также липидов, и положительно — на величине прироста углеводов (рис. 2).

Об относительном изменении скоростей отдельных биосинтетических процессов в водорослях, ингибированных фенолом, можно судить по данным, представленным на рис. 3. Хорошо видно,

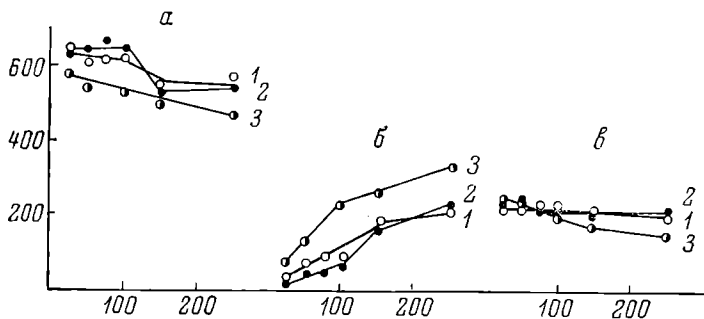


Рис. 3. Последствие влияния фенола.

а — на относительную скорость биосинтеза белков, б — углеводов, в — липидов. По оси абсцисс — интенсивность света, килоэрг/см²; по оси ординат — относительная скорость синтеза, мг на 1 г накопленного сухого вещества. Концентрации фенола соответствуют таковым на рис. 2.

что после воздействия на водоросли фенола в концентрации 2 г/л происходило заметное изменение направления биосинтеза, а именно резкое снижение скорости синтеза белков, а при ярком свете — и липидов и увеличение скорости синтеза углево-

дов. Очевидно, интенсивность ферментов, участвующих в ассимиляции углерода, а также в синтезе белков, была подавлена фенолом. Напротив, активность ферментов, участвующих в синтезе углеводов, под влиянием фенола значительно возрастала. Довольно своеобразной и малопонятной была реакция на фенол ферментов, участвующих в синтезе липидов. При слабом свете влияние фенола на эти ферменты малозаметно, тогда как при ярком свете оно значительно.

После воздействия на водоросли фенола в концентрации 3 г/л их жизнедеятельность оказалась почти подавленной. Так, биомасса водорослей в культуре не возрастала, а, напротив, снижалась (см. таблицу). Полностью прекратился синтез белков и

Влияние интенсивности света на изменение содержания сухого вещества и химических компонентов (мг/дм²) в водорослях, выдержанных в растворе фенола при концентрации 3 г/л

Интенсивность света, $\text{ккал/см}^2 \times \text{сек.} \times 10^3$	Сухое вещество			Белки			Углеводы			Липиды		
	в начале опыта	в конце опыта	прирост	в начале опыта	в конце опыта	прирост	в начале опыта	в конце опыта	прирост	в начале опыта	в конце опыта	прирост
25	86	85.5	-0.5	10.47	10.60	0.13	4.2	4.44	0.24	12.7	12.5	-0.2
50	86	85.5	-0.5	10.47	10.47	0.0	4.2	5.33	1.13	12.7	11.7	-1.0
75	86	85.7	-0.3	10.47	10.47	0.0	4.2	6.53	2.13	12.7	9.8	-2.9
100	86	85.5	-0.5	10.47	10.47	0.0	4.2	6.07	1.87	12.7	8.75	-3.95

липидов. Одновременно с этим наблюдался распад липидов и, как ни странно, синтез углеводов. Возможно, происходило фотоокисление липидов и последующее превращение возникающих продуктов в углеводы. Несомненно, ферменты, участвующие в синтезе углеводов, крайне устойчивы к действию фенола. Устойчивость к фенолу других ферментов, очевидно, значительно ниже.

ЛИТЕРАТУРА

Трухилл П. В. 1968. Рост и химический состав хлореллы в отсутствие азота. Физиол. растений, 15, 5.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

МЕТОД УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ФЕНОЛА НА ВОДОРОСЛИ

В опытах по выявлению действия токсикантов на водоросли за критерий токсичности, как правило, принимается изменение численности клеток по сравнению с контролем. Этот критерий является наиболее удобным и точным показателем действия токсиканта на водоросли. Но иногда подобная оценка действия токсиканта осложняется потерями водорослей как в результате их культивирования (прилипание к стенкам сосудов), так и при подготовке водорослей к подсчету, особенно в процессе фильтрации через мембранные фильтры. При изучении действия токсиканта на водоросли важным моментом является сохранение заданных концентраций фенола, так как происходит его бактериальный распад. Это достигается обычно регулярной сменой среды с фенолом. Вместе со сменяемой средой может также теряться определенная часть водорослей. Все эти потери могут в значительной степени исказить результаты экспериментов. В сравнительных опытах по выяснению действия токсиканта на водоросли, где за критерий токсичности принимается изменение численности водорослей, уменьшению их потерь должно уделяться особое внимание.

В этой связи нам представлялась интересной перспектива использования мембранных фильтров для непосредственного культивирования на них водорослей.¹ В случае успешного применения фильтров автоматически устраняются указанные источники потерь водорослей, упрощаются операции по поддержанию заданных концентраций фенола и в десятки раз уменьшается расход среды.

Нами использовались мембранные фильтры № 5 Ногинской фабрики ультрафильтров. Перед опытом фильтры кипятятся несколько раз (3—4) в дистиллированной воде до исчезновения специфического запаха, раскладываются на чистую фильтровальную бумагу и высушиваются. Одновременно с этим в чашки Петри разливается по 10—15 мл среды (в зависимости от размеров используемых чашек), и в каждую из них пипеткой вносится фенол в соответствующих концентрациях. В контрольную чашку Петри фенол не вносится. Содержимое чашек тщательно перемешивается. Затем в каждую из них на поверхность жидкой среды кладется 2—4 фильтра, на которые пипеткой аккуратно наносят определенное количество сильно разбавленной суспензии водорослей таким образом, чтобы получилась большая капля правильной формы. Если же при нанесении водорослей на фильтры

¹ Первая попытка применить мембранные фильтры для этой цели была сделана А. В. Францевым (1935).

вания на них водорослей при проведении токсикологических исследований. Аналогичные опыты с водорослями других систематических групп, очевидно, позволят расширить возможности применения этой методики.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Францев А. В. 1935. К методике биологического учета усвояемого азота почвы. Микробиол., 4, 1.
- Jentsch C. S. 1957. A non-extractive method for the quantitative estimation of chlorophyll in algal culture. Nature, 179, 4573.
- Steeleman Nielsen E. 1952. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measurement organic production in the sea. J. Consil perman. internat. explorat. mer., 18, 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

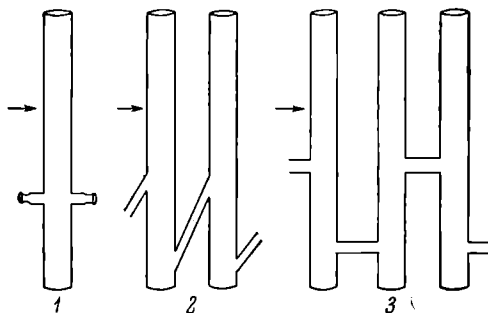
В. И. Романенко

ДЛИТЕЛЬНОЕ СОХРАНЕНИЕ КУЛЬТУР БАКТЕРИЙ В СОЕДИНЯЮЩИХСЯ ПРОБИРКАХ

Для поддержания чистых культур микроорганизмов на жидких питательных средах возникает необходимость делать частые пересевы. Нами были испытаны два типа соединяющихся между собой пробирок, в которых можно длительное время поддерживать культуры бактерий без обычных пересевов.

Пробирки, изображенные на рисунке (1), соединялись между собой в серию короткими отрезками вакуумных каучуковых трубок с диаметром внутреннего отверстия 1 мм и внешним диаметром 8 мм. 10—12 пробирок замыкались в круг, заполнялись мясо-пептонным бульоном, закрывались ватными пробками и стерилизовались в автоклаве. Каучуковые трубки у одной из пробирок с двух сторон перекрывались зажимами Гофмана и после этого пробирка засеивалась бактериями. Через 15—20 дней зажим с одной стороны снимался и бактерии проникали и развивались в следующей пробирке и т. д. При хранении культур заражения среды посторонней микрофлорой не происходило. Таким образом в лабораторных условиях можно поддерживать бактериальную культуру несколько месяцев. Необходимо только первоначальный уровень среды задавать как можно выше и плотнее закрывать пробирки ватными пробками, чтобы испарение среды шло медленнее.

В другом варианте пробирки жестко соединялись стеклянными трубками по 10 штук. Отдельные звенья показаны на рисунке (2 и 3). Трубки, соединяющие пробирки, закрывались плотными ватными тампонами, после чего во все пробирки заливалась среда и производилась стерилизация, при этом ватные тампоны пропитывались средой. Крайняя пробирка засеивалась



Отдельные звенья соединяющихся между собой пробирок.

Объяснений в тексте. Стрелками обозначен уровень среды.

бактериями. По мере развития они постепенно проникали (про-
растали) через ватный тампон, и происходило самозасевание сле-
дующей пробирки. Через тампон, как правило, быстро проникают
мелкие подвижные формы бактерий, например псевдомонасы, и
медленнее — неподвижные крупные палочки. Для первых там-
поны необходимо делать более плотными, чем для вторых. Плот-
ность их приходится подбирать эмпирически.

В наших опытах в серии из 10 пробирок (см. рисунок, 1) бакте-
рии *Bac. mycoides* и *Ps. fluorescens* сохранялись в течение 5 мес.
Bac. prodigiosum в серии пробирок сохранялась при самозасева-
нии 4 мес. Размеры пробирок, количество их в серии, а отсюда
и длительность сохранения культур можно варьировать.

Описанные пробирки могут найти применение в некоторых
случаях в практике микробиологических исследований.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

О ВЕРТИКАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ *MACROTHRICIDAE* (*CLODOCERA*)

Среди *Macrothricidae* Рыбинского водохранилища преобладают рачки рода *Ilyocryptus* и *Macrothrix laticornis*. В литературе имеются многочисленные указания на приуроченность этих ракообразных к грунтам сапропелевого типа. Сведения о проникновении некоторых из них в толщу ила ограничиваются лишь единственной работой Кола (Cole, 1955) по микробентосу двух озер Северной Америки.

Вертикальное распределение рачков рода *Ilyocryptus* и *Macrothrix laticornis* в грунтах Рыбинского водохранилища изучалось нами на четырех постоянных станциях в Волжском плесе с августа по октябрь 1966 г. Пробы отбирались стратометром площадью сечения 7.06 см² при захвате слоя грунта высотой 34 см. На каждой станции бралось 10, реже 5 проб. Образцы колонки грунта толщиной 2 и 5 см обрабатывались отдельно. Грунт промывался через шелковый газ № 32. Сборы производились в одно время суток — с 9 до 12 час.

Экологическая характеристика разреза Борок—Коприно дана Ф. Д. Мордухай-Болтовским (1959). Наши станции на этом разрезе были расположены на глубине от 18 до 23 м на русле и от 1 до 7 м на пойме. Толщина илового слоя на русле составляла 18—20 см, на пойме — 40—50 см.

Macrothricidae в пробах были представлены четырьмя видами в следующем соотношении: *Ilyocryptus acutifrons* — 61.6, *I. sordidus* — 26.5, *I. agilis* — 9.6 и *Macrothrix laticornis* — 2.3%.

Рачки, зарывшиеся в толщу донных отложений, в наибольшем количестве были обнаружены в старом русле Волги и прилегающем затопленном болоте. Вертикальное распределение отдельных видов *Macrothricidae* в серых илах представлено в таблице.

Средняя численность *Macrothricidae* в серых илах Рыбинского водохранилища с августа по октябрь 1966 г.

Горизонт, см	<i>I. acutifrons</i>		<i>I. sordidus</i>		<i>I. agilis</i>		<i>M. laticornis</i>	
	экз./м ²	%	экз./м ²	%	экз./м ²	%	экз./м	%
0—2	4258	95.7	1970	86.8	40	90.6	15	93.5
2—4	95	1.7	95	4.7	—	—	1	6.5
4—6	—	—	111	5.5	2	4.7	—	—
6—8	111	2.3	32	1.5	—	—	—	—
8—10	16	0.3	32	1.5	—	—	—	—
10—15	—	—	—	—	2	4.7	—	—

Из таблицы видно, что *Macrothricidae* заселяют преимущественно наилок толщиной 2 см. Рачки, относящиеся к роду *Ilyocypris*, могут проникать в толщу ила до 10 см, а отдельные особи до 15 см от поверхности наилка. *I. sordidus* проникает в толщу донных отложений в большем количестве (13.2%), чем *I. agilis* (9.4%) и *I. acutifrons* (4.3%). Возможно, что причиной перемещения *Macrothricidae* в толщу ила является особенность их линьки. Об этом свидетельствуют наблюдения, проведенные нами в лаборатории.

У *I. agilis*, *I. acutifrons* и гамогенетических самок *I. sordidus* происходит полная линька. У партеногенетических самок *I. sordidus* линяют только конечности и постабдомен, а несброшенные раковины наслаиваются одна на другую. После ряда неполных линек образуется многослойная раковина, которую рачок сбрасывает при полной линьке перед гамогенезом. У самок, которые после двуполого размножения перешли к партеногенезу, раковина вновь утолщается за счет ряда неполных линек. У самок, которые размножаются только партеногенетически, полной линьки не бывает, а поэтому их раковина особенно массивна (до 17—19 линечных створок). Самцы полностью линяют только перед гамогенезом.

Таким образом, большую часть жизни *I. sordidus* носит раковину, вес которой с возрастом увеличивается на величину веса линечных створок. Увеличение веса раковины происходит и за счет того, что к ее грубо ретикулированной поверхности и щетинкам прилипают частицы детрита и микроскопические водоросли.¹

Естественно, что линька массивных покровов тела требует больших усилий беспозвоночного. В наших опытах рачки в период линьки обычно зарывались в толщу ила. В аквариумах же с малым содержанием ила линяющие особи были лишены возможности проникать в его толщу и обычно старались «окутать» себя частицами детрита. Мелкие растительные остатки представляют собою излюбленный субстрат *I. sordidus* во время линьки. Среди них рачок размещает свое тело и сбрасывает линяющие покровы, упираясь вторыми антеннами и постабдоменом о грунт.

В сосудах без грунта молодые рачки во время линьки быстро погибают, если им не удастся освободиться от покровов линяющих конечностей и постабдомена. У единично выживших особей *I. sordidus* имеет место склеивание собственных экскрементов около ветвистых щетинок и створок. Это увеличивает поверхность раковины и неполная линька беспозвоночного протекает нормально. При содержании *I. sordidus* в сосудах без грунта полная линька рачка осуществляется своеобразно. Рачок распластывает по дну аквариума нижние створки раковины и использует

¹ Среди обрастаний раковины *I. sordidus* найдено 22 вида зеленых и синезеленых водорослей.

их в качестве опоры во время взмаха верхними створками, от которых он пытается освободиться. Будучи не в силах избавиться от всей раковины сразу, рачок сбрасывает отдельно верхние, а затем нижние створки, иногда по 2—3 вместе.

