

06  
ИБВВ

АКАДЕМИЯ  
НАУК  
СССР

**БИОЛОГИЯ  
ВНУТРЕННИХ  
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

12

28.9.12.77

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ  
ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

# БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 12



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Ленинград • 1971

Главный редактор

доктор биологических наук

*Б. С. КУЗИН*

Редактор издания

доктор биологических наук

*Б. К. ШТЕГМАН*

## БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень № 12

*Утверждено к печати*

*Институтом биологии внутренних вод  
Академии наук СССР*

Редактор издательства *Л. М. Маковская*

Технический редактор *М. Э. Карлайтис*

Корректор *Ж. Д. Андропова*

Сдано в набор 10/V 1971 г. Подписано к печати  
21/X 1971 г. Формат бумаги  $60 \times 90^{1/16}$ .  
Печ. л.  $5^{1/4} = 5^{1/4}$  усл. печ. л. Уч.-изд. л. 5,20.  
Изд. № 4845. Тип. зак. № 269. М-22938.  
Тираж 1100. Бумага № 2. Цена 31 коп.



Ленинградское отделение издательства «Наука»  
199164, Ленинград, Менделеевская лин., д. 1

1-я тип. издательства «Наука». 199034, Ленинград,  
9 линия, д. 12

## СИМПОЗИУМ МБП ПО ПРОБЛЕМЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРЕСНЫХ ВОД

С 6 по 12 мая 1970 г. в небольшом местечке Казимеж Дольный (Польская Народная Республика) проходил симпозиум Международной биологической программы по проблеме продуктивности пресных вод. Симпозиум был организован Центральным комитетом МБП и Польской Академией наук при содействии ЮНЕСКО. В работе симпозиума приняли участие делегаты из 26 стран: Англии (13), Австралии (1), Австрии (3), Болгарии (2), Венгрии (3), ГДР (1), Ганы (1), Голландии (5), Дании (2), Замбии (1), Индии (2), Италии (3), Канады (5), Малави (1), Малазии (1), Нигерии (2), Норвегии (1), СССР (7), США (6), Уганды (3), Финляндии (2), ФРГ (1), Франции (12), Чехословакии (8), Чад (1), Японии (3). Советскую делегацию возглавлял проф. Г. Г. Винберг, являющийся руководителем международной секции продуктивности пресных вод.

На пленарных заседаниях было заслушано 17 докладов, в том числе два, представленных Советским национальным комитетом. Доклады посвящены продуктивности пресноводных сообществ в различных климатических зонах мира. Помимо пленарных заседаний работало 6 секций: первичной продукции, вторичной продукции, микробиологии и процессов деструкции, биоэнергетики, антропогенных факторов и биологического бюджета. Основная задача рабочих групп симпозиума заключалась в информировании его участников об итогах изучения конкретных вопросов и в планировании наиболее важных и пока недостаточно разрешенных проблем.

Проведение симпозиума дало возможность специалистам разных стран выступить в дискуссиях и несомненно способствовало улучшению контактов ученых.

Материалы, доложенные на симпозиуме, будут опубликованы в Польской Народной Республике в специальном издании.

*А. В. Монаков*

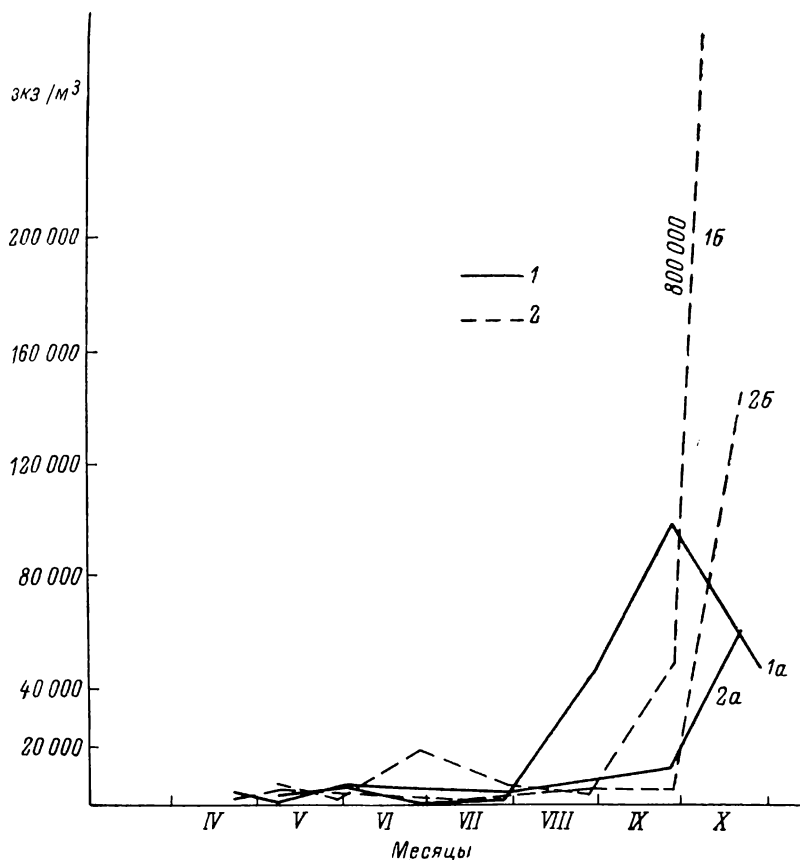
И. К. Р и в ь е р и Н. А. Г е ц

**ЗООПЛАНКТОН МОШКОВИЧСКОГО ЗАЛИВА,  
ПОДОГРЕВАЕМОГО СБРОСНЫМИ ВОДАМИ  
КОНАКОВСКОЙ ГРЭС**

Изучение зоопланктона Мошковичского залива началось в 1967 г. и продолжалось в течение 1968 и 1969 гг. Материал собирался как в самом заливе, так и в близлежащих участках, не испытывающих воздействия подогретых вод. Цель исследований — изучение изменений видового состава зоопланктона залива, соотношения отдельных видов, а также особенностей сезонной динамики руководящих форм. Всего собрано и обработано проб: в 1967 г. — 200, в 1968 г. — 156 и в 1969 г. — 130.

Теплые воды стекают по Мошковичскому заливу поверхностным 1.5—3-метровым слоем, захватывают прибрежные участки и заполняют глубокие заливы по правому берегу. Вытекая, они распространяются на близлежащие мелководья. Скорость течения теплого потока в русловой части залива летом у водослива составляет 0.11—0.14 м/сек., глубже 3—4 м течения практически нет. По мере продвижения по заливу скорости течения резко падают. У дна по руслу ручья, искусственно углубленному после пуска электростанции, наблюдается противотечение — поступление в залив холодной воды водохранилища со скоростью 0.06—0.07 м/сек. (Буторин и Курдина, 1970). Эти придонные слои сохраняют температуру воды водохранилища. Разница придонной и поверхностной температур в заливе обычно составляет 6—7°, но может достигать и 10.5°. При устойчивой жаркой летней погоде, наивысших температурах воды водохранилища и резком увеличении в связи с этим объема заборной воды в заливе происходит распространение теплых вод на значительную глубину и проникновение их до самого дна. Подобные явления отмечались неоднократно в июне—июле 1967 г., в начале июня и конце августа 1968 г., когда в заливе устанавливалась гомотермия с температурой 28—30°. Такие условия особенно неблагоприятно отражаются на гидробиологическом режиме залива (Ривьер, 1968). В течение 1969 г. в связи с холодным летом температура воды в заливе в среднем за сезон

(с мая по октябрь) составила всего  $21.6^{\circ}$ , тогда как в 1968 г. среднелетняя температура равнялась  $25.1^{\circ}$ . Сходными по температурным условиям были 1967 и 1968 гг., в 1969 г. благодаря особенно низким среднелетним температурам гидрологические условия в заливе были наиболее близки к естественным.



Динамика численности *Keratella quadrata* в 1967 г. (1) и 1969 г. (2).

1а, 2а — в районе водозаборного канала; 1б, 2б — в Мошковичском заливе.  
По оси ординат — численность, экз./м³.

Состав, численность, биомасса и характер сезонной динамики руководящих форм зоопланктона залива и близлежащих участков Ивановского водохранилища, лишенных подогрева, в общих чертах сходны. За годы использования Мошковичского залива как водосливного водоема в нем не произошло полного исчезновения холодолюбивых форм и массового развития теплолюбивых. Это объясняется своеобразными термическими условиями залива —

Вид	Июнь			
	ст. 5		ст. 4	
	поверхность 29.8°	дно 19.2°	поверхность 27°	дно 20.8°
<i>Daphnia cucullata</i> . . . .	162	39 000	5300	53 300
<i>D. cristata</i> . . . . .	0	2 600	0	3 330
<i>D. longispina</i> . . . . .	0	0	0	0

стратификацией и поступлением по ложу залива холодных вод водохранилища. За годы существования ГРЭС в заливе изменилось соотношение отдельных видов, своеобразной стала динамика численности некоторых из них, несколько изменились стороны биологии ряда видов. Влияние сброса теплой воды особенно проявлялось в наиболее жаркие периоды 1967 и 1968 гг. В 1969 г. состояние зоопланктона залива и участков, лишенных подогрева, почти не менялось.

Среди коловраток в заливе в течение всего вегетационного периода преобладают *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* и *Polyarthra platyptera*. Эти виды в апреле—мае имеют здесь значительно более высокую численность, чем в водохранилище. Напротив, весенние формы *Synchaeta* и *Asplanchna*, едва появившись весной в заливе, исчезают, никогда не достигая численности, обычной для них в водохранилище, что связано с быстрым повышением температуры воды в заливе. Так, в июне 1968 г. в период массового размножения видов *Synchaeta* в водохранилище при температуре 20° численность их в заливе, где вода прогрелась уже до 29.8°, была в 10—100 раз ниже, чем в открытой части водоема. Обычный для Иваньковского водохранилища осенний пик биомассы зоопланктона, вызываемый массовым размножением коловраток *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *P. platyptera* и *Asplanchna priodonta*, прослеживался нами ежегодно. Однако в заливе, где в это время, видимо, складываются наиболее благоприятные условия, он особенно ярко выражен и вызывается массовым размножением *K. quadrata*. Численность указанного вида в заливе в октябре в десятки раз выше, чем в районе водозаборного канала (см. рисунок).

Среди копепоид в русловой части залива в течение всего лета преобладает *Mesocyclops leuckarti*, численность которого более высока, чем у остальных веслоногих, вместе взятых. При наличии холодного придонного слоя основная масса копепоид сосредоточена

Июль						Август	
ст. 5		разрез VIII				ст. 5	
поверх- ность 27.2°	дно 19.8°	ст. 1		ст. 2		поверх- ность 27.9°	дно 21.5°
		поверх- ность 26.7°	дно 20.2°	поверх- ность 26.7°	дно 19.6°		
3300	31 700	660	4000	0	11 700	5300	83300
1600	0	0	1300	0	1600	0	1600
0	0	0	0	0	0	133	0

у дна, при резком увеличении сброса теплой воды и наивысших температурах (28—30°) численность их по всей толще воды резко падает. В прибрежье залива *M. leuckarti* тоже развивается в массе и обычно остается единственным среди копепод. В районах с естественным прогревом этот вид в течение лета также дает высокую численность, однако наравне с ним встречается *M. oithonoides* и всегда присутствуют диаптомиды (*Diaptomus gracilis* и *D. graciloides*).

Среди ветвистоусых максимальную численность и биомассу в заливе дает *Daphnia cucullata*. В таком же большом количестве размножается *Chydorus sphaericus*, однако его биомасса ничтожна по сравнению с биомассой *D. cucullata*. Последний вид — самая массовая форма среди кладоцер Иваньковского водохранилища и наиболее теплолюбивая из озерных дафний. Она появляется в Мошковичском заливе в течение трех последних лет раньше, чем в других районах водохранилища с естественной температурой. Всюду в Иваньковском водохранилище встречаются два других вида дафний — *D. cristata* и *D. longispina*, хотя численность их несравненно ниже, чем *D. cucullata*. Эти виды присутствуют в пробах, взятых у водозаборного канала в течение всего лета. В мае и июне численность здесь *D. cucullata* и *D. cristata* почти одинакова, тогда как в заливе в это время *D. cucullata* в десятки раз больше, чем *D. cristata*. С июля *D. cristata* в заливе пропадает вовсе, а *D. longispina* присутствует в незначительном количестве. Как правило, эти виды встречаются в придонном слое, где сохраняются более низкие температуры (см. таблицу). При устойчивой жаркой погоде и установлении гомотермии (27—29°) *D. cristata* и *D. longispina* исчезают, численность же *D. cucullata* резко падает по всей толще воды. Осенью (в сентябре—октябре) *D. cristata* и *D. longispina* вновь появляются в заливе, что, видимо, связано с более благоприятными условиями для них в это время.



Массовым видом в прибрежной зоне Иваньковского водохранилища всегда был *Polyphretus pediculus*. Биомасса этого вида в Иваньковском плесе в летние месяцы достигала 9 г/м<sup>3</sup> (Мордухай-Болтовская, 1959). В центральной части Мошковичского залива *P. pediculus* встречен нами лишь в 1969 г. единично. Однако в прибрежной зоне залива благодаря отсутствию здесь течения этот вид размножается в заметном количестве и уже в мае достигает численности 40 000 экз./м<sup>3</sup>.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- Б у т о р и н Н. В. и Т. Н. К у р д и н а. 1970. Новые данные о характере переноса вод в Иваньковском водохранилище. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 8.
- М о р д у х а й - Б о л т о в с к а я Э. Д. 1959. Зоопланктон Иваньковского и Угличского водохранилищ в 1955—1956 гг. Тр. Инст. биол. водохр., 1(4).
- Р и в ь е р И. К. 1968. Влияние сбросных теплых вод Конаковской ГРЭС на зоопланктон Иваньковского водохранилища. Тез. 1-й конфер. по изуч. водоемов бассейна Волги. «Волга-1». Тольятти.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

В. И. Р о м а н е н к о

#### О ФОТОСИНТЕЗЕ ВОДОРОСЛЕЙ В КРАСНОМ СНЕГУ НА ПАМИРЕ

Нами 25 июля 1969 г. в 10 км юго-восточнее г. Гарма (Таджикистан) было произведено несколько анализов интенсивности фотосинтеза водорослей в красном снегу. Пробы отбирались в районе хр. Петра I в двух пунктах примерно на высоте 2700 и 2900 м над ур. м. с поверхностного слоя пятен красного снега, занимавших площадку в несколько десятков квадратных метров.

Снег собирался в большие пробирки по 45 г и обливался раствором радиоактивного изотопа  $\text{Na}_2\text{C}^{14}\text{O}_3$  с активностью под счетчиком 20·10<sup>6</sup> имп./мин. Пробы экспонировались на поверхности снега и были зафиксированы формалином после того как растаяли при спуске с гор. День был безоблачный, температура воздуха в середине дня составляла 13—15°. В качестве контроля служили идентичные пробы, находившиеся в темноте. Часть каждой пробы затем профильтровывалась через мембранный фильтр № 4, радиоактивность водорослей на которых в дальнейшем определялась под торцовым счетчиком Гейгера. В остальной части пробы определялось содержание гидрокарбонатов. Полученные результаты приведены в таблице.

# Интенсивность фотосинтеза в красном снегу

Условия опыта	Номера проб	Содержание гидрокарбонатов, мг С/кг	Радиоактивность организмов в расчете на всю пробу, имп./мин.	Фотосинтез, мг С	
				на 1 кг снега в сутки	на 1 м <sup>2</sup> на глубину 0.5 см./сутки
На свету (фотосинтез) . . . . .	1а	8.4	1750000	0.73	3.7
	1б		1190000	0.50	2.5
	2а		2240000	0.94	4.7
	2б		1440000	0.60	3.0
В темноте (контроль) . . . . .	1а		40000	0.017	0.085
	2а		67000	0.028	0.140

Среди минеральных частиц в пробах воды из снега было большое количество водорослей, которые определены Г. В. Кузьминым как *Chlamidomonas nivalis* Wille. В нефиксированных пробах они имели красную окраску и каждая была покрыта большим количеством мельчайших минеральных частиц.

Таким образом, в поверхностном слое снега, где обитают водоросли, придающие снегу красный оттенок, в течение дня за счет фотосинтеза образуется около 0.7 мг С органического вещества, или около 3.5 мг С/м<sup>2</sup>.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

В. А. Е л и з а р о в а

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О СОДЕРЖАНИИ НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА ХЛОРОФИЛЛА В ВОДЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В последние годы при определении пигментов фитопланктона широко применяется спектрофотометрический метод (Richards, Thompson, 1952; UNESCO, 1966). В основе его лежит измерение экстинкции (оптической плотности) ацетонового экстракта смеси пигментов при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофилла «а», «b» и «с». Один из недостатков этого метода — помехи из-за присутствия в экстракте спектрально сходных с хлорофиллом продуктов его распада. Чаще всего они представлены так называемыми феопигментами (фео-

фитины и феофорбиды), отличающимися от активного хлорофилла отсутствием в центре их молекулы атома магния, и хлорофиллидом, в молекуле которого по сравнению с хлорофиллом отсутствует лишь фитольная группа. Считается, что хлорофиллид — начальный продукт распада хлорофилла.

Много продуктов распада хлорофилла обнаруживается в пробах воды из эфотической зоны морей и океанов, из ареалов с высоким содержанием растительного зоопланктона, из илов. Последние при взмучивании воды попадают в ее толщу. Поэтому особенно важно учитывать продукты распада хлорофилла в более мелководных пресноводных водоемах (Moss, 1967a, 1967b).

Ниже приводятся результаты определений хлорофилла «а» и продуктов его распада в Рыбинском водохранилище. Большая площадь этого водохранилища, малые глубины и частые продолжительные ветры способствуют интенсивному перемешиванию водных масс. Пробы воды отбирались через каждые две недели в течение вегетационного периода 1969 г. на шести стандартных станциях с трех горизонтов — поверхность, 2 м и у дна. Местоположение станций показано на рис. 1.

Планктон из 1 л воды концентрировался фильтрацией через мембранный фильтр № 6. Фильтры с осевшим планктоном посыпались порошком углекислого кальция, подсушивались и до анализов хранились в эксикаторе с силикагелем в темном холодильнике. Почти все пробы обрабатывались в течение недели после их взятия.

Для получения экстракта пигментов фильтр с планктоном помещался в небольшую колбочку с притертой пробкой и заливался 10 см<sup>3</sup> 90%-го перегнанного ацетона. Сюда же добавлялась щепотка толченого стекла «пирекс». Все это перемешивалось до полного растворения фильтра и оставлялось на 15 час. в холодильнике. Затем экстракт отфильтровывался под вакуумом через стеклянный фильтр № 4 и анализировался на спектрофотометре СФ-4А. Экстинкция отсчитывалась при длинах волн 630, 645, 663, 665 и 750 мкм (последняя для поправки на неспецифическое поглощение света экстрактом). После этого к экстракту добавлялись две капли 0.5 н. перегнанной соляной кислоты (для перевода всего хлорофилла в феофитин). Кювета с экстрактом энергично встряхивалась до исчезновения появляющейся мути и через 5 мин. определялась экстинкция при длинах волн 665 и 750 мкм.

Количество феопигментов рассчитывалось по формуле Лоренцена (Lorenzen, 1967):

$$\text{фео-пигменты, мг/м}^3 = \frac{26.7(1.7[665a] - 665_0) v}{Vl},$$

где 665<sub>0</sub> — экстинкция экстракта при длине волны 665 мкм с поправкой на неспецифическое поглощение света, измеренная до подкисления; 665<sub>а</sub> — то же после подкисления;  $v$  — объем ацетона, мл;  $V$  — объем профильтрованной воды, л;  $l$  — длина кювета, см.

По этой формуле определяется общее количество феофитина «а» и феофорбида «а». Однако она основана на удельном коэффициенте экстинкции только феофитина, поскольку для феофорбида этот коэффициент пока неизвестен. Хлорофиллид «а», если он и присутствует в пробе, определяется вместе с хлорофиллом «а».

Количество хлорофилла «а» рассчитывалось по формуле, рекомендованной рабочей группой при ЮНЕСКО (UNESCO, 1966).

На рис. 1 приведены средние за вегетационный период (средне-взвешенные) величины концентраций хлорофилла «а» и феофитина «а» в верхнем 2-метровом слое воды. Как видно, содержание фео-

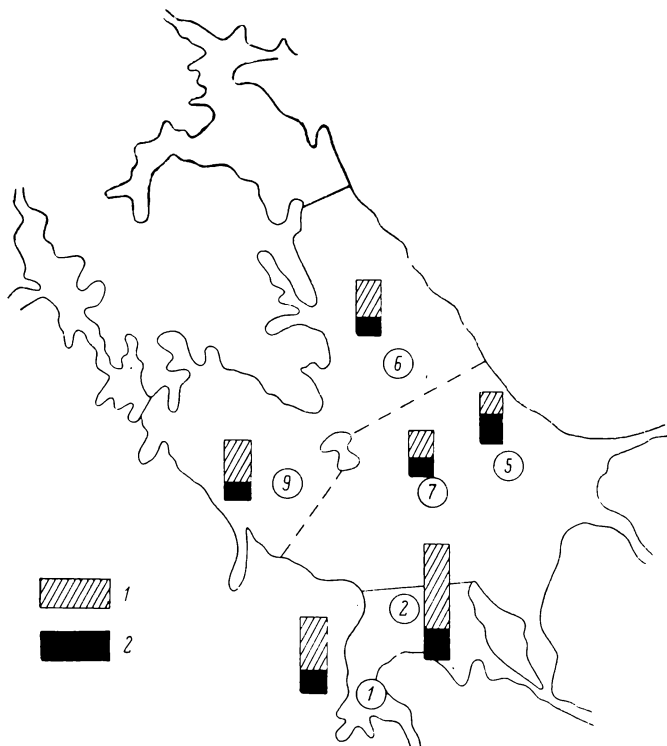


Рис. 1. Содержание хлорофилла «а» (1) и феофитина «а» (2) в 1 л воды (мкг/л) для слоя 0—2 м по станциям.

*Цифры в кружках — номера станций.*

фитина в водоеме колеблется от 0.7 до 1.9 мкг/л, т. е. составляет 14—24% от количества хлорофилла «а». Интересно, что на ст. 5 на феофитин приходится почти половина от хлорофилла. Довольно высоко относительное содержание феофитина также на ст. 7. Обе эти станции находятся в мелководном районе (средняя глубина 6—7 м), подверженном наиболее интенсивному ветровому перемешиванию. Поэтому можно предположить, что феофитины происходят здесь главным образом из донных отложений.

