

06  
И 71

АКАДЕМИЯ  
НАУК  
СССР

**БИОЛОГИЯ  
ВНУТРЕННИХ  
ВОД**

**№**

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ**

**40**

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ

ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

# БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 40



ЛЕНИНГРАД

«НАУКА»

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

1978

В сборник вошли работы по разным разделам гидробиологии, физиологии организмов, гидрологии и химии. Сообщениям научного характера предшествуют информации о совещаниях и конференциях. В конце бюллетеня помещены статьи методического характера.

Издание рассчитано на гидробиологов, зоологов, гидрологов.

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

М.М. КАМШИЛОВ

## БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень № 40

Утверждено к печати

Институтом биологии внутренних вод

Академии наук СССР

Редактор издательства Л.М. Маковская

Технический редактор В.В. Шиханова

Корректор Т.Г. Эдельман

ИБ № 8448

Подписано к печати 25.07.78. Формат 60х90 1/16. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Печ. л. 5 = 5.00 усл. печ. л. Уч. изд. л. 4.22. Изд. № 6984. Тип. зак. № 673. М-31445. Тираж 1450. Цена 70 коп.

Издательство „Наука“ 199164, Ленинград, В-164, Менделеевская л., д. 1

---

Ордена Трудового Красного Знамени

Первая типография издательства „Наука“

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

Б 21009-646  
055(02)-78 725-78

© Издательство „Наука“, 1978

## СОВЕЩАНИЕ „РЕАКЦИЯ КЛЕТКИ НА РАЗЛИЧНЫЕ АЛЬТЕРИРУЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ”

С 26 по 29 апреля 1977 г. в ИБВВ АН СССР (Борж) проходило совещание на тему „Реакция клетки на различные альтерирующие воздействия”. Оно было организовано Институтом биологии внутренних вод АН СССР, Московским университетом, Институтом цитологии АН СССР. В совещании участвовали 30 представителей научных учреждений из Москвы, Ленинграда, Киева, Владивостока и других городов. Было заслушано 16 докладов, вызвавших оживленную дискуссию. Доложенные материалы и их обсуждение позволили представить современное состояние проблемы и некоторые пути ее решения. В первый день на вечернем заседании, которое проходило под председательством М.М. Камшилова, были сделаны два доклада: „Реакция клетки на действие факторов, подавляющих отдельные этапы клеточного метаболизма” (Ю.С. Ченцов) и „Действие различных факторов, разобщающих окислительное фосфорилирование на клетки культуры СПЭВ” (М.И. Лейкина). На следующий день на утреннем и вечернем заседаниях под председательством Ю.С. Ченцова и Я.Ю. Комиссарчика были заслушаны доклады „Некоторые типы изменений ультраструктуры митохондрий и их энергопродукция” (В.М. Митюшин), „Реакция клеток тихоокеанских лососей на нерестовый стресс” (А.А. Максимович), „Критерий обратимости внутриклеточных органелл при различных воздействиях” (Б.В. Втюрин). Интересные сообщения сделали Н.С. Цибковская, В.Б. Скупченко, Л.Е. Бакеева и др.

На последнем заседании под председательством А.С. Тихоненко были сделаны доклады „Актуальные проблемы вирусной цитопатологии” (А.Ф. Быковский), „Ультраструктура жгутиконосцев и их реакции на различные альтерирующие воздействия” (Н.Ф. Аникушин), „Некоторые черты адаптации к паразитизму покровов цистод” (Б.И. Куперман), „Особенности межклеточного взаимодействия симбиотических бактерий с ядерным аппаратом инфузорий” (Д.В. Осипова и С.А. Подлипаева), „Механизмы индосомальной активности в условиях индуцированного и естественного автолиза” (Н.Е. Белицер).

В заключение состоялась плодотворная дискуссия. По общему мнению, совещание прошло успешно. Его участники выразили благодарность дирекции института за хорошую организацию его работы. Решили через 2 года вновь собраться в Борже для дальнейшего обсуждения проблемы.

Н.Ф. Аникушин

В.И. Романенко, М. Аврора  
Пубиенес, А.С. Даукшта

## РАЗВИТИЕ БАКТЕРИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Поверхностная пленка воды представляет собой одну из экологических ниш в водоемах, в ней активно развиваются микроорганизмы, концентрируя водоросли, мельчайшие животные, икринки рыб [2, 4]. Исключительно высоких величин достигает здесь численность бактерий [1, 3]. Это объясняется рядом факторов. Как известно, в поверхностном слое в результате взаимодействия молекул воды между собой возникает особое поверхностное натяжение, обуславливающее исключительную плотность воды. В этом слое концентрируются органические вещества с удельным весом, меньшим чем у воды (жиры, углеводы и пр.), сюда же попадают взвешенные и летучие органические вещества из воздуха. Несомненно также, что этот слой не страдает от недостатка кислорода, и поэтому аэробные микроорганизмы находят здесь весьма благоприятные условия.

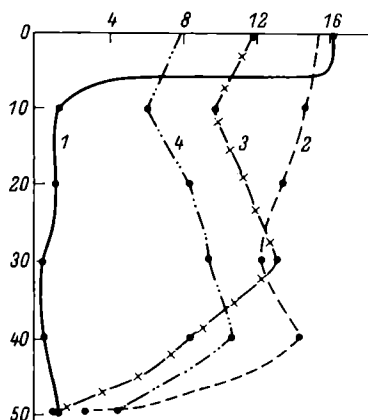
Развитие и жизнедеятельность бактерий в поверхностной пленке воды пока еще не изучены. Известно лишь, что концентрация бактерий в ней на 2-3 порядка выше, чем в более глубоких слоях.

Мы поставили перед собой цель определить динамику образования бактериальной пленки в экспериментальных условиях в зависимости от содержания органического вещества в воде. Эксперименты производились в 4 стеклянных цилиндрах объемом 5 л. В 3 цилиндра была налита вода из Рыбинского водохранилища, отобранная в декабре из-под льда. В одном из них была натуральная вода, содержащая 0.01 г С/л органического вещества, в другой вносились сухие водоросли из расчета 0.03 г С/л, в третьем был затоплен и находился на дне сосуда снопик из сухого камыша с содержанием органического вещества — 0.25 г С/л. Четвертый цилиндр был наполнен дистиллированной водой.

В течение 5 дней через каждые сутки в испытуемой воде, имеющей температуру 18<sup>0</sup>, производились анализы по Разумову. В воде и в поверхностной пленке определялось общее количество бактерий методом прямого подсчета. В пленке бактерии определялись по недавно опубликованному оригинальному методу Кроу с соавторами [5], который был несколько видоизменен. Авторы этого метода

Содержание бактерий в обрастаниях на стеклах на 2-й день развития пленки на поверхности воды в слое 0-50 мкм.

1 - дистиллированная вода, 2 - вода из водохранилища, 3 - вода с водорослями, 4 - вода с кусочками камыша. По оси ординат - глубина, мкм; по оси абсцисс - численность бактерий, млн/см<sup>2</sup>.



использовали фильтры марки „Нуклеопор“, нами использовались бактериальные чистые чешские фильтры „Сынпор“.

Сухой фильтр взвешивался на аналитических весах, затем осторожно с помощью пинцета им прикасались к поверхностной пленке воды. Затем фильтр помещался в маленькую чашку Петри на шайбочку, сделанную из тонкой жести с диаметром 2 см и высотой стенок 1 см, чтобы не было потерь пленочной воды от соприкосновения с чашкой. Фильтр накрывался крышкой от стеклянного бюкса и вторично взвешивался на аналитических весах. По разности между сырым и сухим весом определялось количество пленочной воды, приставшей к фильтру. После этого фильтр высушивался и окрашивался эритрозинном в течение суток. После промывки бактерии подсчитывались под микроскопом. Расчет численности микроорганизмов производился на 1 см<sup>2</sup> поверхности и на 1 мл пленочной воды.

На верху сосудов укреплялись деревянные планки, к которым были прибиты натянутые ниппельные резиновые трубки, которыми прижимались предметные стекла, погруженные в воду таким образом, что 1/3 стекла находилась в воздухе, а 3/4 в воде. Корундом на стекле делались отметки, чтобы легко было отыскать под микроскопом место его соприкосновения с поверхностной пленкой. Стекла экспонировались сутки, затем вынимались, осторожно споласкивались в дистиллированной воде, бактерии фиксировались на пламени спиртовки и стекла помещались в 5%-й раствор эритрозина. Через 24 ч стекла промывались и находящиеся на них бактерии дополнительно окрашивались в течение 10 мин разведенным 1 : 10 фуксином Циля. Количество прикрепившихся к стеклу бактерий в самом поверхностном слое подсчитывалось по глубине через каждые 10 мкм

В поверхностной пленке воды в среднем численность бактерий была равна 0.19 млн/см<sup>2</sup>, а в воде из водохранилища в 10-20 раз больше (см. таблицу). Численность их в толще дистиллированной воды составляла 0.18 млн/мл, в воде из водохранилища - 1.48 млн/мл, в воде с водорослями и кусочками камыша - 6.8 и 15.9 млн/мл

Общее количество бактерий в воде  
и в поверхностной пленке в сосудах  
с разным содержанием органического вещества, млн

| Сутки<br>от начала<br>опыта | Дистилли-<br>рованная<br>вода | Вода из водохранилища |               |           |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------|-----------|
|                             |                               | чистая                | с водорослями | с камышом |

В пленке на 1 см<sup>2</sup>

|          |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|
| 0        | -    | 0.07 | 0.10 | 0.16 |
| 1        | 0.4  | 0.15 | 1.98 | 3.03 |
| 2        | 0.4  | 1.43 | 3.20 | 5.75 |
| 3        | 0.04 | 2.54 | 5.55 | 3.34 |
| 4        | 0.04 | 4.34 | 4.40 | 1.90 |
| 5        | 0.05 | 3.34 | 3.60 | 1.50 |
| Среднее: | 0.19 | 1.98 | 3.14 | 2.61 |

В 1 мл пленочной воды

|          |      |      |      |     |
|----------|------|------|------|-----|
| 0        | -    | 4.7  | 15.6 | 7.6 |
| 1        | 67   | 11.7 | 141  | 297 |
| 2        | 29   | 159  | 186  | 375 |
| 3        | 2.6  | 133  | 616  | 168 |
| 4        | 5.2  | 328  | 285  | 103 |
| 5        | 8.1  | 292  | 139  | 89  |
| Среднее: | 22.3 | 155  | 230  | 173 |

В 1 мл воды на глубине 5 см

|          |      |      |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|
| 0        | -    | 0.25 | 0.17  | 0.15  |
| 1        | 0.17 | 0.45 | 5.90  | 9.2   |
| 2        | 0.17 | 1.02 | 6.30  | 37.1  |
| 3        | 0.13 | -    | 13.00 | 21.8  |
| 4        | 0.16 | 4.40 | 8.30  | 14.8  |
| 5        | 0.28 | 1.30 | 7.40  | 12.2  |
| Среднее: | 0.18 | 1.48 | 6.84  | 15.88 |

В то же время в пленочной воде количество бактерий достигало громадных величин: в дистиллированной воде 22.3 млн/мл, в чистой – 155, с водорослями – 230, в воде с камышом – 173 млн/мл. В отдельные дни численность возрастала до 616 млн/мл. Количество бактерий в пленочной воде не было постоянным. Оно изменялось и было максимальным на 3–4-е сутки, а затем вновь уменьшилось.

Интересно, что наибольшая концентрация бактерий, судя по обростанию на предметных стеклах, была в поверхностном слое воды глубиной от 0 до 50 мкм. Глубже количество их уменьшалось в 10–15 раз (см. рисунок). Но даже в слое 50 мкм наиболее тонкая пленка бактерий была в дистиллированной воде, значительно толще в воде с разным содержанием органического вещества. На стеклах обростания очень много было бактерий рода *Caulobacter*.

Таким образом, содержание бактерий в поверхностной пленке воды зависит от содержания органического вещества в воде. Количество их изменяется во времени. В описанных условиях максимум бактерий находился в поверхностном слое толщиной 50 мкм.

### Л и т е р а т у р а

1. Б о г о р о в Л.В. О концентрации клеток микроорганизмов в поверхностной пленке воды. – Гидробиол. ж., 1965, т. 3, № 6, с. 66–68.
2. Д у п л а к о в С.Н. Материалы к изучению перифитона. – Тр. Лимнол. ст. в Косине, 1933, вып. 16, с. 5–160.
3. З а в а р з и н Г.А. Бактериальное население поверхностной пленки воды в естественных водоемах дельты Волги. – Тр. Ин-та микробиол. АН СССР, 1955, вып. 4, с. 196–201.
4. Ц ы б а н ь А.В. Бактерионейстон и бактериопланктон шельфовой области Черного моря. Киев, 1970. 271 с.
5. C r o w S.A., A h e a n n D.G., C o o k W.L., B o u r g u i n A.W. Densities of bacteria and fungi in costal surface filmei as determined by a membrane-absorption procedure. – Limnol. a. Oceanogr., 1975, vol. 20, N 4, p. 644–646.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР  
Департамент  
экологии леса, Куба



ФИКСАЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА  
В ОЗЕРАХ ИЛЕЦКОГО СОЛЯНОГО КУПОЛА

В августе 1976 г. нами исследовался биотический круговорот органического вещества и фиксация молекулярного азота в гипергалинных озерах Развал и Дунино, расположенных в степной зоне близ г. Соль-Илецка.

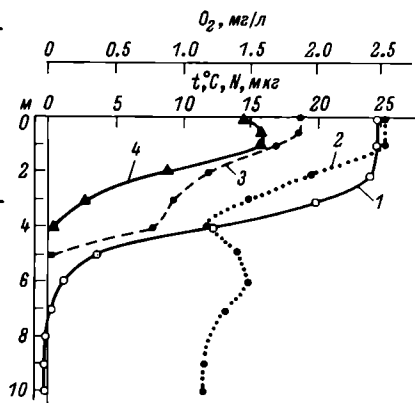
Микробиологические и химические анализы выполнялись по общепринятым методикам [1, 3]. Интенсивность фиксации молекулярного азота определялась с помощью ацетиленового метода [4].

Котловина оз. Развал образовалась в результате поверхностной разработки каменной соли на глубину до 32 м. В 1906 г. шахта была заполнена паводковыми водами, которые, растворяя каменную соль, быстро превратились в почти насыщенный раствор. Уже в течение первой зимы после своего возникновения озеро охладилось, и летом 1907 г. на дне его отмечалась отрицательная температура [2]. К 1936 г. максимальная глубина озера уменьшилась до 21 м, температура у дна в течение года не превышала  $-8^{\circ}$ . В августе 1976 г. площадь озера составила 7 га, наибольшая глубина — 10 м, температура у дна  $-0.5^{\circ}$  (см. рисунок). Температурный скачок был расположен от 2 до 5 м. Растворенный кислород присутствовал на всех глубинах, но содержание его даже у поверхности не превышало 2.6 мг  $O_2$ /л. Вода имела прозрачность до 0.3 м по диску Секки, активную реакцию среды, близкую к нейтральной, высокую концентрацию нитратов и нитритов (1.65 и 0.15 мг/л соответственно). Несмотря на очень высокую численность бактерий как у поверхности (53.4), так и у дна (37.6 млн клеток в 1 мл), деструкция органического вещества не превышала 0.55 г С под 1 м<sup>2</sup> за сутки. В планктоне доминировали зеленые водоросли рода *Dunaliella*. Продуцирование органического вещества при фотосинтезе происходило лишь до глубины 1 м и составило 0.23 г С под 1 м<sup>2</sup> за сутки.

Источник водного питания озера — атмосферные осадки, подземные надсолевые воды и принудительная подкачка рассола из действующей соляной шахты. Воду из оз. Развал эпизодически перекачивают в умеренно соленое оз. Дунино. Это способствует созданию в оз. Дунино значительного перепада плотности на глубине 3 м — от 1.080 до 1.166 г/см<sup>3</sup>. Вода была прогрета у дна до 17<sup>o</sup>, имела достаточную прозрачность — свет проникал до дна. Растворенный кислород присутствовал на всех глубинах. Концентрация нитратов и нитритов составляла 0.60 и 0.55 мг/л соответственно. Общая численность бактерий в поверхностном слое рапы оз. Дунино была менее 7 млн/мл, что значительно ниже, чем в оз. Развал. Однако величины темновой ассимиляции углекислоты не превышали 5 мг С под 1 м<sup>2</sup> за сутки, деструкция органического вещества в обоих озерах была примерно одинаковой. Уровень первичной продукции составил 0.4 г С/м<sup>2</sup> за сутки.

Некоторые характеристики оз. Развал по наблюдениям 20 августа 1976 г.

1 - вертикальное распределение температуры, °C, 2 - то же кислорода, мг  $O_2$ /л, 3 - деструкция органического вещества, мг  $O_2$ /л в сутки, 4 - фиксация молекулярного азота, мкг N/л в сутки.



В оз. Развал отмечалась фиксация молекулярного азота. Наиболее интенсивно процесс происходил у поверхности и равнялся 15.8 мкг N в 1 л за сутки, что составило 0.3% от общего азота. Изменения интенсивности азотфиксации до глубины 4 м в известной мере повторяли ход кривой деструкции органического вещества. В пробах, отобранных с разных глубин и инкубированных при температурах 25° в темноте, фиксация  $N_2$  отмечалась повсюду, даже в воде гипolimниона с отрицательной температурой. На свету увеличения азотфиксации не наблюдалось. *Dunaliella salina*, выделенная нами в альгологически чистую культуру из ила оз. Дунино, азот атмосферы не фиксировала.

В оз. Дунино фиксация азота происходила лишь в наиболее минерализованном придонном слое с 2 до 3 м и достигала 10.1 мкг N в 1 л за 1 сутки, или 0.2% от общего азота в воде. В озерах Дунино и Развал под 1 м<sup>2</sup> фиксировалось соответственно 12 и 36 мг N за сутки.

На дне оз. Развал образовались залежи из бигидрата хлористого натрия  $NaCl \cdot 2H_2O$ . Внутри отдельных минералов гидрогалита сохранились каверны с жидкой фазой серого ила. Растёр этой жидкой фазы азот не фиксировал ни при -0.5, ни при 25°. В этом слое мы нашли лишь споры *Clostridium pasteurianum*.

Донные отложения оз. Дунино состоят из черного пластичного ила - лечебной грязи. Илы богаты органическим веществом, но относительно бедны азотом (см. таблицу). На оптимальной среде Емцева для *C. pasteurianum* и на этой же среде с 5%-м NaCl из 1 мл ила было выявлено от 25000 до 140000 маслянокислых бактерий. Фиксация  $N_2$  отмечалась в поверхностном 20-сантиметровом слое донных отложений, но составляла менее 0.0006% от общего азота ила.

Итак, соляные озера Развал и Дунино по уровню продуцирования и деструкции органического вещества приближались к пресноводным водоемам мезотрофного типа. Особенность этих

# Анализ различных слоев ила оз. Дунино

| Глубина<br>от по-<br>верхнос-<br>ти ила,<br>см | Содержание в 1 мл ила  |                                             |                                     |                             | Фиксировано N <sub>2</sub><br>за сутки |                |
|------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|----------------|
|                                                | азота<br>общего,<br>мг | углеро-<br>да орга-<br>ническо-<br>го, мг С | маслянистых бакте-<br>рий, тыс. кл. |                             | мкг N<br>в 1 л                         | % от<br>общего |
|                                                |                        |                                             | среда<br>Емцева                     | среда Емцева<br>+ 5%-й NaCl |                                        |                |
| 0-2                                            | 0.9                    | 42                                          | 45                                  | 25                          | 5.2                                    | 0.0006         |
| 2-10                                           | 2.2                    | 61                                          | 45                                  | 140                         | 8.3                                    | 0.0004         |
| 10-20                                          | 1.3                    | 34                                          | 140                                 | 140                         | 1.2                                    | 0.0001         |

озер - высокая численность бактерий. В эпилимнионе оз. Развал и в придонном слое и илах оз. Дунино бактерии фиксировали молекулярный азот.

## Л и т е р а т у р а

1. А л е к с и н О.А., С е м е н о в А.Д., С к о п и н ц е в Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. 1973, Л. 168 с.
2. Д з е н с Л и т о в с к и й А.И. Минеральные озера Илецкого соляного купола и их термический режим. - Тр. Лаб. озеровед. АН СССР, 1953, т. 2, с. 108-138.
3. Р о м а н е н к о В.И., К у з н е ц о в С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974. 194 с.
4. S t e w a r t W.D.P., F i t z g e r a l d G.P., B u r r i s R.H. In situ studies on N<sub>2</sub>-fixation using the acetylene reduction technique. - Proc. Acad. Natur. Sci. U.S., 1967, vol. 58, N 5, p. 271-278.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИЙ И ДЕСТРУКЦИЯ  
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Важный этап изучения круговорота органического вещества в водоемах – определение интенсивности его минерализации микрофлорой донных отложений. На Саратовском водохранилище такие исследования проводились лишь в разовых экспедициях [4, 5], поэтому представляло интерес сезонное изучение процессов деструкции органического вещества в донных отложениях водоема и их роли в круговороте углерода. С этой целью на водохранилище были выполнены работы в мае, июле и в октябре 1973 г.

Поглощение донными отложениями кислорода определяли по схеме В.И. Романенко [3]. Общее количество бактерий подсчитывали на мембранных фильтрах № 3. Сапрофиты выращивали на РПА при температуре 20°.

Саратовское водохранилище сильно проточное (коэффициент водообмена около 19), поэтому его русловая часть постоянно промывается, а в донных отложениях преобладают незаиленные или слабо-заиленные пески. В слабопроточных, защищенных островами мелководьях илонакопление на залитых почвах более интенсивно. Для устьевых заливов притоков характерны песчанистые и серые илы.

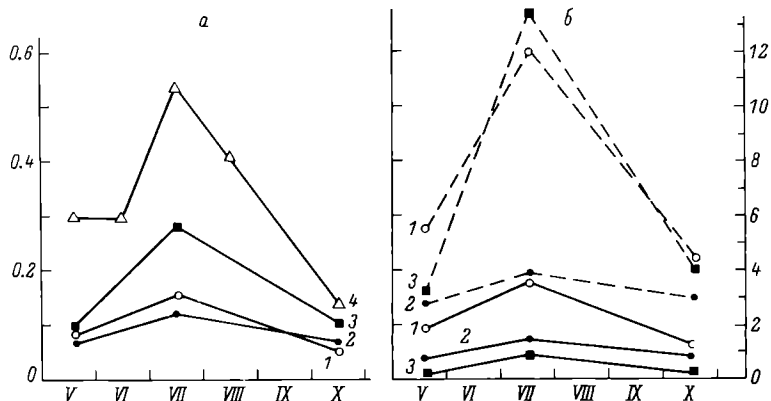
Общая численность бактерий в донных отложениях водохранилища колебалась на отдельных участках от 0.10 до 7.24 млрд клеток на 1 г сырой навески. Минимальной она была вдоль всего песчанистого русла, максимальной – в илах устьевых заливов (см. таблицу). Сезонные изменения общей численности бактерий в среднем по водохранилищу были выражены нерезко (см. рисунок). Значительное ее увеличение летом отмечено лишь в заиленных почвах мелководий и в илах устьевых заливов. К октябрю численность донной микрофлоры на большинстве участков вновь уменьшилась, однако в илах устьевых заливов рр. Самары и Чапаевки общее количество бактерий по сравнению с летом даже несколько увеличилось. В эти притоки постоянно и в большом количестве поступают различные сточные воды, что приводит к массовому развитию фитопланктона в заливах на протяжении всего вегетационного периода. В октябре основная масса водорослей отмирает, что обогащает илы органическим веществом.