После линьки происходит хитинизация новой раковины. В этот период рачки крайне чувствительны к механическим воздействиям. Даже обычная пересадка животного в другой аквариум или смена воды может вызвать его гибель. Рачки неподвижно лежат в грунте, изредка делают взмахи вторыми антеннами, фильтруют редко и кратковременно. По мере увеличения прочности раковины подвижность рачка увеличивается и он перемещается в верхний слой грунта.

Таким образом, особенности линьки рачков рода *Ilyocryptus* в значительной степени объясняют причину проникновения их в толщу грунта. Сборы *Macrothricidae* на илах можно ограничить верхним слоем толщиной 4 см, так как рачки на этом горизонте улавливаются на 91—100% их общего числа на вертикальном разрезе грунта.

ЛИТЕРАТУРА

- Мордухай-Болтовской Ф. Д. 1959. Экологическая характеристика разреза Борок—Коприно. Тр. Инст. биол. водохр. АН СССР, 2 (5).
Cole H. N. 1955. An ecological study of the microbentic fauna of two Minnesota lakes. Amer. Midland Naturalist, 53, 1.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Л. А. Луферова

К ВОПРОСУ О ПИТАНИИ *NOTODROMAS MONACHA* (*OSTRACODA*)

Радиоуглеродным методом было показано, что массовые в Рыбинском водохранилище остракоды *Dolerocypris fascista* и *Cypridopsis vidua* имеют широкий спектр питания. Рачки потребляют разрыхленный детрит, трупы животных, свежие макрофиты, водорослевые обрастания. Исключением для обоих видов является тонко диспергированная пища, которую рачки не могут отфильтровывать (Луферова и Сорокин, 1969, 1970). Сходное строение околоротовых конечностей остракод наводило на мысль, что большинство рачков потребляет грубо оформленную или сконцентрированную в пленки и обрастания пищу. Однако Шторх

(Storch, 1926), подробно описавший работу и строение околоротовых конечностей и придатков (верхняя и нижняя губы) *Notodromas monacha*, указывает, что рачок может отфильтровывать пищу, а также питаться нейстоном (подобно *Scapholeberis*), насасывая корм из поверхностной пленки.

В связи с особенностями питания нотодрома интересна морфологическая специфика его околоротовых конечностей и придатков.

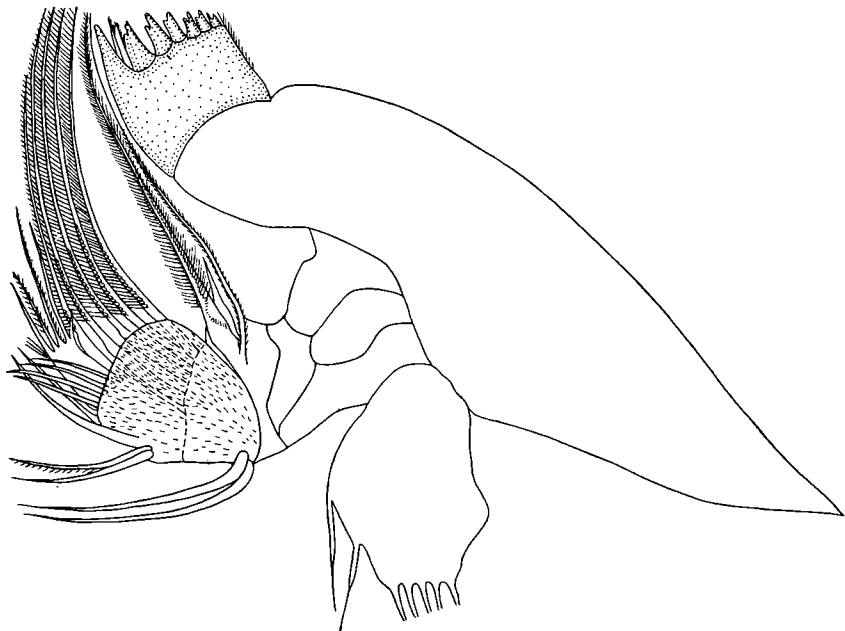


Рис. 1. Мандибула *Notodromas monacha*.

Мы укажем на некоторые детали их строения, не нашедшие отражения ни в указанной работе Шторха, ни в определительных таблицах, данных Сарсом (Sars, 1928). Так, поверхность всего третьего членика щупика их мандибулы прикрыта тонкой, равномерно опушенной пластинкой (рис. 1). Пластинка прикрывает основание пяти щетинок, расположенных на втором членике щупика, образующих вместе с двумя щетинками первого членика щупика мощную фильтрационную сеть. Расположение пластинки и направление волосков на ней как бы увеличивает протяженность фильтрационного поля в направлении от ротового отверстия к пищеводу. Зубцы протоподита мандибулы нотодрома, обычно мощные у остракод, добывающих пищу сгрызанием и соскабливанием, также хорошо развиты. Первая к щупику же-

вательная лопасть максиллы снабжена довольно густой фильтрационной решеткой (рис. 2). На дистальной части протоподита ногочелюсти (рис. 3) параллельно ряду конечных коготков, обращенных к ротовому отверстию, расположено пять мягких, круглых у основания конусовидных выростов, покрытых волосками. Их расположение свидетельствует о том, что они также играют роль в механизме захвата пищи ногодромом.

Морфологические особенности строения ротового аппарата ногодрома позволяют предполагать, что, кроме способов питания,

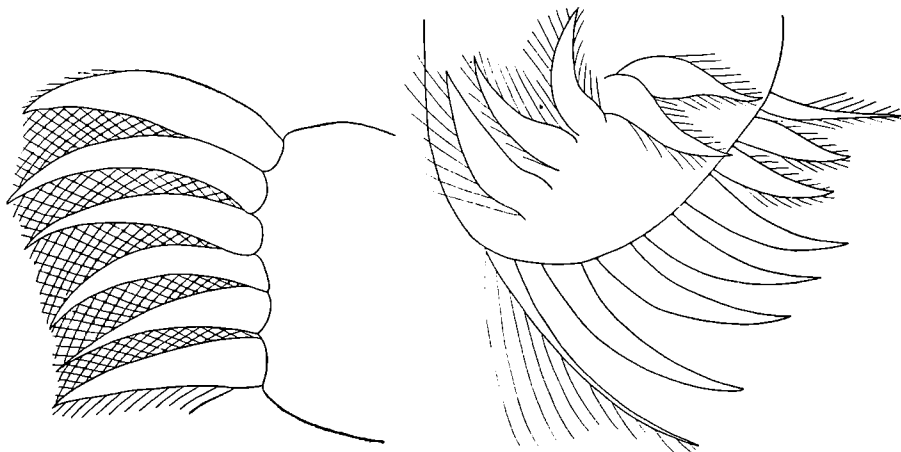


Рис. 2. Жевательная лопасть максиллы *Notodromas monacha*.

Рис. 3. Дистальный конец протоподита ногочелюсти *Notodromas monacha*.

указанных Шторхом, могут существовать и другие. Нами произведены наблюдения за способами питания ногодрома. Питание рачков с помощью нагнетания пищи мы наблюдали в следующем опыте. Нотодромы помещались в широкие кристаллизаторы, вода в которых сверху присыпалась плавающей на поверхности сосновой пылью. Было установлено, что большинство рачков подвешивается вентральной стороной к пленке поверхностного натяжения и, передвигаясь, собирает при этом пыльцу. При вскрытии ногодромов их кишечники были забиты пылью, а фекалии животных состояли из ее остатков.

Чтобы установить способность остракод к тонкой фильтрации, рачкам предлагалась взвесь из хлореллы (размер отдельных клеток 2—4 мк), меченой C^{14} . Во избежание оседания хлореллы для ее равномерного распределения в толще воды к сосуду, где ставился опыт, время от времени подключалась воздуходувка. Чтобы питание ногодрома в опыте не оказалось вынужденным, для эксперимента отбирались накормленные рачки, о чём можно

было судить по состоянию их кишечника. Учитывая время усвоения пищи остракодами, опыт ставился на 2 часа. Затем рачки отмывались от меченого корма и в течение 30 мин. содержались на немеченой хлорелле для освобождения их кишечника от радиоактивной хлореллы. Далее из рачков изготавливались препараты для определения их радиоактивности под счетчиком. Радиоактивность препаратов свидетельствовала об усвоении меченой пищи. Параллельно был поставлен опыт с тонкими фильтра-торами — дафниями, питавшимися взвесью той же радиоактивной хлореллы. Препараты как в случае с остракодами, так и в случае с дафниями были радиоактивны. Следовательно, нотодромы, подобно дафниям, способны к тонкой фильтрации.

Для выяснения способностей рачка питаться грубой пищей нотодромам предлагались свежие листочки рдеста, меченого C^{14} . Опыт ставился по изложенной выше схеме. Было установлено, что рачки наряду с фильтрацией и насасыванием нейстона питаются твердой пищей, сгрызая ее. Затем рачку предлагались пленки меченой хлореллы, осажденной на дне кристаллизатора. Выяснилось, что нотодром способен питаться осажденной пищей, разрыхляя и отфильтровывая ее.

Таким образом, наши опыты расширили представления о способах добывания пищи нотодромом и показали, что, помимо тонкой фильтрации и насасывания нейстона, наблюдаемых Шторхом, рачок способен к грубой фильтрации и сгрызанию корма.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Луфферова Л. А. и Ю. И. Сорокин. 1969. Питание *Dolerocypris fasciata* (Ostracoda). В сб.: Биология и продуктивность пресноводных организмов, изд. «Наука», М.—Л.
- Луфферова Л. А. и Ю. И. Сорокин. Питание *Cypridopsis vidua* (Ostracoda). Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод. (В печати).
- Sars G. O. 1928. An account of the Crustacea of Norway. IX. Ostracoda. Oslo.
- Storch O. 1926. Über den Fangapparat eines Ostracoden. Akad. Verlagsgesellsch., Leipzig.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ОСТРАКОДЫ В ПАГОНЕ ПРИБРЕЖЬЯ РЫБИНСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА

Известно, что многие виды остракод во взрослом и личиночном состоянии, а также их яйца сохраняют жизнеспособность после промерзания и высыхания грунта (Бронштейн, 1947). Эта особенность остракод была рассмотрена нами применительно к видам, населяющим побережье Рыбинского водохранилища. Уровень в этом водоеме колеблется. Его значительное снижение обычно наблюдается к осени. В связи с этим зимнему промерзанию подвергаются большие участки обсохшего к осени побережья и обширные мелководья.

В марте 1968 и 1969 гг. были обследованы следующие участки побережья: обсохший осенью и промерзший район, где в течение этих лет располагался участок № 1; участок № 2 — мелководье, промерзшее до грунта, где слой воды осенью был менее 0.5 м; участок № 3 — более глубокий, где под слоем снега и льда сохранился жидкий, непромерзший грунт. На всех обследованных участках после удаления снега расчищались квадратные площадки. Из них вычерпывался или откачивался грунт на глубину 5—7 см. Замерзшие пробы грунта оттаивали в течение суток, а затем из них выбирались живые остракоды. Пробы с участка № 3 просматривались тотчас, как принесли с водоема.

В пробе с участка № 1 основную массу остракод как в 1968 г., так и в 1969-м составлял *Cyclocypris laevis*. Вид был представлен особями обоего пола, причем самки были без яиц. Эти рачки преобладали среди остракод поздней осенью. Благодаря тому, что циклоциприсы сохраняют жизнеспособность после высыхания и промерзания, они в массе встречаются ранней весной в прибрежной зоне водохранилища. В 1968 г. на участке № 1 были обнаружены также два экземпляра взрослых *Candona* sp. Спустя неделю с момента сбора на этом участке в грунте, залитом фильтрованной водой, были обнаружены личинки *Dolerocypris fasciata*, *Cypris pubera* и *Cypridopsis vidua*. Нахождение личинок этих видов свидетельствует о стойкости их яиц к высыханию и промерзанию.

В оттаявшем грунте с участка № 2 в сборах обоих лет состав живых остракод оказался более богатым. Основную массу составляли также взрослые экземпляры *Cyclocypris laevis*, самки которых, как и на участке № 1, были без яиц. Кроме того, здесь обнаружены единичные экземпляры взрослых *Candona caudata*, взрослые и личинки 6—7-й стадий *Candona parallela* v. *albicans*. В пробе найдены личинки *Cypridopsis vidua* 2-й и 3-й стадий. В дальнейшем в пробе были обнаружены личинки *Dolerocypris fasciata*, появившиеся из промерзших яиц.

В 1968 и 1969 гг. в жидком, непромерзшем грунте на участке № 3 мы находили *C. vidua*, *C. laevis*, единичный экземпляр (в сборах 1968 г.) *Candona* sp. На этом участке отмечалось значительное количество личинок *C. vidua* и *C. laevis*.

Таким образом, перечисленные виды остракод обладают способностью переносить высушивание и последующее промерзание грунта. Об этом свидетельствуют отсутствие в оттаявшем грунте трупов остракод и высокая численность рачков.

ЛИТЕРАТУРА

Бронштейн З. С. 1947. *Ostracoda* пресных вод. Фауна СССР, 2, 1.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Л. Г. Буторина и Ю. И. Сорокин

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ *POLYPHEMUS* *PEDICULUS* (L.)

Для определения скорости переваривания пищи *Polyphe-
mus* был применен радиоуглеродный метод. В качестве меченого корма использовали босмин (*Bosmina longirostris*) и коловраток (*Keratella*), которых отлавливали в прудах экспериментальной базы Института биологии внутренних вод и отделяли от других беспозвоночных методом фильтрования пробы планктона через специально подобранный мельничный газ. Для этой цели использовали также резко выраженный у них положительный фототаксис. Босмин и коловраток метили путем кормления их меченой C^{14} хлореллой. Затем животных отмывали от остатков меченого корма и готовили из них густую взвесь с концентрацией 700—1200 экз./см³. Часть животных отбирали для измерения обратной удельной активности вещества их тел, необходимой для дальнейших расчетов. Опыты производились в стаканах емкостью 200 мл в 3—5-кратной повторности каждый. Определение времени переваривания одной порции пищи было проведено двумя приемами (Сорокин, 1966). По одному из них это время устанавливается по сроку полного выделения радиоактивных фекалий после предварительного кормления рачков в течение часа или более меченым кормом. По другому приему срок переваривания пищи устанавливается по времени появления C^{14} в фекалиях после кормления животных меченой пищей в течение нескольких минут.

Опыты показали, что время переваривания пищи рачками составляет 10—20 мин. (рис. 1). Кривые убыли радиоактивности фекалий, полученные двумя описанными приемами, оказались очень сходными. В отличие от полифема для *Bosmina longirostris* и *Simoscephalus vetulus* эти кривые резко различались. При применении второго приема радиоактивные фекалии появляются у этих рачков лишь через 23—29 мин. после их кормления, а при первом приеме они выделяются немедленно (Сорокин, 1966).