Содержание продуктов распада хлорофилла в водоеме в течение вегетационного периода претерпевает значительные изменения

(рис. 2). В Главном плесе (станции 5—7, 9) в сезонном ходе этого показателя намечаются два пика — весенний и осенний. Летом количество продуктов распада в этом плесе очень незначительно. Весенний и осенний максимумы в содержании феофитина совпадают с периодами интенсивного развития в водоеме фитопланктона и, следовательно, наибольших концентраций хлорофилла «а». Вместе с тем в августе водоросли также дают огромную численность и

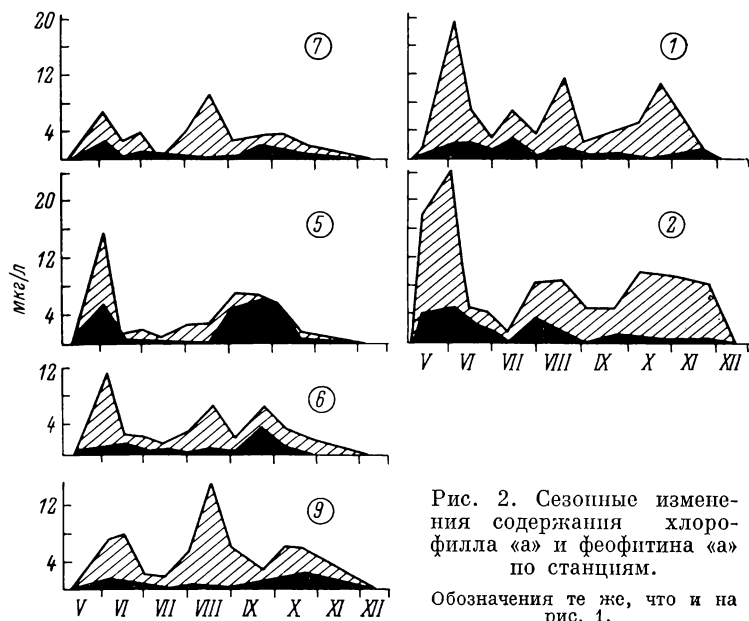


Рис. 2. Сезонные изменения содержания хлорофилла «а» и феофитина «а» по станциям.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

биомассу, но феофитина очень мало. Это позволяет сделать вывод, что в Главном плесе фактором, определяющим содержание феофитина в воде, является перемешивание водных масс. Весной и осенью в толщу воды попадает много разных частиц из донных отложений, так как большинство штормовых и ветреных дней в Рыбинском водохранилище приходится на эти периоды.

В глубоководном Волжском плесе (средняя глубина около 12 м) довольно много феофитина обнаружено весной и летом. Надо полагать, что в водах этого плеса феофитин также поступает в основном из суспендированных илов. Однако основная причина взмучивания воды здесь, по-видимому, стоковые течения, а не ветровые перемешивания. Особенно их действие проявляется на ст. 2, которая расположена в месте соприкосновения моложских и волжских вод.

На рис. 3 представлено распределение феофитина по горизонтам. В большинстве случаев определенной закономерности в вер-

тикальном распределении этого продукта не наблюдается. Исключение составляет лишь летний период, когда максимальное количество феофитина чаще всего обнаруживается в придонном слое. По-видимому, в этих случаях феофитин происходит из диатомовых водорослей, осевших после весенней вспышки в их развитии.

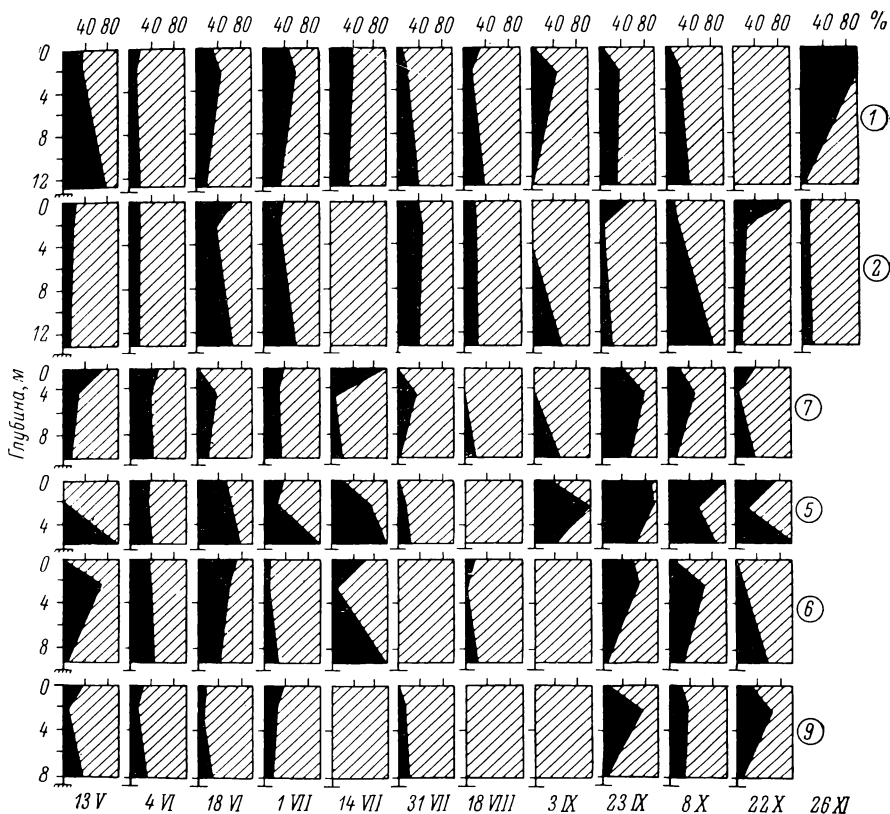


Рис. 3. Содержание феофитина «а» в процентах от хлорофилла «а» по горизонтам.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

Результаты данной работы позволяют констатировать, что феофигменты в Рыбинском водохранилище присутствуют в заметных количествах, выделяясь особенно на мелководных станциях, более всего подверженных ветровому перемешиванию. В сезонной динамике относительного содержания феофитина ясно заметны два максимума — весенний и осенний. Летом, в штилевую погоду количество его невелико. Частые перемешивания воды весной и

осенью затрудняют выяснение какой-либо закономерности в распределении феопигментов по горизонтам. Лишь летом намечается тенденция к повышению их содержания в придонном слое.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- L o r e n z e n C. J. 1967. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnol. a. oceanogr.*, 12, 2.
- M o s s B. 1967a. A spectrophotometric method for the estimation of persentage degradation of chlorophylls to pheo-pigments in extracts of algae. *Limnol. a. oceanogr.*, 12, 2.
- M o s s B. 1967b. A note on the estimation of chlorophyll «a» in freshwater algal communities. *Limnol. a. oceanogr.*, 12, 2.
- R i c h a r d s F. A., T. G. T h o m p s o n. 1952. The estimation and characterisation of plankton populations by pigment analyses. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Marine. Res.*, 11, 2.
- U N E S C O. 1966. Monographs on oceanographic methodology. I. Determination of photosynthetic pigments in sea-water. United Nations Educational Scientific and Cultural Organizathion. Paris.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Л. И. Лисицина и В. А. Экзерцев

#### О ТРАНСПИРАЦИИ ХВОЩА ПРИРЕЧНОГО (*EQUISETUM FLUVIATILE* L.), МАННИКА БОЛЬШОГО [*GLYCERIA MAXIMA* (HARTM.) HOLMB.] И КАМЫША ОЗЕРНОГО (*SCIRPUS* *LACUSTRIS* L.)

Водный режим гидрофильных растений изучен довольно плохо. Некоторые сведения по этому вопросу имеются в работах Н. И. Антипова (1961, 1964, 1966), Е. В. Новиковой (1961), Кайндла (Kindl, 1953, 1954) и Скалторпа (Sculthorpe, 1967).

Нами летом 1969 г. на мелководьях Ивановского водохранилища и на прудах экспериментальной базы Института биологии внутренних вод АН СССР проводились наблюдения над интенсивностью транспирации трех видов, наиболее часто встречающихся в литорали внутренних водоемов: *Equisetum fluviatile*, *Glyceria maxima*, *Scirpus lacustris*. Целью исследования было прослеживание суточного хода транспирации, выявление его зависимости от погодных условий и от сезона, а также расчет расхода воды с единицы площади заросли.

Транспирация растений изучалась непосредственно в их сообществах по методу Л. А. Иванова (1956; Иванов и др., 1950). Определения проводились в течение суток через каждые 3 часа в трехкратной повторности. Одновременно измерялась температура, относительная влажность воздуха и скорость ветра. Количество воды в побегах и листьях определялось путем высу-

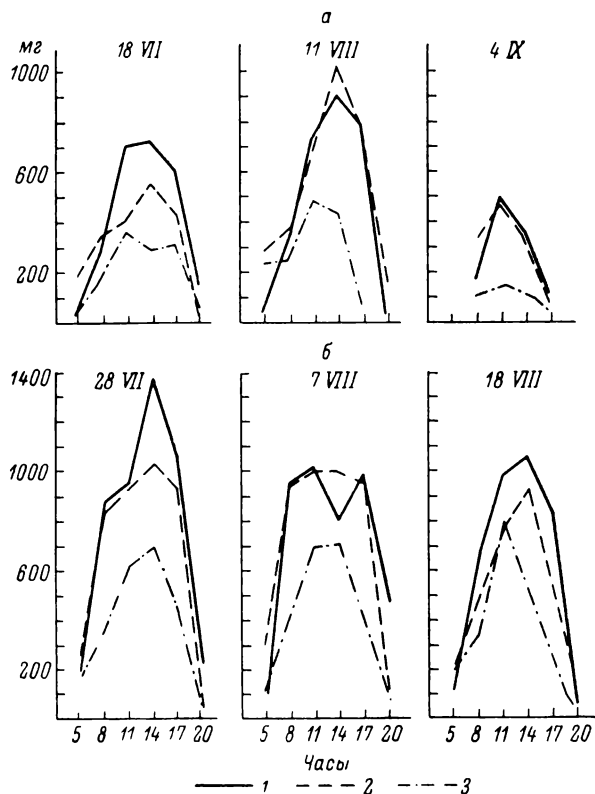


Рис. 1. Интенсивность транспирации гидрофильных растений (мг на 1 г сырого веса за час).

1 — камыш озерный, 2 — манник большой, 3 — хвощ приречный. а — Ивановское водохранилище, б — пруды.

шивания их в термостате до постоянного веса. Устьица подсчитывались на срезах эпидермиса с верхних частей растения.

Результаты определения транспирации приведены на рис. 1 и 2. Из графиков видно, что кривая дневного хода интенсивности транспирации у всех трех видов имеет одновершинный характер. Амплитуда колебания в течение суток довольно большая. Максимальных величин транспирация достигает к 12—14 час. В вечернее и утреннее время потеря воды гидрофитами незначительная. В среднем транспирация изученных видов очень низка, значительно



ниже, чем у большинства мезофильных растений. Полученные нами величины близки к данным по интенсивности этого процесса у слаботранспирирующих окислофитов — голубики (*Vaccinium uliginosum*), клюквы (*Oxycoccus palustris*) и болотной мирты (*Chamaedaphne calyculata*)—(Ситникова, 1956). Наиболее сильно транспирирующим растением является камыш озерный, близок к нему и манник большой. Очень незначителен расход воды у хвоща приречного. Кроме того, ход кривой транспирации хвоща более плавный и продолжительность интенсивной транспирации значи-

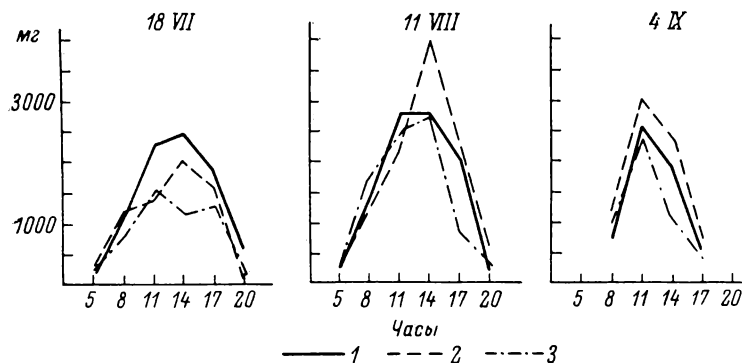


Рис. 2. Интенсивность транспирации гидрофильных растений в Ивановском водохранилище (в расчете на сухой вес, мг на 1 г сухого веса за час).

Обозначения те же, что и на рис. 1.

тельно меньше, чем у двух других видов. Подсчет устьиц показал, что наибольшее их число на единице площади побега наблюдается у камыша озерного (225 на 1 мм<sup>2</sup>), меньше у манника большого (170 на 1 мм<sup>2</sup> верхней стороны листа и 85 на нижней) и хвоща приречного (85 на 1 мм<sup>2</sup>). Следовательно, имеется некоторая корреляция между числом устьиц и интенсивностью транспирации. По всей вероятности, у этих растений преобладает некутикулярная, а устьичная транспирация, о чем свидетельствует и тот факт, что этот процесс у молодых и старых побегов почти одинаков.

При рассмотрении интенсивности транспирации в течение сезона вегетации можно отметить (рис. 1 и 2), что в летние месяцы ее колебания связаны с погодными условиями и только в сентябре происходит общее снижение интенсивности и уменьшение продолжительности «транспирационного дня». У водных растений в течение лета нет резких скачков транспирации. Иная картина наблюдается у наземных видов, значительные изменения интенсивности транспирации которых связаны с колебанием запаса воды в почве.

Зависимость скорости транспирации гидрофитов от температуры и влажности показана на рис. 3. Повышение температуры

с  $15^{\circ}$  (9 августа) до  $24^{\circ}$  (11 августа) вызвало повышение максимальных величин транспирации почти в два раза. Сопоставляя кривые интенсивности транспирации, температуры и влажности воздуха, можно заметить, что в течение суток рост транспирации пропорционален росту температуры и обратно пропорционален увеличению относительной влажности воздуха. У гидрофитов при

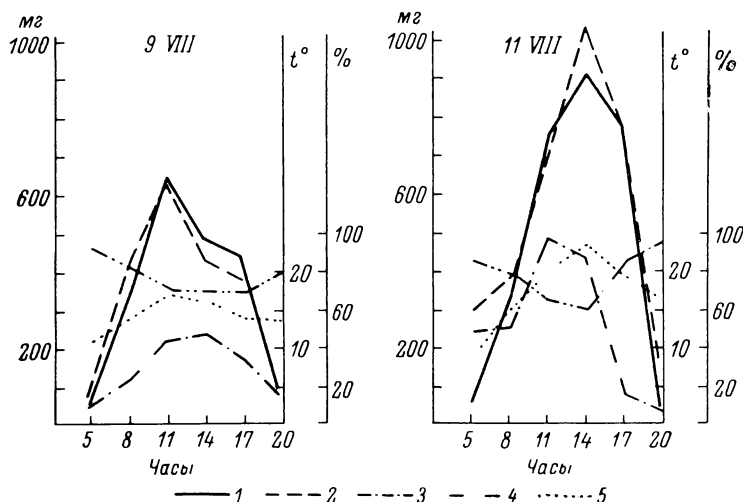


Рис. 3. Зависимость интенсивности транспирации гидрофильных растений от температуры и относительной влажности воздуха в Иваньковском водохранилище.

4 — относительная влажность воздуха, (%), 5 — температура воздуха. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

повышении температуры воздуха дефицита влаги почти не наблюдается и нет полуденного снижения транспирации, характерного для других экологических групп растений.

Имея данные по средней фитомассе сообществ камыша, хвоща и манника и данные по интенсивности транспирации этих видов, мы пытались рассчитать приблизительный расход воды с единицы площади этих фитоценозов. При этом учитывалась транспирация растений, испарение же воды с участков между побегами во внимание не принималось. Средние по плотности заросли камыша озерного транспирируют с  $1 \text{ м}^2$  за час 1019 г воды, хвоща — 768 г и манника — 1695 г. В период наиболее интенсивной транспирации потеря воды с  $1 \text{ м}^2$  сообщества может возрастать до 2903 г у камыша, 3468 у хвоща и 5026 г у манника.

- Антипов Н. И. 1961. Водный режим некоторых гигрофитов. Физиол. растений, 3.
- Антипов Н. И. 1964. Воздушно-водный режим некоторых водных растений. Бот. ж., 49, 5.
- Антипов Н. И. 1966. Водный режим растений с плавающими листьями. Уч. зап. Рязанск. гос. пед. инст., 49.
- Иванов Л. А. 1956. О методе определения транспирации на срезанных побегах. Бот. ж., 41, 2.
- Иванов Л. А., А. А. Силина и Ю. Л. Цельникер. 1950. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в природных условиях. Бот. ж., 35, 2.
- Новикова Е. В. 1961. О транспирации прибрежно-водных растений. Матер. конфер. по проблеме «Биологические комплексы районов нового освоения, их рациональное использование и обогащение». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Ситникова О. А. 1956. Эколого-физиологические наблюдения над оксифитами. Тр. кафедры ботаники Моск. обл. пед. инст., 41, 1.
- Kindl Jutta. 1953. Zum Wasserhaushalt der *Phragmites communis* und *Glyceria aquatica*. Ber. Dtsch. bot. Ges., 66, 7.
- Kindl Jutta. 1954. Zur Transpirationsmessung an Sumpf und Wasserpflanzen. Ber. Dtsch. bot. Ges., 67, 8.
- Sculthorpe C. D. 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold (Publishers), London.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Г. А. Жукова и Л. И. Лисицина

### ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА КОНАКОВСКОЙ ГРЭС НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ МОШКОВИЧСКОГО ЗАЛИВА

Растительный покров литорали Иваньковского водохранилища за 33 года существования этого водоема прошел сложный путь формирования. В настоящее время наступила некоторая стабилизация растительности (Гусева и Экзерцев, 1965; Экзерцев, 1966). Большинство фитоценозов прибрежных и водных растений закончили свое становление. Они равномерно сложены и строго приурочены к определенным условиям среды. В верховьях заливов господствуют заросли хвоща приречного (*Equisetum fluviatile* L.), телореа алоэвидного (*Stratiotes aloides* L.) и кувшинки чистобелой (*Nymphaea candida* L.). Мелководья устьевых участков заливов и открытого плеса заросли манником большим, рдестами блестящим и пронзеннолистным. Пески прибойной зоны заняты сообществами рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus* L.).

Этим же закономерностям распределения подчинялась растительность Мошковичского залива до создания Конаковской ГРЭС. При строительстве канала и углублении русла залива проводились земляные работы, что нарушило, а на некоторых участках совсем

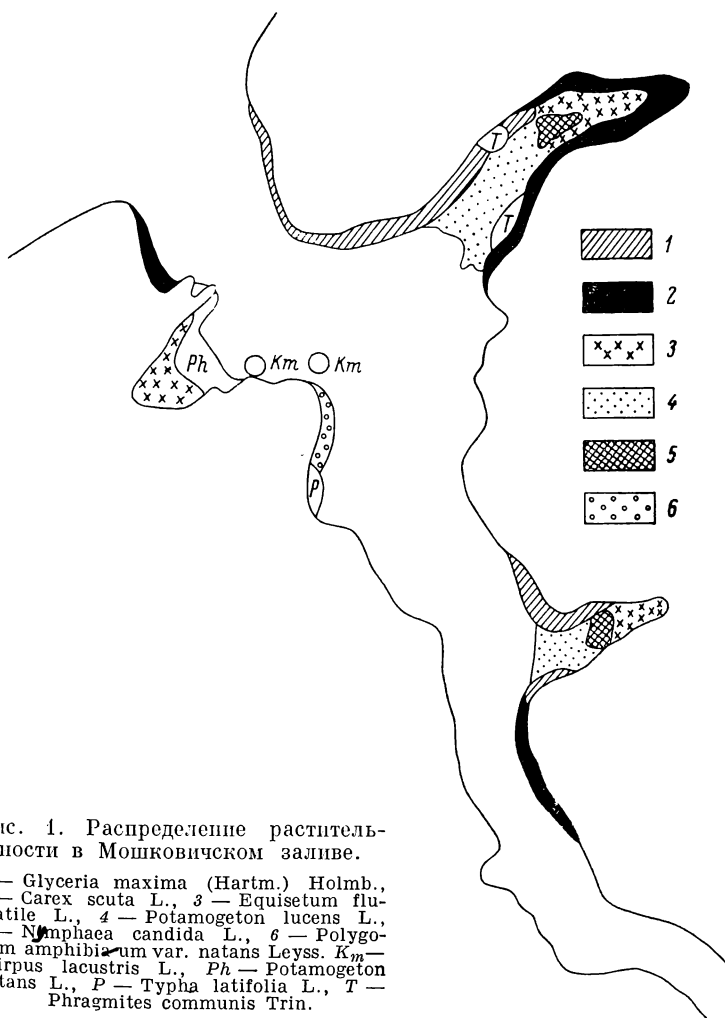


Рис. 1. Распределение растительности в Мошковичском заливе.

1 — *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.,  
2 — *Carex scuta* L., 3 — *Equisetum fluviatile* L., 4 — *Potamogeton lucens* L.,  
5 — *Nymphaea candida* L., 6 — *Polygonum amphibium* var. *natanans* Leyss. *Km* — *Scirpus lacustris* L., *Ph* — *Potamogeton natans* L., *P* — *Typha latifolia* L., *T* — *Phragmites communis* Trin.

уничтожило ранее существовавшую растительность. Кроме того, намывные на большинстве мелководий минеральные грунты несколько приостановили заболачивание мелководий и нормальный ход сукцессий.

В настоящее время растительность залива имеет пятнистый мозаичный облик. Среди господствующих фитоценозов часто встре-

чаются куртины пионеров зарастания обнаженных мелководий: рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.), жерушника земноводного [*Rorippa amphibia* (L.) Bess.] и сусака зонтичного (*Butomus umbellatus* L.). Общая картина распределения растительности приведена на рис. 1. По границе зоны затопления (на глубине 5—10 см) на большинстве побережий залива имеется полоса фитоценозов осоки острой. С нарастанием глубины они сменяются зарослями

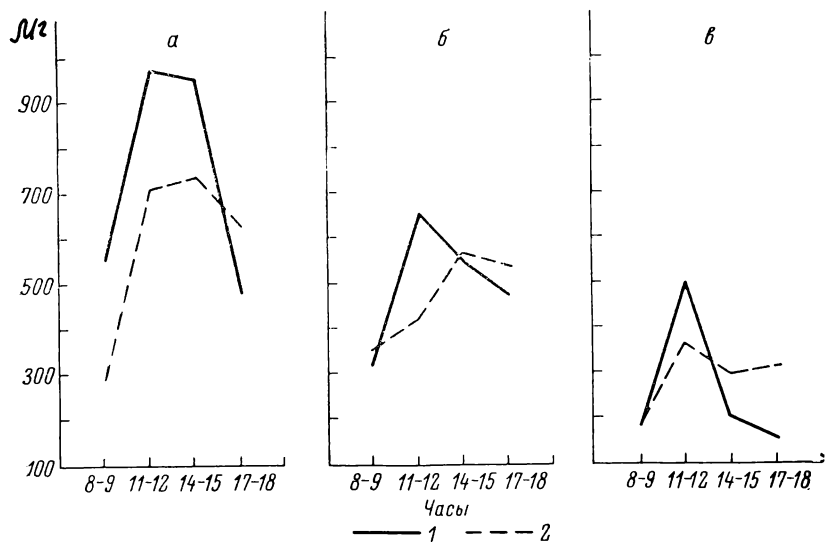


Рис. 2. Интенсивность транспирации растений. ~~мм²~~.

1 — в Мошковичском заливе, 2 — в заливе по р. Бабне. а — *Scirpus lacustris* L., б — *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., в — *Equisetum fluviatile* L.

манника большого (*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.), а в верховьях отрогов — зарослями хвоща приречного. Наконец, пояс собственно водной растительности приурочен к глубинам 100—160 см и представлен на большей части залива хорошо развитыми сообществами рдеста блестящего (*Potamogeton lucens* L.). В верховьях заросших отрогов фитоценозы рдеста замещаются сообществами телореза алоэвидного и кувшинки чистобелой. Кроме перечисленных группировок, в заливе имеется несколько пятен односоставных зарослей тростника (*Phragmites communis* Trin.) и камыша озерного (*Scirpus lacustris* L.).

Влияние теплых вод на растительность сказалось на сдвиге фаз вегетации большинства растений в среднем на один месяц. В Мошковичском заливе все виды начинают вегетировать значительно раньше, чем в других участках водохранилища. Так, в конце мая и начале июня большинство растений цветет, тогда как на остальных мелководьях только начинает вегетировать. Причем раньше

других начинают свой рост сообщества, находящиеся на более глубоких, расположенных ближе к теплomu руслу участках, тогда как в нормальных условиях первыми развиваются растения лучше прогреваемых мелководий.