В отличие от динамики общего количества бактерий донных отложений сезонные изменения численности сапрофитов были значительными (см. рисунок). Являясь потребителями легкоусвояемых органических веществ, сапрофитные бактерии более энергично реагировали на летнее поступление отмирающего фитопланктона. Особенно велика их численность была на участках с массовым развитием водорослей – в устьевых заливах и на мелководье. Наименьшее количество сапрофитов отмечалось в промытых песках русла (см. таблицу).

Численность бактерий и деструкция органического вещества  
в донных отложениях водохранилища

| Расположение станций         | Характер донных отложений | Май                  |                   |                                                       | Июнь                 |                   |                                                       | Октябрь              |                   |                                                       |
|------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|
|                              |                           | численность бактерий |                   | деструкция, мг O <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> в сутки | численность бактерий |                   | деструкция, мг O <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> в сутки | численность бактерий |                   | деструкция, мг O <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> в сутки |
|                              |                           | общая, млрд в 1 г    | сапрофиты, тыс./г |                                                       | общая, млрд в 1 г    | сапрофиты, тыс./г |                                                       | общая, млрд в 1 г    | сапрофиты, тыс./г |                                                       |
| Русло у с. Мор-кваша         | Песок                     | 0.10                 | 30                | 30                                                    | 0.12                 | 10                | 80                                                    | 0.10                 | 5                 | 20                                                    |
| Устье у р. Сок               | Песчанистый ил            | 0.62                 | 1520              | 280                                                   | 0.56                 | 1500              | 460                                                   | 0.48                 | 900               | 120                                                   |
| Русло у г. Куйбышева         | Песок                     | 0.20                 | 70                | 40                                                    | 0.20                 | 300               | 50                                                    | 0.18                 | 120               | 40                                                    |
| Устье р. Самары              | Песчанистый ил            | 6.22                 | 7000              | 320                                                   | 2.18                 | 12000             | 490                                                   | 4.20                 | 5200              | 240                                                   |
| Устье р. Чапаевки            | То же                     | 3.14                 | 4300              | 200                                                   | 6.78                 | 7200              | 470                                                   | 7.24                 | 9000              | 210                                                   |
| Русло у с. Малая Рязань      | Песок                     | 0.12                 | 100               | 70                                                    | 0.17                 | 420               | 120                                                   | 0.10                 | 70                | 60                                                    |
| Мелководье у с. Малая Рязань | Закисленная почва         | 1.82                 | 6000              | 380                                                   | 3.32                 | 28000             | 910                                                   | 0.87                 | 3000              | 290                                                   |

|                                      |                       |      |      |     |      |       |      |      |      |     |
|--------------------------------------|-----------------------|------|------|-----|------|-------|------|------|------|-----|
| Русло у с. Мона-<br>стырское         | Заиленный<br>песок    | 0.47 | 1200 | 240 | 2.07 | 3000  | 390  | 0.32 | 720  | 180 |
| Мелководье у<br>с. Монастыр-<br>ское | Заиленная<br>почва    | 1.03 | 3000 | 310 | 5.70 | 16000 | 1060 | -    | -    | -   |
| Русло у с. Ме-<br>ровки              | Заиленный<br>песок    | 0.65 | 300  | 80  | 1.68 | 1600  | 180  | 0.48 | 200  | 60  |
| Устье р. М. Ир-<br>гиз               | Серый ил              | 3.25 | 2000 | 340 | 4.70 | 17200 | 620  | 1.83 | 6200 | 240 |
| Мелководье у<br>г. Балаково          | Суглинок<br>заиленный | 0.72 | 240  | 110 | 4.08 | 1400  | 270  | 0.18 | 130  | 200 |
| Русло у г. Балако-<br>во             | Суглинок              | 0.38 | 100  | 60  | 1.23 | 280   | 50   | 0.44 | 10   | 30  |
| Среднее по во-<br>дохранилищу:       |                       | 1.44 | 2000 | 180 | 2.53 | 5660  | 420  | 1.37 | 2130 | 140 |



Сезонная динамика численности бактерий и процессов деструкции органического вещества в донных отложениях водохранилища.

*a* – в среднем по водохранилищу, *б* – в среднем по отдельным участкам. 1 – суточная деструкция, 2 – общая численность бактерий, 3 – сапрофиты, 4 – первичная продукция. Сплошная линия – русло, пунктирная – мелководья и заливы. По оси ординат: слева – деструкция органического вещества и первичная продукция, г С/м<sup>2</sup>, справа – общая численность бактерий, млрд кл., численность сапрофитных бактерий, млн кл. в 1 г сырого ила; по оси абсцисс – месяцы.

Органическое вещество, оседая в водной толще, разрушается в донных отложениях в основном микрофлорой. Наиболее интенсивно аэробная деструкция протекала в заиленных почвах и илах, где количество поглощенного кислорода за сутки достигало 1 г/м<sup>2</sup>. В песках русловой части водохранилища она, как правило, не превышала 50–100 мг О<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> (см. таблицу). Надо отметить, что химическое потребление кислорода может составлять в богатых органическим веществом отложениях до 35% от общего [2].

Динамика процессов деструкции органического вещества отложений соответствовала сезонным изменениям численности донной микрофлоры, в особенности сапрофитной. В свою очередь, развитие бактерий находилось в зависимости от продукции фитопланктона (см. рисунок, *a, б*). Весной и осенью первичная продукция составляла в среднем лишь 0.3 и 0.15 г С/м<sup>2</sup> в сутки соответственно, а в июле достигала 0.52 г С [1]. Это обеспечило поступление летом в донные отложения на участках с массовым цветением легкодоступного органического вещества и активизацию микробиологических процессов. За весь вегетационный период, принятый равным 180 дням, в донных отложениях было разрушено 31.2 тыс. т С различных органических соединений.

Таким образом, численность и активность донной микрофлоры в Саратовском водохранилище зависят от величины первичной продукции. Процессы аэробной деструкции органического вещества в донных отложениях водохранилища оказались низкими и составляли  $16 \text{ г С/м}^2$  за весь вегетационный период, или 28% от первичной продукции.

### Л и т е р а т у р а

1. Д з ю б а н А.Н. Первичная продукция, деструкция органического вещества и численность бактерий в воде Саратовского водохранилища. – Гидробиол. ж., 1977, т. 13, вып. 1, с. 81–84.
2. Д з ю б а н А.Н. Деструкция органического вещества в донных отложениях водохранилищ Волги и Камы. – Информ, бюл. „Биол. внутр. вод“, 1977, № 36, с. 11–14.
3. Р о м а н е н к о В.И., Р о м а н е н к о В.А. Деструкция органического вещества в иловых отложениях Рыбинского водохранилища. – В кн.: Физиология водных организмов и их роль в круговороте органического вещества. Л., 1969, с. 24–31.
4. Я р у ш е к Н.Е. Микрофлора и ее биохимическая деятельность в донных отложениях Саратовского водохранилища. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1973, № 20, с. 9–11.
5. Я р у ш е к Н.Е. Численность бактерий и деструкция органического вещества в донных отложениях Саратовского водохранилища. – Гидробиол. ж., 1973, т. 9, вып. 1, с. 83–85.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

Г.Я. К а л м ы к о в а

### БИОХИМИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ НОРМАЛЬНОГО ПРОПИЛОВОГО СПИРТА МИКРОФЛОРОЙ АКТИВНОГО ИЛА

Нормальный пропиловый спирт ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ) широко применяется в промышленности в качестве растворителя. Имеются сообщения о биодеструкции н-пропанола активным илом и отдельными культурами [2–5].

Наши исследования посвящены изучению микробиологических и биохимических свойств биоценоза активного ила и отдельных выделенных культур, окисляющих н-пропанол, содержащийся в сточной воде, а также возможности использования ими в качестве единственного источника углерода органических соединений различных классов.



Т а б л и ц а 1

Состав микрофлоры активного ила по физиологическим группам (число бактерий в 1 г сухого веса ила) при полной биологической очистке стока, содержащего 340 мг/л н-пропанола

| Микроорганизмы              | Нагрузка на ил/г БПК <sup>X</sup> , г ила / сутки |                     |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|
|                             | 0.30                                              | 0.53                |
| Окисляющие н-пропанол ..... | $3.07 \cdot 10^{12}$                              | $3.4 \cdot 10^{16}$ |
| Сапрофиты - аэробы .....    | $3.3 \cdot 10^{10}$                               | $4.4 \cdot 10^{10}$ |
| Нитрификаторы 1-й фазы .... | $3.07 \cdot 10^4$                                 | $3.4 \cdot 10^4$    |
| Нитрификаторы 2-й фазы..... | $3.07 \cdot 10^4$                                 | $3.4 \cdot 10^3$    |
| Актиномицеты .....          | В незначительном количестве                       |                     |

Исследования проводились по методикам, изложенным в опубликованной статье [1].

Активный ил при работе аэротенка-смесителя на полную биохимическую очистку состоит из плотных, хорошо оформленных зоогелей гетерогенного сообщества-бактерий, в основном палочковидной формы, микобактерий, сарцин и актиномицетов (табл. 1).

Выделенные из активного ила доминирующие культуры относились к различным систематическим группам: род *Mycobacterium* составлял 69%, *Pseudomonas* - 15%, *Sarcina* и *Actinomyces* - по 8%. Видовой состав микроорганизмов следующий: *Pseudomonas xanthe* var., *Mycobacterium flavum* var., *Pseudomonas desmolyticum* var., *Mycobacterium lacticum*, *Mycobacterium lacticum* var. 1 и var. 2, *Mycobacterium fuscum* var., *Mycobacterium phlei* var., *Sarcina nivea*, *Mycobacterium album* var. 1 и var. 2, *Actinomyces* sp., *Mycobacterium globiforme* var.

По культуральным и биохимическим показателям (процент от общего числа выделенных культур) грамотрицательные культуры составляли 16%, неспороносные - 100, разжижающие желатину - 8, разлагающие крахмал - 18, окисляющие фенол - 68, усваивающие минеральный азот - 92, денитрифицирующие - 67, образующие пигмент желтый - 16, розовокрасный - 34.

Опытами, проведенными с чистыми культурами, было установлено, что, за исключением *Mycobacterium fuscum* var., все выделенные микроорганизмы рода *Mycobacterium* способны использовать в конструктивном обмене в качестве источника углерода

н-пропанол, пропионовый альдегид, пропионовую кислоту (табл. 2). Из бактерий рода *Pseudomonas* на н-пропанол и продуктах его окисления у *Pseudomonas xanthe* var. наблюдался слабый рост, а *Pseudomonas desmolyticum* var. не использовал эти соединения. *Sarcina nivea* также не росла ни на одном из испытуемых соединений. По-видимому, эти культуры так же, как *Mycobacterium fuscum* var., сопутствующие. Для *Actinomyces* sp. нормальный пропиловый спирт и его промежуточные продукты могут служить единственным источником углерода в среде.

Изучение влияния различных концентраций н-пропанола на микрофлору активного ила показало, что концентрация 10 г/л не токсична; при концентрации 25 г/л наблюдалось очень слабое развитие бактерий, при 50 г/л и выше рост бактерий в течение 2 недель не наблюдался.

Т а б л и ц а 2

Рост доминирующих культур на н-пропанол, пропионовом альдегиде и пропионовой кислоте

| Культура                                     | Соединения, 100 мг/л |                      |                     |
|----------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|                                              | н-пропанол           | пропионовый альдегид | пропионовая кислота |
| <i>Pseudomonas xanthe</i> var.               | +                    | +                    | +                   |
| <i>Mycobacterium flavum</i> var.             | +                    | +                    | +                   |
| <i>Pseudomonas desmolyticum</i> var.....     | -                    | -                    | -                   |
| <i>Mycobacterium lacticolum</i>              | +                    | +                    | +                   |
| <i>Mycobacterium lacticolum</i> var. 1 ..... | +                    | +                    | +                   |
| <i>M. lacticolum</i> var. 2 .....            | +                    | +                    | +                   |
| <i>Sarcina nivea</i> .....                   | -                    | -                    | -                   |
| <i>Mycobacterium globiforme</i> var.....     | +                    | +                    | +                   |
| <i>Mycobacterium fuscum</i> var.             | -                    | -                    | -                   |
| <i>Mycobacterium phlei</i> var.....          | +                    | +                    | +                   |
| <i>Mycobacterium album</i> var.1             | +                    | +                    | +                   |
| <i>Mycobacterium album</i> var.2             | +                    | +                    | +                   |
| <i>Actinomyces</i> sp. ....                  | +                    | +                    | +                   |

П р и м е ч а н и е. (+) - наличие роста, (-) - отсутствие роста, (±) - незначительный рост.

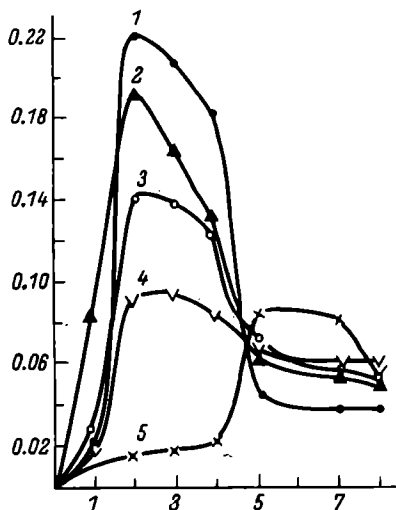


Рис. 1. Развитие микрофлоры ила, адаптированного к н-пропанолу, на минеральной среде с  $C_3$ -соединениями в качестве источников углерода, 100 мг/л.

1 - н-пропанол, 2 - пропионовая кислота, 3 - пропиленгликоль, 4 - пропионовый альдегид, 5 - изопропанол. По оси ординат - оптическая плотность; по оси абсцисс - время опыта, сутки.

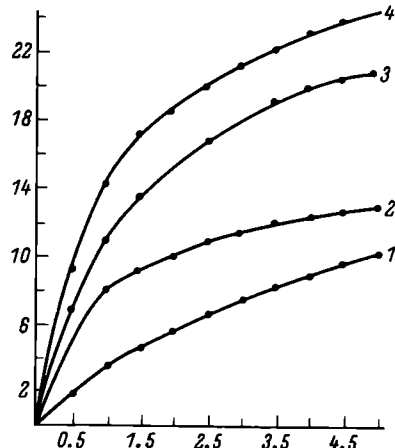


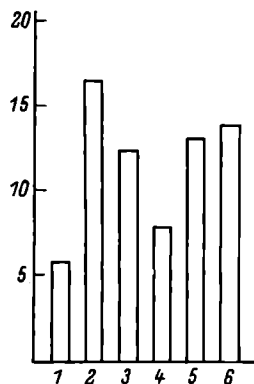
Рис. 2. Потребление кислорода активным илом, адаптированным к н-пропанолу, в присутствии н-пропанола, пропинового альдегида и пропионовой кислоты, 100 мг/л.

1 - эндогенное дыхание, 2 - пропионовая кислота, 3 - пропионовый альдегид, 4 - н-пропанол. По оси ординат - потребление кислорода, мкл/мг сухого веса ила; по оси абсцисс - время опыта, часы.

Микробиоценоз активного ила использует в качестве источника углерода не только н-пропанол и продукты его окисления, но и некоторые другие трехуглеродные соединения - пропиленгликоль и изопропанол (рис. 1). Максимум роста на н-пропанол, пропионовом альдегиде, пропионовой кислоте и пропиленгликоле отмечается на 2-е сутки, затем количество микроорганизмов снижается. Наиболее интенсивное накопление биомассы происходит на н-пропанол и пропионовой кислоте. Наименьшее развитие наблюдается на альдегиде и изопропанол. При росте на изопропанол лаг/фаза более длительна, чем на других соединениях. Сравнительное изучение роста на трехуглеродных соединениях показало, что в период максимального развития микрофлоры происходит подкисление среды, затем по мере использования вещества количество микроорганизмов снижается и среда подщелачивается.

Рис. 3. Влияние  $C_3$ -соединений на дегидрогеназную активность ила, адаптированного к н-пропанолу.

По оси ординат - активность дегидрогеназ, мкг формазана на 1 мг сухого веса ила; по оси абсцисс: 1 - контроль, 2 - н-пропанол, 3 - пропионовый альдегид, 4 - пропионовая кислота, 5 - изопропанол, 6 - пропиленгликоль.



Для нитрификаторов 1-й фазы присутствие н-пропанола в концентрации до 0.5 г/л включительно не тормозит процесс. Повышение концентрации оказывает ингибирующее действие. Развитие нитрификаторов 2-й фазы подавляется при концентрации спирта свыше 0.4 г/л.

Биохимическая активность ила, адаптированного к н-пропанолу, изучалась на приборе Варбурга. При использовании в качестве субстратов н-пропанола, пропионowego альдегида и пропионовой кислоты было отмечено, что интенсивность дыхания на спирте выше, чем на более окисленных соединениях (рис. 2). Установлено также, что ил обладает системой следующих ферментов: пропанолдегидрогеназой, альдегиддегидрогеназой и дегидрогеназой пропионовой кислотами (рис. 3). Пропанолдегидрогеназа в 1.3 раза активнее альдегиддегидрогеназы и в 2.1 раза превышает активность дегидрогеназы пропионовой кислоты. В активном иле, адаптированном к н-пропиловому спирту, присутствуют также конституционные дегидрогеназы, окисляющие и некоторые другие трехуглеродные соединения - пропиленгликоль, изопропанол.

### Л и т е р а т у р а

1. Роговская Ц.И., Лазарева М.Ф., Калмыкова Г.Я., Троян О.С. Биохимическая деструкция органических веществ в зависимости от их химической структуры. - Бюл. по водн. хоз-ву, СЭВ, 1975, № 15, с. 75-81.
2. Auriol J., Dulong de Rosnay C., de Pasquer P., Séchet J. Utilisation d'alcools en  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  par différents Pseudomonadaceae. - C.r. Acad. sci., 1972, D, 275, N 22, p. 2567-2572.
3. Gerhold R.M. Structural determinants in the oxidation of aliphatic compounds by activated

- sludge. - J. Water Pollution Control Federation, 1966, vol. 38, N 4, p. 562-579.
4. H a t f i e l d R. Biological oxidation of some organic compounds. - Industr. and Eng. Chem., 1957, vol. 49, N 2, p. 192-200.
5. M i k a m i E., H a s h i n a g a T., M i s o - n o F. A preliminary report on microbial information for the control of activated sludge process. - Rept. Ferment. Res. Inst., 1973, N 44, p. 51-78.

## ВНИИ ВОДГЕО

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

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САПРОБНОСТИ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ФИТОПЛАНКТОНУ

Один из наиболее универсальных методов оценки качества воды по биологическим показателям – метод анализа структуры сапробных группировок гидробионтов. Детальная характеристика сапробности различных биотитов водоема позволяет установить уровень антропогенного воздействия на экосистему водоема.

Специальная оценка современного состояния сапробности вод Горьковского водохранилища никем не проводилась. В литературе, посвященной характеристике растительного планктона Волги как до, так и после образования водохранилища, вопрос о сапробности не освещен, и только в двух источниках [2, 4] приведены списки видов с указанием их обилия, по которым можно, хотя и ориентировочно, оценить уровень сапробности водоема в прошлом. Судя по работам, посвященным планктону Волги до зарегулирования (30-е годы) [1, 2], этот участок можно было охарактеризовать как олиго-β-мезосапробный. В первые годы после образования водохранилища сапробность его вод в сравнении с 1935-1937 гг. стала более высокой, особенно летом, но в целом не превышала нижней границы β-мезосапробной зоны (табл. 1).

Наши исследования (21 съемка) проведены в 1969-1975 гг. Индексы сапробности рассчитывались по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека [6].

В составе индикаторных видов фитопланктона за весь период наблюдений было обнаружено 111 таксонов водорослей – показателей той или иной степени сапробности воды. Из общего количества видов (табл. 2) 57.7% составляют показатели β-мезосапробной зоны и около 21% – индикаторы переходной зоны между β-мезо- и олигосапробной. Индикаторы как высокой, так и низкой степени сапробности представлены значительно меньшим числом таксонов. Виды – показатели сапробности составляли основную часть числен-

Т а б л и ц а 1

Средние индексы сапробности Волги до и в первые годы после зарегулирования стока

| Участок                              | 1935-1937 гг.<br>по: Есырева [2] | 1956-1957 гг.<br>по: Примаиченко [4] |      |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------|
|                                      | лето                             | весна                                | лето |
| Ярославль – устье<br>р. Елнать ..... | 1.68                             | 1.74                                 | 1.81 |
| Устье р. Елнать –<br>Городец .....   | 1.72                             | 1.77                                 | 1.90 |

Т а б л и ц а 2

Распределение индикаторных видов  
по зонам сапробности

|                             | $\chi$ | $\frac{\chi-\alpha}{\alpha-\chi}$ | $\alpha$ | $\frac{\alpha-\beta}{\beta-\alpha}$ | $\beta$ | $\frac{\beta-\alpha}{\alpha-\beta}$ | $\alpha$ | $\frac{\alpha-\rho}{\rho-\alpha}$ | Всего |
|-----------------------------|--------|-----------------------------------|----------|-------------------------------------|---------|-------------------------------------|----------|-----------------------------------|-------|
| Число видов                 | 0      | 1                                 | 8        | 23                                  | 64      | 8                                   | 6        | 1                                 | 111   |
| То же, % от<br>общего числа | 0      | 0.9                               | 7.2      | 20.7                                | 57.7    | 7.2                                 | 5.4      | 0.9                               | 100   |

ности и биомассы растительного планктона. Так, по данным 1972 г., они достигали в среднем по водоему 94 % численности и 95 % общей биомассы фитопланктона.

Структура фитоценозов планктона и распределение индексов сапробности водохранилища в период наблюдений сильно варьировали в сезонном аспекте, отражая ход процессов самоочищения, протекающих в водоеме. Наиболее высокие индексы сапробности отмечены весной, когда ложе водохранилища заполнено водами половодья (табл. 3).

Низкие температуры воды в период ранней биологической весны ( $6-8^{\circ}$ ), смыв с площади водосбора органических соединений, низкая активность бактериальных популяций сказывались на интенсивности процессов самоочищения и приводили к развитию видов водорослей с высокими индикаторными значениями. Для этого же периода характерна повышенная окисляемость воды (бихроматная окисляемость в среднем за 1960-1972 гг. составляла 35-40 мг  $O_2$ /л, перманганатная – 11-13 мг  $O_2$ /л) [5]. В планктоне вегетировали диатомовы

Т а б л и ц а 3

Сезонная динамика изменения индексов сапробности  
(по численности индикаторных видов)

|                                      | У    | УІ   | УІІ  | УІІІ | ІХ   | Х    | ХІ   |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Речной участок .....                 | 2.15 | 1.91 | 1.79 | 1.67 | 1.79 | 1.80 | 1.73 |
| Озерный участок .....                | 1.93 | 1.77 | 1.77 | 1.78 | 1.82 | 1.82 | 1.81 |
| Среднее для водохрани-<br>лища ..... | 2.09 | 1.87 | 1.79 | 1.70 | 1.80 | 1.80 | 1.75 |

водоросли с доминированием  $\alpha$ -мезосапробного *Stephanodiscus hantzschii* var. *pusillus* и  $\beta$ -мезосапробной *Melosira islandica*. Структура сапробных фитоценозов характеризовалась преобладанием по численности показателей повышенных зон сапробности, а по биомассе – индикаторов средних значений  $\beta$ -мезосапробной зоны. Осредненные индексы сапробности речного участка водохранилища значительно превышали таковые озерного (табл. 3), что, по-видимому, говорит о большем поступлении органических соединений в речной участок. Тенденция к снижению сапробности по направлению к плотине выражена довольно отчетливо и отражает ход процессов самоочищения. Параллельно уменьшению величины окисляемости воды, концентрации минерального фосфора, и особенно аммонийного азота, от речного участка к плотине [3, 5] происходило и снижение степени сапробности акватории.