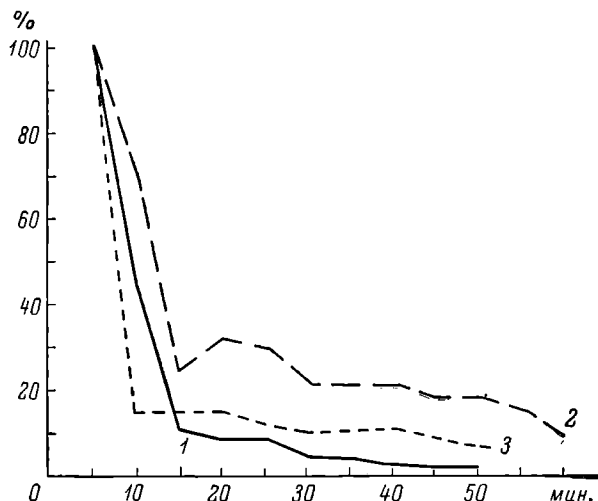


Рис. 1. Пищевая активность *Polyphemus pediculus* (L.). Концентрация пищи 800 экз./см³.

1 — при кормлении 3 часа; 2 — при кормлении 5 мин.; 3 — при кормлении 20 мин. По оси ординат — относительная радиоактивность фекалий, %.

Совпадение кривых у *Polyphemus* указывает на его большую пищевую активность. Дополнительные опыты показали, что у него отсутствует адаптационный период. Попадая в новые условия, полифем начинает немедленно хватать добычу (рис. 1—3). Так же ведут себя и фильтраторы, у которых дыхание и питание тесно связаны. Попадая в новые условия, они вынужденно приступают к потреблению пищи (рис. 2). У полифема функция питания непосредственно не связана с дыханием, и лишь в силу большой пищевой активности он сейчас же приступает к охоте. Другим хищникам это, очевидно, не свойственно. Как видно из данных, любезно предоставленных А. В. Монаковым, — *Heteroscope appendiculata* в новых условиях в течение 30 мин. адаптируется и лишь после этого приступает к потреблению пищи (см. рис. 2).

Пищевая активность полифема сказывается и в скорости наполнения кишечника. Для определения скорости полного заполнения кишечника, вплоть до момента выделения фекалий, была поставлена серия опытов, в которых измеряли время появления меченых фекалий после кормления рачков в течение 1, 2, 3, 5, 10 и 20 мин. меченым кормом. Во всех случаях были получены аналогичные кривые. Это еще раз подтверждает, что

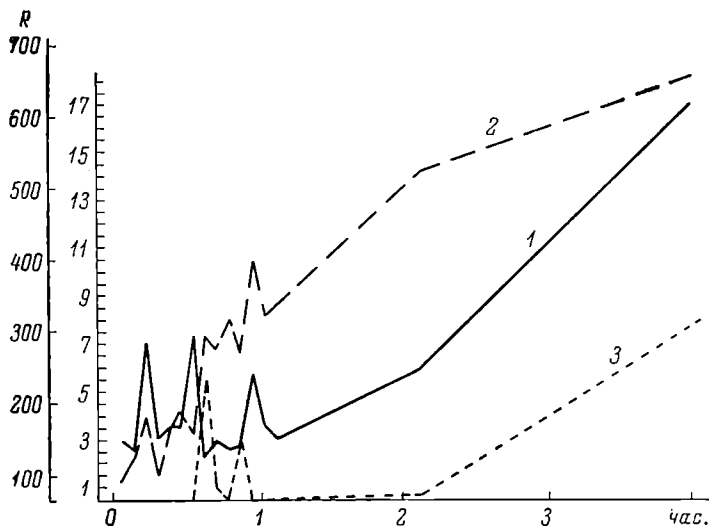


Рис. 2. Ритмика потребления и усвоения пищи при оптимальной ее концентрации.

1 — *Polyphemus pediculus*; 2 — *Daphnia longispina*; 3 — *Heterocope appendiculata*. По оси ординат — радиоактивность тел животных, имп./мин.: слева — *Daphnia*, справа — *Polyphemus* и *Heterocopa*.

переваривание пищи в кишечнике *Polyphemus* происходит за 10—20 мин. (рис. 3). Рачок, минуя адаптационный период, за 1 мин. может полностью набить свой кишечник пищей. Следовательно, полифем — быстрый и активный хвататель с хорошо развитым инстинктом хищничества.

Ритмику потребления и усвоения пищи полифемом изучали следующим образом. В кристаллизатор с профильтрованной водой вносили меченый корм, состоящий из *Keratella*, *Nauplii*, *Cyclops*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia cucullata* и *Ceriodaphnia* из расчета 1200 экз./см³. Затем в него помещали 200 экз. *Polyphemus*. Через определенные промежутки времени часть рачков отлавливали и в их телах определяли радиоактивность поглощенного корма. В течение первого часа полифемов отлавливали через 1—3 мин., далее — через каждые 5 мин., затем уже после 2 и 4 час. питания меченым кормом. Было установлено, что после-

довательность периодов потребления корма и его переваривания у *Polyphemus pediculus* носит весьма определенный характер (см. рис. 2). Потребление пищи происходит каждые 20—25 мин. Рачок за 1—5 мин. наполняет кишечник, и пока эта порция не переварится полностью, вплоть до образования и частичного выделения фекалий, нового захвата пищи не происходит.

Одна порция пищи, проходя по кишечнику и перевариваясь, выбрасывается в два приема. Первая порция, составляющая

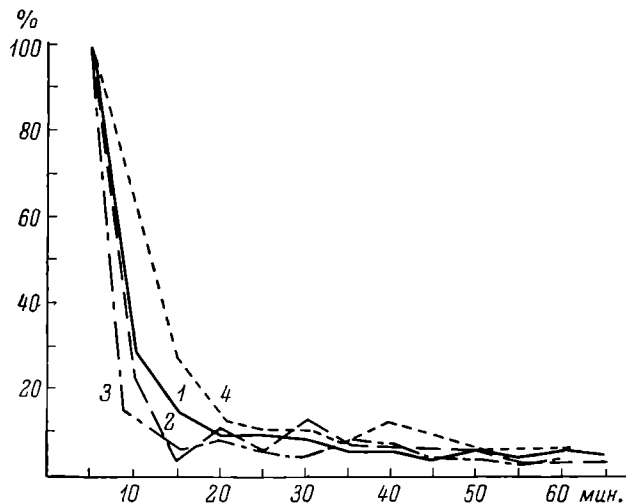


Рис. 3. Скорость наполнения кишечника у *Polyphemus*. Концентрация пищи 1200 экз./см³.

1 — при кормлении 1 мин.; 2 — при кормлении 2 мин.; 3 — при кормлении 3 мин.; 4 — при кормлении 10 мин. По оси ординат — относительная радиоактивность фекалий, %.

значительную часть фекалий, выделяется спустя 5 мин. после захвата пищи (см. рис. 1—3), вторая — через 15 мин. (см. рис. 2). Если нового захвата корма не происходит, то последняя порция фекалий может надолго задержаться в теле рачка. Фекалии *Polyphemus* неоформленные, полужидкие. В зависимости от вида потребляемой пищи они на 30—85% состоят из жидкой фракции, растворяющейся в воде в момент выделения из кишечника.

При захвате пищи и наполнении кишечника меченым кормом содержание C^{14} в теле рачка резко повышается (см. рис. 2). При дефекациях оно значительно понижается. Между двумя соседними дефекациями происходит заметное увеличение содержания C^{14} в теле рачка за счет его усвоения, т. е. за счет того количества C^{14} , которое идет на построение вещества тела рачка. Это и есть величина усвоения, которую мы обычно получаем при изучении

эффективности различных видов корма и определении их оптимальной концентрации. Величина радиоактивности усвоенного корма неуклонно возрастает при каждом новом поглощении очередной порции пищи. Однако ее равномерный рост начинается после 1.5—2-часовой экспозиции. Поэтому для установления более или менее постоянных величин индекса усвоения корма в опытах с применением радиоуглеродного метода необходимо кормить *Polyphemus* не менее 4 час.

У фильтраторов (*Daphnia*) накопление вещества меченого корма в теле постоянно возрастает начиная с первых минут потребления меченого корма (см. рис. 2). Эта величина не испытывает таких колебаний, которые свойственны процессу потребления и усвоения у активных хватателей.

Таким образом, динамика потребления и усвоения корма у *P. pediculus* подчинена определенному ритму. Короткие периоды интенсивного захвата пищи чередуются с более продолжительными периодами переваривания. При этом в течение всего периода питания в светлое время суток сохраняется строгий ритм: каждые 20—25 мин. происходит заполнение кишечника новой порцией пищи, через каждые 10 мин. совершается дефекация и через каждые 10 мин. после захвата пищи заметно возрастает количество усвоенного корма.

Скорость переваривания корма у *Polyphemus* равна интервалу времени между двумя соседними захватами пищи, т. е. 20—25 мин. Время прохождения одной порции пищи по кишечнику составляет 15—20 мин. с момента ее захвата до полного выделения. Поскольку длина кишечника крупной самки полифема в среднем равна 0.8—0.9 мм, скорость прохождения корма составляет при первом акте дефекации 0.16—0.18, при втором — 0.05—0.06 мм/мин. В целом с момента захвата до полного освобождения кишечника от этой порции пищи она колеблется от 0.03 до 0.05 мм/мин.

Л И Т Е Р А Т У Р А

С о р о к и н Ю. И. 1966. О применении радиоактивного углерода для изучения питания и пищевых связей водных животных. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 12 (15).

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ОБ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ ПИТАНИЯ *POLYPHEMUS*
PEDICULUS (L.)

Изучение питания *Polyphemus* и оценка эффективности кормов затруднялись невозможностью длительного содержания рачка в искусственных условиях. Ишрейт (Ischreyt, 1931—1934) писал, что, несмотря на все меры предосторожности, животные погибают через 2—3 дня. Нам удалось установить, что это относится к взрослой самке. Культивировать можно очень молодых рачков, выловленных из водоема или, лучше, рожденных в лаборатории. Взрослая самка живет не более 2—4 дней и, отродив молодь, погибает. Молодь, рожденная в лаборатории, хорошо живет (до 25 дней) в небольших стеклянных бюксах объемом 5—7 см³. Бюксы должны стоять на темном фоне в хорошо освещенном месте, но так, чтобы прямые солнечные лучи не попадали и не перегревали в них воду. Уровень воды в них необходимо поддерживать постоянным, доливая каждый день природную воду, профильтрованную через газ № 67. При этом нужно вносить небольшое количество заранее подготовленной пищи. В таких условиях удалось не только вырастить новорожденных, но и получить по 4—5 пометов от каждой партеногенетической самки.

По способу питания *P. pediculus* является активным хватателем, не создающим никаких фильтрационных токов (Буторина, 1965). У него сильно развит инстинкт хищничества. Имея огромный фасеточный глаз, полифем хорошо видит свою добычу издалека, заметив, преследует ее. Процесс схватывания мелкой добычи и участие в нем конечностей описан нами ранее (Буторина, 1965). При поедании крупной добычи, превышающей длину тела полифема, например личинок хирономид, *Daphnia* или *Volvox*, ноги рачка не образуют обычного свода. Они цепко держат схваченный объект, который лишь частично уместается в пищевой камере. Большая часть крупной добычи остается снаружи, вне ее. Рачок плавает, таская за собой жертву, и постепенно, по мере поедания, втягивает ее в глубь пищевой камеры, действуя гнатобазами ног I—III пар и мускулатурой основания камеры (Буторина, 1967). Только когда вне камеры ничего не остается, ноги всех пар образуют замкнутый свод над пищевой камерой.

P. pediculus нападает только на движущуюся добычу, питаясь преимущественно животной пищей. Водоросли и детрит служат лишь дополнительным источником питания, так как не в полной мере удовлетворяют пищевые потребности рачка. Процент суточного прироста тела (индекс усвоения) *Polyphemus* при питании водорослями в лучшем случае составляет 0.7, тогда как при

потреблении животной пищи 26% и более (Буторина, Сорокин, 1966).

Спектр питания полифема определяется прежде всего морфологическими особенностями строения рачка: его размером, расстоянием между разведенными хватательными ногами и щетинками на них, а также глубиной пищевой камеры и строением мандибул. Пищевая камера полифема имеет конусовидную форму. На уровне основания ног II пары она вдается в глубь тела, образуя под максиллами значительное и довольно узкое углубление, называемое мешком (Буторина 1965, 1967). Глубина его у самцов и самок равна 0.08—0.10, а у новорожденных рачков 0.065—0.075 мм. Глубина всей камеры от вершины мешка до уровня верхней губы составляет у самцов и самок 0.13—0.15, а у новорожденных 0.085—0.095 мм. Мандибулы *Polyphemus*, несущие на жевательном крае многочисленные, слегка заостренные зубы, приспособлены к перетиранию лишь относительно мягкой пищи (Буторина, 1965). Расстояние между щетинками хватающих ног у взрослых самок равно 0.010—0.014, у новорожденных рачков — 0.004—0.007, а у самцов — 0.007—0.011 мм. Крупные самки, длиной 0.50—0.95 и шириной (на уровне антенн II) 0.30—0.35 мм, разводят хватательные ноги максимально на расстояние 0.48—0.52 мм друг от друга, новорожденные, длиной 0.20—0.35 и шириной 0.14—0.17 мм, разводят ноги на расстояние 0.22—0.30 мм, а самцы при длине 0.45—0.70 и ширине 0.23—0.25 мм — на 0.40—0.44 мм.

Таким образом, добыча взрослой самки *Polyphemus* не должна быть мельче 0.010 мм, иначе она проскочит между щетинками ног, а ее ширина не должна превышать 0.52 мм, т. е. расстояния максимально разведенных ног. Длина жертвы может быть более глубины пищевой камеры рачка и всего тела *Polyphemus*. Однако, как показали лабораторные опыты, она никогда не превышает 1.00 мм. Пища новорожденных рачков должна соответственно иметь размеры от 0.004 до 0.31, а самцов — 0.007—0.44 мм.

Эти морфологические особенности и планктонный образ жизни *Polyphemus* определяют избирательность его питания. Рачок плохо приспособлен к поеданию покрытых твердой раковинкой придонных хидорид, ползающих коловраток, шиповатых *Scapholeberis* и *Brachionus*, быстродвигающихся скачками веслоногих и *Diaphanosoma*. Он ловит лишь объекты определенной величины, находящиеся в верхних и средних слоях воды, имеющие относительно мягкие покровы идвигающиеся не быстрее самого полифема.

В питании отдельных особей *Polyphemus* наблюдаются существенные различия. Маленькие нежные новорожденные и мелкие с несколько иным устройством ног самцы не могут ловить то, что ловит крупная и сильная самка. Молодь размером 0.20—0.35 мм питается преимущественно простейшими, беспанцирными и мел-

кими панцирными коловратками. Самцы поедают мелких вольвоксовых, инфузорий, всех коловраток и изредка личинок хирономид I возраста. *Cladocera* для него либо слишком тверды, либо слишком крупны, и самец их избегает. Не свойствен самцу и каннибализм. Гамогенетические и партеногенетические самки питаются одинаково. Пища их значительно богаче и разнообразнее, чем пища самцов и тем более молодежи. Сюда входят жгутиковые водоросли, колонии вольвоксовых, крупные простейшие, планктонные коловратки, *Nauplii* веслоногих рачков, мелкие *Cladocera*, личинки хирономид I возраста и собственная молодежь. Крупная гамогенетическая самка иногда съедает самца в момент копуляции или сразу после нее.