До сих пор не наблюдается сколько-нибудь значительного увеличения площадей зарослей. Степень зарастания залива не превышает таковую остальных заливов Иваньковского водохранилища. Здесь, вероятно, проявляется влияние зимнего сброса вод. Дело в том, что в течение всего зимнего периода уровень водохранилища очень низок, заросшее мелководье обсыхает и не испытывает влияния подогретых вод. Иная картина на некоторых прудах-охладителях, на которых и в зимнее время можно наблюдать вегетацию погруженной растительности.

Кроме изучения влияния подогретых вод на общий характер растительности, мы пытались сравнить динамику нарастания биомассы основных ассоциаций Мошковичского залива и соседнего залива по р. Бабне, куда подогретые воды не попадают. Для этого один раз в месяц отбирались укосы с площади 1 м<sup>2</sup>. Пробы высушивались до воздушно-сухого состояния (см. таблицу).

Динамика фитомассы фитоценозов макрофитов в теплом и холодном заливах (воздушно-сухой вес, г)

	25 V	26 VI	10 VIII	10 IX
Мошковичский залив				
Хвощ приречный . . .	117.3	982	688	433.8
Тростник обыкновенный	384	1338	1339	1234
Осока острая . . . .	197.5	510	756.5	780
Телорез алоэвидный	70.5	177	461	387.4
Рдест блестящий . . .	—	312	254.9	—
Залив по р. Бабне				
Хвощ приречный . . .	40	702	940	573.4
Тростник обыкновенный	—	315	1234	948.3
Осока острая . . . .	187	423	649.5	517.5
Телорез алоэвидный	41.6	241	862	607
Рдест блестящий . . .	—	31	328.5	274.2

Из приведенных данных видно, что максимум фитомассы у всех рассмотренных сообществ ~~этого~~ залива без подогрева приходится на начало августа. В Мошковичском заливе у разных фитоценозов он наступает в различное время. Так, у сообществ хвоща приречного и рдеста блестящего максимальная фитомасса отмечается уже в июне, а тростника и телореза — в августе. Наиболее существенные различия в величине фитомассы ассоциаций сравниваемых заливов наблюдаются в мае—июне. В следующем месяце продук-

тивность макрофитов Мошковицкого залива ничем не выделяется. Если же говорить об общегодовой продукции макрофитов и принимать за нее величины фитомассы в период максимального развития, то на основе полученных данных можно считать, что теплые воды Конаковской ГРЭС почти не влияют на годовую продуктивность сообществ макрофитов залива.

В 1969 г., кроме наблюдений за сезонным развитием макрофитов, мы поставили ряд опытов по изучению влияния подогретых вод на транспирацию некоторых водных растений — камыша озерного, манника большого и хвоща приречного. Не вдаваясь подробно в методику, можно отметить, что при прочих равных условиях в подогретых водах интенсивность транспирации несколько выше (рис. 2) и, следовательно, расход воды растениями больше, чем в обычных условиях.

Таким образом, при строительстве Конаковской ГРЭС растительность Мошковицкого залива была нарушена и частично уничтожена. В первые годы влияние теплых вод на растительность проявлялось в сдвиге фаз ее развития примерно на один месяц. Подогрев воды не повышает продуктивности основных ассоциаций, а лишь несколько сдвигает максимум фитомассы на более ранние сроки. Расход воды полупогруженной растительностью в теплом заливе несколько больше, чем в нормальных условиях.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- Гусева К. А. и В. А. Экзерцев. 1965. Итоги изучения фитопланктона и высшей водной растительности волжских водохранилищ. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 9 (12).  
Экзерцев В. А. 1966. Флора Ивановского водохранилища. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 11 (14).

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Н. В. Горячева

#### РЕАКЦИЯ БЕСЦВЕТНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ НА ДОБАВЛЕНИЕ В СРЕДУ ВИТАМИНОВ ГРУППЫ В

За последние два десятилетия в мировой науке накоплен обширный материал о содержании витаминов в морских и пресных водоемах и о потребности в них различных групп животных. Витамины группы В принадлежат к числу наиболее активных по

физиологическому действию биокаталитических веществ. Растворенные в естественных водоемах, они определяют урожай многих жгутиковых и водорослей. Потребности жгутиковых в витаминах весьма различны. Обнаружена обязательная потребность в тиамине у жгутиконосцев из родов *Chilomonas*, *Polytoma* и др. Два вида жгутиковых — *Ochromonas malhamensis* и *Poterochromonas stipitata* — не способны размножаться без содержания биотина в среде (Lwoff, 1947). Для многих жгутиковых тиамин и кобаламин — основные факторы роста (Hutchinson, 1943; Lewin, 1954). В настоящей работе рассматривается вопрос о реакции морского бесцветного жгутиконосца *Bodo marina* на добавление в культуральную среду тиамина, пиридоксина, кобаламина и биотина. () способности жгутиконосцев использовать перечисленные витамины судили по динамике их численности в продолжении опытов.

Материалом служил бесцветный морской жгутиконосец *B. marina* линии М-1, культивировавшийся на синтетической минеральной среде с монобактериальным фоном. Жгутиконосцу сопутствовали бактерии *Pseudomonas* sp. Витамины исследовались в следующих концентрациях (мкг/мл):  $B_1$  — 0.1 и 0.01,  $B_6$  — 0.1 и 0.01,  $B_{12}$  — 0.1, 0.01 и 0.001, Н — 0.01 0.001 и 0.0001. Исходные растворы витаминов готовили на стерильной бидистилляте

Для культивирования жгутиконосцев использовалась синтетическая минеральная среда, приготовленная на прокаленных солях (Горячева, 1969). Культуральная среда разливалась по 100 мл в колбы Виноградского и стерилизовалась в автоклаве 30 мин. при температуре 121°. После остывания среда доводилась стерильным раствором  $NaHCO_3$  до pH 7.0 и заражалась суспензией жгутиконосцев из расчета 250 клеток на 1 мл среды. Затем сразу же для бактериального контроля производился посев на РПА. Колбы на время опыта помещались в термостат при температуре 20°. Продолжительность опыта 27 дней. Витамины были внесены на 7-й день культивирования после подсчета численности бодо в колбах, когда жгутиконосцы прошли стадию адаптации, а численность сопутствующих бактерий резко снизилась в результате старения культуры бактерий и выедания их жгутиконосцами.

Всего было поставлено четыре параллельных опыта. Подсчет бодо производился через каждые 3—7 дней. Перед подсчетом колбы хорошо встряхивались, затем 10 мл суспензии из каждой колбы просчитывалось в чашках Петри под микроскопом. В каждой чашке учитывалось 25—50 полей зрения и делался пересчет числа клеток на 1 мл среды. В зависимости от количества клеток в суспензии подсчет производился с окуляром 10× или 7× при объективе 10× на микроскопе МБИ-3 с фазовым контрастом.

Бактериальный контроль производился посевом на РПА в первые двое суток через каждые 12 час., а затем в дни подсчета жгутиконосцев. Это давало возможность наблюдать динамику численности сопутствующих бактерий в контроле и опыте. Средние данные из четырех параллельных опытов представлены на рис. 1—4.

Т и а м и н ( $B_1$ ) и п и р и д о к с и н ( $B_6$ ). Добавление в среду приводит лишь к незначительному увеличению численности жгутиконосцев по сравнению с контролем. Увеличение численности



происходит только через две недели после введения витаминов в среду, т. е. в конце культивирования (рис. 1 и 2). Клетки жгутиконосцев остаются мелкими, как при культивировании на минеральной среде, приготовленной на прокаленных солях, — 1—1.5 мк. Численность бактерий сначала возрастает, а через 7 дней после начала опыта резко падает в результате ускоряющегося отмирания клеток и выедания жгутиконосцами. Добавление в среду тиамин и пиридоксин замедляет темп снижения численности бактерий. Некоторое увеличение численности жгутиконосцев, которое наблюдалось в конце культивирования на средах с витаминами В<sub>1</sub> и В<sub>6</sub>, видимо, объясняется большой численностью сопутствующих бактерий, как источника пищи. Ни тиамин, ни пиридоксин в исследованных концентрациях рост жгутиконосцев непосредственно не стимулируют. Поскольку многие виды бактерий из рода *Pseudomonas* способны синтезировать витамины группы В, можно предположить, что сопутствующие жгутиконосцу *Pseudomonas* sp. обеспечивают его необходимым количеством тиамина и пиридоксина. Не исключена также возможность, что жгутиконосцы сами обладают способностью синтезировать указанные витамины. Это предположение требует специального исследования.

**К о б а л а м и н.** Витамин В<sub>12</sub> в концентрации 0.01 мкг/мл вызывает резкое увеличение численности жгутиконосцев; размер клеток при этом достигает 4—4.5 мк против 1—1.5 мк в контроле (рис. 3, 3). Через 5 дней после добавления в среду кобаламина в концентрации 0.01 мкг/мл численность жгутиконосцев достигает  $1.3 \times 10^4$  клеток в 1 мл среды, т. е. превосходит численность в контроле в 30 раз. В конце культивирования, через три недели после внесения витамина клетки бодо остаются такими же крупными, численность их увеличивается незначительно. Крупные размеры клеток, интенсивный рост *B. marina* сразу же после внесения в среду витамина свидетельствуют о том, что кобаламин в концентрации 0.01 мкг/мл — фактор, стимулирующий размножение бесцветного жгутиконосца *B. marina*. Если жгутиконосец и получает от сопутствующих бактерий кобаламин, синтез его бактериями, по-видимому, не обеспечивает потребности *B. marina* и для его нормальной жизнедеятельности необходимо поступление этого витамина извне.

Рост жгутиконосцев на средах с концентрацией витамина В<sub>12</sub> 0.1 и 0.001 мкг/мл практически не отличается от контроля (рис. 3, 2, 4). Несмотря на то что указанные концентрации не стимулируют размножения *B. marina*, введение витамина в среду приводит к укрупнению клеток до 4—4.5 мк. В исследуемых концентрациях кобаламин не стимулирует размножения *Pseudomonas* sp., сопутствующих жгутиконосцам. Кривая роста численности бактерий на средах с В<sub>12</sub> аналогична кривым роста на средах с витаминами В<sub>1</sub> и В<sub>6</sub> (рис. 1 и 2).

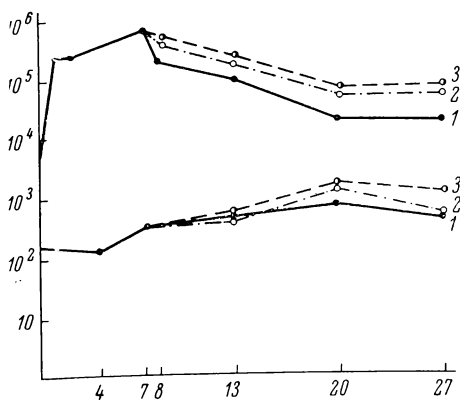


Рис. 1. Рост жгутиконосцев на среде с тиамином.

1 — контроль, 2 — концентрация 0.1 мкг/мл, 3 — концентрация 0.01 мкг/мл. По оси ординат — численность жгутиконосцев и бактерий в 1 мл среды (логарифмическая шкала), по оси абсцисс — продолжительность опыта, сутки.

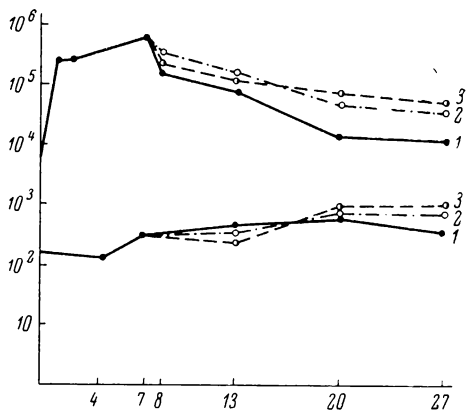


Рис. 2. Рост жгутиконосцев на среде с пиридоксином.

Обозначения те же, что и на рис. 1.

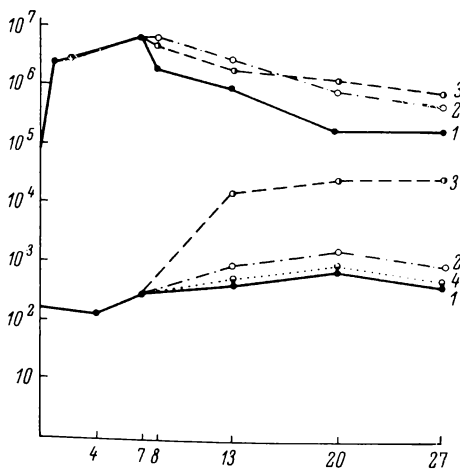


Рис. 3. Рост жгутиконосцев на среде с кобаламином.

4 — концентрация 0.001 мкг/мл. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

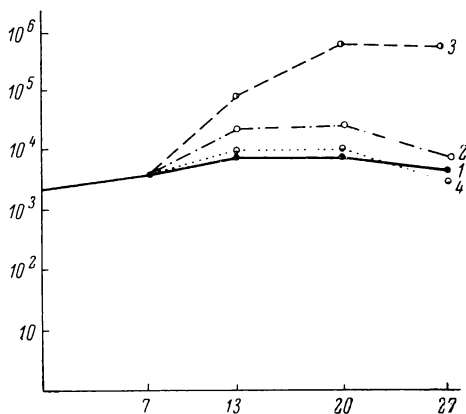


Рис. 4. Рост жгутиконосцев на среде с биотином.

1 — контроль, 2 — концентрация 0.01 мкг/мл, 3 — концентрация 0.001 мкг/мл, 4 — концентрация 0.0001 мкг/мл. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Б и о т и н. Размножение *B. marina* на среде с биотином в концентрации 0.0001 мкг/мл не отличается от размножения его в контрольных условиях. При увеличении дозы биотина в 10 раз численность жгутиконосцев резко увеличивается и через две недели после внесения витамина почти в 90 раз превосходит численность в контроле. Последующее увеличение дозы биотина до 0.01 мкг/мл увеличивает число жгутиконосцев только в 4—5 раз (рис. 4). Так же как и на средах с кобаламином, при всех концентрациях биотина размер клеток достигает 4.5 мк. Бактериальный контроль в этой серии опытов не производился.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- Г о р я ч е в а Н. В. 1969. Влияние солености, температуры и освещенности на размножение жгутиконосцев *B. marina*. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 19 (22).  
H u t c h i n s o n G. E. 1943. Tiamin in lake waters and aquatic organisms. Arch. Biochem. and Biophys., 2.  
L e w i n R. A. 1954. A marine Stichococcus sp. which requires vitamin B<sub>12</sub>. J. Gen. Microbiol., 10, 1.  
L w o f f A. 1947. Some aspects of the problem of growth factors for Protozoa. Ann. rev. Microbiol., 1.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Б. Ф. Ж у к о в

#### ОБ УСТОЙЧИВОСТИ БЕСЦВЕТНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ *BODO SALTANS* И *PLEUROMONAS JACULANS* К УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Хотя вопросу о влиянии ультрафиолетового света на простейших посвящено значительное число работ, не все группы изучены достаточно полно. В частности, весьма слабо исследовано влияние УФ-облучения на бесцветных жгутиконосцев. Можно назвать лишь работы М. М. Камшилова (1963, 1965, 1966, 1967) с морским видом *Bodo marina*. В настоящей статье приводятся некоторые данные о влиянии УФ-радиации на пресноводных бесцветных жгутиконосцев.

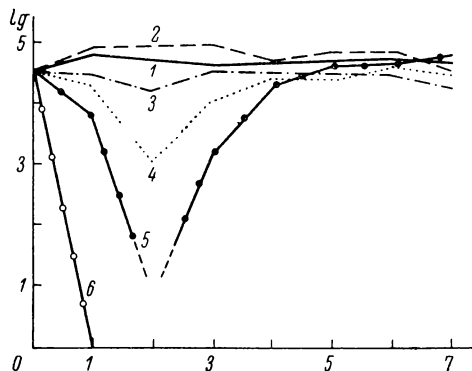
В качестве материала исследования использовались два вида бесцветных жгутиконосцев — *B. saltans* Ehrnb. и *Pl. jaculans* Perty (подотряд *Bodonina*, *Protozoa*). Оба вида выделены из Рыбинского водохранилища и культивировались на среде Прата. Источником облучения служила установка из строенных бактерицидных ламп БУВ-ЗОП, излучающих преимущественно лучи

спектральной линии 253.4 мкм. Интенсивность потока излучения составляла около 550 эрг/мм<sup>2</sup>/мин. Облучение проводилось в открытых чашках Петри на расстоянии 1 м от ламп. Все чашки, включая контроль, после облучения в течение суток содержались при непрерывном освещении, а затем при обычном комнатном при температуре 20–21°. Культуры жгутиконосцев облучались в течение 1, 5, 15, 30 и 60 мин., соответственно получая дозы УФ-облучения 550, 2750, 8250, 16 500 и 33 000 эрг/мм<sup>2</sup>. Опыт проводился в трех повторностях по три чашки на каждое значение УФ-дозы облучения и контроль. Исходное количество жгутиконосцев при всех повторностях устанавливалось приблизительно одинаковым и составляло для *B. saltans* 45 тыс. в 1 мл, а для *Pl. jaculans* — 50 тыс. Счет проводился ежедневно.

**УФ-облучение *B. saltans*.** В результате опыта было выявлено (рис. 1), что жгутиконосцы выносят 30-минутное

Рис. 1. Рост *Bodo saltans* после облучения различными дозами УФ-света.

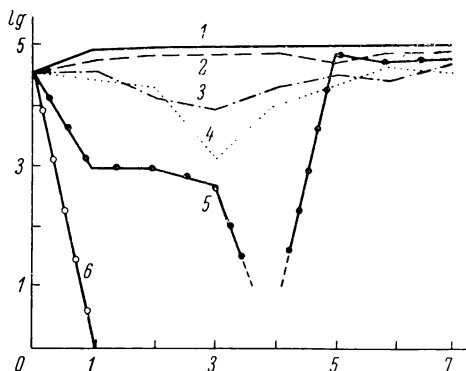
1 — контроль, 2 — организмы облученные в течение 1 мин., 3 — 5 мин., 4 — 15 мин., 5 — 30 мин., 6 — 60 мин. По оси ординат — логарифм численности жгутиконосцев, по оси абсцисс — время в сутках.



облучение УФ-лучами. После 60-минутной экспозиции они все погибали. Облучение в течение 1 и 5 мин. на *B. saltans* практически не влияет. После 15-минутного облучения численность организмов резко падает на вторые сутки, а после 30-минутного облучения на вторые сутки остаются лишь единичные особи. Однако уже на третьи сутки облучения этими дозами начинается усиленное размножение и на 4–5-е сутки численность жгутиконосцев практически не отличается от таковой в контроле.

Следует отметить изменения в поведении и форме тела жгутиконосцев, подвергшихся облучению. Одноминутная и 5-минутная экспозиция видимых изменений не вызывает. Просмотр сразу после 15-минутного облучения позволил обнаружить у многих особей резкое уменьшение размеров и округление формы до шарообразной, что связано, очевидно, с дегидратацией. Кроме того, в отличие от жгутиконосцев контроля и подвергшихся менее длительному облучению, почти все организмы после облучения этой дозой активно плавают в толще жидкости, хотя в нормальных условиях для них более обычным способом передвижения является ползание. При экспозиции 30 и 60 мин. округление тела наступает у всех особей и большинство жгутиконосцев лежит на дне, судорожно подергиваясь. В дальнейшем наступает массовая гибель. После облучения в течение 60 мин. изменения, вызванные УФ-лучами, оказываются необратимыми, что приводит к полной ги-

бели жгутиконосцев. При меньших дозах, вызывающих, однако, значительное уменьшение численности, некоторый процент жгутиконосцев способен к репарации повреждений, вызванных УФ-лучами, и уже на третьи сутки наблюдается усиленный рост оставшихся особей, увеличение размеров до обычных или даже



немного крупнее, а затем быстрое деление.

УФ-облучение *Pl. jaccilans*. Реакция на УФ-облучение аналогична (рис. 2). Доза УФ-радиации, получаемая за вре-

Рис. 2. Рост *Pleuromonas jaccilans* после облучения различными дозами УФ-света. Обозначения те же, что и на рис. 1.

мя 60-минутной экспозиции, является также летальной, и через сутки после облучения жгутиконосцы полностью исчезают. Одноминутное облучение практически не оказывает влияния ни на численность, ни на двигательную активность, ни на форму тела *Pl. jaccilans*. Необходимо, однако, отметить, что этот вид очевидно, более чувствителен к УФ-радиации. На рис. 2 видно, что лаг-период у *Pl. jaccilans* более длительный, чем у *B. saltans*. Последующее увеличение численности жгутиконосцев после 5-, 15- и 30-минутного облучения наступает на сутки или вдвое позднее по сравнению с *B. saltans*. Округление тела и резкое снижение двигательной активности замечается уже после 5-минутной экспозиции.

## ЛИТЕРАТУРА

- Камшилов М. М. 1963. Влияние ультрафиолетовых лучей на микробиоценозы морских простейших. ДАН СССР, 150, 6.  
 Камшилов М. М. 1965. Влияние ультрафиолетового света на бесцветных жгутиконосцев. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 9 (12).  
 Камшилов М. М. 1966. Адаптация бесцветных жгутиконосцев к бактерицидному ультрафиолетовому свету. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 13 (16).  
 Камшилов М. М. 1967. Отбор на повышенную устойчивость к ультрафиолетовым лучам в различных линиях жгутиконосцев. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 14 (17).

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

# НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО БАКТЕРИАЛЬНОМУ ПИТАНИЮ ИНFUЗОРИЙ *PARAMAECIUM CAUDATUM* ENRV.

Нами измерялась эффективность использования парамециями бактерий и некоторых видов водорослей с помощью радиоуглепдного метода (Сорокин, 1966). Инфузории выделялись из прудовой воды и культивировались в лаборатории на бактериальном корме. Меченых бактерий получали следующим образом. К естественному прудовому бактериопланктону добавлялось небольшое количество раствора пептона (две капли 0.5%-го раствора на 40 мл) и 0.2 мл кислотного гидролизата меченой  $C^{14}$  хлореллы. Через 1.5—2 суток количество бактерий возрастало до 2.8 млн/мл. Они поместились  $C^{14}$ , полностью потребив гидролизат. Радиоактивность бактерий определялась на мембранном фильтре № 2. На том же фильтре прямым счетом определялась численность бактерий в 1 мл взвеси, измерялись их размеры и подсчитывалась биомасса в сыром весе и углеводе (Троицкий и Сорокин, 1967). Полученная обратная удельная активность ( $Cr$ ) бактерий составляла  $3.9 \cdot 10^{-6}$  мг  $C$ /имп. В опытах использовались также меченые водоросли (*Chlorella* и *Staurastrum*) и детрит ряски трехраздельной. Инфузории содержались на меченом корме заведомо избыточной концентрации в количестве 100 экз. на 4—5 мл взвеси. Продолжительность опытов — от 2 до 6 час. Затем инфузории отмывались от меченого корма: с помощью пипетки пересаживались 3—4 раза в фильтрованную через предварительный фильтр воду. Омытые таким образом инфузории по 100 экз. высушивались на стеклянных мишенях, их радиоактивность подсчитывалась под торцовым счетчиком.

Можно допустить, что за время отмывания парамеций от от меченого корма (15—20 мин.) его непереваренная часть удаляется из животных. Исходя из этого принято, что приобретенная за время опыта радиоактивность инфузорий соответствует усвоенной части рациона. Чистота отмывки парамеций от меченого корма, а также адсорбция его на телах инфузорий контролировались по радиоактивности предварительно фиксированным раствором Люголя, с которыми проводились те же опыты. Во всех случаях отмывание инфузорий было надежным и адсорбции бактерий на их поверхности не наблюдалось. Количество усвоенного *Paramaecium* корма ( $Ca$ ) рассчитывалось по формуле  $Ca = Cr \cdot r_1$ , мг  $C$ /экз., где  $Cr$  — обратная удельная активность корма,  $r_1$  — радиоактивность одного животного.