В июне в результате интенсивности идущих процессов самоочищения сапробность водоема в целом заметно снижалась, оставаясь, однако, более высокой в речном участке (табл. 3). В это время в планктоне развивались менее сапробные, чем в мае, сообщества водорослей, ведущее положение и по численности и по биомассе переходило к показателям средних значений для  $\beta$ -мезосапробной зоны (4–70% численности, 30–84% биомассы) и к индикаторам низкосапробных вод (5–93% численности и 8–60% биомассы индикаторных организмов).

Летом повышение температуры воды (21–24°) и интенсивности деструкции способствовало дальнейшему снижению степени сапробности водохранилища, особенно в речном участке. Если в июле индексы сапробности речной и озерной части водохранилища почти выравнивались, то в августе в речном участке они оказались даже меньше, чем в озерном. В начале лета в зависимости от температуры воды доминировали или диатомовые или синезеленые водоросли. Соотношение показательных видов с различной сапробностью изменялось в сторону полного преобладания видов, характеризующих нижнюю границу  $\beta$ -мезосапробной зоны. Показатели средних значе-

ний  $\beta$ -мезосапробной зоны, а также показатели повышенных зон сапробности снижали свою численность и биомассу. Сапробность водоема в июле находилась на границе  $\beta$ -мезо- и  $\beta$ -олигомезосапробности, а в августе большинство станций относилось к  $\beta$ -олигомезосапробной зоне (табл. 3).

В конце летнего – начале осеннего сезона (сентябрь) намечалась отчетливая тенденция к увеличению сапробности водохранилища (табл. 3). На смену заканчивающих вегетацию *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae* приходил *Coelosphaerium dubium* – индикатор более высокой сапробности, чем представители летнего планктона. Доля показателей повышенной сапробности по сравнению с августом возрастала с 5 до 15% по численности и с 9 до 17% по биомассе индикаторных видов.

Осенью (октябрь) средние индексы сапробности почти не изменились, соотношение показательных видов также не на много отличалось от сентябрьского. Преобладающая роль, как и в сентябре, принадлежала синезеленым водорослям, хотя количественное их развитие сильно уменьшалось. Позднее (ноябрь) соотношение индикаторных видов свидетельствовало о возрастании роли  $\beta$ -мезосапробионтов как по численности, так и особенно по биомассе видов. По численности доминировали *Coelosphaerium dubium* и *Aphanizomenon flos-aquae*, по биомассе – *Stephanodiscus binderanus* и *Fragilaria capucina*.

Рассматривая изменения показателей сапробности за вегетационный сезон можно отметить тенденцию к уменьшению их значений от весны к лету вследствие проходящих процессов самоочищения и небольшое увеличение сапробности от лета к осени за счет вторичного загрязнения (разложение отмершего летнего планктона) и стока органических веществ с площади водосбора во время осеннего паводка.

Сапробность речного участка водохранилища в мае и июне заметно выше, чем озерного, вследствие более высокого удельного обилия сточных вод в общем объеме водной массы участка. В речной части водохранилища отмечены и более высокие, чем в озерной, величины окисляемости воды и содержания минеральных форм фосфора и азота [3, 5]. К июлю интенсивные процессы самоочищения реки приводили к выравниванию изучаемых показателей. С августа же по ноябрь (лето-осень) сапробность озерного участка оказывалась выше, чем речного, что говорит о большей активности процессов самоочищения в речном участке. Повышенная сапробность озерного участка обусловлена поступлением органических веществ из отмершего летнего планктона, интенсивность развития которого здесь значительно выше, чем в речном.

Колебания индексов сапробности в разные месяцы и годы исследований и на разных станциях водохранилища составляли от 2.46 до 1.50 по численности и от 2.42 до 1.45 по биомассе индикаторных видов и соответствовали изменениям от  $\beta$ -олигомезосапробной до  $\beta$ - $\alpha$ -мезосапробной зоны. Средние же индексы харак-



теризуют водохранилище как  $\beta$  - мезосапробный водоем. Исходя из этого, качество воды Горьковского водохранилища в целом можно считать удовлетворительным. Однако увеличение показателей сапробности Волги на участке от Ярославля до Городца в настоящее время в сравнении с тридцатыми годами свидетельствует об усилении влияния антропогенных факторов, связанных с ростом численности населения, созданием новых промышленных комплексов и интенсификацией сельского хозяйства.

### Л и т е р а т у р а

1. Б е л и х о в Д.В. О потамопланктоне р. Волги. - Учен. зап. Казанск. ун-та, 1936, т. 7, с. 3-140.
2. Е с ы р е в а В.И. Флора водорослей от Рыбинска до г. Горького. - Тр. Бот. сада, М., 1945, вып. 82, с. 10-90.
3. К о ж е в н и к о в Г.П., Л е с н и к о в а Т.В. Горьковское водохранилище. - В кн.: Водохранилища Волжско-Камского каскада и их рыбохозяйственное значение. Л., 1975, с. 87-104.
4. П р и й м а й ч е н к о А.Д. Фитопланктон Волги от Ярославля до Волгограда в первые годы после сооружения Горьковской и Куйбышевской плотин. - В кн.: Растительность волжских водохранилищ. М.-Л., 1966, с. 3-35.
5. Ш м е л е в а Е.А. Прозрачность, цветность и окисляемость воды Горьковского водохранилища и его притоков. Сб. работ Горьковской, Волжской и Рыбинской гидрометеорол. обсерваторий. - Вопр. гидр., Л., 1975, вып. 12, с. 18-31.
6. S l á d e č e k V. System of water quality from the biological point of view. - Arch. Hydrobiol., Beih. Ergebn. Limnol., 1973, h. 7, p. 1-218.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

В.И. М и т р о п о л ь с к и й

### СОСТОЯНИЕ БЕНТОСА ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 1975 Г.

Горьковское водохранилище - водоем относительно бедный бентосом, однако в нем иногда наблюдаются временные повышения биомассы. Впервые такое повышение биомассы бентоса наблюдалось в 1966 г., на 11-м году существования водоема. После 1967 г. биомасса опять понизилась и в последующие годы не достигала уровня 1966-1967 гг. [2].

Т а б л и ц а 1

Средняя биомасса и состав бентоса в октябре 1973 и 1975 гг.

| Группа животных       | Год  | Озерная часть              |         |                            |         |                            |         | Речная часть               |         |
|-----------------------|------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|
|                       |      | бывшее русло               |         | бывшие пойменные водоемы   |         | бывшая суша                |         | биомасса, г/м <sup>2</sup> | доля, % |
|                       |      | биомасса, г/м <sup>2</sup> | доля, % | биомасса, г/м <sup>2</sup> | доля, % | биомасса, г/м <sup>2</sup> | доля, % |                            |         |
| Хирономиды            | 1973 | 4.84                       | 71.6    | 2.02                       | 68.4    | 0.77                       | 45.0    | 0.03                       | 0.7     |
|                       | 1975 | 13.06                      | 81.5    | 5.49                       | 81.7    | 4.28                       | 84.4    | 0.02                       | 0.45    |
| Олигохеты             | 1973 | 1.33                       | 19.5    | 0.85                       | 28.5    | 0.41                       | 23.7    | 2.46                       | 69.0    |
|                       | 1975 | 2.33                       | 14.5    | 1.11                       | 16.5    | 0.68                       | 13.4    | 3.63                       | 71.4    |
| Сфебриды ...          | 1973 | 0.59                       | 8.7     | 0.08                       | 2.7     | 0.23                       | 13.6    | 0.67                       | 18.9    |
|                       | 1975 | 0.61                       | 3.7     | 0.05                       | 0.8     | 0.10                       | 2.0     | 1.41                       | 27.7    |
| Прочие .....          | 1973 | 0.01                       | 0.2     | 0.01                       | 0.4     | 0.31                       | 17.7    | 0.41                       | 11.4    |
|                       | 1975 | 0.02                       | 0.3     | 0.07                       | 1.0     | 0.01                       | 0.2     | 0.02                       | 0.45    |
| Общая био-масса ..... | 1973 | 6.77                       | 100     | 2.96                       | 100     | 1.72                       | 100     | 3.57                       | 100     |
|                       | 1975 | 16.02                      | 100     | 6.72                       | 100     | 5.07                       | 100     | 5.08                       | 100     |

Данные 1971-1973 гг. [1] свидетельствуют о бедности водоема бентосом (табл. 1). В среднем по озерной части биомасса в 1971 г. равнялась  $3.5 \text{ г/м}^2$ , в 1973 г. -  $3.13 \text{ г/м}^2$ . Новое увеличение биомассы во всех основных биотопах озерной части водохранилища произошло в 1975 г. - в среднем  $9.43 \text{ г/м}^2$ , т.е. в 3 раза превысила биомассу, наблюдавшуюся в 1973 г. На бывшем русле осенью 1975 г. биомасса колебалась от 2.4 до  $40.5 \text{ г/м}^2$  (в среднем  $16.02 \text{ г/м}^2$ ), в бывших пойменных водоемах составляла около  $6.7 \text{ г/м}^2$ , а на затопленной суше -  $5.07 \text{ г/м}^2$ . На бывшем русле повышение биомассы было выражено сильнее, чем во время предыдущего пика в 1967 г. (16 против  $10 \text{ г/м}^2$ ), а на затопленной суше биомасса оказалась несколько ниже наблюдавшейся в 1966 г. (5 против  $7 \text{ г/м}^2$ ). В речной части повышения биомассы не наблюдалось.

Следует отметить, что увеличение биомассы бентоса наиболее выражено в нижней приплотинной части водоема, а в направлении к верхней части биомасса убывает (табл. 2).

Как и раньше, в бентосе озерной части преобладают личинки хирономид, в речной - олигохеты. Роль хирономид в бентосе повысилась, они стали составлять более 80% всей биомассы (табл. 1). Среди личинок хирономид основную биомассу дает *Chironomus plumosus* L., за ним следуют *Procladius* Sk. и *Cryptochironomus* gr. *defectus* Kieff. Из олигохет в озерной части наиболее распространен *Potamothenis hammoniensis* (Mich.), а в бывшем русле также и *Isochaetides newaensis* Mich.

В речной части среди олигохет, дающих около 70% всей биомассы, доминирует *Isochaetides newaensis* Mich., затем

Т а б л и ц а 2

Средняя биомасса бентоса на створах озерной части водохранилища в октябре 1975 г.,  $\text{г/м}^2$

| Биотопы                        | Чкаловский | Пучежский | Юрьевецкий |
|--------------------------------|------------|-----------|------------|
| Бывшее русло Волги             | 31.21      | 8.69      | 4.23       |
| Бывшие пойменные водоемы ..... | 6.84       | 14.88     | 2.51       |
| Затопленная суша .....         | 8.09       | 3.19      | 0.54       |
| Общая средняя биомасса         | 15.52      | 6.71      | 2.81       |

*Limnodrilus hoffmeisteri* Clap и *Potamothenis hammoniensis* (Mich.). Из хирономид здесь обычен *Procladius* Sk.

Повышение биомассы вызвано в основном увеличением количества хирономид (табл. 1).

Численность олигохет возросла незначительно, а остальные группы животных остались примерно на уровне 1973 г. и предшествующих ему лет.

Как отмечает Ф.Д. Мордухай-Болтовской [2], резкое повышение биомассы в 1966-1967 гг. обусловлено скоплениями крупного мотыля *Chironomus plumosus* L., когда он на отдельных станциях составлял до 88% всей биомассы бентоса. Таким образом, оба случая резкого возрастания биомассы бентоса в 1966-1967 г. объясняются увеличением количества хирономид, главным образом *Chironomus plumosus* L.

Следует полагать, что повышение биомассы бентоса в 1975г. также окажется временным. Причины этого явления оказались неясными. Есть предположение, что резкому повышению численности мотыля способствовали благоприятные метеорологические условия в период лёта имаго. Такое значительное увеличение численности мотыля бывает редко. За 20 лет оно наблюдалось дважды - на 11-м и 20-м годах существования водоема.

## Л и т е р а т у р а

1. М и т р о п о л ь с к и й В.И. Состояние бентоса Горьковского водохранилища в 1971-1973 гг. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1978, № 38, с. 38-43.
2. М о р д у х а й - Б о л т о в с к о й Ф.Д. Состояние бентоса озерной части Горьковского водохранилища в 1963-1969 гг. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1972, № 16, с. 16-19.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

И.А. С к а л ь с к а я

РАЗВИТИЕ НАИДИД (NAIDIDAE, OLIGOSCHAETA)  
В ЗООЦЕНОЗАХ ОБРАСТАНИЙ  
ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В составе обрастаний древесных субстратов на Горьковском водохранилище в районе Костромской ГРЭС было обнаружено 12 видов олигохет из семейства наидид (Naididae): *Arcteonais*

lomondi (Martin), *Aulophorus furcatus* (Müll.), *Chaetogaster diaphanus* (Gruit), *Ophidonais serpentina* (Müll.), *Nais barbata* Müll., *N. variabilis* Piguet, *N. pseudobtusa* Piguet, *Paranais friči*, Hrabě, *Ripistes parasita* (Schmidt), *Stylaria lacustris* (L.), *Uncinais uncinata* (Oersted), *Vejdovskyella intermedia* (Bretscher). Среди них численно преобладали *Nais barbata*, *N. variabilis*, *Stylaria lacustris*. За исключением *S. lacustris*, достигающей 7–8 мм, размеры червей невелики и составляли чаще всего 2–3 мм. Из-за мелких индивидуальных размеров особей, несмотря на высокую численность, их биомасса оказывалась незначительной. Тем не менее наидиды – важный компонент биоценозов обрастаний. Большинство видов олигохет, живущих в обрастаниях, питаются мелким детритом или живыми водорослями [5]. В свою очередь, наидидами питаются многие хищные беспозвоночные, в том числе гидры, клещи, хищные личинки хирономид [2–4, 9].

В зоне естественного температурного режима интенсивность заселения наидидами новых субстратов зависит от сезона наблюдений и наличия для них пищи.

Обычно в течение летнего периода наидиды размножаются бесполом способом (пара- или архитомией). После появления ряда летних бесполой генераций к осени их численность увеличивается, и они приступают к половому размножению. Отложенные коконы зимуют [6–8].

Количественное развитие наидид в обрастаниях зависит от длительности существования биоценоза. При кратковременной экспозиции субстратов (5–12 суток) в июне–октябре и слабом развитии фитообрастаний численность наидид не превышала 1600 экз./м<sup>2</sup>, биомасса составляла 0.06 г/м<sup>2</sup> (см. таблицу). С увеличением экспозиции субстратов происходит накопление детрита, что обеспечивает обилие пищи для наидид. При 3-недельной экспозиции субстратов в наибольшем количестве наидиды развивались в сентябре. Их численность при этом достигала 13600 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 0.95 г/м<sup>2</sup>. При 65-суточной экспозиции численность наидид оказалась равной 48500 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 1.7 г/м<sup>2</sup>. В обрастаниях деревянных субстратов на Днепровском водохранилище максимальное развитие наидид также отмечалось в осенний период [1].

Поздней осенью и зимой при низкой температуре прекращается бесполое размножение наидид, и они крайне слабо заселяют субстраты как в кратковременных, так и длительных опытах. В октябре при 3-недельной экспозиции численность червей составила лишь 670 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 0.02 г/м<sup>2</sup>. На субстратах, находившихся в воде всю зиму с 28 сентября 1973 г. по 21 мая 1974 г., количество наидид было невелико – 4400 экз./м<sup>2</sup>, биомасса равнялась 0.16 г/м<sup>2</sup>.

В зоне подогрева состав доминирующих видов наидид и сезонные изменения интенсивности заселения ими субстратов

Численность (экз./м<sup>2</sup>) и биомасса (г/м<sup>2</sup>)  
найдид при разных сроках экспонирования субстратов

| Время и длительность экспозиции, сутки | Неподогреваемая зона |          |             |          | Подогреваемая зона |          |             |          |
|----------------------------------------|----------------------|----------|-------------|----------|--------------------|----------|-------------|----------|
|                                        | ст. 1                |          | ст. 3       |          | ст. 4              |          | ст. 5       |          |
|                                        | численность          | биомасса | численность | биомасса | численность        | биомасса | численность | биомасса |

1973 г.

|                      |     |       |       |       |      |       |       |       |
|----------------------|-----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| (27 V - 1 VI), 5     | 100 | 0.004 | 110   | 0.002 | 250  | 0.010 | 200   | 0.008 |
| (27 V - 6 VI), 10    | 180 | 0.006 | 460   | 0.020 | 1100 | 0.040 | 700   | 0.020 |
| (27 V - 11 VI), 15   | 760 | 0.040 | 430   | 0.015 | 1560 | 0.070 | 2100  | 0.100 |
| (25 VII-1 VIII), 7   | -   | -     | 250   | 0.011 | 400  | 0.011 | 240   | 0.009 |
| (25 VII-6 VIII), 12  | -   | -     | 830   | 0.040 | 970  | 0.030 | 160   | 0.006 |
| (25 VII-20 VIII), 26 | -   | -     | 6700  | 0.520 | 2200 | 0.080 | 5700  | 0.270 |
| (25 VII-28 VIII), 34 | -   | -     | 12300 | 0.440 | 2700 | 0.094 | 4700  | 0.180 |
| (28 VIII-9 IX), 12   | -   | -     | 1600  | 0.060 | -    | -     | 330   | 0.012 |
| (28 VIII-17 IX), 20  | -   | -     | 13600 | 0.946 | -    | -     | 10200 | 0.360 |
| (28 IX-19 X), 21     | -   | -     | 670   | 0.020 | -    | -     | -     | -     |

1974 г.

|                      |      |       |      |       |       |       |       |       |
|----------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (30 V-14 VI), 15     | 90   | 0.005 | 360  | 0.008 | -     | -     | 4200  | 0.235 |
| (4-27 VII), 23       | 1720 | 0.074 | 960  | 0.043 | -     | -     | 1010  | 0.034 |
| (27 VII-17 VIII), 21 | -    | -     | 5920 | 0.221 | 1760  | 0.081 | -     | -     |
| (9 IX - 17 X), 22    | -    | -     | 1560 | 0.060 | 11300 | 0.452 | 13900 | 0.524 |

в общих чертах такие же, как и в зоне естественного температурного режима. При умеренном подогреве (до 25-26°) размножение червей происходило с большей интенсивностью, чем за пределами зоны подогрева. Кроме того, в подогреваемой зоне быстрое и обильное развитие водорослей на субстратах приводило к накоплению большого количества детрита, что также способствовало увеличению численности найдид.

В июне 1973 г. в зоне подогрева при температуре воды до 26.6° на ст. 4 и 5 при экспозиции субстратов 5, 10, 15 суток

количество наидид в 2-6 раз превышало их численность в зоне естественного температурного режима при температуре до  $19^{\circ}$  на ст. 1 и 3 (см. таблицу). Еще большее отличие в количественном развитии наидид наблюдалось в подогреваемой зоне в июне 1974 г. При 15-суточной экспозиции и температуре воды  $21.5^{\circ}$  количество наидид было в 17-47 раз большим, чем в неподогреваемой зоне при температуре воды  $17.4^{\circ}$ .

В июле-августе 1973 г. при кратковременной экспозиции 7-12 суток существенных отличий в развитии наидид в неподогреваемой и в подогреваемой зонах не отмечалось. В это время температура воды в зоне подогрева не превышала  $25.9^{\circ}$ . Однако при дальнейшем увеличении экспозиции субстратов до 26 и 34 суток в зоне подогрева наблюдалось снижение численности червей, в то время как в неподогреваемой зоне она непрерывно увеличивалась. Температура воды в зоне подогрева при этом достигала  $27.8^{\circ}$ . В 1974 г. в июле-августе температура воды в зоне подогрева приближалась к  $30^{\circ}$ . Численность наидид здесь тоже была ниже, чем в зоне естественного температурного режима. Особенно заметны эти отличия в августе. Несмотря на то, что к концу второй декады августа температура воды в подогреваемой зоне понизилась до  $24.5^{\circ}$ , численность червей здесь была в 3 раза меньше, чем в неподогреваемой зоне, очевидно, как следствие неблагоприятного воздействия высоких температур в более ранние сроки наблюдений. В период высоких температур, по-видимому, прекращается бесполое размножение. Кроме того, происходит отмирание части червей, что подтверждается обнаружением на субстратах полумертвых особей.

В первой половине сентября 1973 г. температура воды в подогреваемой зоне превышала естественную всего лишь на  $3.3^{\circ}$ . В неподогреваемой зоне на ст. 3 на пластины верхнего горизонта случайно попали нитчатые водоросли, среди нитей которых было много наидид. Поэтому их численность здесь оказалась выше, чем в подогреваемой зоне. В сентябре 1974 г. в зоне подогрева температура воды превышала естественную на  $5.8-6.3^{\circ}$ . При 3-недельной экспозиции субстратов и температуре воды  $18.9-19.4^{\circ}$  численность наидид в подогреваемой зоне достигала 11300-13900 экз./м<sup>2</sup>, т.е. была в 7-8 раз больше, чем в неподогреваемой зоне при температуре воды  $13^{\circ}$ .

Из вышеизложенного видно, что умеренный подогрев воды (не более  $25-26^{\circ}$ ) стимулирует размножение наидид в начале и конце вегетационного периода. В июле-августе при температуре воды выше  $26^{\circ}$  отмечается отрицательное действие подогрева на наидид. В этот период численность наидид в зоне подогрева оказывается ниже, чем в зоне естественного температурного режима. Таким образом, влияние подогрева на наидид подчиняется общим закономерностям, установленным для большинства беспозвоночных в зонах подогрева.

1. Дыга А.К., Лубянов И.П. Качественный состав и количественное развитие олигохет в составе биологических обрастающих гидросооружений на Днепровском водохранилище. – В кн.: Экспериментальная гидробиология. Днепропетровск, 1968, с. 8–11.
2. Канаев И.И. Гидра. Очерки по биологии пресноводных полипов. М.–Л., 1952, с. 3–370.
3. Кудринская О.И. О питании некоторых гидракарин. – Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 1950, т. 2, с. 137–149.
4. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthocladinae фауны СССР. Л., 1970. 344 с.
5. Поддубная Т.Л. О жизненных циклах водных олигохет. – Тез. докл. симпоз. по водным малощетинковым червям. Тарту, 1967, с. 25–27.
6. Семерной В.П. Зимовка олигохет в промерзающем грунте. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1971, № 9, с. 29–32.
7. Тимм Т.Э. О жизненных циклах водных олигохет в аквариумах. – В кн.: Биология пресноводных организмов Эстонии. Тарту, 1974, с. 97–118.
8. Шилова А.И. К вопросу о питании личинок *Cricotopus silvestris* в связи с характером строения ротового аппарата. – ДАН СССР, 1955, т. 100, № 6, с. 1191–1193.
9. Чекановская О.В. Водные малощетинковые черви фауны СССР. М.–Л., 1962. 411 с.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

Т.М. В л а д и м и р о в а

# К БИОЛОГИИ ROTARIA ROTATORIA (PALLAS) (ROTATORIA, BDELLOIDEA)

*Rotaria rotatoria* (Pallas, 1766) широко распространена в прибрежье Рыбинского водохранилища, особенно в зимний период. Численность ее в феврале–марте достигает 3.5 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Ротария эвритермна, хорошо адаптируется к большому диапазону температур. Взятая из водоема зимой она успешно культивируется в лаборатории при 18–20°.

При разведении коловраток изучались их рост, развитие, плодовитость и продолжительность жизни. Полутно велись наблюдения за поведением этих животных в эксперименте.