В водоеме состав пищи самок меняется в течение жизни. Это связано, во-первых, с ростом рачков и изменением их пищевых потребностей, а во-вторых, с быстрой сменой в планктоне прибрежья преобладающих форм. В пищевом спектре самок сказываются и сезонные изменения. Пища рачков весной и летом обычно богаче и разнообразнее, чем осенью. Самки не могут питаться однородной пищей в течение всей жизни. В этом случае их темп роста замедляется и сокращается число отрождаемых эмбрионов в каждом помете. Коловратки и простейшие, составляющие основу корма новорожденных и самцов, для взрослой самки размером 0.4—0.9 мм не могут служить полноценной пищей. При выращивании *Polyphemus* в лаборатории на этих кормах самка растет нормально лишь до появления первых яиц в выводковой камере, т. е. до размера 0.4 мм. В дальнейшем ее рост приостанавливается. Самка дает 3—4 помета, однако количество яиц в каждом последующем помете не увеличивается, оставаясь равным первоначальному. Продолжительность жизни самки не сокращается, но размеры ее очень малы (не более 0.5 мм). В течение жизни она отрождает не более 16 эмбрионов (по 1—4 в каждом помете), тогда как самки при полноценном корме дают до 58 эмбрионов (по 2—28 в каждом помете). Эти новорожденные мельче тех, что отрождаются в естественных условиях.

Радиоуглеродный метод позволил установить, что *Polyphemus* поедает лишь те формы, которые находятся в избытке, чтобы обеспечить наиболее быстрое наполнение кишечника. Это связано с пищевой активностью рачка, суточной ритмичкой питания и его потребностями в корме, необходимыми при столь коротком жизненном цикле и необычайной плодовитости (Буторина, Сорокин, 1966). Рачок переключается с одного вида корма на другой лишь при определенных концентрациях пищи. При равных концентрациях корма полифем способен избирать из наличного планктона отдельные виды животных (рис. 1). В корме, состоящем из равных концентраций (4—6 экз./см³) новорожденных *Polyphemus*, *Bosmina longirostris*, *B. coregoni gibbera*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia cucullata* и личинок хирономид I возраста (*Camptochirono-*

mus paledivitatus), взрослые самки *Polyphemus* выбирают прежде всего *Bosmina longirostris*. Несколько меньше, но также в большем количестве самки поедают своих новорожденных и уже вдвое меньше *Daphnia cucullata* и *Bosmina coregoni gilbera*. *Cerio-*

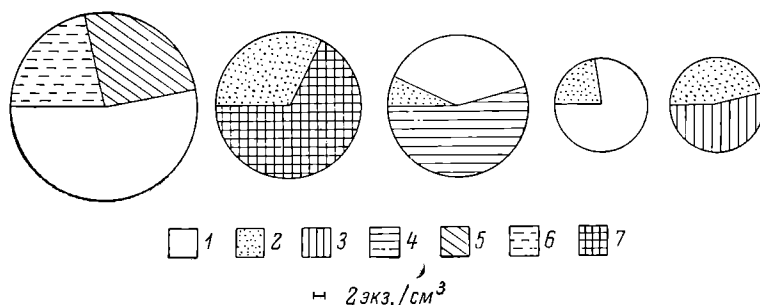


Рис. 1. Избирательность питания *Polyphemus*.

1 — новорожденные полифемы; 2 — личинки хирономид I возраста; 3 — *Ceriodaphnia*; 4 — *Bosmina longirostris*; 5 — *Bosmina coregoni*; 6 — *Daphnia cucullata*; 7 — *Volvox*.

daphnia quadrangula и личинок хирономид при таком сочетании корма самки не едят. Однако, если им предложить только эти два вида корма, то они оба потребляются почти в равной мере. В корме, состоящем из личинок хирономид и колоний *Volvox*, самки съедают *Volvox* в 2 раза больше, чем личинок. Из беспанцирных коловраток самки *Polyphemus* выбирают прежде всего наиболее крупных — *Polyarthra*, *Synchaetae* и *Asplanchna*, в несколько меньшем количестве потребляются колонии *Conochilus*. *Filinia longiseta* делает резкие прыжки при перемещении и самки ловят ее значительно реже (в 2 раза по сравнению с *Polyarthra*). Из панцирных коловраток они отдают предпочтение видам *Keratella*.

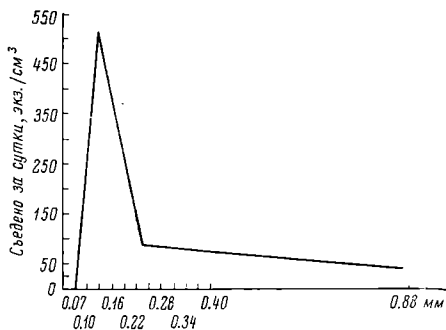


Рис. 2. Соотношение размеров и количества съеденных коловраток.

Таким образом, в отношении коловраток действует прежде всего размерная избирательность (рис. 2). В наибольшем количестве поедаются коловратки длиной 0.10—0.22 мм.

Без пищи *Polyphemus* живут недолго. При содержании рачков в воде, профильтрованной через мембранный фильтр (№№ 4—6), они погибают на 2—3-й день, а в стерильной воде — через сутки.

- Б у т о р и н а Л. Г. 1965. Наблюдения над поведением *Polyphemus pediculus* и функции его конечностей в процессе питания. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 8 (11).
- Б у т о р и н а Л. Г. 1967. Грудная и брюшная мускулатура *Polyphemus pediculus* (L.). Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, № 1.
- Б у т о р и н а Л. Г., Ю. И. С о р о к и н. 1966. О питании *Polyphemus pediculus* (L.). Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 12 (15).
- Б у т о р и н а Л. Г., Ю. И. С о р о к и н. 1970. Некоторые особенности питания *Polyphemus pediculus* (L.). Наст. сб.
- I s c h r e y t G. 1931—1932. Beobachtungen an *Polyphemus pediculus*. Microcosmos, 25. Stuttgart.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

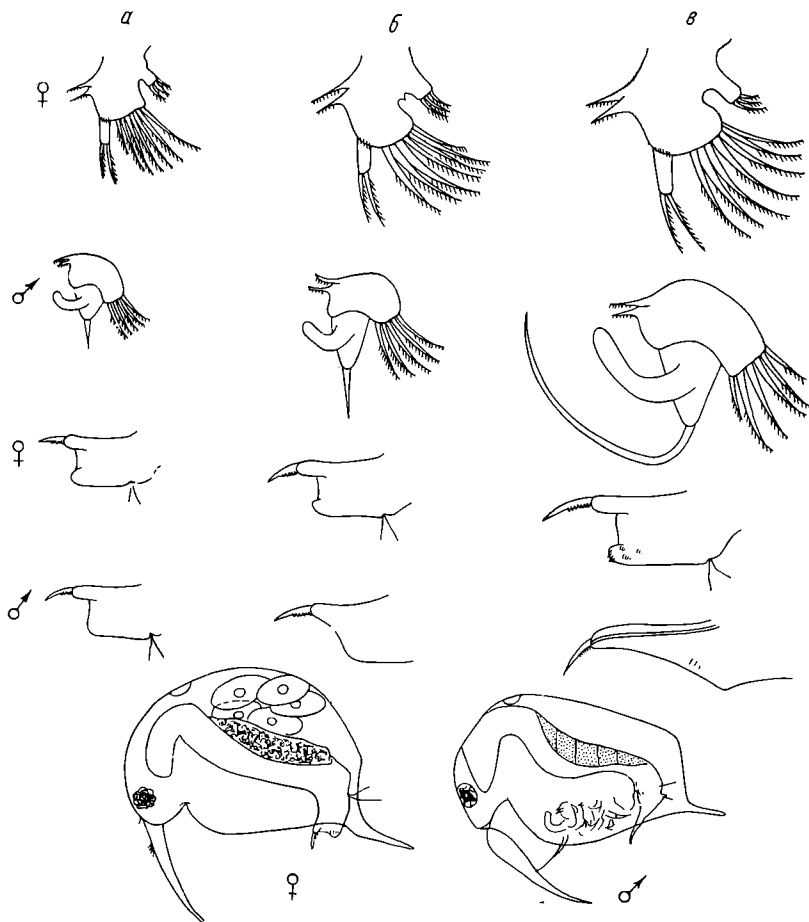
Л. М. Семенова

К МОРФОЛОГИИ РАННИХ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ САМЦОВ *BOSMINA COREGONI* BAIRD

Большинство исследователей, занимающихся биологией и систематикой *Bosmina coregoni* Baird, основными признаками, отличающими самцов от самок, считают подвижное сочленение передних антенн и суженность постабдомена (у самки I антенны неподвижны, а постабдомен широкий; Lilljeborg, 1900; Burckhardt, 1941; Мануйлова, 1958). Считалось, что эти признаки четко выражены лишь у половозрелых особей и отсутствуют у молоди. Это сильно затрудняет анализ половой структуры популяции *Bosmina* в водоеме.

Занимаясь биологией *Bosmina coregoni* Рыбинского водохранилища, мы заметили, что признаки пола у них проявляются очень рано, почти сразу же после рождения. После первой линьки при длине рачков 0.3—0.4 мм главным отличительным признаком самцов является вооружение первой пары ног. На этот признак обращает внимание и Пурасьоки (Purasjoki, 1958). Эндоподиты первой пары ног самцов снабжены очень маленьким хватательным крючком, а экзоподиты несут небольшую щетинку (см. рисунок, а). С завершением второй линьки эти образования заметно увеличиваются в размерах (см. рисунок, б). К этому времени появляется второй отличительный признак — сужение постабдомена в его дистальной части. У самок такого сужения не происходит. После третьей линьки, с наступлением половой зрелости, морфологические отличия пола формируются окончательно. Крючок на эндоподитах первой пары ног самцов увеличивается в 3—4

раза по сравнению с крючком новорожденных, щетинка — в 5—6 раз. Постабдомен становится очень узким, с заостренными коготками, несущими 3—4 зубчика (Мануйлова, 1958). Передние



Различия в строении конечностей самцов и самок *Bosmina coregoni*.

а — первая стадия линьки; б — вторая стадия; в — третья стадия.

антенны отчленяются от рострума, а спинной край створок становится горбообразно вышуклым (см. рисунок, в).

ЛИТЕРАТУРА

- Мануйлова Е. Ф. 1958. Ветвистоусые рачки фауны СССР. Изд. «Наука», М.—Л.
 Burckhardt G. 1941. Gibt es Verbindungsglieder zwischen «den beiden *Bosmina*-species»? Z. Hydrol., 9.

- Lilljeborg W. 1900. Cladocera Sueciae. Upsala, 3.
Purasjoki K. J. 1958. Zur Biologie der Brackwasserkladocere Bosmina coregoni maritima (P. E. Müller). Ann. Zool. Soc. «Vanamo», 19, 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Н. Д. Бородин и Ф. К. Гавлена

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИЗИД В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Для обогащения донной фауны Куйбышевского водохранилища в различных его участках с 1957 по 1966 г. производился выпуск мизид, отловленных в низовьях Дона, Цимлянском водохранилище и дельте Волги. Преимущественно это были *Paramysis kowalevskyi* и *P. intermedia*. В 1958 и 1959 гг. одновременно с этими видами было выпущено 87 тыс. *P. ullskyi* и около 14 тыс. *P. baeri* (Иоффе, Зильберквит, 1960). В работе по перевозке и выпуску рачков принимали участие различные рыбохозяйственные организации. Согласно их данным, всего в Куйбышевское водохранилище было выпущено свыше 22 млн мизид.

В Волге до образования водохранилищ была широко распространена мизида *P. ullskyi* (*Metamysis trauchti*), которая, по данным А. Л. Бенинга (1924), встречалась в реке от ее устья до пос. Мышкино. Известна она была также и в крупных притоках Волги и в некоторых пойменных озерах. В 1955 г. *P. ullskyi* была обнаружена в р. Шексне на расстоянии 3051 км от Каспийского моря (Мордухай-Болтовской, 1957). Но, несмотря на широкое распространение этого вида в бассейне Волги, в списках организмов, найденных в Куйбышевском водохранилище, *P. ullskyi* не приводилась (Аристовская, 1958; Ляхов, 1960; Иоффе, 1961).

Долго считалось, что попытки акклиматизировать мизид в Куйбышевском водохранилище бесплодны. Так, если во многих водоемах: Цимлянском водохранилище — (Иоффе, 1958; Мирошниченко, 1962), в оз. Балхаш (Иванов, 1961) и в водоемах Молдавии (Дедю, 1965) — мизиды очень быстро приживались и встречались в уловах уже на следующий год после их выпуска, то в Куйбышевском водохранилище, несмотря на ежегодный выпуск мизид, обнаружить их долгое время не удавалось. Только летом 1965 г. нами было встречено незначительное количество *P. intermedia* на песчаном мелководье Приплотинного плеса (Бородин, Гавлена, 1967), а сотрудниками Казанского отделения ГосНИОРХа (устное сообщение) они были отмечены в верхних

участках водохранилища. В январе 1966 г. в районе постоянного наблюдательного пункта Куйбышевской биологической станции была поймана мизида *P. ullskyi*. Таким образом, было зарегистри-

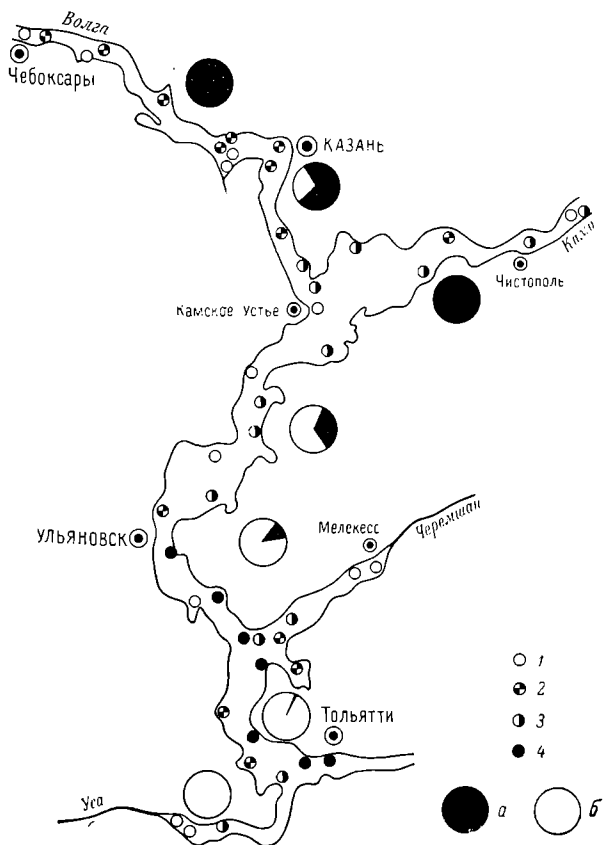


Рис. 1. Распространение мизид в Куйбышевском водохранилище.

Круги большого диаметра — количественное соотношение: а — *P. ullskyi*, б — *P. intermedia*. 1 — станции, на которых мизиды не были обнаружены; 2 — единичные экземпляры в пробе; 3 — 1—10 экз./м²; 4 — более 10 экз./м².

ровано появление в Куйбышевском водохранилище двух видов мизид.