Для сравнительной оценки интенсивности питания инфузорий использовались величины индекса усвоения корма за сутки

(Са/С, %). Содержание углерода (С) парameций определялось бихроматным сжиганием (Остапеня, 1965). Оно оказалось равным  $52 \cdot 10^{-6}$  мг С/экз. Спектр питания парameций изучался ранее (Мордухай-Болтовская и Сорокин, 1965). В наших опытах среди предложенных видов корма наиболее интенсивно усваивались бактерии (Са/С = 60%) и в меньшей степени растительный детрит

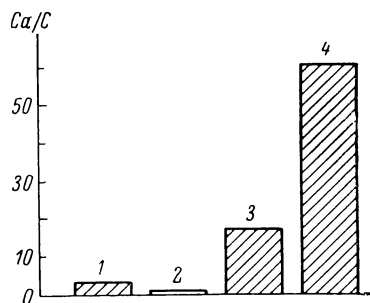


Рис. 1. Спектр питания *Paramaecium caudatum*.

1 — *Chlorella*, 2 — детрит ряски трехраздельной, 3 — *Staurastrum*, 4 — бактерии. По оси ординат — суточный индекс усвоения корма (Са/С, %).

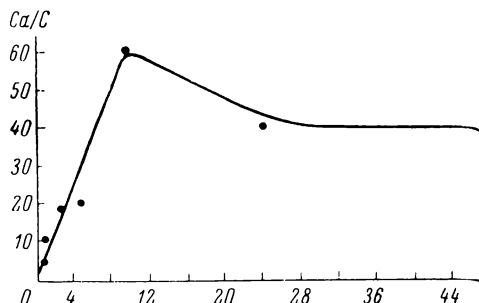


Рис. 2. Потребление парameциями бактерий в зависимости от концентрации корма.

По оси ординат — суточный индекс усвоения корма (Са/С, %); по оси абсцисс — концентрация бактерий, мг/л.

и хлорелла (рис. 1). Полученные величины потребления бактерий парameциями в зависимости от концентрации корма представлены на рис. 2. Максимальное потребление бактерий отмечалось при их биомассе 10 мг/л (Са/С = 60.8%). При небольшой концентрации (0.5 мг/л) индекс усвоения приблизительно тот же, что и при потреблении хлореллы, — 4.5%. Повышение концентраций бактерий (20—50 мг/л) не увеличивает интенсивности питания инфузорий — уровень потребления бактерий стабилизируется.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов позволяют считать бактериальный корм оптимальным для *Paramaecium caudatum*.

## ЛИТЕРАТУРА

- Мордухай-Болтовская Э. Д. и Ю. И. Сорокин. 1965. Питание парameций водорослями и бактериями. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 8 (11).  
Остапеня А. П. 1965. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления. ДАН БССР, 9, 4.  
Сорокин Ю. И. 1966. Применение радиоактивного углерода для изучения питания и пищевых связей водных животных. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 12 (15).

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

В. П. Семерной

**О НАХОЖДЕНИИ ПОЛОВОЗРЕЛЫХ *LUMBRICULUS*  
*VARIEGATUS* (MÜLLER) (*LUMBRICULIDAE*,  
*OLIGOCHAETA*) НА ТЕРРИТОРИИ СССР**

*Lumbriculus variegatus* — широко распространенный в Голарктике вид. Он населяет самые разнообразные водоемы — лужи, болота, ямы, пруды, озера и реки. Обычен среди зарослей водной растительности. Хорошо переносит промерзание грунта до  $-11^{\circ}$ , образуя слизистую капсулу. Размножается преимущественно архитомическим делением, в связи с чем половозрелые особи встречаются крайне редко.

Род *Lumbriculus* (Grube) включает 6 видов, из которых на территории СССР встречаются 2: *L. variegatus*, обычный для водоемов европейской и азиатской частей СССР, и *L. sachalinicus* Sokolskaja, обитающий в водоемах Южного Сахалина (Сокольская, 1967). Несмотря на широкое распространение, половозрелые особи *L. variegatus* на территории СССР до сих пор были найдены лишь в высокогорном болоте Карпат — 1 экз. (Купчинская, 1970). Ранее они были описаны из водоемов Северной Америки, Западной Европы и Японии.

Нами были просмотрены материалы из термокарстового оз. Волкуса (Читинская обл.), любезно переданные Н. М. Пролиным, сборы А. А. Томилова, выполненные на Еравно-Харгинской озерной системе (Бурятская АССР), и собственные материалы из побережья Рыбинского водохранилища. В результате было обнаружено 13 половозрелых особей *L. variegatus* (10 из оз. Волкуса, 2 из оз. М. Харга, 1 из побережья Рыбинского водохранилища), характеризующихся типичными внешними морфологическими признаками: пигментированные покровы, четкая сегментация, массивная округлая головная лопасть и характерные щетинки с рудиментарным дистальным зубцом.

Расположение половых органов у всех червей оказалось различным. Так, у особей из оз. Волкуса мужские гонодукты находились в VIII—X сегментах, из оз. М. Харга один червь имел пару мужских гонодуктов в VIII сегменте, а другой — пару



в VIII и один непарный в IX сегменте, червь из Рыбинского водохранилища имел один мужской гонодукт в VIII сегменте. От семенной воронки каждого мужского гонодукта, обращенной внутрь мужского полового сегмента, отходит по одному тонкому извитому семепроводу. Но иногда наблюдаются две семенные воронки, одна из которых обращена внутрь предыдущего сегмента и не переходит в семепровод. Семепровод входит в ампулу атрия сбоку. Ампула атрия имеет два мощных слоя мускулатуры, располагающихся под прямым углом друг к другу.

Простатическая железа представлена 2—3 слоями клеток разной величины. Каждая клетка с собственным протоком. В средней части выводного отдела расположено мускулистое утолщение, заканчивающееся маленьким тонкостенным пенисом. Мужская пора окружена двумя утолщенными кольцевыми валиками.

Расположение семеприемников у всех особей было также различным. Они находились в X—XV сегментах в числе 3—6 пар. Почти у всех особей в ампулах семеприемников и атриев наблюдалась неоформленная масса спермиев. Сперматекальные поры немного ниже боковой линии.

Половое созревание у *L. variegatus* происходит в летние месяцы — июнь—июль.

Мрачек (Mrazek, 1906) наблюдал значительную вариацию половых признаков у *L. variegatus*, нередко перекрывающую признаки других видов того же рода. У червей, имеющих в нашем распоряжении, вариации были того же характера, т. е. изменялось число и расположение половых органов, но строение копулятивного аппарата оставалось неизменным.

Пользуясь случаем, выражаю глубокую благодарность А. А. Томилову и Н. М. Пронину за предоставленный материал.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Купчинская О. С. 1970. Водные малощетинковые черви и их паразиты фауны западных областей Украины. Автореф. дисс. Львов.
- Сokolьская Н. Л. 1967. Новый вид рода *Lumbriculus* Grube (*Lumbriculidae*, *Oligochaeta*) из водоемов Южного Сахалина. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. биол., 22 (3).
- Mrazek A. 1906. Die Geschlechtsverhältnisse und die Geschlechtsorgane von *Lumbriculus variegatus*. Zool. Jahrb., Abt. Anat., 23.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

**К ФАУНЕ КОЛОВРАТОК РЫБИНСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА**

Материалом для настоящего сообщения послужили сборы коловраток в прибрежье Рыбинского водохранилища в июне—августе 1969 г. Пробы отбирались еженедельно планктонной сетью Апштейна (газ № 76) и скребком в различных типах растительности (рдест пронзеннолистный, рдест гребенчатый, гречиха, тростник, сусак, мох), а также в открытой части прибрежья.

Определение коловраток проводилось в живом виде, так как в консервированном состоянии они сильно деформируются и нередко бывают малодоступны для определения даже опытному специалисту.

На живых объектах обычно удается рассмотреть коловращательный аппарат, погу, чувствительные щупальца и щетинки. Большую помощь в работе с живым материалом, особенно при анатомо-морфологических исследованиях, может оказать применение витального окрашивания, густой среды или паркотизации. В качестве наркотизирующего средства нами использовался уретан. В собранных пробах были найдены следующие виды коловраток, не отмеченные ранее для Рыбинского водохранилища.

Семейство **PHILODINIDAE**

Род **PHILODINA** (Ehrenberg)

*Ph. inopinata* Milne, 1916.

В прибрежье на водных растениях, в обрастаниях, в пересыхающих водоемах. Чаще в июне.

Род **ROTARIA** Scopoli

*R. rotatoria* (Pallas, 1766).

В планктоне прибрежья, а также в мелких запрудах и лужах. В июне—июле.

*R. neptunia* (Ehrenberg, 1832).

Среди водных растений, чаще в зарослях рдеста, а также у дна, среди крупного детрита. В значительном количестве в июне—июле.

*R. neptunoida* Harring, 1913.

Среди зарослей водных растений (рдест, гречиха). Чаше в июле.

*R. socialis* (Kellicott, 1888).

В открытой части побережья, реже среди водных растений. Июль.

*R. gracilicauda* (Murray, 1902).

Среди зарослей водных растений, реже в открытой части побережья. Июль—август.

Семейство **NOTOMMATIDAE**

Род **NOTOMMATA** Ehrenberg

*N. copeus* Ehrenberg, 1834.

В заросших прудах, среди растительности в побережье. Июль.

Семейство **DICRANOPHORIDAE**

Род **DICRANOPHORUS** Nitzsch-Celenka

*D. forcipatus* (Müller, 1773).

В открытой части побережья. Июнь—июль. Единично.

Семейство **COLLOTHECIDAE**

Род **COLLOTHECA** Harring

*C. pelagica* (Rousselet, 1893).

В планктоне побережья. В течение всего лета, июнь—сентябрь.

*C. mutabilis* (Hudson, 1885).

В планктоне открытого побережья. Июнь—сентябрь.

Род **STEPHANOCEROS** Ehrenberg

*S. fimbriatus* (Goldfuss, 1820).

В открытой части побережья и на различных водных растениях. Июнь—сентябрь.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В ВОДОЕМЕ

В нашем эксперименте исследовалось поведение водных беспозвоночных, широко распространенных в прибрежье Рыбинского водохранилища — *Acilius sulcatus* (Coleoptera larvae) и *Polyphemus pediculus* (Cladocera). Особый интерес представляло изучение поведения *P. pediculus*, который в водоеме распределяется в виде четко обособленных стай.

Метод постановки опытов достаточно подробно изложен ранее (Ястребков, 1968; Луферов, 1971). В опытах участвовали только партеногенетические самки *P. pediculus* с субитанными яйцами или с эмбрионами.

Было установлено, что в общении *P. pediculus* немалое значение имеет зрение. Внутривидовое общение с помощью зрения исследовалось в двух сериях опытов. В первой серии подопытным одиночным особям *P. pediculus* демонстрировалось 20 экз. того же вида, во второй — 100 экз. Оказалось, что с увеличением числа демонстрируемых особей показатель зрительного общения<sup>1</sup> *P. pediculus* растет и в обоих случаях выше единицы (см. таблицу). Это свидетельствует о том, что *P. pediculus* видитдвигающихся особей своего вида и стремится сблизиться с ними. Аналогичные результаты получены при демонстрации полифема *Scapholeberis mucronata* (см. таблицу).

Внутри- и межвидовое общение *Polyphemus pediculus*

Условия и результаты опытов	<i>P. pediculus</i> — <i>P. pediculus</i> — общение с помощью обоняния	<i>P. pediculus</i> — <i>S. mucronata</i> — общение с помощью зрения				
	20 экз.	20 экз.	100 экз.	20 экз.	100 экз.	
Показатель общения	1.98	1.21	1.50	1.39	1.70	
Ошибка средней . . .	±0.16	±0.07	±0.14	±0.09	± 0.15	
Коэффициент вариации	0.49	0.54	0.52	0.34	0.43	

Показатель внутривидового общения *P. pediculus* с помощью обоняния оказался более высоким. Это указывает на то, что обо-

<sup>1</sup> Показатель общения — термин, принятый нами для количественной оценки внутри- и межвидового общения животных (Луферов, 1971). Рассчитывался он как отношение числа подходов подопытного животного к демонстрационной камере во время опыта к числу подходов при контроле (с пустой демонстрационной камерой) за единицу времени.

нишие имеет, очевидно, большее значение в общении *P. pediculus*, чем зрение.

Специальные эксперименты были поставлены таким образом, чтобы для подопытных животных сохранялась возможность одновременного общения с помощью зрения и обоняния, а также, возможно, и слуха. Такой тип общения мы условно называем свободным (Луферов и Стеценко, 1971). В этом случае с ростом количества демонстрируемых особей показатель общения *P. pediculus* растет и всегда оказывается выше единицы. Иными словами, чем больше одиночному полифему показывать особей его же вида, тем с большей интенсивностью он к ним стремится. Уже описанным методом (Луферов и Стеценко, 1971) мы определили в прибрежье Рыбинского водохранилища показатель агрегатности распределения *P. pediculus*, который оказался довольно высоким и составил 71.7. Таким образом, поведение *P. pediculus* в опыте при общении с особями своего вида вполне соответствует особенностям распределения его в естественных условиях, где рачок держится отдельными стаями.

Личинки *A. sulcatus* резко реагируют на присутствие особей своего рода. При демонстрации всего 7 экз. у подопытной личинки отмечалось почти полное избегание (см. рисунок). Нередко мы замечали, как подопытная личинка, оказавшись около демонстрируемых *A. sulcatus*, внезапно останавливалась, принимала оборонительную позу, широко расставив передние лапки и раскрыв мандибулы. Постояв так некоторое время, она начала пятиться назад. Показатель агрегатности, вычисленный для личинок на основании 60 проб, составил всего 0.6. Столь разреженное распределение личинок, размещающихся в водоеме отдельными особями, имеет определенный биологический смысл. Помимо того, что личинки *A. sulcatus* хищники-засадчики, они к тому же ярко выраженные каннибалы и поэтому держатся подальше друг от друга.

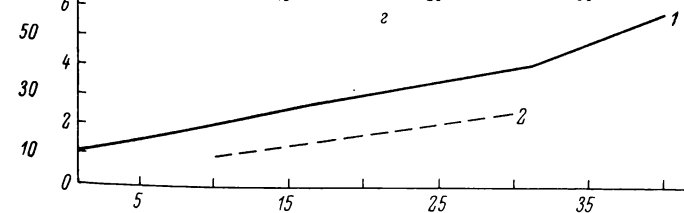
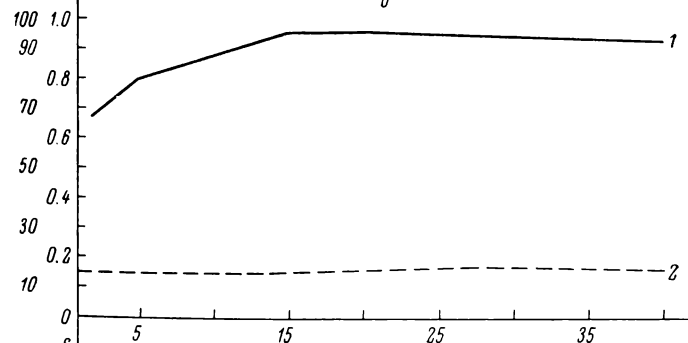
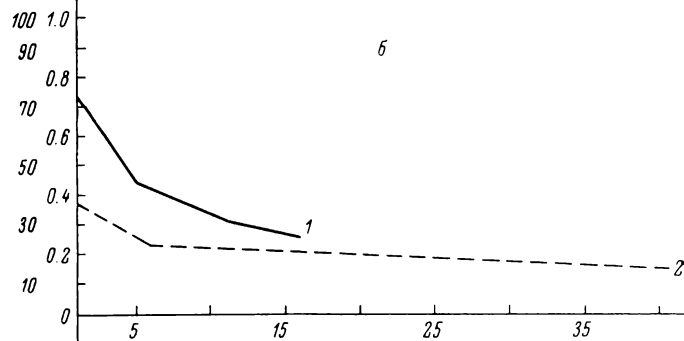
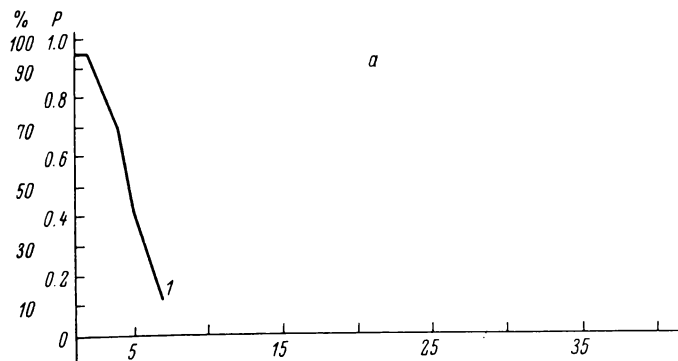
Как указывалось (Луферов, 1971), жаброног *P. risticephalus josephinae* также избегает скоплений особей своего вида, но значительно менее интенсивно, чем *A. sulcatus*. Поэтому степень агрегатности распределения у жабронога выше (см. рисунок).

*Daphnia pulex* при большом количестве демонстрируемых особей была к ним безразлична (Луферов и Стеценко, 1971), и степень агрегатности ее распределения в водоеме соответственно ниже (см. рисунок).

---

Изменение показателя внутривидового общения и направленности движения гидробионтов в зависимости от их численности.

*a* — *Acilius sulcatus*, *b* — *Pristicephalus josephinae*, *в* — *Daphnia pulex*, *г* — *Polyphemus pediculus*. 1 — показатель внутривидового общения, 2 — направленность движений. По оси ординат — направленность движения (%) и показатель внутривидового общения (P), по оси абсцисс — количество экземпляров данного вида.



При исследовании поведения указанных гидробионтов нам удалось обнаружить один из элементов механизма, регулирующего агрегатность распределения животных. Этим элементом служит направленность движения гидробионтов (Луферов, 1971). Оказалось, что направленность движения животного меняется в зависимости от его реакции на количество присутствующих особей своего вида. Так, падение направленности движения *P. josephinae* с ростом его численности связано с рассредоточиванием рачков по водоему. У *P. pediculus*, наоборот, с ростом численности растет и направленность движения, как результат стремления образовать стаю. Естественно, что для образования стаи необходимы согласованные действия большого количества особей.

Направленность движения *D. pulex* особенно низка, поэтому, оставаясь неизменной при различных концентрациях дафний, она соответствует их безразличной реакции (высокая численность) и тем более реакции избегания (малая численность).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Луферов В. П. 1971. Некоторые особенности поведения жабронога *Pristicephalus josephinae* (G.). Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 22(25).  
Луферов В. П. и Л. И. Стеценко. 1971. Некоторые особенности поведения *Daphnia pulex*. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 22(25).  
Ястребков В. А. 1968. Фотоэлектрический прибор для определения двигательной активности водных беспозвоночных. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 17(20).

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

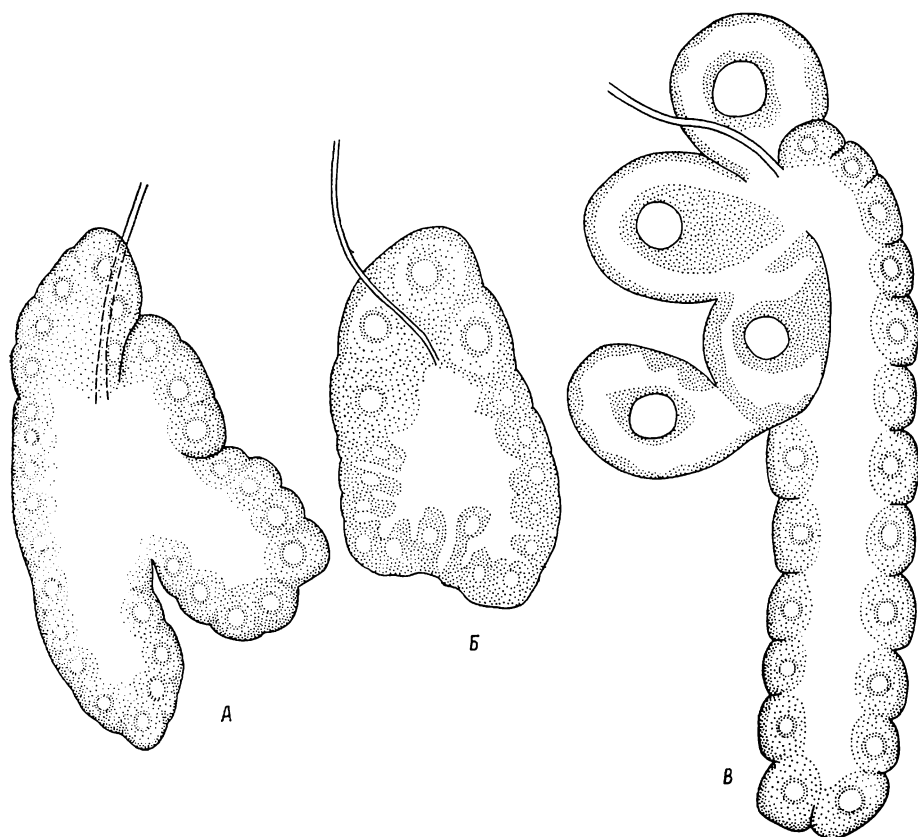
Т. Н. Куражсковская

#### ГИСТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЛЮННЫХ ЖЕЛЕЗ ЛИЧИНОК *CHIRONOMINI* (*DIPTERA*, *CHIRONOMIDAE*)

Даже в пределах одного подсемейства у личинок хирономид наблюдается разнообразие в строении слюнных желез (Константинов, 1967; Куражсковская, 1969). Они отличаются по размеру, общему очертанию, количеству и строению клеток, которые могут быть во всей железе однотипными или заметно различимы по размеру. Для установления связи между строением желез и химическим составом вырабатываемого ими секрета мы применили гистохимический анализ секреторных клеток желез

и их секрета у личинок нескольких родов трибы *Chironomini*. Полученные результаты изложены в настоящей статье.

В пределах трибы различаются железы трех типов (см. рисунок).



Строение слюнных желез личинок *Chironomini*.

А — тип I, железа *Endochironomus*; Б — тип II, железа *Polypedilum*; В — тип III, железа *Cryptochironomus*.

I. Железы состоят из большого числа клеток (более 30) почти одинакового размера. Их передний и задний края (см. рисунок, А) выдаются в виде больших лопастей (*Chironomus*, *Endochironomus*, *Gliptotendipes*).

II. Железы состоят из 20—24 клеток, в передней части несколько более крупных, чем остальные. Передние или задние лопасти (см. рисунок, Б) сравнительно небольшие (*Polypedilum*, *Limnochironomus*).



Результаты тисохимических реакций в клетках спинных желез личинок

Тип желёзы	Объект анализа	Углеводы			Белки							Неукислотные кислоты		Жиры		
		гликоген		реакция ПИИ	суктма-бромфе- ноловый синий	реакция Милто- на	реакция Ромбе	реакция Вуазе- на-Фюрта	контрастно- вая реакция	реакция Серра	реакция Фель- гена	гальопанин с хромовыми красками	судан III	судан IV	Мушикармин по Майеру	
		подная реак- ция	кармин Беста													
I	Клетки	+	+	Кирпично- красные	+	+	+	+	Ярко- желтые	+	+	+	+	+	+	
	Секрет	+	+	Ярко-мали- новый	+	+	+	+	То же	+	+	+	+	+	+	
II	Клетки	+	+	Кирпично- красные	+	+	+	+	Желтые	+	+	+	+	+	+	
	Секрет	+	+	Ярко-мали- новый	+	+	+	+	Бледно- желтый	+	+	+	+	+	+	
III	Гигантские клетки	+	+	Кирпично- красные	+	+	+	+	Желтые	+	+	+	+	+	+	
	Малые клетки	+	+	То же	+	+	+	+	»	+	+	+	+	+	+	
	Секрет	+	+	Красноватый	+	+	+	+	Ярко- желтый	+	+	+	+	+	+	
	Секрет малых клеток	+	+	Ярко-мали- новый	+	+	+	+	Серо- желтый	+	+	+	+	+	+	

III. Железы из 19—30 клеток, еще более различающихся по размерам (см. рисунок, B): в передней части расположены четыре гигантские клетки, остальная часть железы состоит из небольших клеток такого же размера, как в железах первого типа (*Cryptochironomus*).