Отдельные экземпляры коловраток помещали на предметные стекла с каплевидной выемкой, которые погружали в чашки Петри, где создавалась влажная среда [1]. Вода менялась ежедневно, пищей служила водоросль *Chlorella vulgaris*.

Методика разведения ротарий усложняется их большой реактивностью на внешние раздражители. Механические воздействия – яркий свет, смена воды, добавка новых порций пищи – травмируют коловраток, они мгновенно сжимают свое червеобразное тело в комки подолгу остаются в таком состоянии. Требуется большая осторожность при наблюдении за ними. *Rotaria rotatoria* – живородящая коловратка. Длина новорожденной особи 450–500 мкм, ширина 50–60 мкм. Молодая самка интенсивно растет в первую неделю жизни, ежедневно прирастая на 30–50 мкм (см. таблицу). Через 6–8 дней ротария достигает 750–850 мкм при ширине 80–100 мкм. В последующие 2–3 недели жизни рост ее резко замедляется и постепенно стабилизируется.

Формирование партеногенетических яиц в яичнике у ротарии начинается уже на 2-й день жизни, т. е. через 26–28 ч после отрождения, а иногда и раньше (18–20 ч). Вышедшие из яичника яйца попадают в полость тела самки, где начинают развиваться. На 4–5-й день жизни самки в ее полости находятся 3–5 яиц на разных стадиях развития. Наряду с дифференцированными и недифференцированными яйцами внутри тела лежат вполне сформированные 1–2 эмбриона. Они находятся в постоянном движении, так как самка-мать очень реактивна и при контакте с окружающими комочками детрита или от сотрясения постоянно сжимает тело.

Развитие яиц схематически можно подразделять на 2 этапа: 1) выделение партеногенетических яиц из яичника в полость тела самки до формирования в них челюстного аппарата-мастакса, который четко виден через покровы тела самки-матери и оболочку яиц; 2) дальнейшее формирование эмбриона (развитие коловращательного аппарата, внутренних систем, ноги). Продолжительность первого этапа 4–5 дней, второго – 2–3 дня. Развившийся эмбрион активно двигается внутри материнского организма, по отношению к которому он расположен головой вниз. Отрождение происходит через клоакальное отверстие, из которого молодая коловратка выскальзывает наружу. Через 1–2 мин новорожденная самка уже ползает вокруг матери, осторожно ощупывает окружающее пространство, а затем начинает фильтровать водоросли. С этого момента начинается ее самостоятельное существование.

Таким образом, формирование эмбриона, начиная от выхода яйца из яичника в полость тела самки-матери до отрождения молодой коловратки, продолжается 6–8 дней. Отрождение последующих эмбрионов наступает или на следующий день, или через 1–2 дня после появления первого. В течение 2 недель жизни самка отрождает 5–6 молодых коловраток, затем продуцирование партеногенетических яиц резко снижается. В последующие 1–2 недели самка рожда-

Прирост самок *Rotaria rotatoria*,  
формирующих яиц и эмбрионов в первые  
2 недели жизни, мкм

| Дни<br>жизни       | Длина самки | Ширина<br>самки | Длина яиц<br>и эмбриона | Ширина яиц<br>и эмбриона |
|--------------------|-------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| Новорож-<br>денные | 450-500     | 50-60           | -                       | -                        |
| 1                  | 480-540     | 55-65           | 87-100                  | 37-40                    |
| 2                  | 530-590     | 60-70           | 150-175                 | 40-45                    |
| 3                  | 570-640     | 60-70           | 225-250                 | 45-45                    |
| 4                  | 600-670     | 70-80           | 300-350                 | 50-50                    |
| 5                  | 640-720     | 75-85           | 350-400                 | 50-55                    |
| 6                  | 690-770     | 80-90           | 400-450                 | 50-60                    |
| 7                  | 720-820     | 80-95           | 450-500                 | 50-60                    |
| 8                  | 770-870     | 90-100          | 450-500                 | 50-60                    |
| 9                  | 800-900     | 90-100          | Отрождение              | Отрождение               |
| 10                 | 800-900     | 90-100          | -                       | -                        |
| 11                 | 830-930     | 90-100          | -                       | -                        |
| 12                 | 830-930     | 90-100          | -                       | -                        |
| 13                 | 850-950     | 90-100          | -                       | -                        |
| 14                 | 850-950     | 90-100          | -                       | -                        |

ет только 1-3 молодых ротарий. Максимальное число потомства одной самки 6-9, минимальное - 4.

Обычно отрождение молодых коловраток у самок, живущих 1-2 недели, проходит нормально. Только у старых самок, достигших 22-30 дней, наблюдаются патологические роды с разрывом стенки тела матери и ее гибель. Иногда эмбрион не может выйти из полости тела матери и, если его не освободить, там погибает.

Средняя продолжительность жизни *Rotaria rotatoria* 30-35 дней, отдельные особи живут до 2 мес. Такие же сроки жизни отмечает Спеман [2] для *Rotifer vulgaris* Schr. Через 3 недели жизни у ротарий начинают проявляться признаки старения: коловратка теряет обычную активность, мало плавает, чаще ползает или остается неподвижной. Меняется острота реакции: при контакте с детритом или при сотрясении она не реагирует мгновенным

сжатием тела. С возрастом углубляются кутикулярные складки тела, вся кутикула становится мягкой, скомканной, теряет эластичность. У старых самок партеногенетические яйца либо не формируются, либо сформировавшись не развиваются. За 1-2 дня до смерти животное лежит неподвижно, и только в глотке можно видеть движение ресничек мерцательного эпителия.

Интересно отметить, что коловратки из лабораторной культуры отличаются от особей, взятых из водоема. Они меньших размеров и менее плодовиты. По-видимому, сказывается пространственный фактор, малые размеры „водоема“, однотипность питания и несвойственная им температура.

## Л и т е р а т у р а

1. В а с и л ь е в а Г.М., О к у н е в а Г.А. Опыты по разведению коловратки *Brachionus rubens* Ehrb. как корма для молоди рыб. - *Вопр. ихтиол.*, 1961, т. 1, вып. 4, с. 752-761.
2. S p e m a n n F.W. Über Lebensdauer, Altern und andere Fragen der Rotatorien Biologie. - *Z. wiss Zool.*, 1924, Bd 123, S. 25-131.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

П.В. Т у з о в с к и й

### НИМФА ВОДЯНОГО КЛЕЩА *WETTINA PODAGRICA* (Koch, 1837) (PIONIDAE, ACARIFORMES)

Водяной клещ *Wettina podagrica* широко распространен по всей Европе. Однако в СССР вид обнаружен нами [2] недавно. Взрослые клещи и нимфы были найдены в начале августа 1975 г. в ручье, впадающем в оз. Сомино Ярославской обл.

В настоящем сообщении приводится переописание нимфы этого вида. Сведения по морфологии нимфальной фазы имеются в работах многих исследователей [3-11]. Приводимые в литературе данные очень кратки, недостаточно или вовсе не иллюстрированы. Поэтому мы считаем полезным дать подробное описание.

Длина тела 330-480 мкм. В передней части туловища 6 пар щетинок: 4 пары глабеллярных и 2 пары височных (рис. 1, А). Передние протеросомальные щетинки длинные перистые, остальные - гладкие волосовидные. Хетом гистеросомы по количественному составу такой же, как у остальных гигробоидных клещей, но с ха-

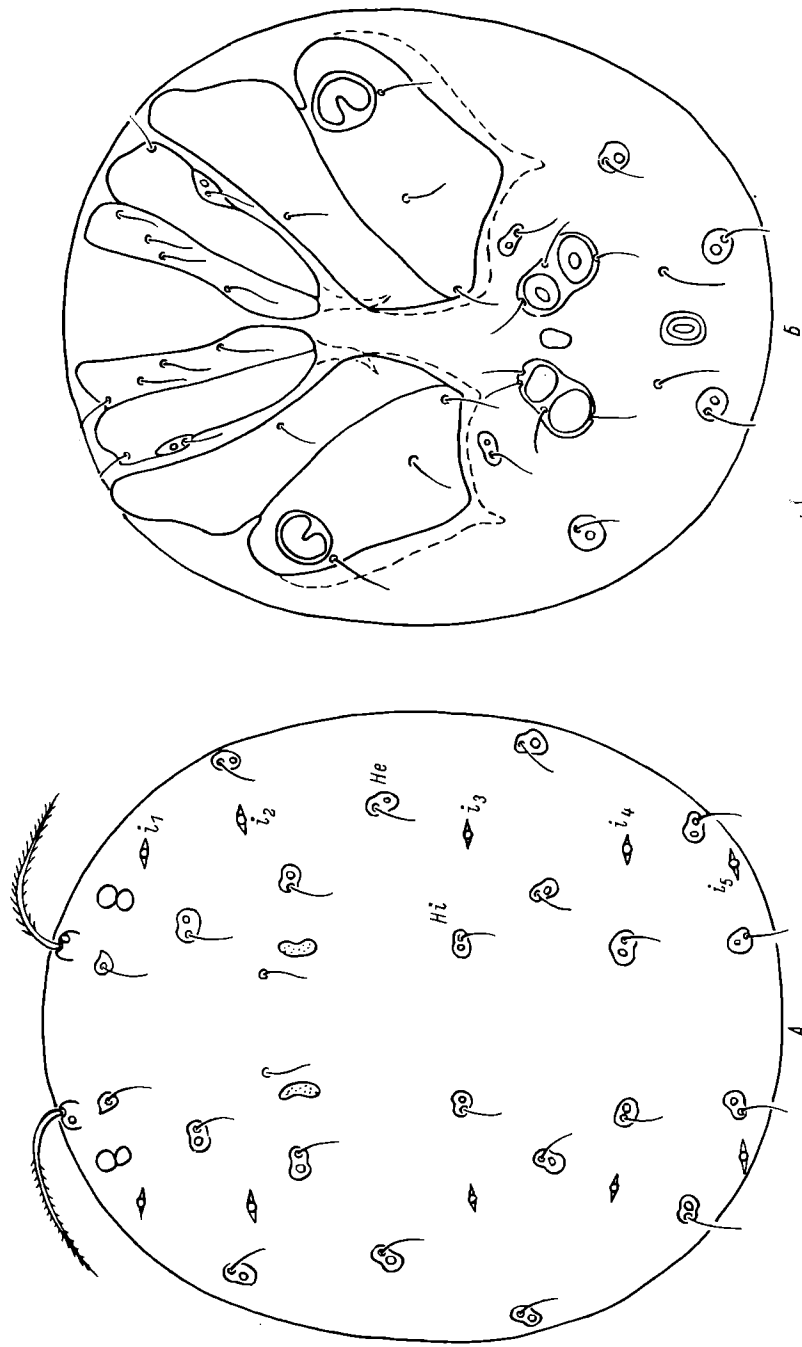


Рис. 1. Общий вид нимфы *Wettina podagrica*.

А - сверху, Б - снизу;  $i_1-i_5$  - лировидные органы,  $Hi$  и  $He$  - плечевые щетинки.

рактерным расположением щетинок. Плечевой ряд щетинок у *Hydrobatoidea* обычно сдвинут латерально так, что наружные щетинки располагаются на вентральной поверхности [1]. В данном случае обе пары плечевых щетинок ( $H_1$  и  $H_2$ ) размещаются на спине. Латеральнее задней пары трихоботрий находятся небольшие изогнутые кожные пластинки. Лировидных органов 5 пар ( $i_1-i_5$ ).

Медиальные части тазиков I-II с крупными подкожными отростками (рис. 1, Б). Межтазиковые щетинки перешли на задний край тазиков II. Латеральный край кокс III широкий, медиальный - узкий. Тазики IV с небольшими выемками по заднему и латеральному краю. Медиальные края тазиков III-IV и задний край тазиков IV окаймлены узким подкожным выростом. Половой орган с 4 присосками. Генитальные пластинки направлены под прямым углом по отношению друг к другу. Задние присоски крупнее передних. На каждой генитальной пластинке по 3 (иногда по 4) щетинки. Генитальный щиток мельче передних присосок и находится между половыми пластинками. Внутренние постанальные щетинки без кожных желез и располагаются на уровне переднего края анального щитка.

Гипостом в задней половине клиновидной формы с длинным отростком (рис. 2, А). Передняя часть гипостома с глубокой выемкой, в которой находится ротовое отверстие. Заднелатеральная часть выемки усеяна короткими околоротовыми присосками. Обе пары гипостомальных щетинок примерно равной величины и окружают ротовую полость. Глотка узкая, доходит до дистального конца гипостома. Длина гипостома без отростка 85 мкм.

Базальный членик хелицеры (рис. 2, Б) с крупным дистальным бугром. Подвижный членик хелицеры серповидный, заострен на переднем конце. Длина основного членика 65, подвижного пальца 25 мкм.

Вертулг педипальпы (рис. 2, В) без щетинок. На бедре I три дорсальные, на бедре II две дорсодистальные крупные щетинки. Колено с крупным дистальным шипом, 3 тактильными щетинками и дистальным соленидием. Тибготарзальный комплекс педипальпы вооружен 4 дистальными шипами, 3 тактильными щетинками и проксимальным соленидием. Длина члеников педипальпы, мкм: 20, 50, 35, 60, 25.

Передние ноги (рис. 2, Г) короткие толстые без плавательных волосков. Лапка I с крупной когтевой выемкой, занимающей более половины длины членика. Коготки передней ноги (рис. 2, Д) без когтевой пластинки с широким внутренним и узким наружным зубцом. Ноги II (рис. 2, Е), III и IV стройные, гораздо длиннее передних конечностей и снабжены плавательными щетинками. Плавательные волоски располагаются только на голенях ног. На голенях II-III по 3-4 плавательные щетинки, которые более чем вдвое длиннее соответствующих лапок. На голенях IV по 3 плавательных волоска (рис. 2, Ж). Длина члеников ног, мкм:

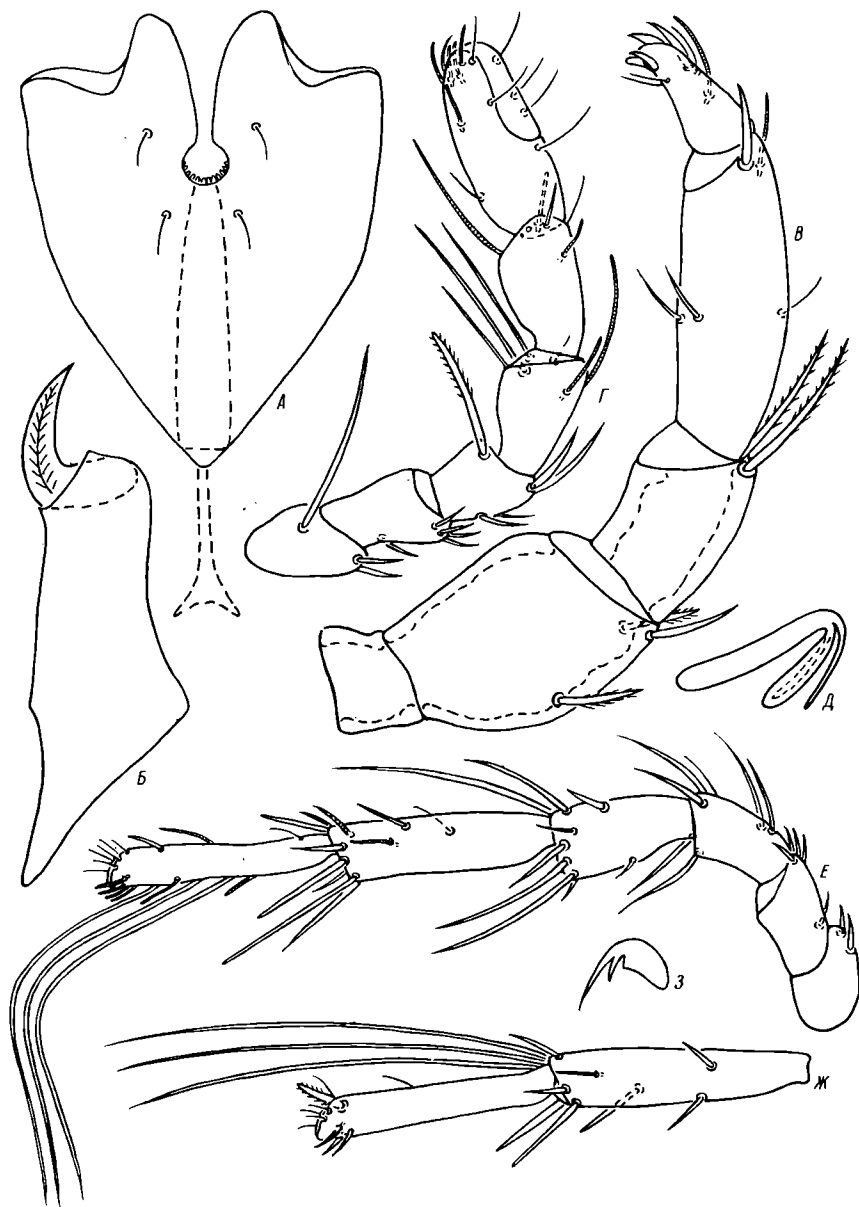


Рис. 2. Нимфа *Wettina podagrica*.

Детали строения. А - гипостом, Б - хелицера, В - педипальпа, Г - нога I, Д - коготок лапки I, Е - нога II, Ж - голень и лапка ноги IV, З - коготок лапки II.

| Нога | Вертлуг | Бедро I | Бедро II | Колено | Голень | Лалка |
|------|---------|---------|----------|--------|--------|-------|
| I    | 40      | 50      | 35       | 50     | 55     | 70    |
| II   | 40      | 55      | 50       | 65     | 105    | 100   |
| III  | 40      | 60      | 50       | 70     | 105    | 100   |
| IV   | 70      | 50      | 70       | 85     | 100    | 95    |

Коготки ног II-III с хорошо выраженной когтевой пластинкой, коротким внутренним и длинным наружным зубцом (рис. 2, 3).

### Л и т е р а т у р а

1. В а й н ш т е й н Б.А., Т у з о в с к и й П.В. Туловишный хетом водяных клещей, его онтогенез и эволюция. - В кн.: Биология и продуктивность пресноводных беспозвоночных. Л., 1974, с. 230-269.
2. Т у з о в с к и й П.В. Новые находки водяных клещей (Hydrachnellae, Acariformes) из проточных водоемов Ярославской области. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1976, № 35, с. 23-27.
3. B e s s e l i n g A.J. Nederlandsche Hydrachnidae. Acercinae. - Entomol. ber., 1935, Bd 9, N 201, S. 100-104.
4. B e s s e l i n g A.J. De Nederlandsche Watermijten (Hydrachnellae Latreille 1802). - Monogr. Ned. Entomol. Veren., 1964, N 1, S. 1-199.
5. K o e n i k e F. Weitere Anmerkungen zu Piersig's Beiträgen zur Hydrachnidenkunde. - Zool. Anz., 1893, Bd 16, N 435, S. 460-464.
6. K o e n i k e F. Acarina, Milben. - In: A. Brauer, Die Süßwasserfauna Deutschlands. Jena, 1909, Bd 12, S. 13-184.
7. P i e r s i g G.R. Eine neue Hydrachniden - Gattung aus Sächsischen Erzgebirge. - Zool. Anz., 1892, Bd 15, N 405, S. 408-415.
8. P i e r s i g G.R. Deutschlands Hydrachniden. - Zoologica, 1897-1900, Bd 19, H. 22, S. 7-601.
9. P i e r s i g G.R. Acarina, Hydrachnidae. - In: Piersig & Lohmann, Acarina, Hydrachnidae und Halacaridae. - Tierreich, Berlin, 1901, Lief. 13, S. 18-336.
10. S o a r C.D., W i l l i a m s o n W. The British Hydracarina. - Roy. Soc. London, 1929, vol. 3, N 115, p. 8-184.

11. Viet's K. Wassermilden oder Hydracarina (Hydrachnellae und Halacaridae). - In: F. Dahl, Tierwelt Deutschlands etc. Jena, 1936, Bd 31-32, S. 10-574.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

Р.А. Родова

## САМКИ ХИРОНОМИД (DIPTERA, CHIRONOMIDAE). XIX

Настоящее сообщение продолжает наши исследования самок трибы Tanytarsini [1-3]. Материал собран в окрестностях Борка Ярославской обл. Определение проведено А.И. Шиловой.

Род *Micropsectra* Kieffer.

Глаза голые, верхние их края более или менее вытянуты по направлению друг к другу. Теменные щетинки расположены в 1-2 ряда. Антенны, как правило, 6-члениковые. Максиллярные щупики 4-члениковые. Переднеспинка редуцирована. Щиток с 1 рядом щетинок. Гребешки задних голеней слиты в один, без шпор. Пульвиллы редуцированы. Крылья обычно покрыты макротрихиями по всей поверхности. Рукоятка радиальной жилки с несколькими щетинками. Задний край 8-го стернита посередине вырезан. Наружный вырез больше внутреннего. Задняя треть стернита как бы отделена от остальной части полосой, огибающей бугры сзади и идущей к бокам стернита. Бугры слабо выпуклы. Щеточки крупные, покрыты многочисленными нежными шипиками, более или менее отделены от лопастей выреза. Аподема светлая.

*Micropsectra viridiscutellata* Goetghebuer (рис. 1). Длина 3 мм, крыло - 2.8 мм. Зеленая, с оранжево-коричневыми или коричневыми мезонотальными полосами. Передний край полос слегка затемнен, концы латеральных полос темно-коричневые. Швы затылочного склерита тонкие, коричневые. Теменные щетинки расположены у затылочного склерита в 2 ряда. Лобные штифты очень слабо намечены. Антенны 6-члениковые, коричневые, 1-й членик светлее остальных, желтоватый. Последний членик антенны длиннее 2-го, на вершине с 1 щетинкой. Максиллярные щупики коричневые. Верхняя губа у основания с черным рисунком.

Переднеспинка коричнево-зеленая, с вырезом и швом посередине. Хетом среднеспинки: дорсомедиальных щетинок 23, дорсолате-



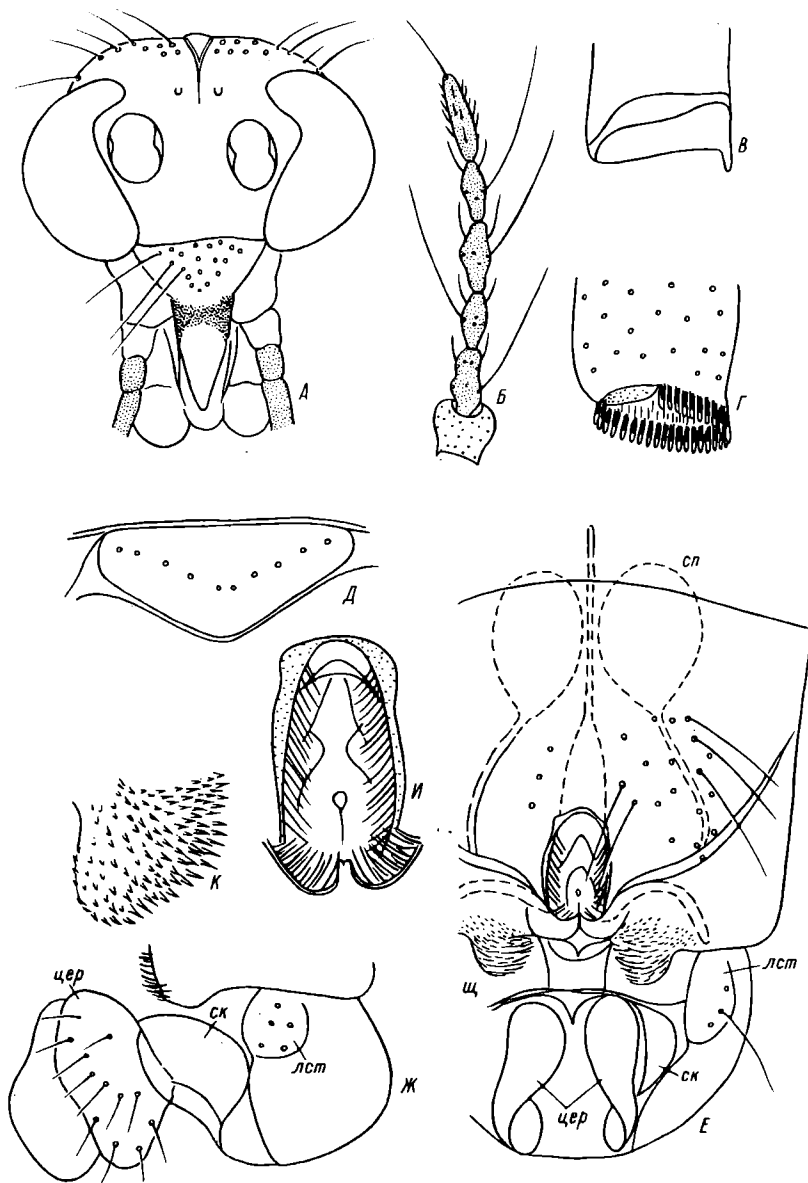


Рис. 1. *Micropsectra viridiscutellata*.