В 1966 г. с целью уточнения численности и распространения мизид в нижних плесах водохранилища были обследованы различные участки прибрежной зоны. Для отлова мизид применялся скребок-ловушка с размером входного отверстия 75 см. На каждой станции им облавливались участки протяженностью 50 м на

глубинах 0,2, 0,5, 1,0 и 1,5 м. На песчаных грунтах на глубинах свыше 1,5 м обычно начинался резкий уклон дна и взять пробу не удавалось. На глубинах 3 м и более применялся легкий салазочный трал такого же размера, как скребок-ловушка. На таких глубинах наблюдалось заиливание плотного грунта или скопление грубого детрита; мизиды здесь обычно отсутствовали или встречались единичными экземплярами. Поэтому основная масса отобранных нами проб относится к глубинам 0,2—1,5 м.

К августу 1966 г. *P. intermedia* заняла все подходящие для нее биотопы нижних плесов водохранилища. Наиболее богато были заселены песчаные отмели левого берега от Ульяновского моста до устья Черемшанского залива. Здесь численность мизид достигала 43 экз./м², а биомасса — 84 мг/м². В Черемшанском заливе, в направлении к его верховью, численность и биомасса рачков заметно снижалась и у Мелекесса мизиды отсутствовали, хотя подходящие грунты в этом районе имелись. Возможно, их дальнейшему распространению в глубь залива препятствует сильное во время паводка течение р. Черемшана или возникающий здесь в отдельные годы дефицит кислорода. Сусканский залив малоприспособлен для мизид. Грунты в нем представлены преимущественно заиленным черноземом и илом, и в зимнее время здесь часто бывают заморы. Отдельные особи *P. intermedia* были найдены в этом заливе только по правому берегу в местах с песчано-илистым грунтом. В устье Усинского залива рачки встречаются в очень незначительном количестве. В целом, по данным 1966 г., наблюдалось снижение численности мизид в сторону плотины: если у Ульяновского моста численность ракообразных была порядка 20—40 экз./м², а биомасса 52—84 мг/м², то на участке ниже Черемшанского залива соответственно 14—18 экз./м² и 35—75 мг/м², а в нижней части водохранилища всего 4—8 экз./м² с биомассой 5—12 мг/м².

В августе 1967 г. было произведено обследование всего водохранилища по Волге от г. Чебоксар и по Каме от Сокольных гор до плотины. Методика работы осталась прежней. Как видно из рис. 1, мизиды в 1967 г. встречаются по всему водохранилищу. Отсутствуют они только на участках, занятых неблагоприятными для них грунтами (крупная галька, вязкий чернозем, ил или глина). Однако ил, вязкий чернозем и глина встречаются по водохранилищу очень редко, тогда как крупная галька широко распространена почти по всему правому берегу. Поэтому вдоль правого берега мизиды обычно отсутствуют. Отсутствуют они и в Сидельниковском, Свияжском и Криушском заливах, хотя песчаные грунты там имеются.

В Каме и в верхней части Волжского плеса (от Чебоксар до Казани) из мизид встречаются только *P. ullskyi*. В Волге ее численность очень низка и выражается в среднем десятками и сотыми долями экземпляров на 1 м², в Каме несколько больше

(1—3 экз./м²). В нижней части Волжского плеса от Казани до Камского устья прибрежная зона заселена обоими видами мизид, но численность их очень мала. Ниже Камского устья численность и биомасса *P. ullskyi* приближается к таковой в Каме и практически не изменяется до самой плотины. Численность же и биомасса *P. intermedia* в направлении к плотине заметно возрастает, особенно в нижних плесах. Наиболее высокие показатели отмечены в Новодевичьем плесе — 33 экз./м² (132 мг/м²). Максимальная численность мизид в этом плесе была зарегистрирована на глубине 1.0 м и составляла 79 экз./м² с биомассой 298 мг/м². В Приплотинном плесе, в районе Куйбышевской биологической станции, численность *P. intermedia* составляла 24 экз./м², биомасса — 92 мг/м².

В 1968 г. наблюдалось дальнейшее нарастание численности и биомассы мизид в Приплотинном плесе. Интересно, что характер этого процесса сходен с таковым в Цимлянском водохранилище (рис. 2). Трудно ожидать, что в Куйбышевском водохранилище численность мизид достигнет такой высокой величины, как в Цимлянском, но все же можно надеяться, что в ближайшие годы их количество будет увеличиваться и они прочно войдут в пищевой рацион промысловых рыб этого крупнейшего волжского водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

- Аристовская Г. В. 1958. Бентос Куйбышевского водохранилища в первый год его существования. Тр. Татарск. отд. ВНИОРХ, 8.
- Бенинг А. Л. 1924. К изучению придонной жизни реки Вояги. Саратов.
- Бородич Н. Д., Ф. К. Гавлена. 1967. *Paramysis (Mesomysis) intermedia* в Приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища. Гидробиол. журн., 4.
- Дедю И. И. 1965. Некоторые замечания об экологии *Limnomysis benedeni* Czern. (Crustacea, Mysidacea) в водоемах Молдавии. Изв. АН МолдССР, 5.
- Иванов С. Н. 1961. Акклиматизация мизид в оз. Балхаш. Рыбн. хоз., 10.

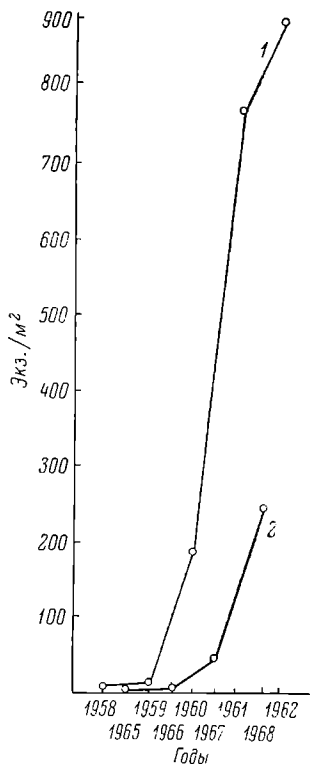


Рис. 2. Динамика нарастания численности мизид.

1 — в Цимлянском (по М. П. Мирошниченко, 1967) и 2 — в Куйбышевском водохранилищах.

- И о ф ф е Ц. И. 1958. Обогащение донной фауны Цимлянского водохранилища. Изв. ВНИОРХ, 14.
- И о ф ф е Ц. И. 1961. Формирование донной фауны водохранилищ СССР и опыт классификации. Изв. ГосНИОРХ, 50.
- И о ф ф е Ц. И., А. А. З и л ь б е р к в и т. 1960. Перевозка мизид в Куйбышевское водохранилище. Н.-техн. бюлл. ГосНИОРХ, 11.
- Л я х о в С. М. 1960. Бентос Волги у Куйбышева и его динамика. Тр. Инст. биол. водохр. АН СССР, 3 (6).
- М и р о ш н и ч е н к о М. П. 1962. О массовом развитии ракообразных в Цимлянском водохранилище. Тр. Зональн. совещ. по типологии и биол. обоснованию рыбхоз. использ. внутр. (пресноводных) водоемов южной зоны СССР. Изд. «Штиглица», Кишинев.
- М и р о ш н и ч е н к о М. П. 1967. Материалы по развитию зообентоса Цимлянского водохранилища в 1962—1965 гг. Тр. Волгоградск. отд. ГосНИОРХ, 3.
- М о р д у х а й - Б о л т о в с к о й Л. Ф. Д. 1957. Каспийские мизиды в р. Шексне. Природа, 7.

Куйбышевская станция Института биологии
внутренних вод АН СССР

Т. Н. Куражковская

К БИОЛОГИИ *GLYPTOTENDIPES VARIPES* GOETCH.
(DIPTERA, CHIRONOMIDAE)

Везенберг-Людн (Wesenberg-Lund, 1943), Тинеман (Thienemann, 1954) и Волномейский (Wolnomiejski, 1964) отмечают, что колонии *Plumatella fungosa* Pall. обычно обильно заселены личинками хирономид. Однако до сих пор не было известно ни одного специфического вида, существующего только в мшанке и не встречающегося в других биотопах. Такой специфический вид — *Glyptotendipes varipes* Goetch. — найден нами в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища (Шилова, Куражковская, 1969). Его биология и преимагинальные стадии¹ не были известны. В настоящем сообщении впервые приводятся данные о биологии этого стенобионтного вида.

В течение лета 1967 г. в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища, вблизи пос. Борок, мы еженедельно собирали колонии *Plumatella fungosa*. В лаборатории из колоний выбирали всех встречающихся в них личинок хирономид. За лето было собрано 19 видов, в том числе: *Glyptotendipes varipes* Goetch. — 1336 экз., *Endochironomus albipennis* Mg. — 713, *Glyptotendipes glaucus* Mg. — 662, *Cricotopus silvestris* F. — 373, *Limnochironomus*

¹ Систематическое положение и описание стадий развития приводятся А. И. Шиловой (1969).

nervosus Staeg. — 260, *Parachironomus arcuatus* Goetgh. — 198, *Tanytarsus* ex. gr. *mancus* Wulp. — 158 экз. Остальные 12 видов встречались единично (менее чем по 25 экз.). Все найденные виды — минеры или обрастатели, и только личинки *G. varipes* обитали внутри мшанки и ни разу не были найдены где-либо еще.

В окрестностях Борка *Plumatella fungosa* встречается в прибрежной зоне. Колонии располагаются, как правило, на торчащих кверху веточках отмерших, затопленных кустарников и деревьев. На корнях и бревнах, лежащих на дне, мы их ни разу не находили. Также не находили *P. fungosa* в руслах Волги и Сутки. Колебание уровня воды в Рыбинском водохранилище достигает почти 2 м, места обитания мшанки к концу лета осушаются и только в мае снова заливаются водой. Сухая, старая колония размокает, разваливается на куски, а из сидячих стагобластов на ее месте развивается новая. Живые колонии мшанки мы находили с 30 мая по 5 июля, в период наивысшего уровня воды.

Жизненный цикл *G. varipes* тесно связан с жизнью мшанки. Весной (май—июнь) живые колонии *P. fungosa* обильно заселены личинками *G. varipes* III—IV возраста. Между зооидами личинки строят коричневатые, несколько расширенные с одного конца трубчатые домики. Сидя в них, личинки усиленно ундулируют. Иногда они высовываются довольно далеко из домика, оставляя в нем только задний конец тела, и ползают между зооидами, собирая экскременты и органические частицы, застрявшие между ними. Присутствие личинки не вызывает враждебных или защитных реакций у мшанки, и ее зооиды не реагируют на их прикосновение. Посаженные в чашки Петри личинки *G. varipes*, в отличие от других хирономид, почти неподвижны.

Окукливаются личинки в домиках внутри мшанки. Домики куколок очень плотные, коричневатые, прямые или изогнутые, на концах с узкими сифонами, диаметр которых меньше ширины головы личинки. Поскольку *P. fungosa* на всю зиму остается на сухом берегу, интересно было выяснить, где и в какой стадии зимует *G. varipes*. Для этого осенью мы собрали сухие колонии и поместили в проточный аквариум. Через месяц, разбирая часть колонии под бинокуляром, нашли личинку *G. varipes* II возраста. В дальнейшем предполагалось получить в аквариуме живую мшанку и личинок *G. varipes* III—IV возраста. Но температура и освещение аквариума оказались отличными от природных, поэтому личинки и мшанка не развились. В апреле в прибрежной зоне мы собрали сухие колонии и поместили их в мешки из плотного мельничного газа, которые привязали к кустам в прибрежной зоне, где обычно обитала мшанка. Когда в природе в колониях появились личинки IV возраста и куколки, мы вскрыли мешки. В старых полуразложившихся колониях обнаружили 17 экз. имаго, 40 куколок, 41 личинку — всего 98 экз. *G. varipes*. По-ви-

димому, на зиму в колониях мшанки остаются личинки первых возрастов. Они переносят полное высыхание и промерзание и затем, с наступлением благоприятных условий, благополучно заканчивают развитие. В местах обитания мшанки постоянно собирался бентос, а осенью брались пробы обнаженного грунта, который разбуривался под бинокуляром. Но личинок *G. varipes* ни разу не удалось найти, хотя в грунте мы находили личинок II возраста хирономид других видов.

В течение всего лета имаго *G. varipes* встречаются, как правило, в очень небольшом количестве. Комары ловятся единично, хотя колонии *Plumatella* заселены личинками довольно плотно. Например, колония длиной 9 и глубиной 1 см была заселена 177 личинками и куколками. Это объясняется тем, что биотопы, заселенные мшанкой, довольно редки. Вылет имаго сильно растянут. Первые куколки были обнаружены 6 июня и встречались до конца августа. Максимальное количество куколок было обнаружено 5 июля. Определить количество генераций как по куколкам, так и по имаго не удалось. Видимо, их две.

ЛИТЕРАТУРА

- Ш и л о в а А. И. 1969. Метаморфоз *Glyptotendipes varipes* Goetgh. (Diptera, Chironomidae). В сб.: Физиология водных организмов и их роль в круговороте органического вещества, изд. «Наука», Л.—М.
- Ш и л о в а А. И., Т. Н. Куражсковская. 1969. Сожительство *Glyptotendipes varipes* Goetgh. и мшанки *Plumatella fungosa* Pall. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 3.
- Thiенemann A. 1954. Chironomus Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. Stuttgart.
- Wesenberg-Lund C. 1943. Biologie der Süßwassertiere. Berlin-Wien.
- Wolnomiejski N. 1964. Larwy Tendipedidae minujace w Roloniach mszywiolow *Plumatella fungosa* Pall. Polska Akad. Nauk. Acta Hydrobiol., 6, 3, Krakow.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. Р. М и к р я к о в

ВЫЯВЛЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ У РЫБ С ПОМОЩЬЮ ВОСХОДЯЩЕЙ ХРОМАТОГРАФИИ НА БУМАГЕ ПО МЕТОДУ КАСТЕНЕДА

Многочисленными исследованиями установлено, что рыбы способны синтезировать антитела при иммунизации корпускулярным антигеном. Одни авторы считают, что рыбы продуцируют

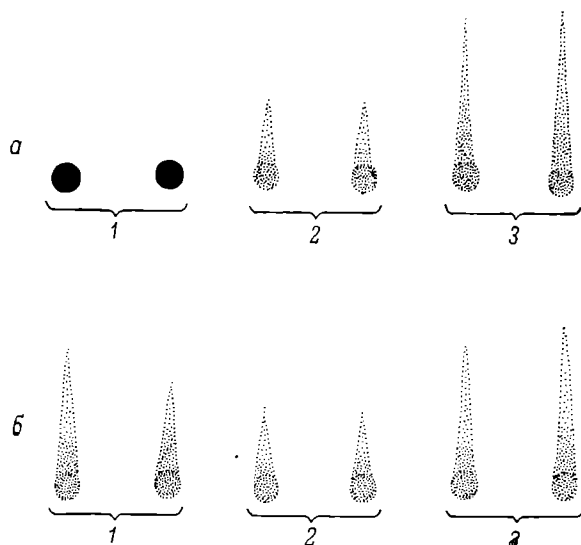
комплементарные иммуноглобулины к гомологичному антигену (Nybelin, 1934; Гончаров, 1962; Микряков, 1964; Papermaster et al., 1964; Владимиров, 1966; Ridway et al., 1966; Smith et al., 1967; Балахнин и Заржевская, 1968, и др.), другие сомневаются в специфичности вырабатываемых рыбами иммуноглобулинов (Тец, 1964; Лукьяненко, 1966); в крови последними авторами обнаружены агглютинины к гетерологичным бактериям.