В секрете и в клетках желез всех трех типов доступными нам методами выявлялись основные химические компоненты (углеводы, белки, жиры). Полученные результаты приведены в таблице.

**У г л е в о д ы.** Гликоген выявляется иодной реакцией и окраской кармином Беста. Он обнаружен как в секрете, так и в клетках желез всех трех типов. Каких-либо различий в интенсивности окраски, а следовательно, и в количестве гликогена в разных участках желез не наблюдалось. Реакция ШИК (реактив Шиффа — иодная кислота) применялась для выявления мукопротеидов, нейтральных мукополисахаридов и гликогена. При этом в железах III типа клетки разного размера окрашивались различно. Секрет малых клеток принимал ярко-малиновую окраску, а гигантских — красновато-кирпичный оттенок, что свидетельствует о различии их функциональных характеристик. Секрет желез I и II типов, как и секрет малых клеток в железе III типа, окрашивался в ярко-малиновый цвет. Цитоплазма клеток желез всех трех типов приобретала однотипный кирпично-красный оттенок.

**Б е л к и.** Выявились реакцией сулема—бромфеноловый синий. В железах всех типов секрет окрашивался однотипно и весьма интенсивно. Группа белков уточнялась специфическими реакциями. Реакции Миллона, Ромье и Вуазена—Фюрта, выявляющие тирозин и триптофан, во всех случаях дали отрицательный результат. Ксантопротеиновая реакция, выявляющая, кроме тирозина и триптофана, также и фенилаланин, была положительной в железах всех типов. Таким образом, эта реакция показала наличие вещества, близкого по своей природе к фенилаланину. При этом наблюдалось четкое различие окраски секрета клеток железы III типа. Секрет гигантских клеток окрашивался в ярко-желтый, почти оранжевый цвет (положительная реакция), а секрет малых — в серо-желтый (реакция отрицательная). Эта реакция, следовательно, подтвердила функциональное различие клеток данной железы, выявленное реакцией ШИК. По-видимому, гигантские клетки вырабатывают вещества, более близкие к фенилаланину, тогда как мелкие клетки в выработке этого секрета не участвуют. Секрет желез I типа, как и секрет гигантских клеток желез типа III, окрашивался в ярко-желтый, почти оранжевый цвет, а секрет желез II типа в бледно-желтый. По-видимому, клетки желез I и II типов в какой-то степени функционально сходны с гигантскими клетками желез III типа. Цитоплазма всех клеток желез трех типов окрашивалась в разные оттенки желтого цвета. Наиболее интенсивно — в железе I типа, несколько сла-

бее — в железе III типа и слабее всего (бледно-желтый цвет) — в железе II типа.

Реакция Серра, выявляющая аргинин, показала, что это вещество содержится в железах всех типов, но не в секрете, а в цитоплазме, окрашивающейся во всех случаях сходно.

Реакцией Фельгена и окраской галлоцианином с хромовыми квасцами выявлялись пуклейные кислоты. В обоих случаях как секрет, так и цитоплазма всех клеток окрашивались очень интенсивно.

Окраска муцикармином по Майеру, выявляющая мукозную слизь, положительной окраски не дала.

Ж и р ы. Выявлялись окраской суданом III и IV, однако ни в одном случае не были обнаружены.

Личинки *Chironomus* и *Glyptotendipes* с железами I типа активно строят домики и ловчие сети в течение всей своей жизни. Личинки *Polypedilum* и *Limnochironomus*, обладающие железами II типа, менее активные строители. А личинки *Cryptochironomus*, железы которых относятся к III типу, ведут свободный образ жизни, хищничают и только перед окукливанием строят кукольные домики. У них же наблюдается наибольшая функциональная специализация разных клеток железы.

Полученные нами данные при всей их недостаточности могут быть полезны в раскрытии механизма пищеварения у личинок хирономид.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Константинов А. С. 1967. Особенности строения слюнных желез и их хромосомы как видовой признак хирономид. В сб.: Фауна Волгоградского водохранилища и влияние на нее загрязнения. Изд. Саратов. гос. ун-в.
- Куражковская Т. Н. 1969. Строение слюнных желез личинок хирономид. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 19 (22).

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Т. Н. Куражковская  
и Л. М. Семенова

#### ДЕЙСТВИЕ МАЛЫХ ДОЗ ФЕНОЛА НА ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД

Наблюдения проводились в 1968 и 1969 гг. на экспериментальной базе Института биологии внутренних вод АН СССР в садках объемом 20 м<sup>3</sup>, естественно заселенных хирономидами

(преимущественно *Chironomus plumosus* с единичными представителями других видов). Ежедневно в садки вносился фенол в расчете 1 мг/л, содержание его в течение сезона колебалось в 1968 г. от 1 до 6 мг/л, а в 1969 г. от 5 до 30 мг/л. Нами отбирались пробы бентоса 1—2 раза в месяц дночерпателем Экмана—Берджа площадью 0.4 м<sup>2</sup> в июне—октябре 1968 г. и в июле и сентябре 1969 г. Кроме того, проводились наблюдения за ростом и развитием личинок хирономид.

Т а б л и ц а 1

Влияние фенола на численность личинок *Ch. plumosus* в 1968 г.

	Садок 1		Садок 2	
	фенол	контроль	фенол	контроль
Июнь . . . . .	762	535	362	275
Июль . . . . .	162	125	775	667
Август . . . . .	225	75	275	125
Сентябрь . . . . .	325	100	300	175
Октябрь . . . . .	477	130	537	25
Среднее . . . . .	390	193	410	253

В 1968 г. в два садка вносился фенол и два были контрольными. Численность личинок *Ch. plumosus* на 1 м<sup>2</sup> по месяцам приведена в табл. 1, из которой видно, что количество личинок во всех случаях было больше в фенольных садках. К осени оно увеличивалось в опытных садках, тогда как в контрольных уменьшилось. Поэтому в 1969 г. мы поставили опыты, позволяющие проверить, как идет рост личинок в фенольном и контрольном садках и не является ли увеличение численности в фенольном садке результатом задержки развития личинок. Для этого в мелкие садки из батиста и плотного газа помещались кладки *Ch. plumosus*, полученные в лаборатории от комаров, собранных в одном месте и в одно время. Кладки предварительно выдерживали до начала проклеивания личинок, чтобы можно было определить их жизнеспособность. В опытный и контрольный садки помещалось по одной кладке. Каждые 10 дней из контрольного и фенольного садков вынимались малые садки, из них выбирались все личинки и фиксировались формалином. При обработке определялся возраст личинки измерением головной капсулы (Шилова, 1958).

Заметного отставания в росте личинок в фенольном садке не наблюдалось (табл. 2), так как известно, что личинки из одной кладки развиваются крайне неравномерно (Шилова, 1958).

Возрастной состав личинок *Ch. plumosus*

Садок	7 VII	17 VII	28 VII	7 VIII	11 VIII
Контроль . . . . .	II—III	II—II	III—IV	III—IV	II—III
Фенол . . . . .	III—IV	II—III	II—III	II—III	II—III—IV

В наших опытах в одном садке из одной кладки личинки достигали разных возрастов. Чаще это были личинки двух возрастов — II—III или III—IV, а к концу опыта даже трех. В 1969 г. мы не брали еженедельных проб дночерпателем, а взяли только несколько проб в июле и сентябре. В июле в фенольном садке численность личинок была в 14 раз больше, чем в контрольном. Основными видами были *Ch. plumosus* и *Tanytarsus* группы *gregarius*, тогда как в 1968 г. преобладал только *Ch. plumosus*. 30 сентября 1969 г. в контрольном аквариуме личинки не наблюдались совсем, а в фенольном их численность достигала 200 на 1 м<sup>2</sup>, но видовой состав несколько изменился по сравнению с летним — преобладали личинки *Procladius ferrugineus*.

Увеличение численности хирономид в фенольных садках можно объяснить только большей выживаемостью личинок, так как условия питания в фенольном садке лучше.

Следовательно, малые дозы фенола (от 1 до 20 мг/л) не вызывают угнетения роста и развития личинок хирономид.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

Ш и л о в а А. И. 1958. О сроках вылета и количестве генераций *Tendipes plumosus* в Рыбинском водохранилище. Бюлл. Инст. биол. водохр. АН СССР, 1.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

Г. Д. Г о н ч а р о в

#### ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНЦИЯ ЛИМФОИДНЫХ КЛЕТОК ПОЧЕК КАРПА (*CYPRINUS CARPIO*)

О фактической роли клеток ретикуло-лимфоидной ткани в физиологическом механизме иммунитета стало достоверно известно сравнительно недавно. Ерне и Нордин (Jerne a. Nordin,

1963) это показали экспериментально *in vitro* на клетках лимфатического узла кролика. Относительно холодокровных позвоночных данный вопрос оставался до последнего времени еще недостаточно ясным. Работы зарубежных авторов (Papermaster a. oth., 1962, 1964; Klontz a. oth., 1965) и наши исследования (Гончаров и др., 1966; Гончаров и Микряков, 1968; Микряков, 1968, 1970) подтвердили наличие аналогичных иммунологических закономерностей клеточных реакций у рыб в ответ на антигенное раздражение. Это проявлялось в виде поглощения антигена тканями, богатыми клетками лимфоидно-макрофагальной системы организма, и в первую очередь почками с последующими процессами пролиферации и трансформации клеток лимфоидной ткани, как у теплокровных позвоночных. Предполагалось, что у рыб антитела продуцируются лимфоидными клетками в ответ на антигенное раздражение, но непосредственных наблюдений не было. Применяв метод Эрне и Нордина, Смит с соавторами (Smith a. oth., 1967), экспериментируя с клетками пронефроса и селезенки унастого окуня, получили первые экспериментальные данные. Затем Л. Ф. Кассин и Л. А. Певницкий (1969) тем же методом подтвердили, что лимфоидные клетки селезенки черепахи *Testudo horsfieldii*, иммунизированной эритроцитами барана, также продуцируют антитела (гемолизин).

Сущность оригинального метода Эрне и Нордина заключается в том, что при инкубировании в агаре смеси эритроцитов барана и лимфоидных клеток лимфатических узлов кролика, иммунного к эритроцитам барана, вокруг отдельных клеток наступает гемолиз. В результате выхода антител (гемолизина) из иммунологически активной клетки после добавления комплемента в агаре образуются гемолизные бляшки.

Наши аналогичные опыты методически несколько отличались от опытов Эрне и Нордина. Мы использовали лимфоидные клетки почек трехлетних культурных карпов *Cyprinus carpio*, которые многократно (от 4 до 7 раз) иммунизировали свежими эритроцитами барана с месячным, двухнедельным и десятидневным интервалами. Содержались лимфоидные клетки при температуре воды 16—18°. Эритроциты получали от одного и того же барана. Первыми тремя инъекциями было введено внутривенно по 0.5 мл 30%-й суспензии эритроцитов, а в дальнейшем по 1.0 мл 50%-й в физиологическом растворе (0.85% NaCl). На 4-й, 8-й и 23-й день после последней иммунизации проверялся титр гемолизина общепринятым методом в пробирках. Комплемент морской свинки добавлялся в разведениях 1 : 10.

Извлечение почек и приготовление клеточных суспензий производились в день опыта. Почки измельчались и протирались через капроновое сито в растворе Эрла при pH 7.2. Суспензия готовилась в концентрации  $8-9 \cdot 10^4$  клеток в 1 мл. Суспензия эритроцитов, содержащая  $17-18 \cdot 10^6$  клеток в 1 мл, и суспензия

лимфоидных клеток почек сменялись в равных объемах по 0.1 мл. Полученная смесь соединялась с 2 мл расплавленного 0.7%-го агара Дифко на растворе Эрла при температуре 40°. быстро размещивалась и выливалась в подогретую чашку Петри тонким слоем. Таким образом, клетки почек рыб и эритроцитов барана равномерно распределялись в агаровом слое в соотношении примерно 1 : 200. Инкубация длилась 2 часа при 37°. Затем добавлялась антиглобулиновая сыворотка кролика (1.0 мл в разведении 1 : 5), распределялась по поверхности агара и инкубация продолжалась еще 1 час. Далее антиглобулиновая сыворотка сливалась, чашки ополаскивались физиологическим раствором, после чего вся поверхность агара заполнялась комплементом (0.5 мл в разведении 1 : 10 или 1 : 20) и инкубация заканчивалась с экспозицией 30 мин.

Одновременно ставился контрольный опыт с клетками почек неиммунизированных карпов. Антиглобулиновая сыворотка кролика была получена нами после многократной иммунизации сывороткой нормального карпа.

Предварительные опыты по определению гемолизина в гемолитической сыворотке иммунизированных карпов показали, что после трехкратной инъекции в различные сроки (через 4, 8 и 23 дня) титр гемолизина был очень невысоким — 1 : 8 (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Протокол титрования гемолитической сыворотки иммунизированных карпов

№№ пробирок	Разведение гемолитической сыворотки	Гемолитическая сыворотка, мл	Физиологический раствор, мл	2%-я суспензия эритроцитов, мл	Комплемент, мл	Гемолиз при 37°
1	1 : 2	0.5	1.0	0.5	0.5	Через 10 мин.
2	1 : 4	0.5	1.0	0.5	0.5	» 1 час
3	1 : 8	0.5	1.0	0.5	0.5	» 2 часа
4	1 : 10	0.5	1.0	0.5	0.5	Нет
5	1 : 12	0.5	1.0	0.5	0.5	»
6	1 : 16	0.5	1.0	0.5	0.5	»
7	1 : 20	0.5	1.0	0.5	0.5	»
8*	1 : 8	0.5	1.5	0.5	—	»
9*	—	—	1.5	0.5	0.5	»
10*	—	—	2.0	0.5	—	»

В связи с наличием такого невысокого титра гемолизина в гемолитической сыворотке иммунизированных карпов мы поставили опыты по Эрне и Нордину с использованием антиглобулиновой сыворотки кролика в разведении 1 : 5, как указывалось выше, для

\* Контроль.

большей эффективности выявления антител, согласно имеющимся литературным данным (Dresser a. Worts, 1965).

Опыты по Ерне и Нордину проводились по следующей схеме.

1. Смесь иммунных клеток карпа (ИК)+эритроциты(Э)+антиглобулиновая сыворотка (АГС)+комплемент (К).

2. Смесь иммунных клеток карпа (ИК)+эритроциты(Э)+комплемент (К).

3. Смесь иммунных клеток карпа (ИК)+эритроциты(Э).

4. Иммунные клетки карпа (ИК).

5. Эритроциты (Э).

6. Смесь нормальных клеток (НК)+эритроциты (Э)+антиглобулиновая сыворотка (АГС)+комплемент (К) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Протокол опыта по Ерне и Нордину

№№ чашек Петри	ИК, мл	НК, мл	Э, мл	АГС, мл	К, мл	Агар, мл	Образование гемолизных бляшек
1	0.1	—	0.1	1.0	0.5	2.0	Много
2	0.1	—	0.1	—	0.5	2.0	Мало
3	0.1	—	0.1	—	—	2.0	Нет
4	0.1	—	—	—	—	2.0	»
5	—	—	0.1	—	—	2.0	»
6	—	0.1	0.1	1.0	0.5	2.0	»

Результаты опытов оказались положительными, но такой четкой картины выявления бляшек, как в опыте Ерне и Нордина, не получилось. В центральной части гемолизной бляшки была не одна лимфоидная клетка, а несколько продуцирующих клеток, поэтому форма бляшек оказалась не такой круглой и контуры ее были неровные. Бляшки выявлялись антиглобулиновой сывороткой и комплементом только в комбинации с иммунными клетками, с клетками почек нормальных карпов бляшки не образовывались. В контрольных чашках, где находились эритроциты одни или вместе с иммунными клетками, но без добавления антиглобулиновой сыворотки и комплемента, гемолиза не наблюдалось и бляшки не образовывались. Распределение одних лимфоидных клеток в агаре можно было наблюдать при небольшом увеличении микроскопа. Оказалось, что их следует брать в значительно меньшей концентрации, в соотношении клеток к эритроцитам не 1 : 200, а 1 : 400, чтобы иметь возможность учитывать количество клеток, способных продуцировать антитела. Число выявляемых бляшек в опыте не поддавалось учету. Очевидно, количество антител (гемолизина) в лимфоидной ткани почек иммунизированных карпов



значительно больше, чем в периферической крови рыб на данном этапе иммуногенеза первой фазы становления иммунитета.

Таким образом, результаты опыта по методу Эрне и Норди показывают, что появление в большом количестве гемолизных бляшек обусловлено иммунологической активностью лимфоидных клеток, образующих специфический гемолизин, индуцированный антигеном. Это явление вполне соответствует клеточной иммунологической реакции теплокровных позвоночных и тем самым подтверждает иммунологическую компетенцию лимфоидных клеток почек карпа.

## ЛИТЕРАТУРА

- Гончаров Г. Д. и В. Р. Микряков. 1968. О механизме действия антигена на клетки ретикуло-лимфоидной ткани рыб в процессе иммуногенеза. Докл. 5-го Всесоюз. совещ. по эволюц. физиол. И: «Наука», Л.
- Гончаров Г. Д., В. И. Романенко и В. Р. Микряков. 1966. Изучение механизма иммунитета рыб при помощи  $C^{14}$ . Докл. АН СССР, 171, 5.
- Касин Л. Ф. и Л. А. Певницкий. 1969. Обнаружение антителообразующих клеток в селезенке черепах при помощи модифицированного метода локального гемолиза в геле. Бюлл. эксперим. биол. и мед., 3.
- Микряков В. Р. 1968. Динамика клеточных реакций в лимфоидной ткани почек карпа в процессе иммуногенеза. Тр. 5-го Всесоюз. совещ. по болезням рыб. Изд. «Наука», Л.
- Микряков В. Р. 1970. О синтезе иммуноглобулинов клетками лимфоидной ткани рыб при иммунизации. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, № 6.
- Dresser D. W., H. H. Worts. 1965. Use of antiglobulin serum to detect cells producing antibody with low haemolytic efficiency. Nature, 208.
- Jerne N. K. and A. Nordin. 1963. Plaque formation in agar by single antibody producing cells. Science, 140.
- Klontz G. W., W. T. Yasutake and T. J. Parisot. 1964. Immunopathological aspects. Ann. N. Y. Acad. Sci., 126.
- Papernaster B. W., R. M. Condie, J. Finstad, R. A. Good. 1964. Evolution of the immune response. J. Exptl. Med., 119, 1.
- Papernaster B. W., R. M. Condie, R. A. Good. 1962. Immune response in the California hagfish. Nature, 4852.
- Smith A. M., M. Potter, E. B. Merchant. 1967. Antibody forming cells in the pronephros of the teleost *Lepomis macrochirus*. J. Immunol., 99, 5.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ПОВЕДЕНИЕ ПЛОТВЫ

Интерес к импульсному току экспоненциальной формы импульса возрос в нашей стране и ряде других стран в связи с задачами морского электролова, так как именно эта форма импульса легко воспроизводима, требует небольших энергетических затрат и, кроме того, наиболее приемлема при изучении поведения рыб, поскольку позволяет получить при оптимальных условиях четкую анодную реакцию. Следует отметить, что сама природа воспроизводит эту идеальную форму импульса в разрядах электрических рыб в различных сочетаниях длительности, частоты и амплитудных значений (Halsband, 1959).

Цель наших исследований — выяснение особенностей поведения плотвы при действии импульсного тока экспоненциальной формы импульса с неизменным параметром по частоте  $f=5$  гц и переменным по длительности  $\tau$ , равным 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 мсек., и определение оптимальных параметров импульсного тока для получения четких пороговых реакций у плотвы в указанном диапазоне характеристик. Опыты проводились в экспериментальном аквариуме размером  $130 \times 120 \times 70$  см при температуре воды  $15^\circ$  и электропроводности  $2.1-1.9 \times 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ . Электрический ток подавался на электроды, установленные у противоположных стенок аквариума, и таким образом создавалось однородное электрическое поле. Источником импульсного тока служил импульсный генератор ИГ-11. Форма импульса характеризовалась крутым фронтом нарастания и постепенным снижением при частоте пульсаций  $f=5$  гц и длительности импульса в диапазоне от 0.5 до 5.0 мсек. Контроль частоты, длительности, амплитуды и формы импульса в процессе опыта осуществлялся по осциллографу С1-19Б. Всего в опытах использовано 120 экз. плотвы.

Данные по сериям были обработаны вариационно-статистическим методом (Рокицкий, 1964). Расчеты производились на электронно-вычислительной машине «Наири». Полученные значения нормированного отклонения для условного напряжения тела рыбы при уровне значимости 0.01 во всех реакциях при всех значениях продолжительности импульса значительно превышают величины из таблицы распределения по Стьюденту, т. е. они высоко достоверны.

Данные параметров реакций плотвы на импульсный электрический ток экспоненциальной формы импульса для рыб средней длиной 17 см приведены ниже:

При заданной частоте в зависимости от амплитуды тока у исследованных рыб последовательно наблюдались следующие реакции.

Первую минимальную реакцию, выражающуюся обычно во вздрагивании отдельных частей тела рыбы, нам не всегда удавалось получить по техническим причинам, особенно при больших длительностях, поэтому эту реакцию мы не рассматриваем подробно.

При дальнейшем увеличении амплитуды действующего тока следовала реакция возбуждения: в момент включения рыба,

Длительность импульса, мсек.	Условное напряжение, $U_i$	Анодная реакция		Электронаток
		начало	конец	
0.5	6.9	14.9	46.4	—
1.0	7.2	13.3	30.3	179.0
2.0	4.7	8.4	32.5	99.6
3.0	3.7	8.0	29.4	79.5
5.0	5.0	10.0	27.0	106.5

как правило, совершает бросок к аноду, затем ее движение перестает быть направленным, скорее оно хаотично, причем многообразие форм велико — это движение по всему бассейну широкими кругами, узкие круговые движения в центре бассейна, броски от электрода к электроду, синусоидальное движение по диагонали

бассейна и т. д. Но даже в таком хаосе движений прослеживается зависимость их от длительности импульса, с увеличением которой движение рыбы становится более резким, длинные броски преобразуются в подвиги и всегда отмечается различная по силе вибрация тела. При реакции возбуждения мы получили некоторые различия в изменении условного напряжения тела рыбы ( $U_i$ ) в зависимости от длительности импульса (см. таблицу). Так, при длительностях 0.5—1.0 мсек.  $U_i$  составляет 6.9—7.2 в, при увеличении же длительности до 3.0 мсек.  $U_i$  уменьшается почти вдвое — до 3.7 в. Возрастание  $U_i$  до 5.0 в при длительности 5.0 мсек. нам пока неясно, но, вероятно, при длительности 5.0 мсек. и выше направляющее действие тока преобладает над возбуждающим даже при малой напряженности электрического поля.