А - голова спереди, Б - антенна, В - вершина передней голени, Г - то же задней голени, Д - щиток, Е - конец брюшка снизу, Ж - то же сбоку, И - вырез 8-го стернита, К - щеточка 8-го стернита; лст - латеростернит, ск - склерит 10-го тергита, сп - сперматека, цер - церки, щ - щеточка.

ральных 21, преалярных 3, посталярных нет. Щиток зеленый с 10 шетинками. Постнотум в задней половине темно-коричневый, в передней – зеленый. Мезостернум коричневый. На плеврах небольшое коричневое пятно. Ноги коричневые, передние темнее остальных. Передняя голень на вершине с коротким выступом. Пульвиллы короткие, не длиннее половины коготков. Крылья слегка коричневатые. Рукоятка радиальной жилки с темным пятном и 2–3 шетинками. Промежуточный склерит рукоятки коричнево-черный. Жужжальце зеленое, с коричневатой ножкой.

Брюшко зеленое, коричневатое. 8–9-й тергиты и 8-й стернит коричневые. Бугры 8-го стернита с разбросанными шетинками. Лопасты выреза короткие. В базальной части ветви аподемы широкие. Сперматеки овальные, их протоки слегка изогнуты. Латеростерниты выпуклые, с 5 шетинками. Склериты 10-го тергита без шетинок. Церки коричневые.

### Род *Paratanytarsus* (Bause)

Глаза голые, верхние их края более или менее вытянуты по направлению друг к другу. Расстояние между ними менее длины глаза. Теменные шетинки расположены в 1 ряд. Антенны 6-члениковые. Максиллярные щупики 4-члениковые. Переднеспинка редуцирована. Щиток с 1 рядом шетинок. Средняя и задняя голени с 2 отдельными гребешками. На каждом гребешке тонкая черная шпора, редко шпора на одном гребешке. Поверхность крыла в разной степени покрыта макротрихиями. Рукоятка радиальной жилки с 1 шетинкой. Задний край 8-го стернита широко вырезан. Бугры нечеткие, с разбросанными шетинками. Щеточки покрыты нежными шипиками, отделены от лопастей. Аподема светлая.

*Paratanytarsus quintuplex* Kieffer (рис. 2). Длина 2,5–3 мм, крыло – 2,5–2,8 мм. Желто-зеленая. Голова, полوسы среднеспинки, мезонотум, дистальная половина постнотума от светло-коричневого до коричнево-оранжевого. Лобные штифты небольшие. 1-й и последний членики антенны темнее остальных. Последний членик длиннее 5-го, короче 2-го. 3–5-й членики примерно одной формы, с более или менее удлинённой дистальной шейкой. Максиллярные щупики светло-коричневые.

Переднеспинка зеленая. Хетом среднеспинки: дорсомедиальных шетинок 23, дорсолатеральных 9–15, преалярных 1, посталярных нет. Щиток светлый, с 7–9 шетинками. Острый шип на дистальном конце передней голени темный. Пульвиллы отсутствуют. Крыло покрыто макротрихиями густо на дистальной половине и редко на базальной. Жужжальце светлое.

Брюшко желто-зеленое. 8-й стернит по окраске не отличается от остального брюшка. По медиальному и заднему краю бугров проходит светлая склеротизованная полоса. Лопасты выреза полукруглые, четко очерчены, покрыты мелкими шипиками. Щеточки крупные.

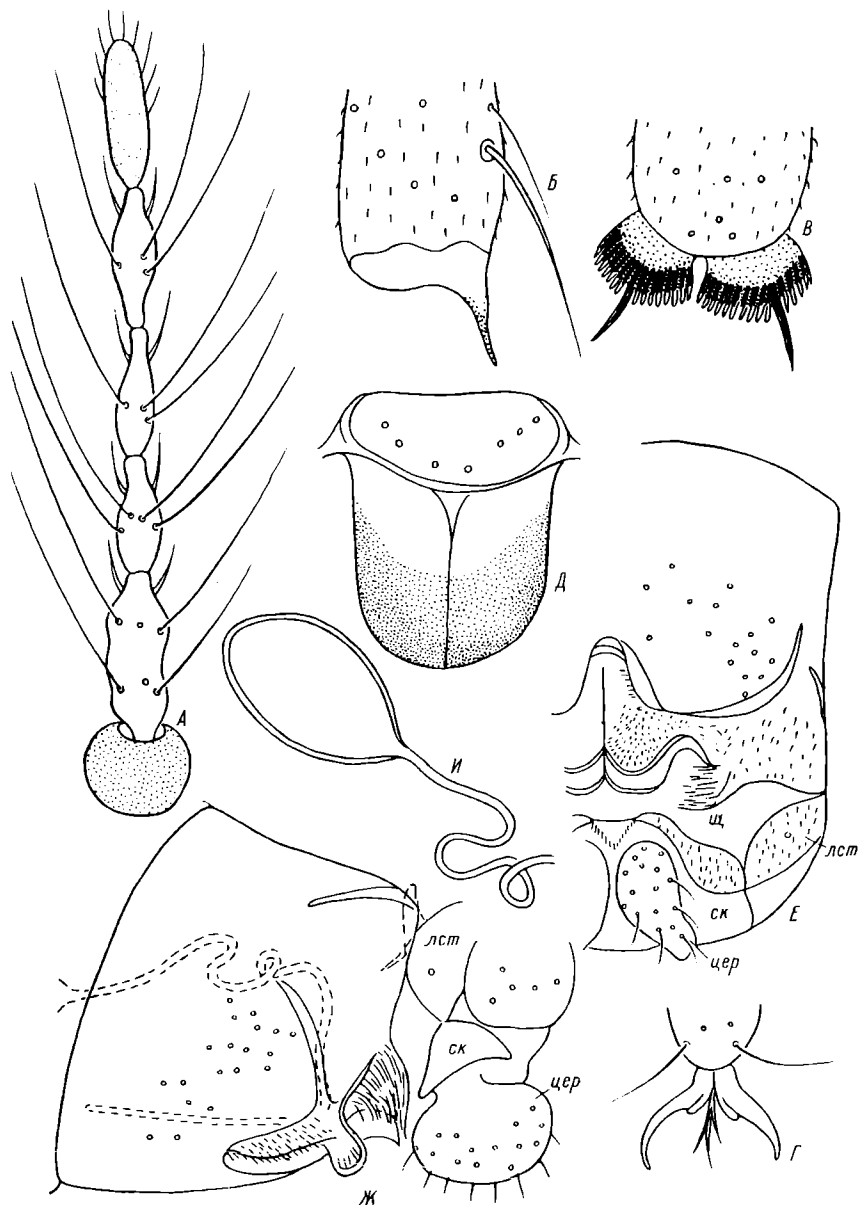


Рис. 2. *Paratanytarsus quintuplex*.

А - антенна, Б - вершина передней голени, В - то же задней голени, Г - вершина лапки, Д - шиток и постнотум, Е - конец брюшка снизу, Ж - то же сбоку, И - сперматека. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Сперматеки овальные, с извитыми протоками. Латеростерниты с 1 щетинкой. Склериты 10-го тергита без щетинок. Церки светлые, небольшие, при рассмотрении сбоку округлые.

## Л и т е р а т у р а

1. Родова Р.А. Самки хирономид. II. *Corynocera ambigua* Zett. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1967, № 1, с. 44-47.
2. Родова Р.А. Самки хирономид (Diptera, Chironomidae) V. *Micropsectra preacox* Meig. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1970, № 6, с. 40-44.
3. Родова Р.А. Самки хирономид (Diptera, Chironomidae). ХУШ. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1978, № 38, с. 66-70.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

Г.В. Т и т а р е н к о

## О КАЧЕСТВЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

Предмет, о котором пойдет речь в данной статье, имеет свою историю. Значимость временных интервалов была замечена многими исследователями. На качественную неоднородность биологического времени указывал еще С.С. Четвериков [5]. Однако до недавних пор можно было считать, что прямым изучением биологически значимого времени занимались в основном ученые, использующие физиолого-биохимические методы. Лишь единицы писали прямо о качестве биовремени. Так, Лекомт дю Нуй [11] утверждал: „ценность одного дня не идентична для эфемерных животных и для тех, кто живет 60 лет; и даже у одного индивида эта ценность, кажется, изменяется в течение его жизни“. Некоторые намеки на качество биовремени встречаются в монографии Слободника [13], а в ряде работ Холлинга [6, 7] процесс хищничества описан в биологически значимых интервалах. Во всех перечисленных работах время не было основным изучаемым фактором, вначале не было оно главным и в нашей работе. Исследования динамики бентоса [2, 9, 12] давали основание полагать, что вопрос о взаимодействии донных животных и рыб не может рассматриваться однозначно. В экспериментах Каяка [8, 9] увеличение давления хищников привело к уменьшению биомассы бентоса, не меняя характера его динамики. Одновременно Каяк отмечает изменение состава зоопланктона и биомассы

фитопланктона, что совпадает с выводами Леллака [12] о зависимости интенсивности выедания бентоса от количества и качества планктонной пищи.

Крайняя сложность экспериментального решения вопроса о взаимодействии рыб и донных животных послужила причиной исследования влияния хищников на бентос методом математического моделирования на ЭВМ. При изучении динамики популяции хирономид на модели, реализованной на ЭВМ [4], давление хищников описывалось на основании заключений Н.Ю. Соколовой и Е.В. Боруцкого, что популяция из года в год сохраняет присущий ей уровень численности при выедании хирономид на стадии личинки на 80% [3] и на стадии имаго на 90% [1]. Отсутствие в литературе количественных сведений о выедании куколок хирономид потребовало доопределения этой величины на модели. Модельная популяция восстанавливала первоначальный уровень численности в течение года при выедании 70–80% личинок, 90% имаго и не более 40% куколок. Превышение „нормы“ выедания куколок на 5–10% приводило модульную популяцию к гибели через 2–3 года. Существующие биологические представления о структуре популяции хирономид не объясняют, почему именно гибель куколок так влияет на судьбу популяции. Пониманию внутреннего смысла указанного факта помогло выяснение особенности биологического соотношения возрастов хирономид, выражающееся в том, что личинка единолично властвует в трофическом ареале (пространственно – в водоеме), а комару полностью принадлежит репродукционный ареал, пространственно находящийся вне водоема. Это функциональное распределение происходит во времени жизненного цикла особи. Таким образом, становится целесообразным рассмотреть популяцию как организацию, складывающуюся из структуры, ориентации и распределения функций между элементами. Пространственная ориентация популяции связана с распределением функций питания и размножения: трофический и репродукционный ареалы пространственно разобщены. Так как функциональное и пространственное разобщение происходит во времени одной и той же особи, то время становится элементом организации популяции. Временная организация включает время, в течение которого особи находятся на стадии личинки, и время нахождения особей на стадии имаго. Функционально куколки не принадлежат ни к трофическому, ни к репродукционному ареалу, осуществляя связь между 2 временными элементами популяции. С этой точки зрения становится понятным столь сильное влияние выедания большого числа куколок на динамику популяции: связь между элементами нарушается, структура должна распадаться. Результаты исследования модели показывают, что среднегодовая численность популяции тем больше, чем меньше временная плотность связи между элементами.

При построении модели качество времени (внутрипопуляционного) проявилось прежде всего в том, что для судьбы популяции не безразлично, в какой момент гибнут составляющие ее особи. Так, например, выедание хирономид на стадии личинки уменьшает пищевую

конкуренцию и вызывает увеличение продукции [3, 4], а выедание в 2 раза меньшего (по сравнению с выедаемым количеством личинок или имаго) числа куколок губит популяцию. Рассмотрение временной структуры популяции способствует решению вопроса о значении синхронности вылета. Лезвие основного противоречия проявляется в том, что для личинок выгодно асинхронное развитие, а для имаго – синхронный вылет. Каяк считает, что личинкам необходима возможность постепенного прохождения через одну и ту же нишу, в противном случае кормовые ресурсы не успевают самовозобновиться. С другой стороны, в репродукционном ареале идет половой отбор, интенсивность которого тем больше, чем выше кучность вылета. Следовательно, интересы обоих временных элементов противоположны, но так как живучесть рассматриваемой организации увеличивается с уменьшением плотности связи между элементами, можно с большим основанием склоняться в сторону мнения, что именно растянутый вылет – достижение эволюции хирономид.

Качество биологического (в данном случае внутрипопуляционного) времени настолько разнородно, что необходимость учитывать его появляется даже при весьма неполном модельном описании популяции. Между тем в интересных исследованиях вылетов хирономид [10, 14] содержатся данные, указывающие на различное качество внутрипопуляционного времени, но нет оценок значения рассмотренных интервалов времени для популяции. Одним из многих примеров могут служить данные Сирьямаки [14] о двукратном уменьшении числа роящихся *Chironomus strenzkei* Fittkau через 2–3 мин после изменения освещенности. Такая высокая лабильность всей популяции в целом напоминает лабильность организма, но если для имаго функционально значимы минуты, то для личинок – сутки и недели. На разных стадиях меняется качество внутрипопуляционного времени.

Таким образом, из вышеизложенного следует необходимость учета неоднородности биовремени как одного из основных параметров, определяющих динамику популяции. Это позволит с новой стороны оценить движущие силы эволюции.

## Л и т е р а т у р а

1. Б о р у ц к и й Е.В. Динамика биомассы *Chironomus plumosus* профундали Белого озера. – Тр. Лимнол. ст. в Косине, 1939, вып. 22, с. 156–195.
2. С о к о л о в а Н.Ю. Экспериментальные исследования выедания бентоса рыбой в Учинском водохранилище. – Гидробиол. ж., 1965, т. 1, вып. 1, с. 52–61.
3. С о к о л о в а Н.Ю. Продукция хирономид Учинского водохранилища. – Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 1968, т. 9, с. 53–73.

4. Т и т а р е н к о Г.В. Модель популяции хириноид, реализованная на ЭВМ. - Зоол. ж., 1977, т. 56, вып. 4, с. 530-537.
5. Ч е т в е р и к о в С.С. Волны жизни. - Дневник Зоол. отделения имп. о-ва любит. естествозн., антропол. и этногр., 1905, т. 3, № 6, с. 103-105.
6. H o l l i n g C.S. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. - Mem. Entomol. Soc. Canada, 1965, vol. 45, p. 60.
7. H o l l i n g C.S. The functional response of invertebrate predators to prey density. - Mem. Entomol. Soc. Canada, 1966, vol. 48, p. 86.
8. K a j a k Z. Remarks on conditions influencing the appearance of new generations of Tendipedidae larvae. - Ekologia polska, ser. A, 1964, t. 12, N 12, p. 173-183.
9. K a j a k Z., Z a w i s z a J. Experimentally increased fish stock in the pond type lake Warniak. - Ekologia polska, 1973, vol. 21, N 40, p. 631-644.
10. K o s k i n e n R. Observations on the swarming of Ch. salinarius Kieff. - Ann. zool. fenn., 1969, vol. 6, N 2, p. 145-149.
11. L e c o m t e du N o u y. Le temps et la vie. Paris, 1936. 368 p.
12. L e l l a k J. The food supply as a factor regulating the population dynamics of bottom animals. - Mitt. Intern. Verein. Limnol., 1965, vol. 13, p. 128-138.
13. S l o b o d k i n L.B. Growth and regulation of animal populations. N.-Y., 1962. 184 p.
14. S y r j ä m ä k i J. Laboratory studies on the swarming behaviour of Ch. strenzkei Fitkau in litt. - Ann. zool. fenn., 1967, vol. 4, N 1, p. 19-28.

Институт биологии  
АН Латв. ССР

# НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЗВЕЗДЧАТОЙ ПУГОЛОВКЕ BENTHOPHILUS STELLATUS (SAUVAGE) В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Звездчатая пуголовка *Benthophilus stellatus* (Sauvage) в Куйбышевском водохранилище впервые поймана в 1970 г. в Ундорском плесе донным тралом на глубине около 30 м [1]. Этот мелкий реликтовый бычок – представитель понтокаспийского морского фаунистического комплекса. В море придерживается песчаных и ракушечных отложений, в реках обитает на илистых грунтах [2]. В Куйбышевском водохранилище пуголовка – еще один новый консумент кормовой базы бентоядных рыб, не имеющий рыбохозяйственного значения. Питается она, как известно, личинками хирономид, мелкими моллюсками, бокоплавами и придонными копеподами. В пище хищных рыб не была зарегистрирована [1].

В процессе проведения опытных ловов в июне и октябре 1976 г. нами обнаружено значительное расширение ареала этого бычка, проникшего в нижние части Камского и Волжского плесов водохранилища (см. рисунок). В донные и мальковые тралы попало 22 экз. звездчатой пуголовки (см. таблицу).

Кроме того, 1 экз. пуголовки длиной 6 мм обнаружен в сентябре 1976 г. в бентосной пробе, взятой дночерпателем в районе Ульяновска.

В результате наших исследований выяснилось, что в Куйбышевском водохранилище пуголовку потребляют некоторые хищники. Классифицируя хищников по способу добывания пищи, ихтиологи выделили в самостоятельную группу судака и берша, добывающих себе пищу на дне, иногда поднимаясь за ней в толщу воды [4].

Все это в известной степени согласуется с данными, полученными нами при анализе пищевого рациона хищников Ундорского плеса в октябре 1976 г. За 30 мин траления было поймано 43 судака, 14 бершей и 6 налимов. При этом из 37 судаков, взятых на биологический анализ, у 11 желудки были наполнены пищей. В пищевых комках была чехонь (у 1 экз.), пуголовка (у 2 экз.) и другие, точно не определенные рыбы (8 экз.). О последних можно только сказать, что это были не бычки. Очевидно, судак в Ундорском плесе Куйбышевского водохранилища питается пуголовкой, хотя известно, что в целом по водохранилищу в его питании преобладает тюлька [3]. По нашим данным, в водохранилище в рационе судака тюлька играет огромную роль, составляя 69.7%.

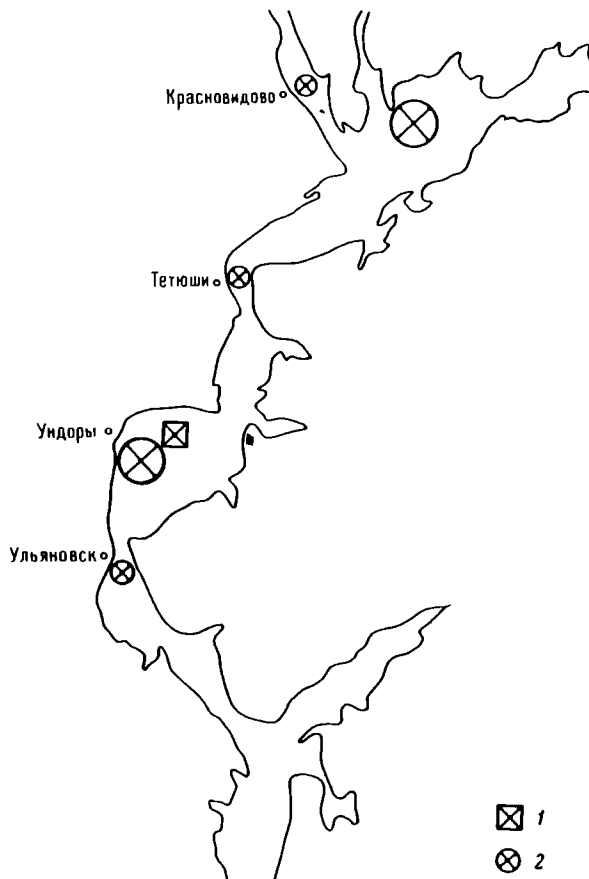
Из 6 пойманных налимов биологическому анализу подверглись 2 экз., в желудках которых единично обнаружена пуголовка, а также молодь судака и берша.

В питании берша в Ундорском плесе наибольшую роль играет пуголовка. Из 14 пойманных и проанализированных бершей желудки



**Размерный и весовой состав уловов пугловки**

| Место<br>траления: | Длина тела,<br>мм | Вес, г | Примечание                        |
|--------------------|-------------------|--------|-----------------------------------|
| Июнь 1976 г.       |                   |        |                                   |
| Ундоры             | 39                | 1.7    | Донный трал                       |
|                    | 41                | 2.1    |                                   |
|                    | 42                | 2.0    |                                   |
|                    | 48                | 2.7    |                                   |
|                    | 49                | 3.3    |                                   |
|                    | 53                | 3.6    |                                   |
|                    | 56                | 3.2    |                                   |
|                    | 58                | 4.6    |                                   |
|                    | 58                | 5.8    |                                   |
|                    | 60                | 5.5    |                                   |
|                    | 61                | 6.1    |                                   |
| Октябрь 1976 г.    |                   |        |                                   |
|                    | 30                | 0.6    | Мальковый трал на<br>глубине 10 м |
|                    | 41                | 2.2    | Донный трал                       |
|                    | 42                | 2.1    |                                   |
|                    | 42                | 2.0    |                                   |
|                    | 59                | 3.9    | Половозрелый                      |
|                    | 60                | 4.5    |                                   |
|                    | 67                | 5.8    |                                   |
| Ланшево            | 33                | 0.9    | Донный трал                       |
|                    | 40                | 1.3    |                                   |
| Краснови-<br>дово  | 37                | 1.3    | Мальковый трал на<br>глубине 10 м |



**Места вылова пугловки.**

1 - в 1970-1971 гг., 2 - в 1976 г.

были наполнены лишь у 4, в одном из них было 12 пугловков, в двух по 10, в одном - 1 пугловка. Других же видов рыб в желудках не было, хотя тюльки, основного объекта питания берша в водохранилище [3], в это время попадало в трал до 550 экз. за 5 минут траления. Эти данные показывают, что пугловка может стать важным объектом питания берша.

Разноразмерность материала и расширение ареала пугловки звездчатой в Куйбышевском водохранилище говорят о том, что она активно входит в состав ихтиофауны водохранилища. Кроме того, данные, полученные в Ундорском плесе, позволяют предположить, что пугловка может стать важным объектом питания некоторых групп хищников.

1. Г а в л е н а Ф.К. Звездчатая пуголовка *Benthophilus stellatus* (Sauvage) в Куйбышевском водохранилище. - *Вопр. ихтиол.*, 1973, т. 13, вып. 1 (78), с. 174-175.
2. С в е т о в и д о в А.Н. Рыбы Черного моря. М.-Л., 1964. 465 с.
3. Ц ы п л а к о в Э.П. Тюлька. - *Тр. Тат. отд-ния ГосНИОРХ*, Казань, 1972, вып. 12, с. 175-177.
4. Я ш а н и н И.И. Питание судака в Куйбышевском водохранилище. - В кн.: *Биология и экология рыб Куйбышевского водохранилища*. Ульяновск, 1966, с. 72-75.