Настоящая работа посвящена изучению специфичности иммуноглобулинов в крови карпов (*Cyprinus carpio* L.) с помощью высокочувствительной качественной реакции: использовалась восходящая хроматография на бумаге по методу Кастанеда, применяемому при диагностике бруцеллеза человека и животных (Губина, 1964). Сущность методики заключается в том, что при взаимодействии антигена со специфическим антителом образуется комплекс, который при хроматографии в физиологическом растворе остается в точке нанесения. Если же между антигеном и антителом нет специфического взаимодействия, антиген поднимается по бумаге.

Опыт был поставлен следующим образом. В качестве антигена использовалась инактивированная нагреванием густая суспензия бактерий в сахарном сиропе, которая предварительно последовательно обрабатывалась сульфатом железа (0,5—1%) и водным раствором гематоксилина (1%). Антиген помещался на полоску хроматографической бумаги марки «Быстрая» в виде ряда капель и затем высушивался. На полученные пятна антигена наносилась испытуемая сыворотка. Полоска бумаги до высушивания сыворотки погружалась вертикально в физиологический раствор так, чтобы пятна оставались над поверхностью жидкости. Через 15—20 мин. антиген в контроле смещался к верхней части бумаги на 5—6 см, окрашивая ее в черноватый цвет, в то время как в опыте со специфической сывороткой никакого смещения антигена не наблюдалось (см. рисунок). Если же в некоторых случаях смещение и отмечалось, то высота столба была значительно ниже, чем в контроле. Всего использовано 56 сывороток от двухкратно иммунизированных карпов и 30 сывороток от неиммунизированных рыб. Анализы производились в десятикратной повторности с каждой сывороткой с гомологичными (*Aeromonas punctata*, штамм 123) и гетерологичными (*Pseudomonas fluorescens*, штамм 74 и *Escherichia coli* communis, штамм 960) бактериями. Всего получено около 2500 хроматограмм. Результаты хроматографического анализа приведены в табл. 1.

После внесения иммунной сыворотки гомологичный антиген фиксировался в 540 случаях из 560; гетерологичные бактерии этими сыворотками не фиксировались, несмотря на то, что в сыворотках рыб обнаружены агглютинины к этим бактериям (табл. 2). Все три вида бактерий в 100% случаев не фиксировались после нанесения неиммунной сыворотки.

Полученные результаты достоверно подтверждают способность карпов синтезировать специфические иммуноглобулины в ответ на введение в организм корпускулярного антигена.



Взаимодействие антигенов с сывороткой рыб.

1 — гомологичный антиген *Aeromonas punctata*; 2 — гетерологичный антиген *Pseudomonas fluorescens*; 3 — гетерологичный антиген *Escherichia coli communis*. а — сыворотка иммунизированных рыб; б — сыворотка неиммунизированных рыб.

Обнаруженные нами с помощью реакции агглютинации специфические антитела в сыворотках иммунных рыб мы объясняем

Т а б л и ц а 1

Сравнительные данные о взаимодействии сыворотки рыб с бактериями

Категории бактерий	Номер штамма	Иммунная сыворотка				Нормальная сыворотка			
		количество анализов	+	±	—	количество анализов	+	±	—
Гомологичные	123	560	540	20	—	300	0	0	300
Гетерологичные	74	560	0	7	553	300	0	0	300
	60	560	0	0	560	300	0	0	300

П р и м е ч а н и е. Плюс — полная фиксация антигена; плюс-минус — неполная фиксация антигена (высота столба ниже, чем в контроле); минус — отсутствие фиксации антигена.

Уровень агглютининов в сыворотках иммунных карпов

Категория бактерий	Номер штамма	Титр антител		
		средний	минимальный	максимальный
Гомологичные	123	1 : 630 \pm 1 : 64	1 : 160	1 : 2560
Гетерологичные	74	1 : 216 \pm 1 : 98	1 : 40	1 : 640
	960	1 : 42 \pm 1 : 100	1 : 10	1 : 160

наличием в структуре гомологичного микроба комплекса специфических и неспецифических антигенных конфигураций, т. е. таких, которые могут быть и у гетерологичных бактерий. Результаты наших опытов не подтверждают выводов В. И. Тец (1964) и В. И. Лукьяненко (1966) о том, что рыбы неспособны синтезировать специфические антитела к бактериям.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Б а л а х н и н И. А. и И. В. З а р ж е в с к а я. 1968. Группы крови карпа и способ их определения. Гидробиол. журн., 4, 2.
- В л а д и м и р о в В. Л. 1966. Антителообразовательная функция у рыб и ее связь с гуморальными факторами естественного иммунитета — компонентом и лизоцимом. Тез. докл. Симпозиума по паразитам и болезням рыб и водных беспозвоночных. Изд. «Наука», М.—Л.
- Г о п ч а р о в Г. Д. 1962. Иммунологическая реактивность у рыб. Бюлл. Инст. биол. водохр. АН СССР, 12.
- Г у б и н а Е. А. 1964. О практической ценности реакции агглютинации по методу Кастанеда для диагностики бруцеллеза. Лабор. дело, 1.
- Л у к ъ я н е н к о В. И. 1966. Об особенностях антителообразовательной функции рыб. Биол. науки, 2.
- М и к р я к о в В. Р. 1964. Иммунологическая реактивность при краснухе рыб. Сб. работ Ленингр. ветерин. инст., 2, 6.
- Т е ц В. И. 1964. Некоторые особенности иммунологической реактивности рыб. ДАН СССР, 159, 1.
- N y b e l i n O. 1934. Über agglutining bei Fischer. Z. Immunitätforsch. 84, 1.
- P a p e r m a s t e r B. W., R. M. C o n d i e, J. F i n s t a g and R. A. G o o d. 1964. Evolution of the immune response. I. The phylogenetic development of adaptive immunologic responsiveness in vertebrates. J. Exptl. Med., 119, 1.
- R i d w a y G. J., H. O. H a d g i n s and G. W. K l a n t z. 1966. The immune response in teleosts. In: Phylogeny of immunity. Univers. Florida Press, Gainesvillea.
- S m i t h A. M., M. P o t t e r and E. B. M e r c h a n t. 1967. Antibody-forming cells in the pronephros of the teleost *Lepomis macrochirus*. J. immunol., 99, 5.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОРПУСКУЛЯРНОГО АНТИГЕНА
В ОРГАНИЗМЕ РЫБ

Выяснению распределения корпускулярного антигена в организме рыб посвящено всего две работы (Лукьяненко и Сорокин, 1965; Гончаров, Романенко и Микряков, 1966). Используя меченые изотопом C^{14} бактерии, авторы показали, что корпускулярный антиген после парентеральной инъекции довольно быстро (через 30 мин.) обнаруживается во всех исследуемых органах. Его максимальное количество приходится на органы, богатые клетками ретикуло-лимфоидной ткани (селезенка и почки). Радиоактивный изотоп, входящий в состав антигена, сохраняется в тканях рыб более 100 дней.

Нами изучалось распределение меченого корпускулярного антигена (взвесь водородокисляющих бактерий, меченных C^{14}) в тканях интактных карасей *Carassius auratus* L. и подвергнутых трехкратной иммунизации гетерогенным антигеном с целью блокирования ретикуло-эндотелиальной системы. Антиген вводился внутрив брюшинно по 0.25 мл с исходной активностью 1—1.5 млн имп./мин. Исследование органов производилось через сутки, 5 суток, 45 суток и через 2 года. Для этого забивалось по несколько экземпляров рыб (5—9), от отдельных органов брались небольшие навески, из которых готовились гомогенаты. Гомогенаты (по 2—3 на каждый исследуемый орган) наносились на фильтры и взвешивались. После высушивания определялась относительная радиоактивность отдельных органов по формуле

$$r_{\text{ср.}} = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{p_1 + p_2 + p_3},$$

где $r_{\text{ср.}}$ — средняя радиоактивность, в имп./мин. на 1 мг сырого веса органа, r_1, r_2, r_3 — радиоактивность отдельных препаратов, p_1, p_2, p_3 — вес отдельных препаратов.

Результаты проведенного исследования представлены в таблице, из которой видно, что меченый антиген в зависимости от морфо-функциональных особенностей того или иного органа распределяется в тканях организма неравномерно. Через сутки наибольшей поглотительной способностью у интактных рыб обладают ткани селезенки, затем почек, печени и стенки кишечника.

Наименьшее количество антигена обнаружено в мышцах и головном мозге. Через 5 суток и 1.5 мес. характер распределения антигена сохраняется примерно таким же, как и через сутки после введения, но заметное снижение радиоактивности в селезенке отмечается через 5 суток, а в печени — через 1.5 мес. Радио-

Распределение меченого C^{14} антигена в организме карасей

Категория рыб	Время анализа	Количество рыб	Удельная радиоактивность органов рыб, имп. мин. на 1 мг сырого веса						
			почка	селезенка	печень	стенки кишечника	мозг	мышцы	сыворотка крови
Интактные	1 сутки	5	68	129	60	50	13	7	43
	5 суток	5	56	79	64	41	14	6	31
	1.5 мес.	9	56	66	16	43	12	4	—
	2 года	6	5	8	3	4	—	1	—
Иммунизированные	1 сутки	5	57	45	52	21	8	3	38
	5 суток	5	110	68	63	37	11	5	46
	1.5 мес.	4	89	87	23	50	15	4	—

активный углерод, входящий в состав антигена, сохраняется в тканях рыб более 2 лет. В максимуме он накапливается в селезенке и почке.

После блокирования клеток ретикуло-эндотелиальной системы троекратной иммунизацией (ежедневно в течение 3 дней) наблюдаются некоторые отличия в распределении введенного меченого антигена. Хотя максимальной способностью к поглощению чужеродного белка в первые сутки по-прежнему обладали почки, селезенка и печень, содержание антигена в селезенке оказалось примерно в 3 раза, а в стенках кишечника в 2 раза меньше, чем у интактных рыб. Подобная задержка поступления антигена в эти органы объясняется блокированием лимфоидно-макрофагальных клеток. В последующие сроки наблюдений — на 5-е сутки, через 1.5 мес. — наибольшее количество антигена содержится также в тканях почек и селезенки, однако его количество (особенно в почках) уже превышает таковое у интактных рыб. Создается впечатление, что поглотительная способность ретикуло-лимфоидных клеток почек увеличивается после предварительной иммунизации гетерогенным антигеном.

Приведенные результаты, подтверждая данные В. И. Лукьяненко и Ю. И. Сорокина (1965) и Г. Д. Гончарова с соавт. (1966), свидетельствуют о том, что введенный парентерально чужеродный белок задерживается и остается на долгое время в органах, богатых клетками ретикуло-лимфоидной ткани. В этом смысле характер распределения чужеродного белка у холоднокровных животных в принципе сходен с таковым у теплокровных.

При изучении особенностей выведения антигена из организма рыб (Флеров и Романенко, 1968, 1969) было показано, что элиминация изотопа C^{14} антигена практически прекращается через

2—3 мес. с момента инъекции, при этом не менее 50% от исходного количества радиоактивного углерода остается в организме. В этой связи интересно отметить, что оставшаяся часть углерода антигена долгое время (2 года) сохраняется в организме рыб. Хотя нет возможности определить, в каком виде изотоп C^{14} антигена остается в организме — в виде метаболитов или в виде чужеродного белка как иммунологический раздражитель, — по-видимому, все же он играет определенную роль в иммунологических процессах.

ЛИТЕРАТУРА

- Гончаров Г. Л., В. И. Романенко, В. Р. Микряков. 1966. Изучение механизма иммунитета рыб при помощи C^{14} . ДАН СССР, 171, 5.
- Лукьяненко В. И. и Ю. И. Сорокин. 1965. Скорость поступления антигена в ткани рыб *Rutilus rutilus* L. ДАН СССР, 161, 5.
- Флеров Б. А., В. И. Романенко. 1968. Сравнительное изучение элиминации меченого C^{14} корпускулярного антигена у пойкилотермных и гомеотермных животных. Тез. докл. V Всесоюзн. совещ. по болезням и паразитам рыб и водных беспозвоночных. Изд. «Наука», Л.
- Флеров Б. А., В. И. Романенко. 1969. Исследование элиминации корпускулярного антигена у рыб. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 3.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Л. К. М а л и н и н

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ ДЛЯ МЕЧЕНИЯ ЛЕЩА И ЩУКИ. СООБЩЕНИЕ I. РЕАКЦИЯ РЫБ НА СЕТНОЕ ПОЛОТНО

Как было показано рядом исследователей (Trefethen et al., 1957; Johnson, 1960; Trefethen, 1963; Поддубный и др., 1966; Поддубный, Спектор, 1967), использование звуковых меток дает точные и объективные данные о трассах и скоростях движения рыб. При сопоставлении нанесенных на карты путей рыб с различными показателями внешней среды можно выделить факторы, способствующие правильному определению направления движения. Телеметрические наблюдения проводились за животными относительно больших размеров, так как размеры самих звуковых меток не позволяли применять их на среднеразмерных или мелких объектах.

Сравнительно недавно в печати появились сообщения о разработке миниатюрных звуковых меток, которые можно применять

в исследованиях некрупных рыб (Henderson et al., 1966; Hasler, Swenson, 1967). К сожалению, в этих сообщениях отсутствуют результаты биологических экспериментов, полученные с помощью миниатюрных меток. Параллельно с применением электронной аппаратуры дистанционные наблюдения за рыбами осуществлялись и другими способами: с помощью поплавков (Hasler, 1962; Пермитин, 1966), всплывающих баллонов (Horrall, 1961, цит. по: Hasler, Henderson, 1963), химических веществ, которые оставляют видимый след на поверхности воды (Hasler, Henderson, 1963). Их применение ограничено в значительной степени погодными условиями и типом водоема.

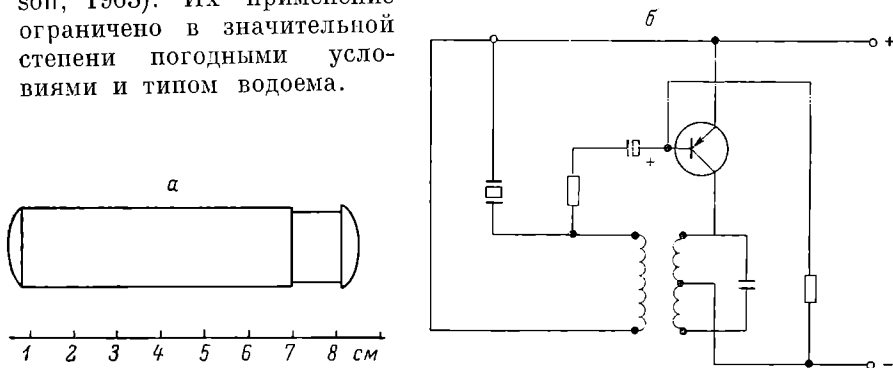


Рис. 1. Внешний вид звуковой метки (а) и принципиальная схема ультразвукового передатчика (б).