Пороговая анодная реакция характеризовалась движением рыбы к аноду, однако во время воздействия поведение рыбы варьировало в зависимости от длительности импульса. При малых длительностях (порядка 0.5—1.0 мсек.) начальное движение рыбы к аноду быстрое, но не резкое, иногда по сложной траектории и свободное. Следующее за тем плавание вдоль анода и в его зоне может чередоваться с напряженными бросками к катоду или в катодную часть бассейна, после чего большинство особей возвращается к аноду, где и останавливается, предпочитая положение поперек силовых линий поля. С увеличением амплитуды действующего тока ярче проявляется анодный изгиб, рыбе реже удаются попытки достичь катода, она предпочитает круговое плавание

в анодной части бассейна, где и проявляется анодный изгиб (поворот тела в сторону анода резкий, круговое движение инерционно).

В конце воздействия рыба почти всегда делает остановку у анода. Параметры реакций при этих длительностях по условному напряжению тела рыбы достаточно высоки ( $U$ , 14.9—13.3 в), но с увеличением длительности импульса четко прослеживается тенденция к уменьшению до 8.4—8.0 в. При длительности 5.0 мсек., так же как и при возбуждении, условное напряжение тела рыбы увеличивается до 10.0 в. При больших длительностях (порядка 3.0—5.0 мсек.) анодная реакция характеризовалась строго направленным движением к аноду, чередовавшимся часто с проплывом вдоль анода, реже — круговыми движениями в анодной части бассейна, но с неизменной остановкой у анода в конце воздействия поперек силовых линий поля. В самом начале анодной реакции в конце воздействия рыба делает попытки отойти к катоду, но эти попытки, как правило, безуспешны, рыба стремительным броском после резкого поворота устремляется к аноду. При действии определенных значений амплитуды тока наступает четкая анодная реакция. При включении тока рыбы из любых исходных положений сразу устремляются к аноду и остаются там до конца действия тока. При любой попытке отойти от анода рыба резко изгибается в сторону анода. При длительности 5.0 мсек. отход к катоду отсутствует полностью. Анодная реакция при этой длительности проявляется настолько четко, что визуальное определение ее границ не представляет трудности. От начала и до конца анодная реакция протекает равнозначно, т. е. каких-либо существенных отличий в поведении нет, они проявляются лишь в общем состоянии рыбы: от спокойных, не очень резких, но достаточно четких движений рыба переходит последовательно к более активным, энергичным.

Заключительная фаза характеризуется напряженным движением рыбы к аноду. Следует отметить, что при длительности 2.0 мсек. четкой анодной реакции нам получить не удалось, хотя начальное движение к аноду, т. е. бросок из любого положения к аноду, характерно, но далее рыба ведет себя произвольно, движения ее к аноду и к катоду почти равнозначны, иногда рыба останавливается в катодной части бассейна. Из литературных данных известно о катодическом гальванотаксисе. Вероятно, подобное явление мы частично наблюдаем и здесь.

Как видно из таблицы, параметры реакций по условному напряжению тела рыбы для конца анодной реакции также имеют тенденцию к уменьшению с увеличением длительности импульса. При увеличении  $\tau$  от 0.5 до 5.0 мсек. величина условного напряжения тела рыбы меняется от 46.4 до 27.0 в. Зона анодной реакции (см. рисунок) от ее начала и до конца также имеет тенденцию к уменьшению, особенно это проявляется при увеличении дли-

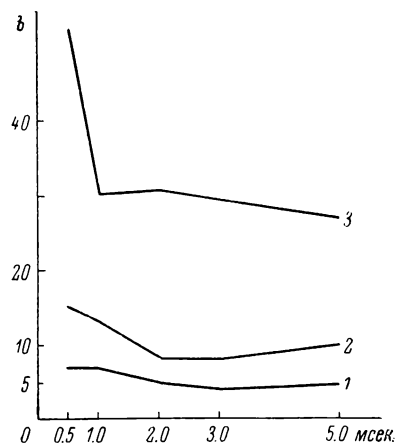
тельности от 2.0 до 5.0 мсек. Попутно наблюдается повышение четкости анодной реакции. Следовательно, можно сделать предварительный вывод о том, что для данных параметров тока у плотвы с уменьшением зоны анодной реакции четкость реакции повышается и наоборот. Во всех без исключения случаях при повышении напряженности электрического поля наряду с четкой анодной реакцией появляются признаки электропаркоза, рыба теряет

равновесие, однако плывет к аноду, движения ее при этом напряжены.

Последняя реакция — электропаркоз — была получена во всех случаях, за исключением длительности 0.5 мсек. Она характеризуется в начальный момент воздействия потерей равновесия, затем отсутствием реакции на индифферентный раздражитель, нарушением дыхания и, наконец, полным обездвиживанием. Следует отметить, что при длительностях выше 1.0 мсек. электропаркоз значительно более глубок. Параметры реакций по условному напряжению тела рыбы и в этом случае с увеличением длительности импульса уменьшаются от 179.0 в при  $\tau=1.0$  мсек. до 79.0 в при  $\tau=3.0$  мсек.

Большую роль в определении параметров реакций играет положение рыбы в электрическом поле. При положении рыбы головой к аноду порог реакций наступает при больших напряженностях хотя и медленнее, чем при обратном положении.

Анализ полученных данных показывает, что увеличение длительности импульса заданной частоты следования ( $f=5$  гц) оказывает на рыбу усиливающее, возбуждающее, направляющее и паркозирующее действие только при определенных значениях амплитуды тока. Так, с увеличением длительности от 0.5 до 5.0 мсек. реакция возбуждения у рыб проявляется в более четкой форме. Величина условного напряжения тела рыбы, необходимая для вызова ответной реакции на действие тока, с увеличением длительности уменьшается. Анодная реакция с увеличением длительности проявляется более четко. С повышением четкости анодной реакции зона ее сужается. Максимальная четкость анодной реакции достигается при минимальной величине ее зоны. С увеличением длительности паркозирующее действие тока



Характер изменений зоны анодной реакции в зависимости от длительности импульса.

1 — реакция возбуждения, 2 — начало анодной реакции, 3 — конец анодной реакции. По оси ординат — условное напряжение тела рыбы, по оси абсцисс — длительность импульса, мсек.

также возрастает. Электропаркоз значительно глубже.

Полученные выводы носят предварительный характер, но уже сейчас некоторые оптимальные параметры могут быть использованы в рыбохозяйственной практике.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

Р о к и ц к и й П. Ф. 1964. Основы вариационной статистики для биологов. Изд. БГУ, Минск.  
H a l s b a n d Н. 1959. Modern fishing Gear of the World. London.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

И. С. Б о г а ч е в а

### **О ВЛИЯНИИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДНЕГО ФРОНТА ПРЯМОУГОЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ПАРАМЕТРЫ РЕАКЦИЙ ПЛОТВЫ**

В последние годы проведен ряд исследований действия импульсного тока на рыб (Haskell, Adelman, 1954; Halsband, 1959; Данюлите и Зубелюте, 1966). В этих работах особое внимание уделялось условиям привлечения рыб к аноду или же возможности оглушения рыб с минимальной затратой мощности. С этой точки зрения наиболее благоприятны две формы импульсов: прямоугольный и с крутым фронтом нарастания и пологим спадом (Нусенбаум и Фалеева, 1961).

Наблюдения за поведением рыб в полях импульсного тока велись главным образом с применением импульсов указанной формы. Данных о влиянии длительности переднего фронта прямоугольного импульса на поведение рыб в электрическом поле импульсного тока и на расход мощности, необходимой для получения той или иной реакции, в литературе нет.

С целью выявления влияния длительности переднего фронта прямоугольного импульса на поведение рыб и на параметры их характерных реакций нами была проведена серия опытов с плотвой.

Опыты проводились в аквариуме из органического стекла размером  $91 \times 42 \times 50$  см. Создавалось однородное электрическое поле импульсного тока между параллельными электродами, которые были установлены у проти-

в противоположных стенках аквариума на расстоянии 91 см друг от друга. Бралась водопроводная вода с температурой  $10^\circ$  и электропроводностью  $2.0 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ . Поддерживалась небольшая проточность.

Импульсный генератор для изменения длительности переднего фронта прямоугольного импульса был собран по схеме, изображенной на рис. 1 (Замков, 1957; Ицхоки, 1959). Импульсы формировались водородными тиратронами  $T_1$  и  $T_2$  (ТГИИ-10/1) и поступали на катодный повторитель, собранный на лампе  $Л_1$  (ГМИ-5).

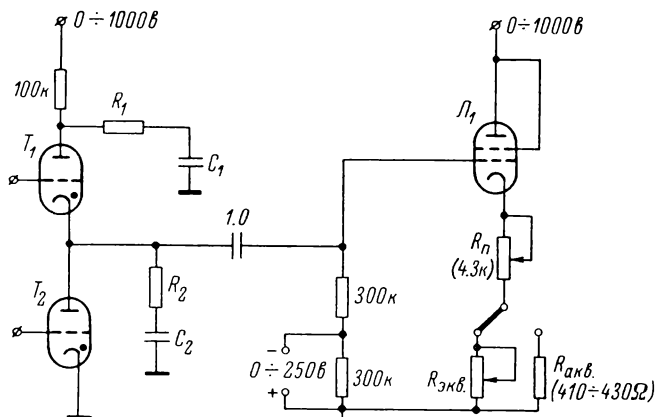


Рис. 1. Схема генератора прямоугольных импульсов с регулируемой длительностью переднего фронта.

$T_1$  и  $T_2$  — тиратроны ТГИИ-10/1;  $Л_1$  — лампа ГМИ-5;  $R_1$  и  $R_2$  — сопротивление (меняется в зависимости от длительности переднего фронта импульса);  $C_1$  и  $C_2$  — конденсаторы (меняются в зависимости от длительности переднего фронта импульса);  $R_{э.кв}$  — сопротивление-эквивалент;  $R_{акв}$  — сопротивление аквариума.

Нагрузкой катодного повторителя служил аквариум с электродами. При налаживании схемы вместо аквариума подключалось эквивалентное ему сопротивление. Регулировка выходного напряжения осуществлялась потенциометром  $R_n$  и изменением анодного напряжения тиратронов, которые запускались от специального блока. Задержка между импульсами запуска первого и второго тиратронов, т. е. продолжительность импульса ( $\tau_n$ ), равнялась 1000 мксек. при частоте 5 гц. Эти величины были постоянны. Менялась лишь длительность переднего фронта импульса, что достигалось изменением сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  и емкостей  $C_1$  и  $C_2$ . Бралась следующие значения длительности переднего фронта импульса ( $\tau_{ф}$ ): 1, 250, 500 и 1000 мксек., т. е. 0.1, 25, 50 и 100% от его общей длительности. Форма применяемых импульсов показана на рис. 2.

Было проведено четыре серии опытов с каждым значением длительности переднего фронта импульса и количеством рыб в сериях — 10, 14, 20 и 20 штук.

После предварительной адаптации к температуре опыта в соседнем аквариуме рыбу помещали в опытный аквариум. При помощи стеклянной палочки ее устанавливали в положение

головой к аноду вблизи катода. Подаваемое на электроды напряжение увеличивали от нуля и отмечали характерные особенности в поведении рыб. Время воздействия тока на рыбу при единичном включении составля-

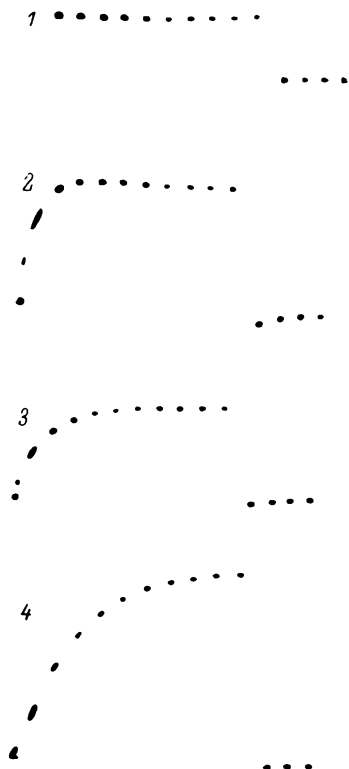


Рис. 2. Осциллограммы импульсов длительностью 1000 мксек. с различной длительностью переднего фронта  $\tau_{\phi}$ . 1 —  $\tau_{\phi}=1$  мксек., 2 —  $\tau_{\phi}=250$  мксек., 3 —  $\tau_{\phi}=500$  мксек., 4 —  $\tau_{\phi}=1000$  мксек. Расстояние между метками — 100 мксек.

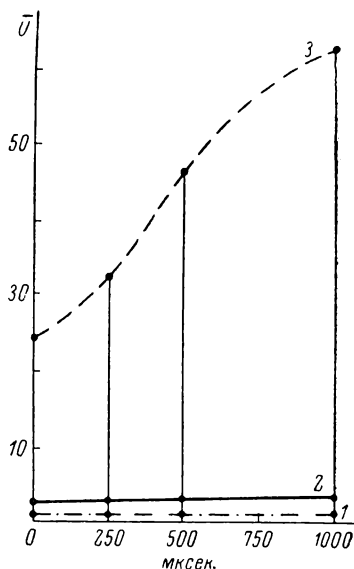


Рис. 3. График зависимости условного напряжения тела плотвы от длительности переднего фронта импульса для различных реакций.

1 — первая реакция, 2 — начало анодной реакции, 3 — конец анодной реакции. По оси ординат — условное напряжение тела рыбы (в); по оси абсцисс — длительность переднего фронта импульса, мксек.

ло 5 сек. Между включением тока делали перерывы на 2—8 мин. для отдыха рыбы.

При наблюдении за поведением рыбы фиксировали три ее характерные реакции. Первая проявляется в слабом подрагивании хвостового плавника, вторая — начало анодной реакции. Для единообразия за начало анодной реакции брали напряжение,



при котором рыба проходила за 5 сек. расстояние от катода до анода. Обычно рыба не удерживалась у анода. Третья реакция — конец анодной реакции — состояние рыбы, когда она за 5 сек. не успевала доходить до анода и чаще всего на середине этого расстояния останавливалась или вставала параллельно электродам.

Статистические показатели опытов, проведенных с плотвой при разных длительностях переднего фронта импульса

Реакция рыбы	Длительность переднего фронта импульса $\tau_{\text{ф}}$ , мсек.	Расчетные данные							
		$n$	$l$	$\bar{U}$	$\sigma^2$	$\sigma$	$cv$	$S\bar{U}$	$t$
Первая	1.0	10	13.9	1.20	0.0095	0.097	8.1	0.029	41
	250	14	13.68	1.23	0.0057	0.0755	6.1	0.020	61
	500	20	14.00	1.30	0.0493	0.2230	17	0.052	22
	1000	20	13.75	1.50	0.0898	0.3000	20	0.077	21
Начало анод-ной	1.0	10	13.90	2.80	0.0422	0.2050	7.3	0.062	45
	250	14	13.68	2.95	0.0193	0.140	5.0	0.037	79
	500	20	14.00	3.21	0.1658	0.470	14.6	0.110	30
	1000	20	13.75	3.50	0.0588	0.240	6.8	0.06	58
Конец анодной	1.0	10	13.90	24.32	8.8026	2.96	12.0	0.897	27
	250	14	13.68	32.63	2.165	1.45	4.4	0.390	83
	500	20	14.0	46.68	11.676	3.41	7.30	0.800	58
	1000	20	13.75	62.75	8.8440	2.97	4.70	0.70	89

П р и м е ч а н и е.  $n$  — число рыб в серии;  $l$  — средняя длина тела рыбы, см;  $U$  — среднее значение напряжений тела рыбы, в;  $\sigma^2$  — дисперсия ( $n^2$ );  $\sigma$  — среднеквадратическое отклонение (в);  $cv$  — коэффициент изменчивости, %;  $S\bar{U}$  — средняя ошибка, в;  $t$  — нормированное отклонение.

Экспериментальные данные были обработаны вариационно-статистическими методами (Рокицкий, 1961). Результаты расчетов сведены в таблицу. Полученные значения нормированного отклонения ( $t$ ) при уровне значимости 0.01 во всех реакциях и при всех длительностях переднего фронта значительно превышали величины  $t$  из таблицы распределения по Стьюденту (т. е. полученные значения условных напряжений тела рыбы были высоко достоверны).

По данным таблицы построен график зависимости условного напряжения тела плотвы от длительности переднего фронта прямоугольного импульса для всех трех реакций (рис. 3). Из графика видно, что условное напряжение тела плотвы с увеличением длительности переднего фронта повышается для всех трех реакций и особенно для конца анодной.

Оценку достоверности различий между среднеарифметическими двух серий опытов проверяли с помощью нулевой гипотезы

по критерию  $t$ . В случае, когда разница получалась недостоверной, определялся критерий  $F$  (Урбах, 1964).

Расчеты показали, что для первой реакции и начала анодной разница в средних значениях напряжения тела плотвы при увеличении длительности переднего фронта импульса от 1 до 250 мксек., от 250 до 500 мксек. и от 500 до 100 мксек. недостоверна. Для конца анодной реакции эта разница достоверна для всех пар серий опытов.

Для первой реакции и начала анодной при сравнении двух серий опытов при  $\tau_{\phi}$ , равном 250 и 500 мксек., разница по стандартным отклонениям признана достоверной.

Из проведенной работы следует, что при длительности импульса электрического тока 1000 мксек. и частоте повторения 5 гц увеличение продолжительности переднего фронта импульса практически не влияет на появление первой реакции и начало анодной. Область величин условного напряжения тела плотвы от начала анодной реакции до ее конца увеличивается в два раза при увеличении длительности фронта до величины, равной  $\tau_{\phi}$ , при незначительном уменьшении четкости анодной реакции. Можно предположить, что при управлении поведением рыб с использованием импульса электрического тока прямоугольной формы большую роль может сыграть варьирование длительностью его переднего фронта.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Д а н и л о в Г. П. и Д. З у б е л ю т е. 1966. О реакции некоторых рыб на модулированный импульсный электрический ток. Тр. Всесоюз. н.-иссл. инст. морск. рыбн. хоз. и океанографии, 59. Изд. «Пищевая промышленность», М.
- З а м к о в В. А. 1957. Генератор высоковольтных прямоугольных импульсов. Приборы и техника эксперимента, 3. Изд. «Наука», М.
- И ц х о к и Я. С. 1959. Импульсные устройства. Изд. «Сов. радио», М.
- Н у с е н б а у м Л. М. и Т. И. Ф а л е е в а. 1961. Исследование поведения рыбы в электрическом поле. Изв. ГосНИОРХ, 52, 1.
- Р о к и ц к и й П. Ф. 1961. Основы вариационной статистики для биологов. Изд. БГУ, Минск.
- У р б а х В. Ю. 1964. Биометрические методы. Изд. «Наука», М.
- H a l s b a n d E. 1959. The effect of pulsating electric current on fish. Modern fishing gear of the World. Fishing news (books), April, London.
- H a s k e l l D. C., W. J. A d e l m a n. 1954. Effect of rapid direct current pulsation on fish. Fish and Game January, 1—2. N. Y.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

## ДВУХЛЕТНИЙ ЦИКЛ В КОЛЕБАНИЯХ СТОКА ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ

В последнее время большое внимание уделяется изучению двухлетней цикличности в колебаниях гидрометеорологических процессов — показателей климата Земли. Однако исследований двухлетних колебаний в стоке рек, обусловливаемых особенностями колебаний атмосферной циркуляции, до настоящего времени не проводилось. Тем не менее даже предварительное зна-

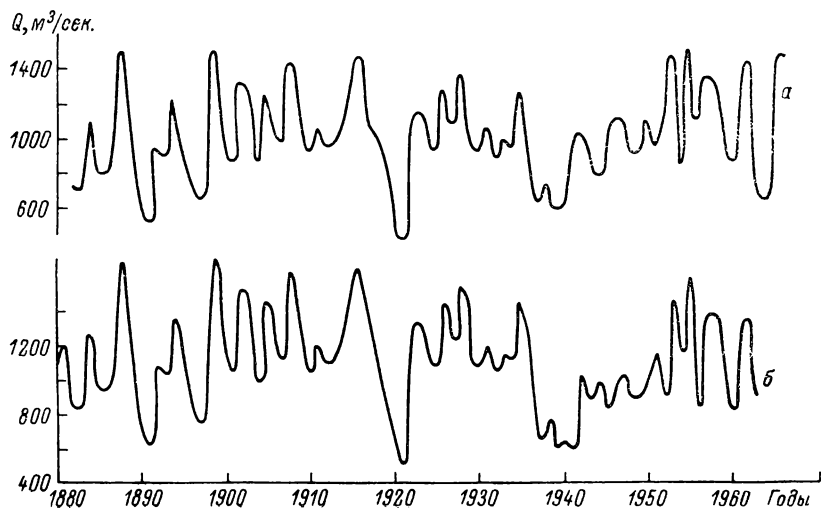


Рис. 1. Многолетние изменения притока вод в Рыбинское водохранилище (а) и стока Волги у г. Ярославля (б).

По оси ординат — многолетние изменения аномалий притока вод  $Q_{\text{м}^3/\text{сек.}}$ .

комство с рядом наблюдений за расходом воды в реках свидетельствует о наличии данной циклической вариации и в многолетних колебаниях водности рек.

Материалом для настоящего предварительного исследования послужили данные о притоке вод в Рыбинское водохранилище, охватывающие период с 1882 по 1966 г., и о стоке Волги у г. Ярославля с 1877 по 1963 г.

Кривые изменения среднегодового стока Волги на указанных створах приведены на рис. 1. Межгодовое непостоянство знака тенденции в колебаниях стока очевидно.

Для выявления двухлетней периодичности нами использован метод подсчета итераций, описанный Р. В. Абрамовым (1967).

Итерациями названа последовательность одинаковых знаков тенденции кривой. Ежегодная смена знака дает одночленные итерации, которые соответствуют двухлетней периодичности. При случайном распределении изменчивости ряда одночленные итерации составляют 50% от общего числа.

Т а б л и ц а 1

Количество итераций в колебаниях стока Волги (в % от общего числа)

Створ	Порядок итераций	Норма при случайном распределении	Действительное количество	Отношение действительных к случайным
Приток в Рыбинское водохранилище (1882—1966 гг.)	1	50	54	1.1
	2	25	30	1.2
	3	12.5	12	0.1
	4	6	2	0.3
	5	3	2	0.7
Сток у Ярославля (1877—1963 гг.)	1	50	60	1.2
	2	25	31	1.2
	3	12.5	5	0.4
	4	6	2	0.3
	5	3	2	0.7

В табл. 1 приведено количество итераций различной продолжительности в стоке Волги. Преобладающими ритмами в натурном ряду являются одно- и двухчленные итерации, которым соответствуют двух- и трехгодовые циклические вариации.

Для выявления сезонных особенностей проявления двухлетнего цикла в стоке Волги были исследованы среднемесячные значения ее стока у Ярославля за 1877—1963 гг. (табл. 2). Ока-

Т а б л и ц а 2

Количество итераций (в % от общего числа) в стоке Волги у Ярославля по месяцам (1877—1963 гг.)

Итерации	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Действительные . .	44	49	59	68	59	50	52	70	62	62	54	52
Отношение действительных к случайным . . . . .	0.9	1.0	1.2	1.4	1.2	1.0	1.0	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0

залось, что одночленные итерации заметно превышают случайные величины весной и осенью. В то же время в летний и зимний меженные периоды двухлетний цикл в колебаниях стока не проявляется. Таким образом, можно предполагать, что основную

роль в возникновении двухлетнего цикла в стоке Волги играют зимние и осенние осадки, определяющие весеннее половодье и осенний паводок.