Куйбышевская станция  
Института биологии внутренних вод  
АН СССР

А.С. Л и т в и н о в, И.Ф. Ф о м и ч е в

# ОПЫТ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ ВЕТРОВЫХ ТЕЧЕНИЙ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Расчет установившихся ветровых течений Рыбинского водохранилища производился методом полных потоков, предложенным А.И. Фельзенбаумом [3]. Этот метод позволяет учитывать 3 основных фактора (ветер, рельеф дна, приходно-расходные части водного баланса), формирующие систему течений в водоеме.

Функция полных потоков  $\Phi$  характеризует интегральную (по вертикали) циркуляцию вод. Физический смысл ее заключается в том, что разность значений функций  $\Phi_i - \Phi_k$  в любых 2 точках равна объему воды, протекающему за единицу времени между вертикалями, проведенными через эти точки. Направление интегрального переноса в любой точке определяется касательной к изолинии функций полных потоков в данной точке.

Для Рыбинского водохранилища в узловых точках сетки с шагом в 4 км были рассчитаны значения функций полных потоков и элементы течений на горизонтах, взятых через 1 м от поверхности до дна. На данном этапе работы расчет произведен для ветров 4 направлений ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ) с постоянной скоростью 5 м/с. Приток в водохранилище и сток из него не учитывались, глубины задавались от НПУ.

Результаты расчета показывают, что при ветрах южного и восточного направлений в водохранилище формируются 3 основные зоны макроциркуляции (рис. 1), расположенные в Моложном, Шекснинском и Главном плесах. Образовавшиеся вихри при данной

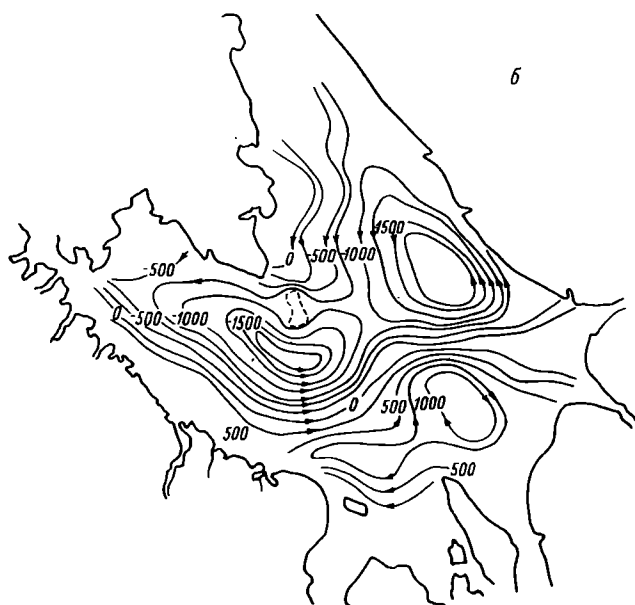
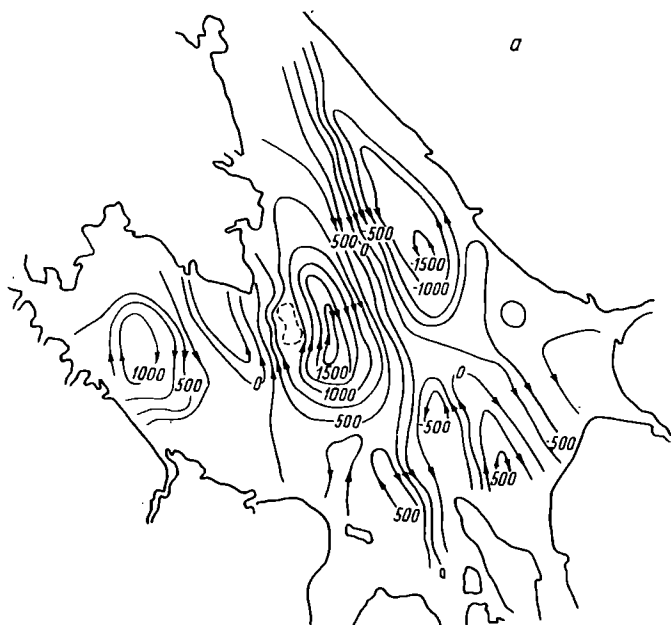


Рис. 1. Распределение функции полных потоков при реальном рельефе.

а – при ветре 180 град, 5 м/с, б – при ветре 90 град, 5 м/с.

Т а б л и ц а 1

Параметры течения при реальном рельефе  
и при осредненной глубине (ветер  $0^{\circ}$ , 5 м/с)

| Гори-<br>зонт,<br>м | Реальный рельеф                                          |                                         |                                                    | Осредненная глубина                                          |                                         |                                             |
|---------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
|                     | диапазон<br>изменения<br>направления<br>течения,<br>град | $\Delta$ на-<br>прав-<br>ления,<br>град | диапазон<br>измене-<br>ния ско-<br>ростей,<br>см/с | диапазон<br>изменения<br>направле-<br>ния тече-<br>ния, град | $\Delta$ на-<br>прав-<br>ления,<br>град | диапазон<br>изменения<br>скоростей,<br>см/с |
| 0                   | 152-206                                                  | 54                                      | 4.1-23.5                                           | 178-183                                                      | 5                                       | 7.68-8.4                                    |
| 1                   | 94-250                                                   | 156                                     | 0.61-9.63                                          | 174-186                                                      | 12                                      | 2.75-3.44                                   |
| 2                   | 314-305                                                  | 351                                     | 0-4.74                                             | 297-84                                                       | 147                                     | 0.07-0.68                                   |
| 3                   | 314-295                                                  | 341                                     | 0.25-5.31                                          | 353-6                                                        | 13                                      | 1.96-2.48                                   |
| 4                   | 309-55                                                   | 106                                     | 0.28-5.71                                          | 356-4                                                        | 8                                       | 2.41-2.76                                   |
| 5                   | 322-47                                                   | 85                                      | 0.79-5.28                                          | 357-363                                                      | 6                                       | 1.35-1.50                                   |
| 6                   | 334-24                                                   | 50                                      | 0.94-4.39                                          | -                                                            | -                                       | -                                           |
| 7                   | 338-19                                                   | 41                                      | 1.04-2.64                                          | -                                                            | -                                       | -                                           |

скорости ветра довольно устойчивы, при изменении направления ветра на  $90^{\circ}$  отмечается только некоторое смещение центров вихревых образований. При смене направления ветра на  $180^{\circ}$  вихри сохраняют свое местоположение в водохранилище, однако направление циркуляции в них меняется на противоположное.

При реальном распределении глубин наибольшая дисперсия по направлению и скорости наблюдается в слое 1-3 м в зависимости от глубины и местоположения расчетной точки. В этом слое происходит поворот течения на  $180^{\circ}$  (табл. 1).

Для оценки значения реального рельефа в формировании структуры макроциркуляции в водоеме производился расчет ветровых течений в Рыбинском водохранилище при заданной постоянной глубине 5.6 м, равной средней его глубине [1]. Распределение функции полных потоков в этом случае показывает отсутствие реальной интегральной циркуляции (рис. 2). При осредненном рельефе течения более однородны по всей акватории водохранилища как по скорости, так и по направлению, чем при реальном распределении глубин.

Смена вектора течения на противоположный происходит на горизонте 2 м по всей площади водохранилища. Этот горизонт отли-



Рис. 2. Распределение функции полных потоков при постоянной глубине, равной средней глубине водохранилища.

Ветер 90 град, 5 м/с.

чается наибольшим разбросом по направлению, а также наибольшим относительным изменением скоростей течений (табл. 1).

Рассчитанные направления и скорости течений удовлетворительно согласуются с данными натурных наблюдений в сходных ветровых ситуациях (табл. 2).

Анализ полученных результатов показывает, что при рассмотренном ветровом режиме в Рыбинском водохранилище формируются 3 крупных, устойчивых вихревых образования, которые, по-видимому, и определяют относительную устойчивость водных масс.

Т а б л и ц а 2

Скорости и направления течений  
в Главном плесе (ветер  $0^0$ , 5м/с)

| Горизонт,<br>м | Наблюденные [2]   |                      | Рассчитанные      |                      |
|----------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|                | скорости,<br>см/с | направления,<br>град | скорости,<br>см/с | направления,<br>град |
| 0              | 5                 | 175                  | 7                 | 178                  |
| 2              | 3.8               | 310                  | 2.3               | 13                   |
| 6              | 4.6               | 350                  | 4.1               | 9                    |

При формировании структуры макроциркуляции в мелководных водоемах, к каким относится Рыбинское водохранилище, основное значение приобретает рельеф дна.

## Л и т е р а т у р а

1. Б а к у л и н К.А. Морфометрические характеристики Рыбинского водохранилища. – В кн.: Биологические и гидрологические факторы местных перемещений рыб в водохранилищах. Л., 1968, с. 72–87.
2. Л и т в и н о в А.С. Некоторые данные о ветровых течениях в Рыбинском водохранилище. – Сб. раб. Рыбинской гидрометеорол. обсерв., 1966, вып. 3, с. 50–60.
3. Ф е л ь з е н б а у м А.И. Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. М., 1960. 127 с.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

Б.И. Н о в и к о в

### НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ВЛИЯНИИ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ ДНЕПРА

В продолжение всего вегетационного периода основная масса синезеленых водорослей находится в воде во взвешенном состоянии. Динамика водных масс в водохранилищах в значительной степени обусловлена гидрометеорологическими факторами, в том числе ветровым режимом. Влияние этого режима на распределение синезеленых водорослей как по глубинам, так и по акватории водохранилища изучено недостаточно, а имеющиеся данные носят в основном описательный характер [1, 4, 5, 7]. Лишь К.А. Гусевой [2] сделана попытка установления зависимости между количеством водорослей и повторяемостью штилей, а М.В. Пикушем [3] получены данные о влиянии скорости ветра на интенсивность их дрейфа и степень концентрации.

Задача настоящей работы – количественная оценка влияния ветрового режима путем составления статистически обоснованных зависимостей между скоростью ветра и распределением водорослей в толще воды. Для ее решения кроме опубликованных сведений [1, 4, 5, 7] использованы данные наблюдений отделов гидрологии и физиологии водорослей Института гидробиологии АН УССР на

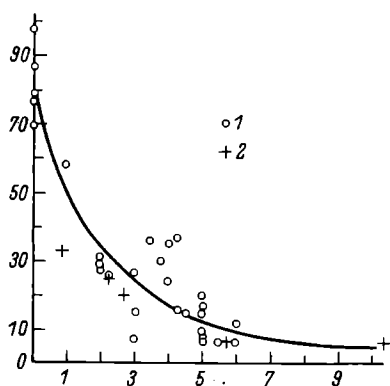


Рис. 1. Зависимость относительного содержания синезеленых водорослей в верхнем метровом слое воды от скорости ветра.

1 - наблюдения на водохранилищах Днепра, 2 - данные А.Д. Приймаченко [5] по Горьковскому водохранилищу. По оси ординат - относительное содержание синезеленых водорослей,  $\frac{B_o - 1}{B_c} \cdot 100\%$ ; по оси абсцисс - скорость ветра, м/с.

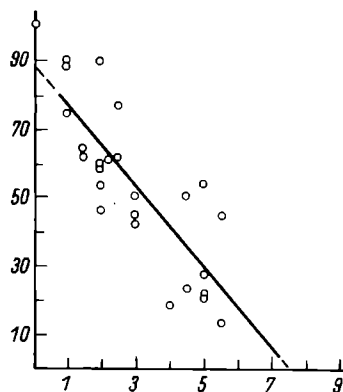


Рис. 2. Изменение количества водорослей в пятнах и полях „цветения“ в зависимости от скорости ветра.

По оси ординат - количество водорослей в пятнах и полях цветения,  $\frac{BW}{B_o} \cdot 100\%$ ; по оси абсцисс - скорость ветра, м/с.

водохранилищах Днепра. Наблюдения заключались в определении количества водорослей на различных глубинах (весовым способом) как в дисперсном (34 измерения), так и в агрегированном (28 измерений) состоянии, а также в измерении скорости их горизонтального перемещения (60 измерений). Одновременно определялась скорость ветра на высоте 2 м над поверхностью воды.

В штиль основная масса водорослей (80-90%) концентрируется в верхнем метровом слое воды, но уже при скорости ветра 7 м/с их остается 10-20% [1, 5]. Изменение относительной концентрации водорослей в верхнем метровом слое воды в зависимости от скорости ветра (рис. 1) можно описать эмпирическим уравнением:

$$\frac{B_o - 1}{B_c} = \frac{0.83}{W^{1.21}}, \quad (1)$$

где  $B_o - 1$  и  $B_c$  - количество водорослей (г) в верхнем метровом слое и в сумме на вертикали,  $W$  - скорость ветра, м/с.



Корреляционное отношение с достоверностью 0.99 равно 0.93.

Аналогичная тенденция выявлена и для агрегированного состояния синезеленых водорослей (пятна и поля „цветения“), в котором они концентрируются в поверхностном слое воды, не превышающем 0.5 м (рис. 2). Зависимость описывается уравнением регрессии:

$$\frac{B_W}{B_0} = 0.89 - 0.12 W, \quad (2)$$

где  $B_W$  и  $B_0$  – количество агрегированных водорослей ( $\text{г/м}^3$ ) при штиле и при ветре скоростью  $W$ , м/с. Коэффициент корреляции уравнения с достоверностью 0.99 равен 0.82. Оба уравнения не применимы для скоростей ветра более 7 м/с, так как разрушение агрегированного состояния, перемешивание водорослей и потеря ими плавучести делают концентрацию функцией глубины.

Анализ данных о количестве водорослей на различных участках водохранилищ [5, 7] показал, что оно связано с повторяемостью ветров определенных направлений [6]. Для расшифровки этой зависимости исследован характер движения верхнего полуметрового слоя воды под действием ветра. Для интервала скорости ветра 0–7 м/с построена эмпирическая зависимость скорости движения этого слоя, описываемая уравнением регрессии:

$$V_{0.5} = 2.3 W - 0.5, \quad (3)$$

где  $V_{0.5}$  – скорость движения слоя воды, см/с,  $W$  – скорость ветра, м/с. Коэффициент корреляции уравнения с достоверностью 0.99 равен 0.72, абсолютная величина погрешности составляет  $\pm 1.2$  см/с. При скорости ветра 5 м/с перемещение водорослей ветровым течением составляет 8.5–10.5 км/сутки, что совпадает с уже известными данными [3]. Полученные показатели позволяют сделать следующие выводы.

Концентрация синезеленых водорослей в поверхностном слое воды заметно снижается с увеличением скорости ветра. При значении ее 7 м/с и более концентрация водорослей становится близкой к средней по глубине.

Неравномерность распределения водорослей по участкам водохранилища связана с ветровыми течениями, которые при скорости ветра 5 м/с могут перемещать водоросли на 8.5–10.5 км в сутки.

В заключение отметим, что для изучения механизма действия ветра на синезеленые водоросли необходимы дальнейшие исследования, что позволит также уточнить составленные уравнения. Система таких уравнений может послужить предпосылкой для метода прогнозирования скоплений водорослей в водохранилищах.

1. Брагинский Л.П., Береза В.Д., Величко И.М., Гринь В.Г., Гусынская С.Л., Денисова А.И., Литвинова М.А., Сысуева - Антипчук А.Д. „Пятна цветения“, нагонные массы, выбросы синезеленых водорослей и происходящие в них биологические процессы. - В кн.: „Цветение“ воды. Киев, 1968, с. 92-149.
2. Гусева К.А. Влияние режима уровня Рыбинского водохранилища на развитие фитопланктона. - Тр. биол. ст. „Борок“, 1958, вып. 3, с. 3-19.
3. Пікуш М.В. Гідрологічні дослідження водоймиш на Дніпрі. - Вісн. АН УРСР, 1965, № 2, с. 59-64.
4. Приймаченко А.Д. Фитопланктон Горьковского водохранилища в первые годы его существования (1956-1957 гг.). - Тр. Ин-та биол. водохр. АН СССР, 1961, вып. 4 (7), с. 3-19.
5. Приймаченко А.Д., Литвинова М.А. Распределение и динамика синезеленых водорослей в днепровских водохранилищах. - В кн.: „Цветение“ воды. Киев, 1968, с. 42-66.
6. Правочник по климату СССР. Ч. 1У. Л., 1973, вып. 10, т. 1, с. 1151.
7. Цеб Я.Я., Литвинова М.А., Гусынская С.Л. Количественная динамика планктонных синезеленых водорослей в связи с их влиянием на численность и распределение зоопланктона в Каховском водохранилище. - В кн.: Экология и физиология синезеленых водорослей. М.-Л., 1965, с. 86-96.

Институт гидробиологии АН УССР

А.Н. Егоров

# ВЛИЯНИЕ ТАЛЫХ ВОД НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КРУПНЫХ МЕЛКОВОДНЫХ ОЗЕР

Основа работы - материалы термических исследований озер Кубенского, Воже и Лача, проведенных институтом озероведения АН СССР в 1972-1975 гг. в связи с задачей прогнозирования ожидаемых изменений гидрохимического и гидробиологического режимов этих водоемов при переброске части их стока в бассейн р. Волги.

Озера Кубенское, Воже и Лача расположены в зоне избыточно-го увлажнения европейской территории СССР. Для района озер характерен умеренно континентальный климат лесной зоны с умеренно теплым летом, умеренно холодной зимой и неустойчивым режимом погоды [1, 2].

# Основные морфометрические характеристики озер

| Озеро           | Средний много-<br>летний уровень,<br>м абс. | Объем<br>водной<br>массы,<br>км <sup>3</sup> | Площадь<br>аквато-<br>рии,<br>км <sup>2</sup> | Средняя<br>глубина,<br>м |
|-----------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Кубенское ..... | 109.4                                       | 1.02                                         | 400                                           | 2.5                      |
| Воже .....      | 121.1                                       | 0.27                                         | 316                                           | 0.9                      |
| Лача .....      | 117.7                                       | 0.44                                         | 330                                           | 1.3                      |

По площади водного зеркала озера относятся к числу крупных. Их характерная особенность – малая глубина при большой площади водного зеркала (см. таблицу).

Важнейший фактор формирования водного и термического режимов – талые воды. Изменения в гидрологическом режиме озер под влиянием талых вод наиболее полно изучены на Кубенском озере.

Период весеннего нагревания начинается в первых числах апреля. К этому моменту площадь прибрежной области озера, обнаженной в результате зимнего снижения уровня, достигает 30% (на оз. Воже – 52%, на оз. Лача – 45%) от площади озера на 1 декабря (дата начала ледостава). При этом 21% из 30 приходится на лед, осевший на грунт, 9% составляет осушка.

Объем водной массы озера уменьшился за зимний период на 34% за счет образовавшегося ледяного покрова и снижения уровня воды.

Уже в последние дни марта отмечается повышение уровня воды за счет поступления талых вод. Со временем этот процесс получает все большее развитие. Большая часть талых вод поступает в озеро со стоком рек Кубены, Уфтыги, Порезовицы и Ельмы. Их устья преграждены песчаными отмелями (барамы), на которые в конце зимнего периода оседает лед. Таким образом, устья рек, впадающих в озеро, как бы запираются до тех пор, пока подъем уровня воды в реке весной не создаст напора, достаточного для сброса большого объема талой воды в озеро. Так, с 27 марта по 27 апреля 1974 г. объем воды в оз. Кубенском увеличился в 1.2 раза.

Известно, что температура талых вод, поступающих в водоем ранней весной, близка к 0°, и поэтому их приток в озеро должен вызвать изменения в его температурном режиме. Изменения температуры воды и донных отложений озера при поступлении в него талых вод, а также изменение температуры воды в вытекающей из озера реке могут служить индикатором процесса замещения зимней озерной воды на талую. Проследить этот процесс можно как по непосредственным измерениям со льда (рис. 1), так и косвенным путем –

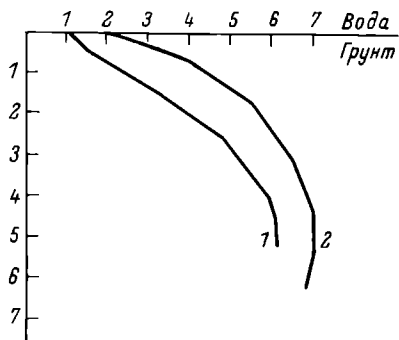


Рис. 1. Ход температуры донных отложений оз. Кубенского.

1 — 27 марта 1974 г., 2 — 27 апреля 1974 г. По оси ординат — глубина, м; по оси абсцисс — температура, °С.

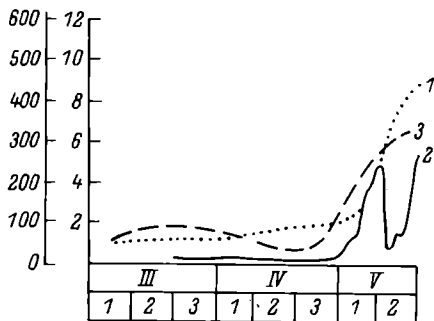


Рис. 2. Ход уровня и температуры воды оз. Кубенского весной 1974 г.

1 — уровень озера по данным поста дер. Коробово, 2 — температура воды по тому же посту, 3 — температура воды в р. Сухоне по данным поста дер. Рабаньга. По оси ординат: слева — уровень, см, справа — температура, °С; по оси абсцисс — месяцы.

по данным измерений температуры и уровня воды на постах ГМС, расположенных на озере и вытекающей из него реке (рис. 2).

Приведенные данные (рис. 1) получены при термосъемках оз. Кубенского со льда в марте-апреле 1974 г. и относятся ко времени поступления талых вод в озеро. Уменьшение температуры донных отложений с марта по апрель указывает на снижение температуры водной массы озера вследствие поступления в него холодных талых вод.

Изменение температуры озерной и речной воды относится к периоду весеннего нагревания, когда в озеро через лед поступает некоторое количество тепла за счет солнечной радиации, в результате чего температура воды в озере должна повыситься. Однако она, по данным поста ГМС дер. Коробово, остается близкой к 0° вплоть до конца апреля (рис. 2). При этом температура воды в р. Сухоне, тепловой сток которой зимой формировался за счет прогретых придонных вод оз. Кубенского, начинает снижаться вследствие поступления в озеро холодных талых вод. Аналогичные процессы отмечены и в озерах Воже и Лача.

Таким образом, талая вода, поступая в озеро, вытесняет его водную массу и снижает температуру донных отложений до минимальных величин в году. Так, минимальный за 1974 г. теплозапас водной массы и донных отложений оз. Кубенского составил 850 кал./см<sup>2</sup>

и сохранялся на озере в течение всего апреля. Такое низкое тепло-содержание водной массы и донных отложений повлияло на развитие органической жизни в озере. По мнению И.И. Николаева (устное сообщение), очень большая бедность зоопланктона в оз. Кубенском, наблюдавшаяся в первой декаде мая 1974 г., когда озеро еще частично было покрыто льдом, а также во второй декаде мая – сразу же после освобождения озера ото льда, может быть вполне объяснима заполнением котловины озера в это время талыми водами, лишенными самостоятельного планктона. Появление в планктоне циклопов и некоторых других хищных видов зоопланктона (которые проводят зиму в пелогене) при прогреве воды лишь до 5-6° можно рассматривать как адаптацию к общему запаздыванию формирования весеннего планктона (в том числе и фитопланктона) в связи с особой ролью талых вод в режиме водоемов типа оз. Кубенского в раннюю фазу весны.