В нашем сообщении приводятся данные по мечению леща и щуки Рыбинского водохранилища звуковыми метками, ширина которых 2 и длина 8 см (рис. 1, а). Плотность метки приблизительно равнялась плотности воды. Передающая антенна кристалл ЦТС-19 (рис. 1, б) взята таких же размеров, как и в ранее описанных передатчиках (Поддубный, Спектор, 1967), примененных на осетрах. Питание осуществлялось от четырех микроаккумуляторов Д-0.06, общая продолжительность работы передатчика при этом составляла 50—60 час. Радиус действия передатчика был около 500 м. Частота посылаемых импульсов 2—5 гц в диапазоне 41—49 кгц. Приемная аппаратура описана в работе А. Г. Поддубного и Ю. И. Спектора (1967).

Для мечения брались только крупные особи весом более 1 кг, способные без особых затруднений нести передатчик. Крепление производилось с помощью двух или четырех небольших крючков. Наблюдения, проведенные в прудах, показали, что через 1—2 часа видимых изменений в поведении меченых рыб не отмечается. Однако при испуге вследствие дополнительного сопротивления корпуса метки несколько снижается бросковая скорость рыбы. Через сутки некоторые меченые особи питались в стае вместе

с другими рыбами. Длительность сохранения звуковой метки на рыбе очень большая. Так, одна щука носила на себе передатчик 2.5 мес., пока не обьячеилась в рыбацкие сети. Передатчик при этом был вполне исправным. Сменив батареи питания, его можно было использовать вновь.

Наблюдения проводились в разных районах водохранилища. Часть меченых рыб выпускалась сразу же после поимки, часть выдерживалась в садках и затем перевозилась в другие места, иногда на несколько километров от места первоначальной поимки. Первый вариант наблюдений проводился с целью изучения реакций рыб на сетное полотно. Для этого заранее выбранный район с известной топографией дна окружался кольцевой сетью длиной 750 м. Частично работы проводились в заливе, отгороженном от водоема сетью. Наблюдения выполнялись с двух судов, стоявших на двух якорях (носовом и кормовом). С помощью приемной аппаратуры синхронно с обоих судов определялся курсовой угол на меченую рыбу. Точность отсчета при волне 3—4 балла составляла $\pm 5^\circ$. Затем путь рыб наносился на карты-схемы.

Меченая рыба выпускалась в центр окруженного сетью района. Сразу же после выпуска лещи устремлялись в наиболее глубокие места, где совершали небольшие передвижения. Один лещ, выпущенный вечером перед заходом солнца, около 2 час. стоял вблизи сетки, затем, пытаясь преодолеть ее, обьячеился на глубине 5 м. Некоторые меченые рыбы часто подходили к сети и следовали на небольшом расстоянии вдоль нее. Наиболее точные данные получены на минимальном расстоянии в штиль (рис. 2). Так, отмечено, что рыба следует вдоль сетного полотна в дневное время на расстоянии не более 1 м. При понижении освещенности (перед заходом солнца и некоторое время после захода) лещ также иногда подходит к сети и непродолжительное время следует вдоль нее, ночью же рыба очень редко приближается к сети (отмечено два случая) и обычно, подойдя вплотную к сети, поворачивает сразу же назад. Все меченые рыбы большую часть времени, в течение которого велись наблюдения, держались в наиболее глубоких местах, находясь без движения или медленно перемещаясь против течения.

Наряду со звуковыми метками в спокойную погоду были проведены наблюдения за поведением рыб в районе сети с помощью поплавков, буксируемых рыбой. Этот метод также позволил установить, что лещи с поплавками следуют днем вдоль сетного полотна на расстоянии от него примерно 1 м, повторяя все изгибы сети. Из трех рыб одна поднялась к поверхности воды и вышла из полигона в том месте, где сеть образовала провис. Подобная картина ранее отмечена А. Г. Поддубным и Н. А. Гордеевым (1966).

Как известно, расстояние, с которого рыба начинает реагировать на сеть, определяется дальностью видения, а это в свою

очередь зависит от прозрачности воды и освещенности. Воды Рыбинского водохранилища имеют крайне низкую прозрачность, лишь изредка превышающую 2 м по диску Секки (Фортунов, 1959), и поэтому освещенность в таких условиях быстро уменьшается с глубиной. В районе работ прозрачность по диску Секки равнялась 1.35 м, максимальное расстояние, с которого рыба начинает реагировать на сеть в течение солнечного дня, не превышало 1 м. Освещенность, измеренная на глубине 3 м в солнеч-

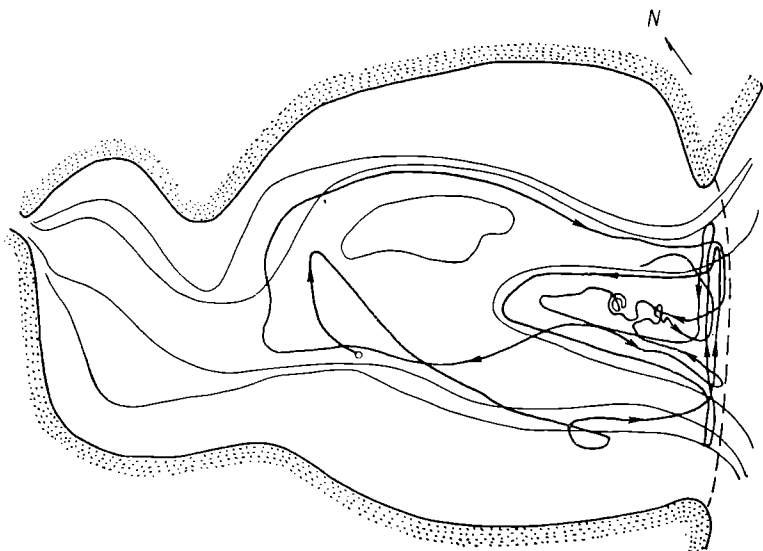


Рис. 2. Перемещение леща в заливе, отгороженном сетью.

ный полдень, была 500 лк. В момент захода солнца освещенность на этой глубине снизилась до 1.5—2 лк. Таким образом, расстояние, с которого рыба начинает реагировать на сетное полотно, остается относительно постоянным при освещенностях от 500 до 1.5 лк. Ночью лещ изредка подходит к сети вплотную и сразу же поворачивает обратно, т. е. он также реагирует на сеть. Освещенность в это время в воде ничтожна. Так, на поверхности воды в безлунную ночь освещенность равна 0.0003 лк (Соколов, 1958), а на глубине она значительно меньше. Поэтому вполне вероятно, что лещ чувствует сеть ночью тактильно, а не с помощью зрения.

Меченая щука днем после выпуска сразу же устремилась против течения и, достигнув сети, около 4 час. плавала вдоль нее в пределах небольшого, наиболее глубокого участка, не приближаясь к сети ближе чем на 110—120 см. Через 4 часа рыба

объячеилась сетным полотном у поверхности воды, вероятно, при неудачной попытке броском преодолеть преграду (рис. 3). Другие три особи в течение 2 суток также находились в наиболее глубоком месте.

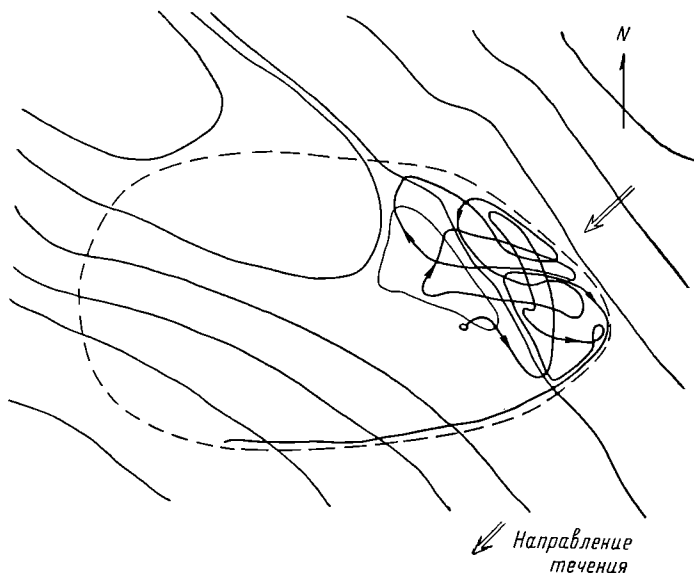


Рис. 3. Перемещение леща в районе, окруженном кольцевой сетью.

Итак, расстояние, с которого рыба реагирует на сетное полотно, в условиях низкой прозрачности воды Рыбинского водохранилища в редких случаях превышает 1 м.

ЛИТЕРАТУРА

- Пермитин И. Е. 1966. Некоторые результаты дистанционных наблюдений за скоростью движения леща и судака во время миграций. Тр. Инст. биол. внутр. вод, 10 (13).
- Поддубный А. Г., Н. А. Гордеев. 1966. Результаты облова открытых плесов водохранилища кольцевой сетью. Тр. Инст. биол. внутр. вод, 10 (13).
- Поддубный А. Г., Ю. И. Спектор. 1967. Исследование миграционного поведения осетров в зоне плотин биотелеметрическим методом. В сб.: Вопросы бионики, изд. «Наука», М.—Л.
- Поддубный А. Г., Ю. И. Спектор, С. М. Кидун. 1966. Результаты первых опытов прослеживания пути осетров, несущих электронные метки. Вopr. ихтиол., 6, 41 (4).
- Соколов О. Н. 1958. О подводной освещенности. Тр. ВНИРО, 36.
- Фортунов М. А. 1959. Цветность и прозрачность воды Рыбинского водохранилища как показатели его режима. Тр. Инст. биол. водохр., 2 (5).

- Hasler A. D. 1962. Wegweiser für Zugfische. Naturwiss. Rundschau, 15, 8.
- Hasler A. D., H. F. Henderson. 1963. Instrumentation problems in the study of homing in fish. Bio-Telemetry. Oxford—London—N. Y.—Paris. Pergamon Press.
- Hasler A. D., Swenson M. E. 1967. Home from the sea. New Scientist, 36, 566.
- Henderson H. F., A. D. Hasler, G. G. Chipman. 1966. An ultrasonic transmitter for use in studies of movements of fishes. Trans. Amer. Fish. Soc., 95, 4.
- Johnson I. H. 1960. Sonic tracking of adult salmon at Bonneville Dam, 1957. Fishery Bull, 176 US Fish and Wildlife Service, 60.
- Trefethen R. S. 1963. Sonic fish tracking. Spec. Publ. Internat. Commiss Northwest. Atlant. Fish., 4.
- Trefethen R. S., J. W. Dudley, M. R. Smith. 1957. Ultrasonic tracer follows tagged fish. Electronics, 30 (4).

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Н. В. Буторин и Т. Н. Курдина

О ДИНАМИКЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЗОНЕ ПОСТУПЛЕНИЯ ПОДОГРЕТЫХ ВОД КОНАКОВСКОЙ ГРЭС

Для изучения температурного поля и динамики температуры в районе поступления подогретых вод Конаковской ГРЭС в водохранилище нами в мае 1968 г. выполнена температурная съемка и проведены многосуточные стационарные наблюдения. Район работ и схема расположения станций показаны на рис. 1. Станции 2, 3 и 4 расположены в зоне непосредственного влияния подогретых вод ГРЭС, поступающих в водоем из Мошковского залива. Ст. 6 (контрольная) отделена от оси потока теплых вод обширной отмелью и цепью островов. Температурная съемка проводилась с 12 час. 8 мая по 16 час. 9 мая на участке водохранилища от плотины до г. Конаково. Стандартные наблюдения были начаты 9 мая и закончены 14 мая. Программа исследований включала измерения температуры воды, скорости и направления течения, температуры воздуха, скорости и направления ветра.

В дни, предшествовавшие наблюдениям, происходило быстрое повышение температуры воздуха: 7 и 8 мая она достигала 25—26°. Удерживался ветер южной четверти со скоростью от 4 до 7 м/сек. (в порывах до 10—12 м/сек.). Такой характер погоды способствовал интенсивному прогреву водоема. Распределение температуры воды, по данным съемки в районе исследований, представлено на рис. 1. В район водозабора ГРЭС поступала волжская вода с температурой по всей глубине около 12.5°.

По ходу движения воды с уменьшением скорости течения и увеличением глубины уменьшалось перемешивание водной толщи и наблюдалось ее расслоение по температуре. Так, в районе ст. 6 температура воды в поверхностных горизонтах оставалась примерно такой же, как и у г. Конаково, около $12.2\text{--}12.5^\circ$, в придонных же слоях она не превышала $10.2\text{--}10.8^\circ$. Понижение средней температуры воды на этом участке составляло около 1° .

До сооружения Конаковской ГРЭС весной в Ивановском водохранилище наблюдалось дальнейшее понижение температуры

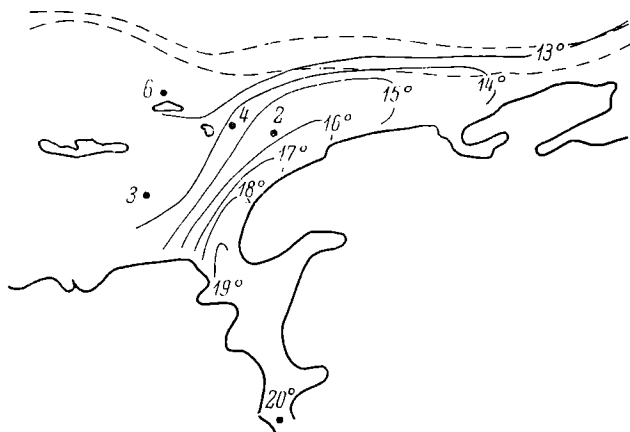


Рис. 1. Распределение температуры воды на поверхности Ивановского водохранилища в районе выхода подогретых вод Конаковской ГРЭС 8—9 мая 1968 г.

Цифры у точек — расположение станций многосуточных наблюдений.

воды в направлении к гидроузлу (Рутковский, 1964; Буторин, 1968). С пуском ГРЭС в эксплуатацию распределение температуры воды в водоеме под влиянием сбросных подогретых вод изменилось (Буторин, Курдина, 1968). Так, влияние теплых вод ГРЭС во время съемки прослеживалось на расстоянии 12 км ниже поступления их в водоем. Только в 7 км от плотины температура воды оставалась такой же, как и на контрольной ст. 6. На повышение температуры воды на данном участке водоема под влиянием подогретых вод ГРЭС, а не за счет солнечной радиации указывает и тот факт, что все измерения температуры были выполнены в один день (8 мая) и велись от плотины в направлении ГРЭС.