Как было показано авторами ранее (Смирнов и др., 1970), в колебаниях стока Волги присутствуют циклические вариации различной продолжительности, которые способны в определенной

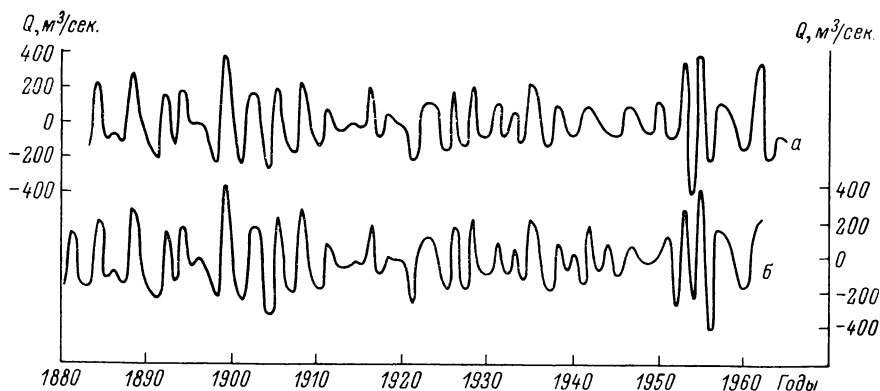


Рис. 2. Многолетние изменения притока вод в Рыбинское водохранилище (а) и стока Волги у г. Ярославля (б) после фильтрации (фильтр «1=3»).

Обозначения те же, что и на рис. 1.

степени искажать общую картину проявления двухгодичного цикла. Поэтому для уточнения оценки проявления двухгодичного цикла в стоке Волги натурные данные были подвергнуты фильтрации с помощью скользящего осреднения. Вычисленные трехлетние скользящие значения вычитались из наблюдаемых среднегодовых расходов. Таким образом удалось в значительной степени освободиться от колебаний с периодами более 3 лет (рис. 2).

Т а б л и ц а 3

Количество итераций в отфильтрованных рядах  
(фильтр «1-3»)

Створ	Итерации	Процент итераций от общего числа
Приток в Рыбинское водохранилище . . . . .	1	67
	2	24
	3	9
Сток у Ярославля . . . . .	1	70
	2	25
	3	5

В табл. 3 приведено процентное соотношение итераций, полученных по данным рядов, представленных на рис. 2. Как следует из этой таблицы, количество одночленных итераций значительно превышает их случайную величину. Таким образом, с высокой степенью вероятности можно утверждать, что в исследуемых рядах присутствует двухлетний цикл. Средний период колебаний, определенный по интервалам времени между последовательными максимумами и последовательными минимумами кривых стока, оказался равным 2,6—2,7 года, а амплитуда 150—170 м/сек. Отношение указанной амплитуды к абсолютной амплитуде колебаний стока за рассматриваемый период составляет около 25%, т. е. на долю двухлетней цикличности приходится не менее четверти общей изменчивости стока. Иными словами, двухлетнее циклическое колебание — одно из основных составляющих многокомпонентной системы колебаний стока Верхней Волги. Относительная устойчивость этого колебания в течение длительного времени (более 80 лет) свидетельствует о его реальности. Возможные причины возникновения двухлетнего цикла в колебаниях стока рек следует, естественно, искать в изменчивости гидрометеорологических факторов.

Известно, что двухлетняя цикличность в изменениях некоторых метеорологических элементов была обнаружена еще в конце прошлого века. Однако затем более чем полстолетия эта закономерность в ходе метеорологических процессов не привлекала внимания исследователей. Видимо, это связано с тем, что двухлетний цикл не проявляет себя как строгое периодическое колебание, а является квазипериодическим. Кроме того, он выражен не везде и причины его возникновения неизвестны.

Обращение к двухлетней цикличности в последние годы связано с открытием квазидвухлетнего цикла стратосферных ветров в экваториальной зоне. Согласно исследованиям (Reed a. oth., 1961; Дубенцов, 1963; Кац, 1968, и др.), в узкой экваториальной полосе на высоте 18—40 км в течение примерно года господствуют восточные ветры, которые в следующем году замещаются западными. Продолжительность отдельных полных периодов этого цикла отлична от двух лет и меняется, по данным большинства исследователей, в диапазоне от 21 до 30 мес.

Открытие экваториального квазидвухлетнего цикла стратосферных ветров поставило вопрос о его связи с общей циркуляцией атмосферы и процессами, происходящими в тропосфере Земли.

Первой попыткой непосредственного сравнения фазы экваториального цикла с погодой в Европе была работа Лабитцке (Labitzke, 1962). При анализе стратосферных процессов за 1958—1961 гг. обнаружено, что западному потоку в экваториальной стратосфере соответствует экстремально теплое лето, а восточному — холодное и влажное.

Позднее, изучая перераспределение воздушных масс, А. Л. Кац (1964) установил, что зимние месяцы с господствующим западным экваториальным стратосферным течением должны характеризоваться относительным повышением давления в высоких широтах и значительным ослаблением интенсивности зональной и относительным усилением интенсивности меридиональной циркуляции в умеренных широтах. При наступлении месяцев с господствующим восточным стратосферным экваториальным течением через год после месяцев с западным потоком должно наблюдаться обратное явление.

Подтверждение этого вывода было получено Бёме (Böhme, 1967), который показал, что при максимальном развитии восточных ветров в экваториальной зоне Европы наблюдается минимум меридиональности. Максимуму повторяемости меридиональных процессов соответствует период смены ветров с западного на восточный. Бёме отметил, что эту связь можно рассматривать как соответствие экваториального цикла двухлетнему циклу в изменчивости метеорологических элементов в Европе.

В недавно опубликованной работе А. И. Угрюмова (1968) исследуется двухлетняя цикличность в тропосфере умеренных широт северного полушария. Автором на основе данных за 1959—1966 гг. получено количественное выражение связи между проявлениями двухлетней цикличности в тропосфере и стратосфере. Установленные закономерности влияния стратосферной циркуляции на тропосферу в умеренных и высоких широтах позволяют объяснить квазидвухлетнюю периодичность повторяемости форм атмосферной циркуляции, на существование которой было указано Р. В. Абрамовым (1967).

Таким образом, есть все основания считать, что двухлетняя цикличность в колебаниях стока Волги есть отражение подобной закономерности в изменениях атмосферных циркуляционных процессов в умеренных широтах северного полушария.

В соответствии с ранее установленными зависимостями изменений стока от характера изменений циркуляции атмосферы (Смирнов и др., 1970) можно предполагать, что повышение стока Волги в двухлетнем цикле должно наблюдаться при развитии повторяемости зональных циркуляционных процессов, а уменьшение — в моменты развития меридиональной циркуляции.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- А б р а м о в Р. В. 1967. Двухгодичный ритм в гидрометеорологических явлениях Северо-Атлантического региона. Иссл. по проблеме «Океан-атмосфера», сб. 1, Лен. гидромет. инст.
- Д у б е н ц о в В. Р. 1963. О некоторых особенностях циркуляции в тропосфере и стратосфере вблизи экватора. Метеорол. и гидрол., 12.
- К а ц А. Л. 1964. Двухлетняя цикличность в экваториальной стратосфере и общая циркуляция атмосферы. Метеорол. и гидрол., 6.

- Кац А. Л. 1968. Циркуляция в стратосфере и мезосфере. Гидрометиздат, Л.
- Смирнов Н. П., Э. И. Саруханян и О. Ф. Кондрацова. 1971. Многолетние колебания стока Волги и их возможные причины. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 20(23).
- Угрюмов А. И. 1968. Двухлетняя цикличность в тропосфере умеренных широт северного полушария. Метеорол. и гидрол., 12.
- Böhm W. 1967. A change of circulation pattern in middle latitudes in connection with the 26-month cycle. Тр. Междунар. симпозиума в Москве. Изд. «Наука», М.
- Labitzke K. 1962. Beiträge zur Synoptic der Hochstratosphäre. Meteorol. Abhandl., 28, 1.
- Reed R. I., W. I. Campbell, L. A. Rasmussen and D. G. Rogers. 1961. Evidence of downward propagating annual wind reversal in the equatorial stratosphere. J. Geophys. Res., 66, 3.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Ю. И. Горин

#### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В КУЙБЫШЕВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Для выявления особенностей температурного режима водохранилищ важно знать характер распределения температуры воды по вертикали и ее суточные изменения при различных условиях погоды и в различных районах водоема.

Сбор материалов проводился во время комплексных стандартных рейсов в 1966—1969 гг. Наряду с общепринятыми приборами для измерения температуры воды широко использовался термопоплавок, представляющий собой гирлянду полупроводников термосопротивлений ММТ-4, жестко закрепленных на алюминиевом уголке, который прикреплен к пенопластовому поплавку. Термосопротивления расположены на высоте 5 и 20 см над поверхностью воды, остальные в 1,5, 10, 15, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300 и 370 см от поверхности воды. Приемной частью служит мост постоянного тока МО-62. Применение термопоплавка вызвано необходимостью избежать перемешивания поверхностных вод корпусом судна, стоящего на одном якорю, что особенно важно в штилевую погоду.

Анализ собранных данных позволил выделить три типа распределения температуры воды по вертикали:

I — районы с высокими скоростями течения воды, а также подверженные интенсивному ветровому перемешиванию;



II — районы с большими глубинами ( $H > 16$  м), где в придонных слоях происходят незначительные изменения температуры воды;

III — районы заливов Куйбышевского водохранилища.

Ниже приводится краткая характеристика каждого типа.

Суточные станции, выполненные в верховьях водохранилища в районе Волжского и Камского плесов и в Тетюшском и Ульянов-

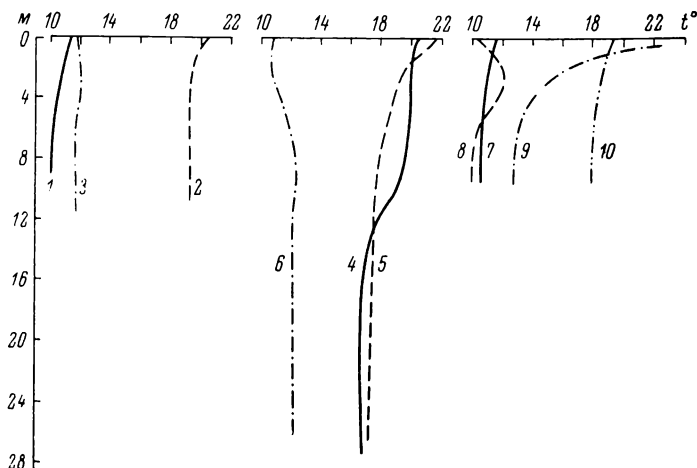


Рис. 1. Температура воды в Куйбышевском водохранилище в различные сезоны.

1 — 10 мая 1968 г., ст. 8 (русло Волги у Чебоксар); 2 — 22 августа 1967 г., ст. 15 (русло Камы у Соколых Гор); 3 — 1 октября 1967 г., ст. 15 (русло Камы у Соколых гор); 4 — 12 июня 1967 г.,  $W=8$  м/сек., ст. 56 (русло Волги у Шиловки); 5 — 10 июля 1967 г., штиль, ст. 21 (русло Волги у Ундор); 6 — 5 октября 1968 г., ст. 65 (русло Волги у Ундор); 7 — 10 мая 1968 г., верховье Черемшанского залива; 8 — 10 мая 1968 г., устье Черемшанского залива; 9 — 28 мая 1966 г., штиль, средняя часть Черемшанского залива; 10 — 5 июня 1967 г.,  $W=7.6$  м/сек., средняя часть Черемшанского залива.

ском узкостях, показали, что температурный режим здесь близок к речному. Большие скорости течения (0.4—1.0 м/сек.) создают условия для перемешивания водных масс по глубине (рис. 1. 1—3). В течение всего года на этих участках наблюдается состояние, близкое к полной гомотермии. Хотя в период максимального прогрева (июль—август) возникают некоторые разности температур между придонными и поверхностными слоями воды ( $\Delta t \approx 1^\circ$ ), однако в ночное время происходит выравнивание температуры по вертикали. Хорошему перемешиванию способствуют также компенсационные течения, которые при сгонах и нагонах наблюдаются довольно часто (Ясопов, 1963). Характерной особенностью верховьев водохранилища является разность температур волжских и камских вод. Последние, как правило, имеют среднюю температуру на 1—2° ниже, чем волжские.

В расширенной части водохранилища, где скорости течения резко падают (0.05—0.20 м/сек.), основную роль в выравнивании температуры воды по вертикали играет ветровое перемешивание (см. таблицу). Так, при ветре 6—10 м/сек. в зависимости от характера температурного расслоения за время от нескольких часов до 1 суток устанавливается гомотермия до глубины 8—10 м, при этом с падением температуры на поверхности повышается температура в придонном слое. В большинстве случаев это повышение составляло 1—3°, реже 4°.

Изменение температуры воды при ветровом перемешивании в Ундорском плесе 18 июня 1968 г.

Время наблюдений, час.	Скорость ветра, м/сек.	Горизонт, м						
		0	0.5	1	2	3	5	10
8	2.4	19.8	19.7	19.6	19.6	18.1	18.0	17.9
12	3.7	20.1	19.8	19.6	19.0	18.9	18.2	17.9
16	6.2	19.7	19.6	19.6	19.3	19.0	18.7	18.0
20	8.4	19.2	19.3	19.5	19.2	19.2	19.2	18.7
24	8.5	19.0	19.0	19.0	19.1	19.0	19.1	19.0
04	7.1	18.3	18.5	18.6	19.0	19.0	19.0	19.0
08	6.3	18.0	18.0	18.2	18.2	18.3	18.8	19.0

В осенний период обычно наблюдается полная гомотермия, но иногда в штилевую погоду возможна обратная температурная стратификация.

В глубоководных районах водохранилища ( $H > 16$  м) ранней весной наблюдается гомотермия, в летний сезон — прямая температурная стратификация, причем разность температур придонных и поверхностных слоев может достигать 8°. При слабых ветрах слой эпилимниона может распространяться до глубины 4—5 м, с усилением ветра устанавливается гомотермия до глубины 10—15 м, а разность температур поверхности и дна достигает 5—6° (рис. 1, 4—6).

В летний период при интенсивном прогревании и штилевой погоде возникает слой температурного скачка на глубине в пределах 3—6 м. Мощность слоя скачка составляет 1—2 м. Можно предполагать, что время его существования зависит от хода метеорологических элементов, а разрушение происходит при увеличении скорости ветра до 8—12 м/сек., когда волнение начинает проникать на более значительные глубины. Поздней осенью наблюдается обратная температурная стратификация.

Заливы Куйбышевского водохранилища отличаются обширными мелководьями с глубинами 1—3 м, поэтому их температурный режим значительно отличается от такового в водохранилище.

Более ранние сроки освобождения их от ледяного покрова вызывают и ранний прогрев воды. В весенний период ее средняя температура в заливах на 3—5° выше, чем в водохранилище. Вертикальное распределение температуры воды на примере Черемшанского залива показано на рис. 1, 7—10.

В весенний период воды р. Большого Черемшана заполняют верховье залива. В этом районе наблюдается гомотермия. В средней части залива, где сохраняются воды водохранилища, отмечается прямая температурная стратификация. Разность температур поверхностных и придонных слоев достигает 4—7°. Слой температурного скачка имеет мощность 0.25—0.5 м и располагается

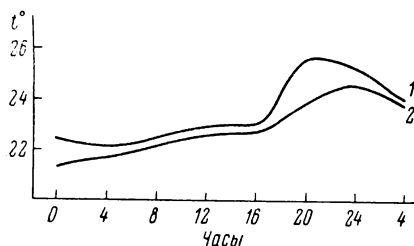


Рис. 2. Температура воды в Усинском заливе (20 июля 1967 г.).

1 — на горизонте 0, 2 — на горизонте 3 м.

на глубине 1.5 м. Температурный градиент достигает 16 град./м. На одной из станций в районе дер. Ерыклинское отмечались два слоя скачка.

В летний период такие явления довольно часты. В частности, в июле 1966 г. два слоя скачка наблюдались на 12 вертикалях из 20. Все вертикали расположены в непосредственной близости от берега на глубинах до 3 м. Сохранению такой стратификации способ-

ствует отсутствие течения и ветрового волнения, которые вызывают уменьшение коэффициента турбулентного перемешивания. Иногда в средней части заливов наблюдается мезотермия. Воды притоков, как правило, более прогреты и имеют повышенную минерализацию. Поэтому они вторгаются в водную массу водохранилища на определенном уровне, как более плотные, чем поверхностные слои, и менее плотные, чем придонные, имеющие значительно меньшую температуру. В результате ветрового перемешивания в заливе образуется гомотермия. В русловой части сохраняется прямая температурная стратификация, но разность температур поверхностных и придонных слоев составляет примерно 0.5—0.8°.

В осенний период наблюдается гомотермия, а поздней осенью — обратная температурная стратификация. В период выхолаживания падение средних температур по вертикали за сутки достигает 0.7°. Как правило, эпилимнион образуется только в самых поверхностных горизонтах и быстро разрушается в вечерние часы. Суточные изменения температуры более или менее равномерны по всей глубине и обычно не превышают 1°. Интересно, что на русловой вертикали в Усинском заливе 20 июля 1967 г. максимальная температура в верхних горизонтах отмечалась в 20 час., а на горизонте 3 м — в 24 часа (рис. 2).

От распределения температуры воды по вертикали зависит величина коэффициента  $M$ , который характеризует отношение средней температуры воды по вертикали к температуре поверхностного слоя. Значение коэффициента используется для подсчета теплового баланса водохранилища. Кроме того, этот коэффициент служит хорошим показателем перемешивания. Если  $M=1$ , то мы имеем район высоких скоростей течения и, как следствие, большой коэффициент турбулентного перемешивания. Минимальный коэффициент  $M$  (0.70—0.80) наблюдается в Приплотином плесе в период максимального поступления радиации на поверхность воды. Однако благодаря малой устойчивости водной массы периоды с малым  $M$  непродолжительны. Средняя величина коэффициента  $M$  для Куйбышевского водохранилища составляет 0.96 (Ясонов, 1963), что указывает на большую динамику его вод.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

Я с о н о в Г. А. 1963. Некоторые особенности термического режима Куйбышевского водохранилища. Матер. 1-го н.-техн. совещ. по изучению Куйбышевск. водохр. Гидрол. и водн. хоз., 1.

Куйбышевская станция  
Института биологии  
внутренних вод АН СССР

---

Ю. В. Н и к о л а е в и Н. П. С м и р н о в

#### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗА ГОДОВОГО СТОКА ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ

Предвидение водности года, т. е. величины годового стока рек, имеет большое значение при планировании работы энергетических и водохозяйственных сооружений. Кроме того, водность года оказывает существенное влияние на ход целого ряда процессов, протекающих в водохранилище, в том числе и биологических. Поэтому разработка методов долгосрочного прогноза водности рек является одной из важнейших задач современной гидрологии.

В качестве объекта исследования нами приняты многолетние изменения притока вод в Рыбинское водохранилище, характеризующие колебания стока Верхней Волги. Основными факторами, определяющими эти колебания, являются изменения годового количества осадков и величины испарения. Од-

нако на практике приходится сталкиваться с тем, что точность определения осадков и величины испарения невысока. Вследствие этого значительно удобнее использовать в качестве предикторов данные по давлению и температуре воздуха, изме-

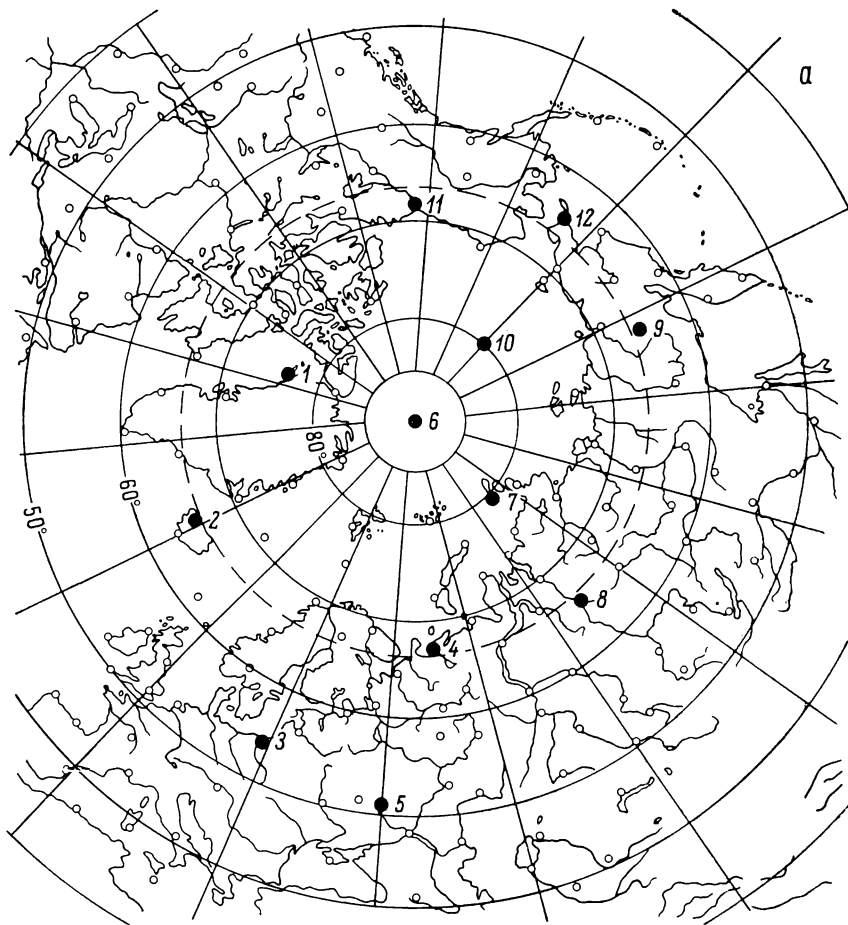


Рис. 1. Схема расположения точек, по которым выполнялся анализ полей давления (а) и полей температуры воздуха (б).

рение которых выполняется с высокой точностью. Ход изменения поля давления, отражающий изменчивость циклонической деятельности, тесно связан с колебаниями количества осадков по исследуемому району. Температурные же условия в значительной степени определяют величину испарения. Таким образом, многолетние колебания стока Верхней Волги с полным основа-

нием можно рассматривать как функцию изменения давления и температуры воздуха на территории ее бассейна.

Бассейн Верхней Волги, как и весь Северо-Запад Советского Союза, находится под непосредственным воздействием воздушных

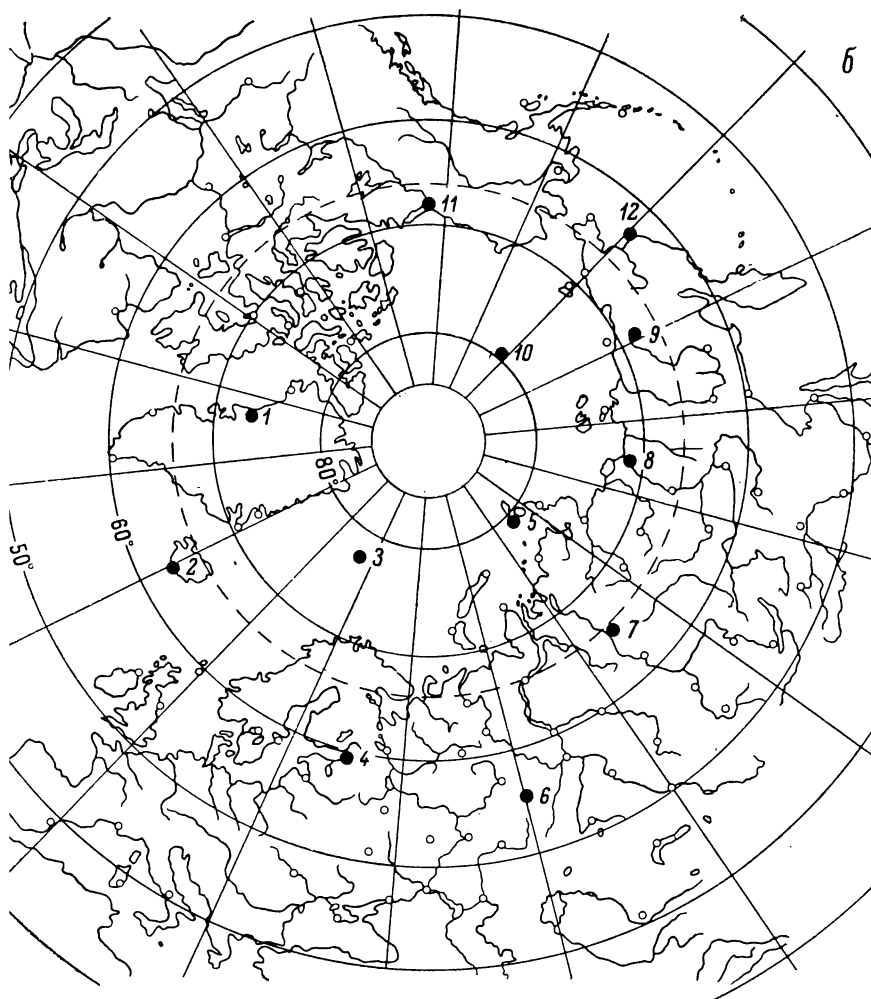


Рис. 1 (продолжение).