### Л и т е р а т у р а

1. И з о т о в а А.Ф. Особенности метеоусловий открытого периода 1972 г. и его положение в многолетнем ряду. – В кн.: Кубенское озеро. Л., 1974, с. 5-7.
2. И з о т о в а А.Ф. Осадки в районе озер. – В кн.: Озера Лача и Воже. Л., 1975, с. 6-8.

Институт озераведения АН СССР

С.В. Р я н ж и н

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ЦИРКУЛЯЦИЙ ЛЕНГМЮРА ПОПЛАВКАМИ НЕЙТРАЛЬНОЙ ПЛАВУЧЕСТИ

На поверхности водохранилищ, озер, морей и океанов часто наблюдаются полосы, примерно параллельные направлению ветра. В полосах скапливаются водоросли, пена, органические пленки и мелкие плавающие предметы. Исследования показали [3], что между двумя рядом находящимися полосами возникают 2 разнонаправленные геликоидальные циркуляции с горизонтальными осями, параллельными направлению ветра. В полосах происходят нисходящие движения частиц воды, а между ними – восходящие. Первое описание явления принадлежит Ирвингу Лейгмюру, поэтому циркуляции обычно называют его именем.

Значительно усиливая обмен энергией и веществом между поверхностным и нижележащим слоями, циркуляция играет важную роль в формировании верхнего однородного слоя. Однако лишь этим

не ограничивается ее влияние на режим поверхностного слоя воды. Органо-фосфатные пленки, возникающие в результате жизнедеятельности водорослей и живых организмов, скапливаются в полосах и, уменьшая поверхностное натяжение, гасят в них капиллярные волны. Именно поэтому полосы всегда выглядят более гладкими по сравнению с окружающей водой. При этом концентрация взвешенных фосфатов под полосами оказывается в среднем на 25 % выше, чем между ними. Концентрация многих других взвешенных частиц под полосами также оказывается выше, и разница возрастает с увеличением скорости ветра. Поэтому возникает вопрос о репрезентативности гидрохимических съемок: на сравнительно небольшом расстоянии при наличии циркуляций Ленгмюра в поверхностном слое можно встретить значительные различия концентраций. Любопытно, что с увеличением скорости ветра в спектре распределений концентраций частиц по размерам возникает ярко выраженный пик, приходящийся на частицы с размером 6 мкм [4, 5]. Плавающие водоросли, в частности *Sargassum*, сбиваются в полосы и могут увлекаться под поверхность на глубины свыше 100 м [6]. Расчеты показывают, что необходимые для этого скорости нисходящих движений должны достигать 4.5–7.5 см/с [7]. Существование циркуляций играет важную роль в жизни плейстонных организмов, например *Physalia*, на что указывает ряд присущих ей морфометрических особенностей [6]. Наши наблюдения за поведением чаек на Балтике [1] и на Ладожском озере показывают, что чайки в основном садятся на воду вдоль полос, что несомненно связано с особым физико-биологическим режимом, возникающим в участках конвергенции воды. Таким образом, расположение чаек может служить индикатором положения полос в тех случаях, когда последние плохо заметны.

Вышеприведенные факты свидетельствуют о наличии в полосах конвергенций значительных нисходящих движений. Однако прямые измерения их скоростей единичны и не позволяют выявить каких-либо закономерностей. Косвенные данные наталкивают на мысль о том, что с увеличением скорости ветра скорости нисходящих движений также увеличиваются [7]. Летом и осенью 1976 г. на Ладоге нами проводились прямые измерения скоростей опускания в полосах с помощью специально сконструированных поплавков нейтральной плавучести (рис. 1). Поплавки были сбалансированы таким образом, что при отсутствии направленной вниз вертикальной скорости поверхность круга совпадала с поверхностью воды. При наличии вертикальной скорости поплавки заглублялись до глубины, на которой сила направленного вертикального вниз потока уравновешивалась выталкивающей силой. Весь запас плавучести поплавка заключен в верхней части стержня. Поплавки покрывались импигнирующим составом, а затем проводилась их тарировка в нейтральных условиях на основе известной формулы:

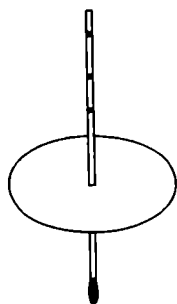


Рис. 1. Поплавок нейтральной плавучести.

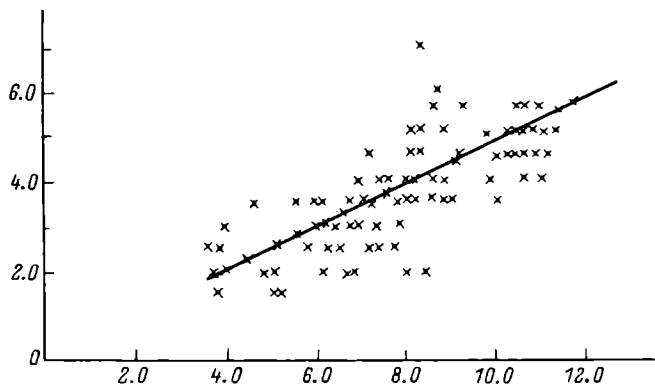


Рис. 2. Измеренные значения скорости нисходящего движения (см/с) и соответствующие средние скорости ветра (м/с).

$$F = \frac{1}{2} c s \rho_W W^2, \quad (1)$$

где  $F$  — сила в динах,  $s$  — площадь круга,  $c$  — коэффициент сопротивления формы,  $\rho_W$  — плотность воды,  $W$  — скорость нисходящего движения, см/с. Нетрудно показать, что изменения плотности воды мало влияют на показания поплавка. Масштаб шкалы позволял определять значения  $W$  с точностью до 0.5 см/с. Центр тяжести поплавка лежит под кругом, ближе к нижнему концу стержня. Как показали испытания, поправки конструкции Сатклиффа [4] не обладают достаточной устойчивостью. Кроме того, Сатклифф не учел коэффициент 1/2 в правой части уравнения (1), что приводит к систематическим завышениям значений  $W$ .

За указанный период было выполнено более 100 вертикальных измерений скорости в полосах. Исследования проводились с небольших катеров или лодок, а также со стоящего на якорях понтона на глубинах от 3 до 150 м. Одновременно с дискретностью 10 с анеморумбометром М-47 регистрировалась скорость ветра  $V$ , измеряемая на высоте 10 м. Полутно проводились стандартные гидрометеорологические наблюдения, синхронные измерения горизонтальных составляющих течения и измерения турбулиметром пульсационных скоростей. В момент измерения поплавком вертикальной скорости на ленте записи ветра ставилась синхронная отметка. При дальнейшей обработке скорость ветра осреднялась за 10 мин, предшествующих моменту измерения вертикальной скорости. Измерения охватывали диапазон средних скоростей ветра от 3.7 до 12.4 м/с. Вертикальная скорость  $W$  менялась от 1.0 до 7.0 см/с. Рассчитанный по всем данным коэффициент линейной парной корреляции ока-

зался равным  $+0.73$  с доверительными пределами  $\pm 0.05$ , с вероятностью 99% [2]. Уравнение линейной регрессии скорости опускания в полосах от средней скорости ветра имеет вид:

$$W = 0.4 (1.0 + \bar{V}_{10}), \quad (2),$$

где  $\bar{V}_{10}$  – средняя за 10 мин, предшествующих моменту измерения  $W$ , скорость ветра на высоте 10 м, м/с,  $W$  – скорость нисходящего движения в полосах, см/с (рис. 2).

Таким образом, с увеличением средней скорости ветра скорость нисходящих движений в полосах увеличивается. Если интенсивность обмена с нижележащими слоями пропорциональна величине  $W$ , то она, очевидно, возрастает с увеличением средней скорости ветра  $\bar{V}_{10}$ .

При примерно одинаковой средней скорости ветра наблюдается разброс значений  $W$  (рис. 2). Так, например, 7 октября при средней скорости ветра от 10.0 до 10.9 м/с значения  $W$  варьировали от 2.5 до 5.5 см/с. Такой разброс легко объяснить, так как при одной и той же средней скорости ветра всегда наблюдался широкий спектр полос по интенсивности внешних проявлений (отчетливость полос, наличие в них пены и т.д.). Измерения же проводились во всех полосах без учета их интенсивности, тогда как скорости нисходящих движений в ярко выраженных полосах всегда выше. Полученное уравнение дает среднее значение вертикальной скорости в полосах. Как уже сказано, минимальные скорости ветра во время измерений составляли 3.7 м/с, поэтому линейная экстраполяция на меньшие средние значения скорости ветра неоправдана. По всей видимости, из-за наличия критических средних скоростей ветра для проявления циркуляций Ленгмюра [1] при малых скоростях ветра существенна нелинейная связь.

## Л и т е р а т у р а

1. Д м и т р и е в а А.А., Р я н ж и н С.В. Гидрометеорологические условия появления вихрей Ленгмюра. Л., 1976, № 18, с. 110-117.
2. П а н о в с к и й Г.А., Б р а й е р Г.В. Статистические методы в метеорологии. Л., 1972. 209 с.
3. L a n g m u i r I. Surface motion of water induced by wind. - Science, 1938, vol. 87, N 2250, p. 119-123.
4. S u t c l i f f e W.H., E d w a r d R.B., M e n z e l D.W. Sea surface chemistry and Langmuir circulation. - Deep-Sea Res., 1963, vol. 10, N 3, p. 233-245.
5. S u t c l i f f e W.H., S h e l d o n R.W., P r e k a s h A., G o r d o n D.C. Relation



- between eind speed, Langmuir circulation and particle concentration in the ocean. - Deep-Sea Res., 1971, vol. 18, N 6, p. 639-643.
6. W o o d c e c k A.H. A theory of surface water motion deduced from the wind-induced motion of Physelia - J. Marine Res., 1944, vol. 3, N 5, p. 196-205.
7. W o o d c e c k A.H. Subsurface pelagic Sergossum. - J. Marine Res., 1950, vol. 9, N 2, p. 77-92.

Институт озераведения АН СССР

С.В. М о н а к о в а

## ЛЕТУЧИЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР ЛАТВ ССР

Настоящая работа - очередное сообщение об изучении содержания летучих жирных кислот, служащих источником образования метана в донных отложениях водоемов.

Летом 1975 г. нами было обследовано 6 озер Латв ССР: Доткас, Вишкю, Резнас, Дридза, Заболотниеку, Бригенес (бассейн р. Даугавы), из них самое большое - оз. Резнас, самое глубокое - оз. Дридза. Получены гидрологические, гидрохимические и микробиологические характеристики водоемов, определено содержание органического вещества в донных отложениях, деструкция органического вещества илов за счет аэробных и анаэробных процессов и количество летучих жирных кислот - уксусной, пропионовой, масляной, валериановой и капроновой.<sup>1</sup> Все определения производились по описанным ранее методикам [1, 2].

Исследованные озера различались по размерам, глубине, трофности, температурному и кислородному режимам. В евтрофном оз. Доткас, мезотрофном оз. Вишкю и олиготрофном оз. Резнас отмечено полное перемешивание водной массы, температура и содержание кислорода к придонным слоям снижались незначительно. В олиготрофных озерах Дридза и Бригенес и олигодистрофном оз. Заболотниеку наблюдалась четкая температурная стратификация, содержание кислорода в оз. Дридза ко дну снижалось на 5%, в оз. Бригенес - на 43%, а в глубоководной части оз. Заболотниеку в придонном слое было только 0.45 мг O<sub>2</sub>/л.

Донные отложения озер Вишкю, Дридза и Бригенес представляли собой серые илы, содержащие 15-17% органического вещества (табл. 1). Наибольшее количество органического вещества отме-

---

<sup>1</sup> Муравьиная кислота определена качественно.

Т а б л и ц а 1

Деструкция органического вещества донных отложений озер

| Озеро                                     | Глубина,<br>м | Характеристика<br>донных отложе-<br>ний | Содержание<br>органическо-<br>го веществ-<br>ва, % | Деструкция органического<br>вещества ила (в мг С/м <sup>2</sup><br>в сутки) за счет процессов |            |
|-------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                           |               |                                         |                                                    | аэробных                                                                                      | анаэробных |
| Доткас .....                              | 4.0           | Черный ил                               | 37.3                                               | 54                                                                                            | 244        |
| Вишню, ст. 1 (заросли) .....              | 1.3           | Песок                                   | 2.7                                                | 49                                                                                            | 22         |
| Вишню, ст. 2 (центральная часть)          | 7.0           | Серый ил                                | 16.7                                               | 71                                                                                            | 66         |
| Резнас, ст. 1 (заросли) .....             | 0.8           | Песок                                   | 2.5                                                | 110                                                                                           | 0          |
| Резнас, ст. 2 (восточная часть)           | 11.5          | Заиленный песок                         | 17.1                                               | 83                                                                                            | 9          |
| Резнас, ст. 3 (центральная<br>часть)..... | 10.0          | Серый ил с<br>песком                    | 16.1                                               | 176                                                                                           | 0          |
| Дридза .....                              | 44.0          | Серый ил с бу-<br>рым наилком           | 16.0                                               | 116                                                                                           | 80         |
| Заболотнику, ст. 1 (заросли) ...          | 3.0           | Торфянистый ил                          | 35.5                                               | 117                                                                                           | 44         |
| Заболотнику, ст. 2 .....                  | 15.0          | То же                                   | 41.8                                               | 0                                                                                             | 62         |
| Бригенес, ст. 1 .....                     | 9.0           | Глинистый се-<br>рый ил                 | 14.6                                               | -                                                                                             | -          |
| Бригенес, ст. 2 .....                     | 20.0          | Серый ил                                | 15.4                                               | 59                                                                                            | 13         |

П р и м е ч а н и е. Прочерк - анализ не производился.

Т а б л и ц а 2

Содержание летучих жирных кислот  
в донных отложениях озер

| Озеро                | Содержание кислот |                        |                |                |                |                | Суммарное<br>содержание<br>кислот, %<br>от органи-<br>ческого<br>вещества<br>ила |
|----------------------|-------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                      | C <sub>1</sub>    | мг на 100 г сырого ила |                |                |                |                |                                                                                  |
|                      |                   | C <sub>2</sub>         | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> |                                                                                  |
| Доткас .....         | +                 | 20.0                   | 0.10           | 0.16           | +              | 0.19           | 0.6                                                                              |
| Вишкю, ст. 1 .....   | +                 | 7.1                    | 0.03           | 0.08           | -              | 0.13           | 0.5                                                                              |
| Вишкю, ст. 2 .....   | +                 | 13.4                   | 0.04           | 0.14           | -              | 0.15           | 0.5                                                                              |
| Резнас, ст. 1 .....  | +                 | 6.0                    | -              | 0.08           | 0.04           | 0.22           | 0.4                                                                              |
| Резнас, ст. 2 .....  | +                 | 15.7                   | 0.06           | 0.10           | -              | -              | 0.7                                                                              |
| Резнас, ст. 3 .....  | +                 | 14.5                   | 0.05           | -              | -              | 0.12           | 0.6                                                                              |
| Дридза .....         | +                 | 3.7                    | +              | +              | -              | 0.18           | 0.2                                                                              |
| Заболотниеку, ст. 1  | +                 | 4.3                    | +              | +              | -              | 0.11           | 0.1                                                                              |
| Заболотниеку, ст. 2  | +                 | 17.5                   | 0.02           | 0.07           | +              | -              | 0.5                                                                              |
| Бригенес, ст. 1 .... | +                 | 19.9                   | 0.05           | 0.09           | 0.08           | -              | 0.8                                                                              |
| Бригенес, ст. 2 .... | +                 | 12.3                   | 0.02           | +              | +              | -              | 0.4                                                                              |

П р и м е ч а н и е. C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> и т. д. - обозначение муравьиной, уксусной, пропионовой и т.д. кислот по числу углеродных атомов в них. (-) - отсутствие кислоты в пробе, (+) - для муравьиной кислоты - ее наличие, для остальных кислот - присутствие в виде следов.

чено в черном иле оз. Доткас и торфянистом иле оз. Заболотниеку (35-42%), наименьшее (около 3%) - в зарослях высшей водной растительности у берегов озера Вишкю и Резнас, где дно покрыто песком.

В олиготрофном оз. Резнас распад органического вещества донных отложений шел преимущественно за счет аэробных процессов (табл. 1), интенсивность которых в этом озере была самой высокой (176 мг С/м<sup>2</sup> в сутки). В олиготрофных водоемах Дридза и Бригенес и мезотрофном Вишкю зафиксированы процессы аэробного и анаэробного распада, но аэробная деструкция преобладала на

31,78 и 55% соответственно. В евтрофном оз. Доткас анаэробное разрушение органического вещества было самым интенсивным, в 4 раза превышало аэробный распад. В глубоководной части олигодистрофного оз. Заболотниеку, где в придонных слоях воды содержание кислорода было незначительным, разложение органического вещества донных отложений происходило лишь за счет анаэробных процессов.

В донных отложениях всех озер установлено присутствие муравьиной и уксусной кислот (табл. 2). Суммарное содержание органических кислот колебалось от 4 до 20 мг на 100 г сырого ила: по отношению к органическому веществу ила это составило 0.1–0.8%. Доля уксусной кислоты была наивысшей – 95–99%. Количество остальных кислот не превышало 0.2 мг, в ряде случаев некоторые из них отсутствовали.

Максимальное содержание летучих жирных кислот отмечено в озерах Доткас и Заболотниеку (глубоководная часть), где преобладали процессы анаэробного распада органического вещества ила, и в оз. Бригенес (на глубине 9 м), минимальное – в самом глубоком оз. Дридза.

Сравнение количества кислот в донных отложениях зарослевой и центральной частей озер показало (табл. 2), что в центре водоема содержание органических кислот выше.

#### Л и т е р а т у р а

1. М о н а к о в а С.В. Летучие жирные кислоты в донных отложениях Рыбинского водохранилища. – Гидробиол. ж., 1975, т. 11, вып. 3, с. 55–59.
2. Р о м а н е н к о В.И., К у з н е ц о в С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974. 194 с.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

# АНАЛИЗ РЕАКЦИИ ИЗБЕГАНИЯ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ У ЖАБРОНОГА STREPTOCEPHALUS TORVICORNIS (WAGA)

Настоящее сообщение – продолжение исследований реакций избегания токсикантов (фенолов, детергентов, пестицидов) у водных беспозвоночных. В качестве объекта служили жаброноги (*Streptocephalus torvicornis*), взятые из поддерживаемой в лабораторных условиях в течение года культуры. Эксперименты проводились по стандартной методике [1].

Перед проведением исследований поведения были получены токсикологические характеристики испытуемых веществ (табл. 1).

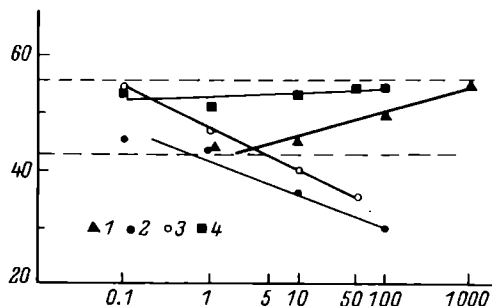
Пороговая концентрация фенола, вызывающая реакцию избегания, равна максимально переносимой и составляет 10 мг/л. Хлорофос вызывает избегание у жабронога в концентрациях, значительно превосходящих смертельные (см. рисунок). Реакции на фенол и хлорофос возрастали пропорционально логарифму концентрации. У жабронога на полихлорпинен (ПХП) и в отличие от других беспозвоночных (водяного ослика, медицинской пиявки) [1, 2] на детергент „Лотос-71” реакции не проявлялись.

Такой необычный результат с „Лотос-71” послужил причиной проведения дополнительных опытов по анализу реакций избегания. Следовало ответить на вопросы: какой рецепцией руководствуются животные в осуществлении реакции избегания? Почему не проис-

Т а б л и ц а 1

Токсичность некоторых веществ для жабронога  
и их пороговые концентрации,  
вызывающие реакцию избегания  
(экспозиция 48 ч, температура 20°)

| Токсикант        | Концентрация, мг/л                   |                  |                   |                                                      |
|------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|------------------------------------------------------|
|                  | Максимально переносимая концентрация | LC <sub>50</sub> | LC <sub>100</sub> | Пороговая концентрация, вызывающая реакцию избегания |
| „Лотос-71” ..... | 5                                    | 12               | 20                | Нет избегания                                        |
| Фенол .....      | 10                                   | 30               | 50                | 10                                                   |
| ПХП .....        | 0.1                                  | 0.17             | 0.25              | Нет избегания                                        |
| Хлорофос .....   | 0.02                                 | 0.04             | 0.06              | 10                                                   |



Реакции избегания у жабронога.

1 — „Лотос-71“, 2 — фенол, 3 — хлорофос, 4 — ПХП. Пунктирная линия ограничивает двойную ошибку средней величины реакции в контроле. По оси ординат — количество животных в токсических растворах, %; по оси абсцисс — концентрация токсических веществ, мг/л (логарифмическая шкала).

ходит избегания некоторых токсических веществ? Для ответа на первый вопрос у жаброногов произведена экстирпация антеннул с расположенными на них хеморецепторными образованиями и, спустя несколько дней после операции, были поставлены опыты по выявлению реакции избегания на те растворы, которые интактными животными эффективно избегались.

Лишенные антеннул жаброноги переставали избегать токсиканты (табл. 2). Различие между опытом и контролем во всех случаях достоверно

Т а б л и ц а 2

Реакция избегания токсических веществ  
после экстирпации хеморецепторных образований у жабронога

| Токсикант      | Концентрация,<br>мг/л | Количество животных в растворе<br>токсиканта, % |                  |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------------------|------------------|
|                |                       | интактные                                       | экстирпированные |
| Фенол .....    | 100                   | 29±4.7                                          | 43±2.8           |
|                | 50                    | 36±3.4                                          | 48±3.7           |
| Хлорофос ..... | 50                    | 35±2.7                                          | 44±6.6           |
|                | 10                    | 40±2.0                                          | 44±4.5           |
| Контроль ..... |                       | 50±3.2                                          |                  |

П р и м е ч а н и е. Каждое число — результат 75 измерений.

( $p < 0.05$ ). Такой результат свидетельствует, что инициирующее звено реакции избегания – хемочувствительность. Он опровергает ранее допускаемое предположение об участии болевой чувствительности в осуществлении избегания токсических веществ.

Для ответа на второй вопрос следовало выяснить, не объясняется ли отсутствие реакции избегания повреждением хеморецепции при действии токсических веществ. Для проверки этой гипотезы жаброноги помещались на 30 мин в те растворы токсических веществ, которые ими не избегались, и после этого испытывали реакции на заведомо избегаемый раствор токсиканта (100 мг/л фенола). Опыты показали (табл. 3), что при „Лотос-71” в концентрации 25 и 50 мг/л и полихлорпинене – в 1 и 10 мг/л избегание прекращалось. Растворы „Лотос-71” 5 мг/л и полихлорпинена 0.1 мг/л не оказывали влияния на проявление реакции избегания. Полученные результаты свидетельствуют о правильности предположения, что токсические вещества в некотором диапазоне концентраций нарушают хемочувствительность и тем самым не дают возможность жаброногам распознавать растворы и уходить от них. Эти нарушения носят временный характер. Если животные после 30 мин воздействия 50 мг/л „Лотос-71” и 10 мг/л полихлорпинена поместить на протяжении суток в чистую воду, то у них реакция избегания на фенол восстанавливается.

Такого рода анализ реакций избегания может быть применен и для других водных животных.