Некоторые особенности динамики температуры воды на отдельных станциях в районе выхода подогретых вод ГРЭС при конкретных метеорологических условиях прослеживаются по ходу изоплет температур воды (рис. 2). При облачной, преимущественно дождливой погоде, температуре воздуха $15\text{--}16^\circ$ и слабом юго-западном ветре температура воды 9 мая на ст. 6 колебалась

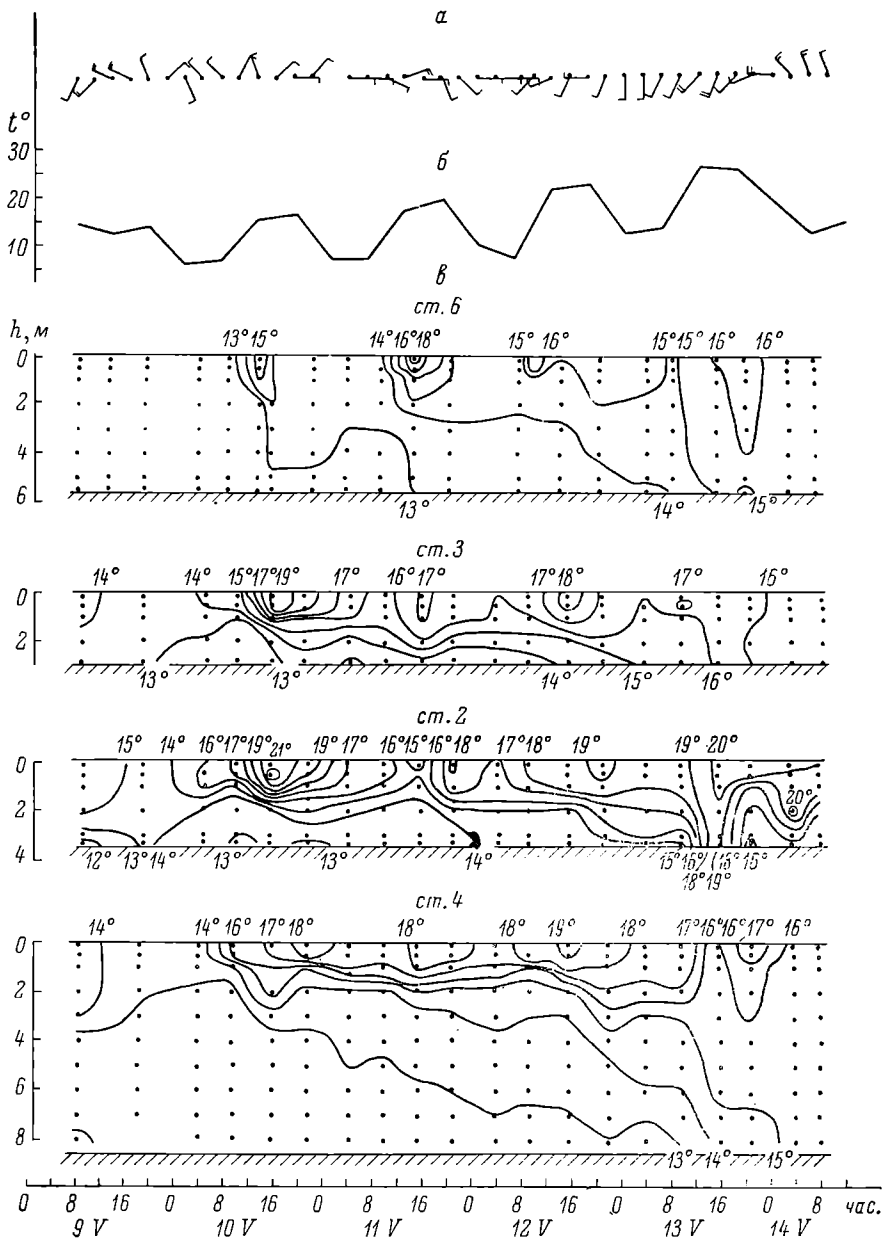


Рис. 2. Изменение направления и скорости ветра (а), температуры воздуха (б) и температуры воды (в) в Иваньковском водохранилище 9--14 мая 1968 г.

от 12.4 до 12.6° на поверхности и с глубиной практически не менялась. На ст. 2 и 4, через которые проходит основная часть потока теплых вод ГРЭС, температура воды на поверхности в отдельные сроки наблюдений достигала 14.6—15.8°. Повышение температуры воды по сравнению с контрольной станцией отмечалось также на ст. 3. В отличие от ст. 6 на всех других станциях водная толща оказалась стратифицированной. Так, если на поверхности температура воды на ст. 4 в отдельные сроки достигала 14.6°, то у дна она была около 12°. Слой температурного скачка располагался на глубине около 3 м. Даже на ст. 2 при глубине 3.5 м сохранялось температурное расслоение водной толщи и на горизонте 2.5 м наблюдался четко выраженный слой скачка.

Во второй половине дня 9 мая произошла смена направления ветра от юго-западного к восточному, температура воздуха понизилась (см. рис. 2). Несмотря на понижение температуры воздуха, средняя температура воды на ст. 6 повысилась на 0.2° за счет переноса теплых вод из района станций 2 и 4 ветром восточного направления. При указанном направлении ветра температура воды в эпилимнионе на ст. 4 понизилась на 1.2—1.4°, а в гиполимнионе повысилась на 0.3—0.5°. На станциях 2 и 3 произошло общее понижение температуры и установилась гомотермия.

В ночь с 9 на 10 мая при штиле и слабом неустойчивом ветре тенденция в ходе температуры снова изменилась. На ст. 6 по всей глубине наблюдалось понижение температуры, составившее к 4 час. 10 мая 0.4°. На станциях 2, 3 и 4 уменьшение температуры отмечалось только в гиполимнионе. В эпилимнионе температура воды заметно повышалась и на глубине около 1 м вновь началось формирование слоя скачка. Такая тенденция в изменении температуры воды на этих станциях сохранялась в утренние и дневные часы 10 мая. Заметное повышение температуры, обусловленное солнечной радиацией, началось около 8 час. В 15 час. на станциях 2 и 3 наблюдался суточный максимум температуры в поверхностном слое, который на ст. 4 зарегистрирован в 21 час, когда температура верхнего полуметрового слоя воды в зоне влияния теплых вод ГРЭС была практически одинаковой и равнялась 18.7—19.2°. Несмотря на усилившееся расслоение водной толщи, повышалась и температура гиполимниона, но при штилевой погоде этот процесс протекал медленно. Так, заметное повышение придонной температуры на ст. 3 отмечалось лишь в 21 час. Более интенсивно прогрев водной толщи протекал на контрольной станции, где изоплета 13° с 9 до 15 час. опустилась от поверхности до глубины 4.5 м (см. рис. 2). Суточный максимум температуры (15.2°) наблюдался здесь в 13 час. и был примерно на 4.5° ниже, чем на станциях, расположенных в зоне влияния вод ГРЭС.

К концу дня и ночью 11 мая, как и в предшествующие сутки, температура эпилимниона понизилась, слой температурного

скачка несколько опустился, а температура гипolimниона повысилась. На ст. 6 уменьшение температуры воды отмечалось по всей глубине, причем в поверхностных слоях гораздо значительнее, чем в придонных. В последующие сутки тенденция к изменению температуры на рассматриваемых станциях сохранилась. Частные особенности ее динамики хорошо видны по ходу изоплет на рис. 2.

В зоне распространения сбросных вод ГРЭС водная толща резко стратифицирована. Наличие этих вод нарушает естественный суточный ход температуры и значительно усложняет ее динамику. Перенос подогретых вод ветровыми течениями приводит к неустойчивому изменению температуры не только в поверхностных, но и в придонных слоях. Несмотря на значительные градиенты, время полного перемешивания водной толщи на мелководных станциях в районе выхода теплых вод довольно коротко. По нашим наблюдениям, оно составляет 4—5 час. Примерно такой же срок требуется и для восстановления стратификации.

Решающую роль в динамике температуры воды играют метеорологические факторы и прежде всего ветер. Так, при температуре воздуха в дневные часы 25—26° на мелководной ст. 3—12 и 23 мая можно было ожидать интенсивное повышение температуры поверхностного слоя воды, однако преобладающий ветер западного направления вызвал перенос теплых поверхностных вод в район ст. 2, где и отмечалась максимальная средняя температура воды. На ст. 3 температура в эпилимнионе даже понизилась. С метеорологическими условиями связана и различная скорость прогрева водной толщи на рассматриваемых станциях. Наблюдения в течение 5 суток показали, что повышение средней температуры воды на ст. 2 составляло 3.4°, на ст. 4 — 2.0, на ст. 3 — 1.5, а на контрольной станции — 2.9°.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Б у т о р и н Н. В. 1968. О трансформации волжских вод в Ивановском и Угличском водохранилищах. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 16 (19).
- Б у т о р и н Н. В., Т. Н. К у р д и н а. 1968. Исследование температурных условий Ивановского водохранилища в зоне влияния подогретых вод Конаковской ГРЭС. I конфер. по изуч. водоемов бассейна Волги. (Тезисы докл.). Тольятти.
- Р у т к о в с к и й В. И. 1964. Опыт применения скоростной съемки температуры и электропроводности для изучения температурного режима и перемещения водных масс в водохранилищах. В сб.: Методы изучения и использования водных ресурсов, изд. «Наука», М.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ИНФОРМАЦИИ

Н. В. Б у т о р и н. Основное направление гидрологических исследований Института биологии внутренних вод АН СССР	3
--	---

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

С. И. К у з н е ц о в. Ближайшие задачи изучения микрофлоры внутренних вод и вопросы унификации методов микробиологических исследований	6
В. И. Р о м а н е н к о и В. М. К у д р я в ц е в. Суточная динамика продукции органического вещества фитопланктоном в Рыбинском водохранилище	10
Н. В. Т р у х и н. Утилизация световой энергии хлореллой в зависимости от интенсивности света и густоты культуры	14
В. И. К у з ь м и ч е в а. Погрешность метода склянок при определении продукции и деструкции планктона	17
В. И. К у з ь м и ч е в а. Расчет величины фотосинтеза на единицу поверхности в высокопродуктивных мелководных водоемах	20
Н. В. Т р у х и н и А. Г. С к о р о д у м о в а. Влияние кратковременного воздействия фенола в больших дозах на характер биосинтетических процессов у хлореллы	25
В. Я. К о с т я е в. Метод учета влияния фенола на водоросли	29
В. И. Р о м а н е н к о. Длительное сохранение культур бактерий в соединяющихся пробирках	32
З. Н. Ч и р к о в а. О вертикальном распределении <i>Macrothricidae</i> (<i>Clodocera</i>)	34
Л. А. Л у ф е р о в а. К вопросу о питании <i>Notodromas monacha</i> (<i>Ostracoda</i>)	36
Л. А. Л у ф е р о в а. Остракоды в пагове прибрежья Рыбинского водохранилища	40
Л. Г. Б у т о р и н а и Ю. И. С о р о к и н. Некоторые особенности питания <i>Polyphemus pediculus</i> (L.)	41
Л. Г. Б у т о р и н а. Об избирательности питания <i>Polyphemus pediculus</i> (L.)	46
Л. М. С е м е ц о в а. К морфологии ранних стадий развития самцов <i>Bosmina coregoni</i> Baird	50
Н. Д. Б о р о д и ч и Ф. К. Г а в л е н а. Распространение мизид в Куйбышевском водохранилище	52
Т. Н. К у р а ж с к о в с к а я. К биологии <i>Glyptotendipes varipes</i> Goetgh. (<i>Diptera, Chironomidae</i>)	56
В. Р. М и к р я к о в. Выявление специфических иммуноглобулинов у рыб с помощью восходящей хроматографии на бумаге по методу Кастанеда	58
В. Р. М и к р я к о в и Б. А. Ф л е р о в. Распределение корпускулярного антигена в организме рыб	62

Л. К. М а л и н и н. Использование ультразвуковых передатчиков для мечения леща и щуки. Сообщение I. Реакция рыб на сетное полотно	64
Н. В. Б у т о р и н и Т. Н. К у р д и н а. О динамике температуры воды Иваньковского водохранилища в зоне поступления подогретых вод Конаковской ГРЭС	69

C O N T E N T S

I N F O R M A T I O N S

N. V. B u t o r i n. Main orientation of hydrological researches in the Institut of Biology of Inland Waters, of the Ac. Sci USSR . . .	3
ARTIKLES	
S. I. K u z n e t s o v. Immediate tasks in studies on microflora of the inland waters and the problem of unification of methods in microbiological investigation	6
V. I. R o m a n e n k o and V. M. K u d r j a v c e v. Dayly production of the organic matter of phytoplankton in Rybinsk reservoir . .	10
N. V. T r u k h i n. Utilization of the light energy by chlorella depending on intensity of the light and thickness of the culture	14
V. I. K u z m i t s h o v a. Error of bottle method determination of production and destruction of plancton	17
V. I. K u z m i t s h o v a. Calculation of quantity of photosynthesis per square unit in high productive shellow basins	20
N. V. T r u k h i n and A. G. S c o r o d u m o v a. Effect of short-term influence great doses of phenol biosynthesis in Chlorella	25
V. Ja. K o s t j a e v. Method of registration of the phenol influence on the algae	29
V. I. R o m a n e n k o. Long time preservation of bacteria culture in connected test-tubes	32
S. N. T s h i r k o v a. Vertical distribution of <i>Macrothricidae</i> (<i>Cladocera</i>)	34
L. A. L u f e r o v a. On the feeding of <i>Notodromas monacha</i> (<i>Ostracoda</i>)	36
L. A. L u f e r o v a. <i>Ostracoda</i> hibernating in ice of in shore zone of Rybinsk reservoir	40
L. G. B u t o r i n a and J. I. S o r o k i n. Some peculiarity in feeding of <i>Polyphemus pediculus</i> L.	41
L. G. B u t o r i n a. Electionary feeding of <i>Polyphemus pediculus</i> L. . .	46
L. M. S e m e n o v a. On morphology of first stages <i>Bosmina coregoni</i> Baird	50
N. D. B o r o d i t s h and F. K. G a v l e n a. Distribution of Mysids in the Kufbyshev Reservoir	52
T. N. K u r a z h k o v s k a j a. On biology of the <i>Glyptotendipes varipes</i> Goetgh (<i>Diptera</i> , <i>Chironomidae</i>)	56
V. R. M i k r i a k o v. Detection of specific immunoglobulins in fishes with Kastaned's method of assending chromatography	58
V. R. M i k r i a k o v and B. A. F l e r o v. Distribution of corpuscular antigen in the body of fishes.	62
L. K. M a l i n i n. Application of supersonic transmitters for marking of Abramis brama and Esox lucius. Information I. Reaction of fishes on the set net	64
N. V. B u t o r i n and T. N. K u r d i n a. On temperature dynamics of the Ivankovo reservoir water in the zone of entering of warmed up waters of the Konakovskaja hydro-electric power station . .	69

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень № 7

Утверждено к печати

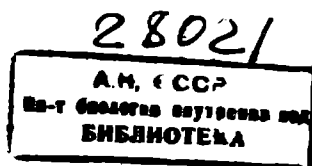
*Институтом биологии внутренних вод
Академии наук СССР*

Редактор издательства Л. М. Маковская

Технический редактор З. Ф. Васильева

Корректор Е. А. Гинстлинг

Г. Г. Говардено
196 г.



Сдано в набор 11/II 1970 г. Подписано к печати 19/VIII 1970 г. Формат бумаги $60 \times 90 \frac{1}{16}$. Бум. л. $2 \frac{7}{8}$. Печ. л. $4 \frac{3}{4} = 4,75$ усл. печ. л. Уч.-изд. л. 4,81
Изд. № 4474. Тип. зак. № 816. М-17842. Тираж 1100
Бумага № 2. Цена 32 коп.

Ленинградское отделение издательства «Наука»
Ленинград, В-164, Менделеевская лин. д. 1

1-я тип. издательства «Наука». Ленинград, В-34,
9 линия, д. 12