Т а б л и ц а 3

Влияние „Лотос-71” и полихлорпинена на реакции избегания раствора фенола 100 мг/л у жабронога

| Контроль | В норме | % животных в растворе фенола                     |        |        |
|----------|---------|--------------------------------------------------|--------|--------|
|          |         | После 30 мин воздействия „Лотос-71”,<br>мг/л     |        |        |
|          |         | 5                                                | 25     | 50     |
|          |         | 36±5.6                                           | 48±4.2 | 51±7.7 |
| 50±3.2   | 29±4.4  | После 30 мин воздействия полихлорпинена,<br>мг/л |        |        |
|          |         | 0.1                                              | 1      | 10     |
|          |         | 31±4.0                                           | 47±2.4 | 52±3.4 |

1. Тагунов В.Б., Флеров Б.А. Реакция избегания токсических веществ у водяного ослика. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1978, № 39, с. 80–84.
2. Флеров Б.А., Лапкина Л.Н. Избегание растворов некоторых токсических веществ медицинской пиявкой. – Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1976, № 30, с. 48–52.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

А.В. Гончарова

#### К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ ЧЕШУИ РЫБ

Для определения активности щелочной фосфатазы (АЩФ) чаще всего применяются методика Боданского, в которой используется в качестве субстрата  $\beta$ -глицерофосфат [3], а также Бессея [2] где субстрат – паранитрофенилфосфат. Нами использовалась методика Бессея, так как фосфатаза обладает высокой субстратной специфичностью к паранитрофенилфосфату. Кроме того, чешуя содержит много фосфата кальция, который значительно снижает точность определения АЩФ по неорганическому фосфору. За основу взят метод, рекомендованный Всесоюзным лабораторным центром в качестве унифицированного для крови [1]. Мы изменили лишь температуру инкубации с учетом среды обитания рыб, снизив ее с 37 до 20°. Остальные условия методики (концентрация фермента, субстрата, pH среды, продолжительность инкубации) были уточнены экспериментально. Экстрагирование энзима и его инкубация осуществлялись при температуре 20° в термостатированной камере на качалке с использованием 0,2%-го раствора детергента (тритон х = 100). Для определения продолжительности процесса проведена серия анализов с детергентом и без него (см. таблицу).

После 30-минутного экстрагирования количество фермента остается неизменным. Эта экспозиция была избрана для всех последующих работ. В то же время здесь показана роль детергента – фермент экстрагировался активнее.

Для установления длительности инкубирования фермента с субстратом определялась АЩФ в течение 40 мин с интервалами в 5 мин (рис. 1). Как обязательный методический прием избран 30-минутная инкубация.

В связи с тем, что при определении АЩФ используется не чистый фермент, а экстракт с комплексом сопутствующих веществ,



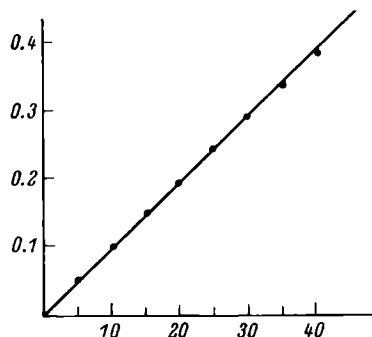


Рис. 1. Изменение АШФ от времени инкубации.

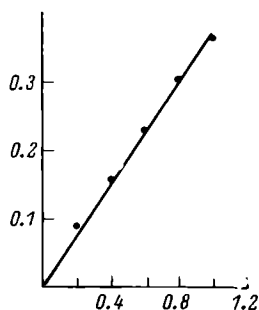


Рис. 2. Зависимость АШФ от количества экстракта.

По оси ординат – оптическая плотность; по оси абсцисс – время, мин.

По оси ординат – оптическая плотность; по оси абсцисс – количество экстракта, мл.

#### Установление длительности экстрагирования фермента и влияния детергента

| Время экстрагирования, мин | Количество фермента |                |
|----------------------------|---------------------|----------------|
|                            | с детергентом       | без детергента |
| 10                         | 0.26                | 0.026          |
| 20                         | 0.33                | 0.05           |
| 30                         | 0.34                | 0.05           |
| 40                         | 0.34                | 0.05           |

необходимо было установить характер зависимости между активностью энзима и количеством экстракта. Эта зависимость имеет линейный характер (рис. 2). Исходя из разрешающих возможностей применяемого прибора (ФЭК-56), для определения использовался 1 мл 5%-го раствора экстракта.

Диапазон значения pH, при котором активность фосфатаз оптимальна, довольно широк. Экспериментально установлено, что максимум АШФ чешуи рыб соответствует интервалу pH от 10 до 11, середина которого (pH = 10.5) избрана как методический прием (рис. 3), что соответствует также условиям унифицированной методики [1].

В отношении концентрации субстрата известно, что при ее увеличении до какого-то предела (порога полного насыщения) АШФ возрастает, после чего остается постоянной. Более высокие концен-

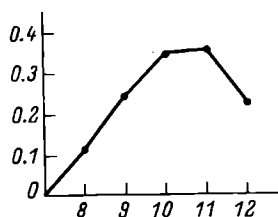


Рис. 3. Изменение АЩФ от pH среды.

По оси ординат – оптическая плотность; по оси абсцисс – pH среды.

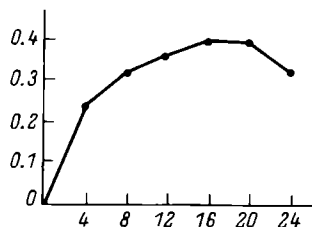


Рис. 4. Изменение АЩФ от концентрации субстрата.

По оси ординат – оптическая плотность; по оси абсцисс – концентрация субстрата, мкмоль/мл.

трации могут угнетать фермент. Стабилизация АЩФ наблюдалась при концентрации субстрата, равной 16 мкмоль/мл (рис. 4). Эта концентрация использовалась в нашей методике.

С выявлением перечисленных методических приемов (постоянных величин) установлена следующая последовательность при определении АЩФ.

Доставленная для анализов партия рыб помещается в аквариум, температура воды в котором должна быть одинаковой с водоемом вылова. Извлекаемая из аквариума рыба обмывается дистиллированной водой, после чего влага удаляется фильтровальной бумагой. С установлением участка тела пинцетом берется навеска чешуи весом в 0.5 г и помещается в колбу объемом 100 мл с 10 мл 0.2%-го раствора детергента. Колба ставится в термостатированную камеру на качалке для экстрагирования в течение 30 мин при 20°. Затем экстракт отделяется от чешуи фильтрованием или центрифугированием. В пробирки объемом 10 мл наливается 0.5 мл глицинового буфера (375 мг глицина и 10 мг  $MgCl_2$  растворяются в 42 мл 0.1 н. раствора едкого натрия; объем доводится дистиллированной водой до 100 мл), к нему добавляется 0.5 мл раствора субстрата (16 мкмоль/мл паранитрофенилфосфата в 0.001 н. растворе  $HCl$ ). Температура субстратно-буферного раствора уравнивается с экстрактом (20°). В субстратно-буферный раствор приливается 1 мл экстракта. Полученная смесь ставится в термостатированную камеру на качалке для инкубации при 20° в течение 30 мин. После инкубации пробирки быстро переносятся в сосуд со льдом, в них добавляется по 10 мл 0.02 н. раствора щелочи, которая инактивирует фермент, и инкубация прекращается. Смесь перемешивается и через 5 мин фотометрируется на ФЭК-56.

Полученные значения оптических плотностей растворов переводятся в величины концентрации паранитрофенала, пропорциональные АЩФ, с помощью калибровочной кривой.

Каждый анализ проводится в 2-3 повторностях в зависимости от степени сходства результатов. Параллельно всегда ставится контроль на реактивы и экстракт из чешуи, чтобы в конце корректировать результаты.

Показатели АЩФ выражаются количеством паранитрофенола (мкмоль), освобожденного ферментом из 1 г чешуи за 30 мин инкубации при температуре 20°.

## Л и т е р а т у р а

1. Д е л е к т о р с к а я Л.Н. Определение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови по гидролизу п-нитрофенилфосфата. - Лабор. дело, 1974, № 4, с. 253-254.
2. B e s s e y R., L o w r y O., B r o c k M. A Method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeteres of serum. - J. Biol. Chem., 1947, vol. 164, p. 321-329.
3. B o d a n s k y O., B a r w i n R., B ä r w i n H. The distribution of phosphatase in the tissues of teleosts and elasmobranchs. - J. Biol. Chem., 1931, vol. 94, N 5, p. 551-560.

Институт биологии  
внутренних вод  
АН СССР

В.Р. А л е к с е е в

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕЛ ВЕСЛОНОГИХ РАКОВ С ПОМОЩЬЮ ЭТАЛОННЫХ РАСТВОРОВ

Вес мелких водных беспозвоночных можно определить расчетным способом, приравнивая их тело к разного рода геометрическим фигурам. Рассчитанный объем, умноженный на плотность тела, дает искомую величину. Для планктонных ракообразных плотность тела принимается равной единице, что ограничивает применение такого метода [1, 2], так как у видов, обитающих у дна, значение показателя плотности должно быть более высоким.

Нами предлагается методика для оценки этого показателя у веслоногих раков. Работа проводилась в 1975 г. на одном из водоемов Астраханского Государственного заповедника.

Плотность тел самок циклопов, предварительно убитых нагреванием, определялась с помощью эталонных растворов поваренной соли, различающихся на 0.01 г/см<sup>3</sup>. При погружении циклопов в

раствор меньшей плотности организмы тонули, большей – всплывали. Истинное значение оказывалось заключенным в этом интервале и принималось как среднее.

Тело рачка, помещаемого в раствор соли, некоторое время остается окутанным оболочкой из пресной воды, придающей ему дополнительную плавучесть и понижающей значение плотности. Напротив, при длительном нахождении циклопа в растворе, имеющем плотность намного большую, чем у рачка, последний постепенно погружается за счет дегидратации высаливания. Время испытания рачка на плавучесть было установлено опытным путем и принято нами равным 30 с.

После каждого погружения в раствор организм возвращался в чашку Петри на 1 мин для освобождения от накопившейся соли. Опыты ставились при температуре 20–21°.

Для экспериментов брались половозрелые самки (167 экз.) 6 видов циклопов, отловленных весной. Опыт с *Cyclops strenuus* (Fich.) был продублирован с особями осенней генерации. Наибольшими значениями плотности тела обладают представители рода *Acanthocyclops*, наименьшими – *Microcyclops gracilis* (см. таблицу).

Яйцевые мешки всех видов имели этот показатель на 0.01 г/см<sup>3</sup> больше, чем у соответствующей самки. Сравнение весенней и осенней генераций выявило некоторое увеличение плотности тела у осенней генерации. Наблюдение за видом показало, что осенью популяция циклопов перемещается из планктона в придонные слои и в течение зимы обитает у дна. Таким образом, увеличение плотности тела носит, вероятно, приспособительный характер.

Методикой можно пользоваться для определения плотности тела и других водных животных с достаточно прочными покровами.

Плотность тел и яйцевых мешков  
некоторых веслоногих раков дельты Волги ( $M \pm m$ )

| Вид                                  | Плотность тел,<br>г/см <sup>3</sup> | Плотность яйцевых<br>мешков, г/см <sup>3</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Cyclops strenuus</i> (Fish.):     |                                     |                                                |
| весенняя генерация .....             | 1.034±0.001                         | 1.043±0.002                                    |
| осенняя генерация .....              | 1.047±0.002                         | -                                              |
| <i>Acanthocyclops viridis</i>        |                                     |                                                |
| (Jur.) .....                         | 1.041±0.001                         | 1.050±0.002                                    |
| <i>A. americanus</i> (Marsh.)        | 1.042±0.003                         | -                                              |
| <i>A. bicuspidatus</i> (Claus.)      | 1.041±0.001                         | 1.052±0.001                                    |
| <i>Microcyclops gracilis</i> (Lill.) | 1.032±0.001                         | -                                              |
| <i>Mesocyclops dybowskii</i>         |                                     |                                                |
| (Lande) .....                        | 1.039±0.001                         | -                                              |

Как показали наши опыты, науплиальные и младшие копепоditные стадии для определения плотности тела таким способом непригодны из-за деформации тела. Старшие копепоditные и имагинальные стадии сколько-нибудь заметных изменений не претерпевают.

## Л и т е р а т у р а

1. Б о р у ц к и й Е.В. Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по остаткам в кишечниках рыб. М., 1960. 217 с.
2. К у д р и н с к а я О.И., Ю ш к о Л.Н. Определение веса по длине у массовых форм копепоdit Кременчугского водохранилища. - Гидробиол. ж., 1973, т. 9, № 6, с. 100-104.

Астраханский государственный  
заповедник им. В.И. Ленина

Н.Е. Я р у ш е к

### ИЗУЧЕНИЕ АЭРОБНОГО БАКТЕРИАЛЬНОГО НАСЕЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЕМОВ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РАЗВЕДЕНИЙ НА БЕЗБАКТЕРИАЛЬНОЙ СРЕДЕ

Многими исследователями установлено, что на используемой для учета численности сапрофитных микроорганизмов среде - мясопептонном агаре (МПА) вырастает лишь незначительная часть от имеющейся в воде водоемов гетеротрофной микрофлоры.

В.И. Романенко [1] предложил использовать для учета численности водных микроорганизмов посев методом титров в пробирки на среду, приготовленную из натуральной воды, лишенной путем фильтрации бактериальных клеток.

Цель настоящего исследования состояла в сравнении 2 вышеперечисленных методов определения численности бактерий при анализе донных отложений.

Пробы грунта отбирались дночерпателем в разных пунктах Саратовского водохранилища в июне 1976 г. Один грамм грунта помещался в колбу со 100 мл стерильной безбактериальной среды. Из полученной болтушки готовились 10 последовательных 10-кратных разведений в пробирках с 9 мл такой же среды. Из каждого разведения производился посев на МПА, через 5 дней инкубирования пробирок при температуре 20° анализ повторялся, а оставшаяся в пробирках вода профильтровывалась через мембранные фильтры с диаметром пор 0.3 мкм для учета количества бактерий методом прямого подсчета.

Т а б л и ц а 1

Общее количество бактерий по прямому счету  
в донных отложениях Саратовского водохранилища  
в июне 1976 г.

| Номер пробы | Место отбора                  | Тип грунта      | Общее количество бактерий, млн /г сырого грунта |
|-------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|
| 1           | Балаково, русло               | Заиленный песок | 2393                                            |
| 2           | пос. Кашпир, русло            | Песок           | 210                                             |
| 3           | Сызрань, левый берег          | Серый ил        | 5116                                            |
| 4           | Сызрань, правый берег         | Заиленный песок | 4209                                            |
| 5           | Устье р. Чапаевки             | Песок           | 2696                                            |
| 6           | с. Винновка, русло            | Заиленный песок | 4786                                            |
| 7           | пос. Кр. Глинка, правый берег | То же           | 4786                                            |

Общее количество бактерий в грунтах из разных пунктов водохранилища колебалось от 210 до 5116 млн/г (табл. 1).

При исходном посеве на МПА в пробах грунта обнаружено от 31 до 310 тыс. кл./г, рост бактерий отмечался до 4-5-го разведения (табл. 2, 3). Результаты анализов, проведенных через 5 дней, отличаются от исходных. Значительный рост сапрофитных бактерий на МПА отмечался до 4-5-го разведения. В 3-й пробе сплошной рост бактерий на чашках со средой наблюдался до 7-го разведения. Начиная с 4-7-го разведения количество гетеротрофных микроорганизмов начинало снижаться до нескольких клеток в 1 мл, 6-9-е разведение было конечным, в котором обнаруживались бактерии, способные расти на МПА.

Количество сапрофитных бактерий, определенное в грунте этим методом, во много раз превышает число бактерий, выросших на МПА при первоначальном посеве из разведений болтушки грунта. Например, в первой пробе при исходном посеве было обнаружено 39000 сапрофитных бактерий в 1 г сырого грунта. При учете через 5 дней численность бактерий возросла до 1000000 (табл. 3).

Увеличение общей численности бактерий по прямому счету отмечалось в тех же крайних разведениях, что и при посеве на твердую среду. Причем в пробах незаиленного песчаного грунта (2 и 5) число живых бактериальных клеток, обнаруживаемых методом

Т а б л и ц а 2

Количество бактерий в дойных отложениях Саратовского водохранилища при посеве на безбактериальную воду методом 10-кратных разведений

| Номер пробы | День определения | Анализ             | Номер разведений |       |       |       |     |       |      |      |      |  |
|-------------|------------------|--------------------|------------------|-------|-------|-------|-----|-------|------|------|------|--|
|             |                  |                    | 2                | 3     | 4     | 5     | 6   | 7     | 8    | 9    | 10   |  |
| 1           | 1                | МПА                | 300              | 47    | 4     | 0     | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | МПА                | сп.р.            | сп.р. | сп.р. | 840   | 2   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | Общий счет, млн/мл | -                | 2.3   | 1.4   | 3.4   | 0.5 | 0.02  | 0.04 | 0.02 | 0.06 |  |
| 2           | 1                | МПА                | 320              | 20    | 4     | 1     | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | МПА                | сп.р.            | сп.р. | сп.р. | сп.р. | 48  | 1     | 2    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | Общий счет, млн/мл | -                | 5.2   | 12.6  | 7.9   | 6.1 | 12.3  | 4.7  | 0.06 | 0.1  |  |
| 3           | 1                | МПА                | 1240             | 83    | 11    | 6     | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | МПА                | сп.р.            | сп.р. | сп.р. | сп.р. | 28  | сп.р. | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | Общий счет, млн/мл | -                | 2.8   | 1.7   | 4.3   | 2.4 | 25.1  | 0.05 | 0.05 | 0.07 |  |
| 4           | 1                | МПА                | 272              | 28    | 5     | 3     | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | МПА                | сп.р.            | сп.р. | сп.р. | 1220  | 1   | 1     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | Общий счет, млн/мл | -                | 2.7   | 1.4   | 0.6   | 0.9 | 0.07  | 0.02 | 0.02 | 0.04 |  |
| 5           | 1                | МПА                | 118              | 15    | 5     | 2     | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | МПА                | сп.р.            | сп.р. | сп.р. | сп.р. | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | Общий счет, млн/мл | -                | 7.0   | 7.0   | 15.9  | 1.7 | 7.4   | 5.6  | 2.5  | 0.07 |  |
| 6           | 1                | МПА                | 1240             | 245   | 37    | 5     | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | МПА                | сп.р.            | сп.р. | сп.р. | сп.р. | 104 | 12    | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | Общий счет, млн/мл | -                | 1.7   | 2.4   | 0.9   | 9.7 | 1.3   | 0.02 | 0.08 | 0.05 |  |
| 7           | 1                | МПА                | 1800             | 200   | 10    | 1     | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | МПА                | сп.р.            | сп.р. | сп.р. | сп.р. | 7   | 4     | 0    | 0    | 0    |  |
|             | 5                | Общий счет, млн/мл | -                | -     | 1.8   | 2.2   | 0.4 | 0.6   | 0.02 | 0.02 | 0.1  |  |
| Контроль:   | 5                | МПА                | 0                | -     | -     | -     | -   | -     | -    | -    | -    |  |
|             |                  | Общий счет, млн/мл | 0.05             | -     | -     | -     | -   | -     | -    | -    | -    |  |

Примечание. Все цифры - средние из 2 повторностей, 0 - нет роста, прочерк - посев не производился, сл. р. - сплошной рост.

### Т а б л и ц а 3

Количество сапрофитных бактерий в донных отложениях  
Саратовского водохранилища,  
определенное различными методами, млн/мл

| Номер<br>пробы | Исходный посев из разведе-<br>ний на МПА | Посев через 5 суток из<br>разведений на МПА |
|----------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1              | 0.039                                    | 1                                           |
| 2              | 0.030                                    | 100                                         |
| 3              | 0.229                                    | 10                                          |
| 4              | 0.101                                    | 1                                           |
| 5              | 0.069                                    | 1000                                        |
| 6              | 0.309                                    | 10                                          |
| 7              | 0.145                                    | 10                                          |

титров и методом прямого подсчета по Разумову, выражается величинами одного порядка.

Таким образом, метод последовательных 10-кратных разведений на стерильной безбактериальной среде может также с успехом использоваться при изучении аэробных форм микроорганизмов донных отложений водоемов.

### Л и т е р а т у р а

1. Романенко В.И. Новый метод определения численности живых бактерий в водоёмах и сравнение его с методом А.С. Разумова. - Информ. бюл. „Биол. внутр. вод“, 1974, № 22, с. 18-21.

Саратовское отделение ГосНИОРХ



|                                                                                            |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Совещание „Реакция клетки на различные альтерирующие воздействия“<br>(Н.Ф. Аникушин) ..... | 3 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|

С о о б щ е н и я

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| В.И. Романенко, М. Аврора Пубиенес,<br>А.С. Даукшта. Развитие бактерий на поверхности воды<br>в экспериментальных условиях .....                               | 4  |
| А.И. Саралов, Э.Г. Добрынин. Фиксация молекулярного<br>азота в озерах Илецкого соляного купола .....                                                           | 8  |
| А.Н. Дзюбан. Численность бактерий и деструкция органического<br>вещества в донных отложениях Саратовского водохранилища .....                                  | 11 |
| Г.Я. Калмыкова. Биохимическая деструкция нормального про-<br>пилового спирта микрофлорой активного ила .....                                                   | 15 |
| А.Г. Охапкин, Г.В. Кузьмин. Общая характеристика сапроб-<br>ности Горьковского водохранилища по фитопланктону .....                                            | 20 |
| В.И. Митропольский. Состояние бентоса Горьковского во-<br>дохранилища в 1975 г. ....                                                                           | 24 |
| И.А. Скальская. Развитие наидид (Naididae, Oligo-<br>chaeta) в зооценозах обрастаний Горьковского водохранилища .....                                          | 27 |
| Т.М. Владимиров. К биологии Rotaria rotatoria<br>(Pallas) (Rotatoria, Bdelloidea) .....                                                                        | 31 |
| П.В. Тузовский. Нимфа водяного клеща <i>Wettina podagrica</i><br>(Koch, 1837) (Pionidae, Acariformes) .....                                                    | 34 |
| Р.А. Родова. Самки хирономид (Diptera, Chironomidae). XIX                                                                                                      | 39 |
| Г.В. Титаренко. О качестве биологического времени .....                                                                                                        | 43 |
| С.В. Козловский. Новые данные о звездчатой пугловке<br><i>Benthophilus stellatus</i> (Sauvage) в Куйбышев-<br>ском водохранилище .....                         | 47 |
| А.С. Литвинов, И.Ф. Фомичев. Опыт расчета устано-<br>вившихся ветровых течений Рыбинского водохранилища .....                                                  | 50 |
| Б.И. Новиков. Некоторые данные о влиянии ветрового режима<br>на распределение синезеленых водорослей в водохранилищах<br>Днепра .....                          | 54 |
| ✓ А.Н. Егоров. Влияние талых вод на гидрологический режим круп-<br>ных мелководных озер .....                                                                  | 57 |
| С.В. Рянжин. Исследование вертикальных скоростей циркуляций<br>Ленгмюра поплавками нейтральной плавучести .....                                                | 60 |
| С.В. Монакова. Летучие жирные кислоты в донных отложениях<br>озер ЛатвССР .....                                                                                | 64 |
| Б.А. Флеров, В.Б. Тагунов. Анализ реакции избегания<br>токсических веществ у жабронога <i>Streptocephalus torvicor-<br/>nis</i> (Waga) .....                   | 68 |
| А.В. Гончарова. К методике определения активности щелочной<br>фосфатазы чешуи рыб .....                                                                        | 71 |
| В.Р. Алексеев. Определение плотности тел веслоногих раков<br>с помощью эталонных растворов .....                                                               | 74 |
| Н.Е. Ярушек. Изучение аэробного бактериального населения дон-<br>ных отложений водоемов методом последовательных разведений<br>на безбактериальной среде ..... | 76 |