переносов прежде всего из районов Северной Атлантики, а также арктических морей. Поэтому для целей нашего исследования использовались среднемесячные поля давления и температуры воздуха по 12 точкам, расположенным в районах Северной Атлан-

тики, Арктического бассейна и Северо-Запада СССР с 1938 по 1966 г. (рис. 1). Показателем стока Верхней Волги служили аномалии притока вод в Рыбинское водохранилище за тот же период.

Любая информация о процессах в атмосфере, помимо полезной части, т. е. той, которая определяет характер водности того или иного года, несет еще определенную информацию, которая не оказывает сколько-нибудь значительного влияния на водность и которую можно отождествить с «шумом». Вследствие этого возникает задача преобразования исходной информации с целью выделения полезной информации и фильтрации наложенных на нее «шумов». Известно, что задача фильтрации помех и выделение полезной информации может быть успешно решена лишь при наличии некоторых априорных сведений об этой информации. Если таких сведений нет, то задача выделения полезного сигнала из помех становится весьма неопределенной. Априорные сведения о полезной информации могут быть получены из условия, по которому эта информация должна быть статистически связана с прогнозируемыми условиями. Последнее обстоятельство позволяет использовать априорные данные о прогнозируемых условиях  $Q(t)$ , как априорные данные о полезной информации. Поставленная задача получает решение при использовании дискриминантного анализа, подробное изложение методики которого можно найти в работах С. Уилкса (1967) и Ю. В. Николаева (1969).

Идея метода состоит в преобразовании исходной информации с учетом априорных сведений об исследуемом процессе  $Q(t)$  с помощью пучка форм. Схема построения пучка форм состоит в следующем. Прогнозируемые условия  $Q(t)$  разбиваются на некоторое число классов или градаций. В соответствии с классом  $Q(t)$  разбивается на классы и исходная информация, в нашем случае поля барика  $P(x, y, t)$  и температуры  $T(x, y, t)$ . После этого вычисляется ковариационная матрица между классами  $R^*$  и ковариационная матрица по всей совокупности полей  $R$ . Главные векторы пучка форм  $R^*(u, u) - \lambda R(u, u)$  позволяют перейти от системы первичных признаков  $P_{qi}$  и  $T_{qi}$  к системе вторичных признаков  $P'_{qs}$  и  $T'_{qs}$ :

$$P'_{qs} = \sum_{i=1}^n (u_{si})_p P_{qi}, \quad T'_{qs} = \sum_{i=1}^n (u_{si})_T T_{qi}$$

$$q = 1, 2, \dots, M,$$

$$i, s = 1, 2, \dots, n,$$

где  $u_{si}$  — компоненты главных векторов пучка форм;  $n$  — размерность пространства исходных признаков;  $M$  — объем выборки.

Если в  $P(x, y, t)$  и  $T(x, y, t)$  содержится полезная информация, то выделенные с помощью приведенного преобразования признаки должны быть достаточно информативными относительно

прогнозируемых условий  $Q(t)$ , т. е. определять последние с высокой степенью вероятности. Это вытекает из экстремальных свойств пучка форм, согласно которым отношение

$$\frac{R^*(u, u)}{R(u, u)} = \max,$$

если переменными  $R^*(u, u)$  и  $R(u, u)$  являются главные векторы пучка форм. Максимум приведенного отношения означает максимум различий между классами исходной информации. Очевидно, если различия между классами  $P(x, y, t)$ ,  $T(x, y, t)$  объективно существуют, то это должно найти отражение и в главных векторах пучка форм, а следовательно, и в информативности вторичных признаков  $P'_{qs}$  и  $T'_{qs}$ , поскольку классы  $P(x, y, t)$  и  $T(x, y, t)$  по условию соответствуют классам прогнозируемого процесса  $Q(t)$ .

При построении пучка форм часто можно ограничиться двумя классами прогнозируемых условий — «выше нормы» и «ниже нормы». В этом случае исходная выборка полей дает один предсказатель, соответствующий первому максимальному значению пучка форм. Как показывает практика, если такой предсказатель является информативным относительно указанных градаций, то он достаточно надежно характеризует третью промежуточную градацию, когда прогнозируемые условия близки к норме.

На основе анализа данных по стоку было выделено два класса: первый — когда приток в Рыбинское водохранилище заметно выше нормы, второй — когда приток заметно ниже нормы. К первому классу были отнесены 1947, 1953, 1955—1958, 1961, 1962 и 1966 гг., т. е. всего 9 лет. Ко второму классу — 1938—1941, 1944, 1945, 1949, 1960, 1963—1965 гг., т. е. 11 лет.

Исходя из выделенных по характеру стока классов, поля барика и температуры были разбиты на такие же классы и был выполнен дискриминантный анализ для каждого месяца с сентября предшествующего года по июнь текущего года. Учитывая, что атмосферные условия в одном каком-либо месяце не могут являться определяющими для годового стока Верхней Волги, сопоставление со стоком вторичных признаков  $P'_{qs}$  и  $T'_{qs}$  осуществлялось с помощью множественной корреляции за каждые три последующих месяца, начиная с сентября—ноября предшествующего года, каждый раз со сдвигом в один месяц. Значения коэффициентов множественной корреляции представлены в табл. 1.

Как следует из этой таблицы, поля барика рассматриваемого района оказывают наибольшее влияние на сток Верхней Волги в зимние месяцы (январь—март). Такой результат хорошо согласуется с общими представлениями о том, что зимние осадки являются определяющими для годового стока рек европейской территории СССР. Максимальное значение коэффициента корреляции для полей температуры воздуха и аномалий стока наблюда-



Коэффициенты множественной корреляции аномалий стока  
со значениями  $P'_{qs}$  и  $T'_{qs}$

Предска- затель	Месяцы							
	IX—XI	X—XII	XI—I	XII—II	I—III	II—IV	III—V	IV—VI
$P'_{qs}$	0.55	0.66	0.63	0.66	0.72	0.65	0.55	0.43
$T'_{qs}$	0.66	0.67	0.63	0.58	0.65	0.65	0.59	0.66

ется в октябре—декабре. Полученный результат можно интерпретировать таким образом, что в осенний период температурные условия, определяя характер испарения, способствуют либо уменьшению, либо увеличению увлажненности бассейна Верхней Волги.

Исходя из приведенных данных (табл. 1), можно предполагать, что наиболее информативными, с точки зрения прогноза притока вод в Рыбинское водохранилище, будут барические и температурные условия за период январь—март. Действительно, общий коэффициент множественной корреляции между аномалиями стока и полями давления и температуры за этот срок равен 0.87. Однако при необходимости увеличить заблаговременность прогноза можно выбрать период с ноября по декабрь предшествующего года. В этом случае коэффициент множественной корреляции между стоком и полями температуры и давления равен 0.74.

Указанные периоды дают возможность рассмотреть прогностические уравнения регрессии различной заблаговременности, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Параметры прогностических уравнений регрессии

Уравнение регрессии	Общий коэффициент корреляции	$\delta$ уравнения σ выборки	Обеспеченность	
			± 25%	± 20%
$\Delta Q = -26.0 T'_{XII} + 46.4 T'_{XI} + 40.4 T_X -$ $-20.7 P'_{XII} + 6.7 P'_{XI} + 105.0 P'_X - 512$	0.74	0.67	80%	69%
$\Delta Q = -30.2 T'_{III} - 60.9 T'_{II} - 1.2 T'_I +$ $+39.3 P'_{III} + 28.7 P'_{II} - 38.9 P'_I - 615$	0.88	0.48	90	86

Как видно из этой таблицы, различные количественные показатели, характеризующие возможность прогнозирования с помощью приведенных уравнений, полностью удовлетворяют суще-

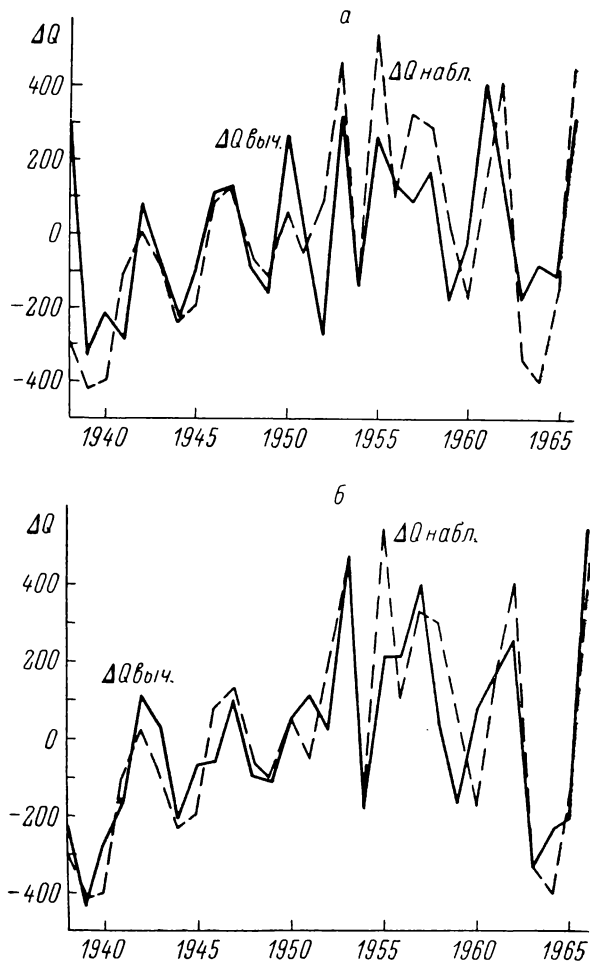


Рис. 2. Сопоставление вычисленных (*а* — по первому, *б* — по второму уравнениям) и наблюдавшихся значений аномалий притока вод ( $\Delta Q$ ) в Рыбинское водохранилище.

ствующим критериям. На рис. 2 приведены графики, показывающие связь между фактическим стоком и стоком, рассчитанным по уравнениям табл. 2.

Естественно, наиболее полную оценку полученных прогностических связей можно сделать только на независимом материале. Однако и представленные результаты свидетельствуют о том, что применение дискриминантного анализа в гидрологических прогнозах может быть весьма перспективным.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

Н и к о л а е в Ю. В. 1969. Преобразование информации в приложении к задачам гидрометеорологии. Гидрометиздат, Л.  
У и л к с С. 1967. Математическая статистика. Изд. «Наука», М.

Арктический и антарктический  
научно-исследовательский институт  
Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

---

В. В. Г а й д у к и Л. К. М а л и н и н

#### **ИНФОРМАЦИОННЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПЕРЕДАТЧИК-МЕТКА ДЛЯ БИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В настоящее время изучение трасс и ритмики движений рыб во внутренних водоемах, имеющее большое научное и практическое значение, связано с необходимостью дистанционного наблюдения за меченой рыбой или группой рыб. Проведение этих исследований с помощью выпускающихся промышленностью различных рыбопоисковых приборов затруднительно ввиду небольших глубин водоемов и наличия большого количества гидроакустических помех. Поэтому наиболее широкое применение получил метод дистанционного слежения за рыбой с помощью ультразвуковых передатчиков и специальной приемной аппаратуры (Поддубный, Спектор, 1967; Hasler a. oth., 1969; Малинин, 1970). Такой метод позволяет с достаточной точностью пеленговать местоположение подопытной рыбы и наносить на карту трассу ее движения. При этом для изучения систем ориентации и навигации рыб очень важно иметь данные об основных параметрах окружающей среды: температуры, освещенности, электропроводности и др. Наиболее целесообразно получать их непосредственно в точке нахождения рыбы на различных участках трассы ее движения, закодировав в передатчике-метке прием и передачу на судно соответствующей информации.

Ниже описывается информационный ультразвуковой передатчик-метка для измерения одного из основных параметров водной среды — освещенности. Как видно из принципиальной схемы (рис. 1), передатчик представляет собой автогенератор с кондуктивной обратной связью на германиевом сплавном транзисторе  $T_1$  типа ГТ108Г. Неполное включение колебательного контура, примененное в схеме, ослабляет воздействие триода на частоту автогенерации, что повышает ее стабильность. В качестве излучателя  $И$  упругих колебаний используется пьезоэлемент ЦТС-19 диаметром 18 мм и высотой 7 мм. Диаграмма направленности такого пьезоэлемента близка к круговой, что позволяет осуществлять уверенный прием информационных сигналов от меченой рыбы в любом направлении.

Емкость пьезоэлемента и индуктивность  $L$  образуют колебательный контур, настраивающийся на резонансную частоту 45 кГц. Работа ультразвукового передатчика поставлена в импульсный режим с целью экономии емкости источника питания. Частота следования импульсов определяется времязадающей цепочкой  $R_1, R_2, R_3, R_4, C_1$ . В качестве емкости  $C_1$  использована малогабаритная емкость марки ЭМИ, в качестве сопротивления  $R_1$  — высокочувствительный фоторезистор типа ФСД-1. Длительность импульсов определяется сопротивлением  $R_2$  и находится в пределах 4—10 мсек. Поскольку темновое сопротивление фоторезистора ФСД-1 колеблется в пределах 50—30 мегом (Мартюшов, Зайцев, 1968), для обеспечения нормальной работы передатчика в ночное время фоторезистор шунтируется обычным сопротивлением  $R_3$  величиной 2 мегома типа МЛТ-0.125. Частота следования импульсов передатчика в этом случае составляет 1 гц.

Включение ультразвукового передатчика осуществляется автоматически при погружении в воду контактов 1 и 2 (Гайдук, 1970). На воздухе в результате отключения контактами 1 и 2 емкости  $C_1$  от колебательного контура передатчик не генерирует и происходит расход емкости источника питания только лишь по постоянному току, что составляет 0.0002—0.0005 а.ч. Чувствительность фоторезистора ФСД-1 позволяет измерять минимальные величины освещенности порядка 0.5 лк. Верхний предел измеряемой освещенности устанавливается сопротивлением  $R_4$ .

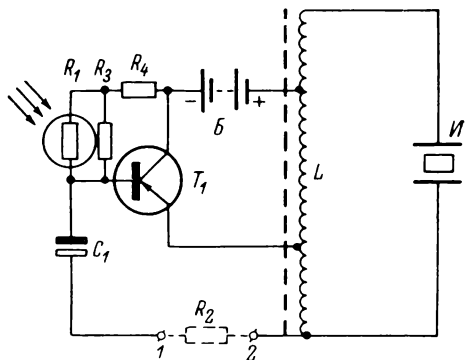


Рис. 1. Принципиальная схема передатчика. Объяснение в тексте.

Принцип работы такого передатчика заключается в следующем. В первоначальный момент транзистор  $T_1$  заперт. Происходит заряд емкости  $C_1$  через сопротивления  $R_1, R_2, R_3, R_4$ . При заряде емкости до величины отпирающего напряжения транзистора  $T_1$  автогенератор возбуждается вследствие обеспечения положительной обратной связи между коллекторной и базовой цепями триода. В контуре автогенератора возникают гармонические колебания с частотой 45 кгц. На рис. 2 приведены временные диаграммы

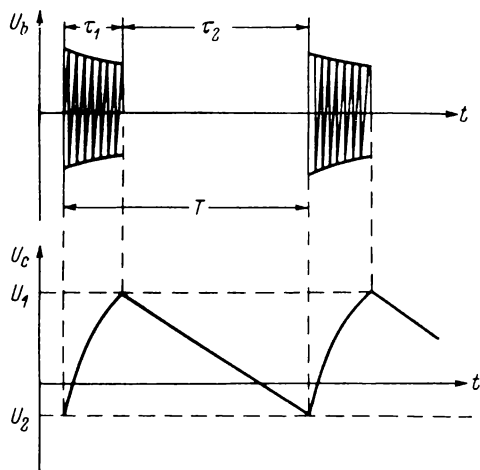


Рис. 2. Временные диаграммы ( $t$  — время,  $\tau_1$  — длительность импульса,  $\tau_2$  — пауза,  $T$  — период).

автогенератора. На первом этапе возникновения и развития процесса генерации конденсатор  $C_1$  представляет собой для тока обратной связи практически короткое замыкание. По мере продолжения генерации конденсатор  $C_1$  заряжается постоянной составляющей тока обратной связи вследствие детектирования этого тока на эмиттерно-базовом переходе триода  $T_1$ . Амплитуда тока обратной связи, пропорциональная разности напряжений на конденсаторе  $C_1$  и на обмотке обратной связи, по мере заряда конденсатора непрерывно уменьшается. Когда напряжение на конденсаторе достигает значения, при котором величина тока обратной связи становится недостаточной для поддержания автоколебаний, генерация срывается. Начинается разряд конденсатора  $C_1$  через сопротивления  $R_1, R_3, R_4$  на минус источника питания. Напряжение на конденсаторе, а следовательно, и потенциал базы триода  $T_1$  по отношению к эмиттеру начинает понижаться. Когда напряжение на емкости понизится до величины отпирающего напряжения, вновь будут созданы условия для возникновения генерации и описанный процесс повторится. На временной диаграмме (рис. 2) приводится изменение напряжения ( $U_c$ ) на конденсаторе и форма выходного импульса ( $U_b$ ) на излучателе.

Монтажная плата ультразвукового передатчика вместе с фоторезистором помещается внутри пьезокерамического излучателя, а в корпусе передатчика — источник питания  $B$  из четырех последовательно соединенных батарей типа РЦ-53 с общей емкостью 0.25 а.ч. Вес готового передатчика с источником питания в воздухе около 25 г.

В результате изменения освещенности при движении рыбы величина фоторезистора, определяющая частоту следования импульсов, будет изменяться, что фиксируется оператором по показаниям импульсного частотомера приемной аппаратуры. Затем в результате дешифрации этих показаний в соответствии с тарифовочной таблицей определяется освещенность в месте нахождения рыбы.

При изготовлении и качественной наладке ультразвуковых передатчиков по предложенной принципиальной схеме на определенную частоту необходимо учитывать изменение емкости излучателя и величины фоторезистора от температуры воды. С этой целью желательно производить наладку и тарифовку схемы передатчика излучателем и фоторезистором, находящимися в моделированных условиях предстоящего эксперимента. Поскольку тарифовка передатчиков производится в условиях, близких к естественным, небольшие изменения температуры во время движения рыбы не окажут существенного влияния на точность измерения освещенности, так как, согласно паспортным данным и кривым, снятым в лабораторных условиях, величина изменения сопротивления данного типа фоторезисторов в зависимости от температуры колеблется в пределах 0.2—0.8% на 1°.

Как показали лабораторные и полевые испытания, измерение освещенности в месте нахождения меченой рыбы производится с заданной точностью до момента снижения номинальной емкости источника питания на 50%. Незначительное изменение внутреннего сопротивления источника питания за это время не оказывает существенного влияния на результаты измерений. Длительность работы информационных передатчиков, зависящая от времени уменьшения номинальной емкости источника питания на 50%, легко рассчитывается по потреблению емкости источника питания на генерацию одного рабочего импульса ( $0.8 \times 10^{-6}$  а.ч) и по количеству импульсов за время прослеживания рыбы. Большая емкость источника питания (0.25 а.ч) и малое потребление позволяют использовать информационные передатчики для проведения измерений в течение 50—60 час., после чего до окончания своей работы они используются как обычные сигнальные метки.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- Г а й д у к В. В. 1970. Схема малогабаритного ультразвукового передатчика для мечения рыб. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 9.
- М а л и н и н Л. К. 1970. Использование ультразвуковых передатчиков для мечения леща и щуки в Рыбинском водохранилище. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 7 и 8.
- М а р т ю ш о в К. И., Ю. В. З а й ц е в. 1968. Нелинейные полупроводниковые резисторы. Изд. «Энергия», М.
- П о д д у б н ы й А. Г., Ю. И. С п е к т о р. 1967. Исследование миграционного поведения осетров в зоне плотин биотелеметрическим методом. В сб.: Вопросы бионики, изд. «Наука», М.

Институт биологии  
внутренних вод АН СССР

Х. А. Вельнер, Х. А. Мёльдер  
и А. А. Ляэне

### УЧЕТ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДАТЧИКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ИЗМЕРЕНИЯ

Концентрация растворенного кислорода является одним из важнейших факторов при определении санитарного состояния водоемов. Определение концентрации растворенного кислорода по методу Винклера довольно

трудоемко, особенно в полевых условиях.

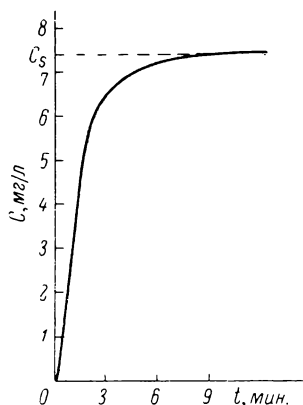
В последние годы широко используется электрохимический анализатор (ЭА), при помощи которого можно быстро определять концентрацию кислорода в водоемах и в очистных сооружениях.

Для получения достоверных результатов при работе с датчиком ЭА необходимо учитывать характерные особенности датчика, в частности инерцию.

Датчик ЭА работает по принципу измерения тока ионизации кислорода, диффундирующего к индикаторному электроду датчика через полупроницаемую мембрану. Установлено, что предельный диффузионный ток  $I$  пропорционален концентрации растворенного кислорода в жидкости  $C_s$ .

Инерцией датчика называется время для восстановления концентрации кислорода  $C_s$  на внутренней поверхности

мембраны, вызывающее предельный диффузионный ток, что связано со свойствами полупроницаемой мембраны. Скорость пере-



Изменение концентрации кислорода ( $C$ ) на внутренней стороне мембраны.

$C$  — концентрация кислорода на внутренней стороне мембраны, мг/л;  $C_s$  — концентрация кислорода в глубине раствора, мг/л;  $t$  — время момента измерения  $C$  от начала аэрации.

носа кислорода через мембрану характеризуется общим коэффициентом переноса кислорода в мембране  $K_k$ .

На основе проведенных нами измерений получен график изменения концентрации кислорода  $C$  на внутренней стороне мембраны (см. рисунок). Изменение концентрации  $C$  выражается уравнением  $C = C_s - \frac{C_s}{e^{K_k t}}$ , где  $C_s$  — концентрация кислорода в глубине раствора. При условии  $t = \infty$  уравнение принимает вид  $C = C_s$ . Практически достаточно 10 мин. для восстановления концентрации кислорода  $C_s$  на внутренней стороне мембраны.

Для получения показаний прибора, равных истинной концентрации кислорода в жидкости, необходимо погружение датчика не менее 10 мин. до отсчета показания. Срок измерения можно сократить только при условии, что промежуток времени от момента погружения датчика в измеряемую среду до момента отсчета результата будет одинаковым как при тарировании датчика, так и при измерениях.

Инерция датчика имеет особое значение при исследовании динамических, быстро протекающих процессов (определение окислительных способностей аэраторов).

Для определения общего коэффициента переноса кислорода при аэрации ( $K'_L$ ) в дистиллированной воде с учетом инерционных свойств датчика следует пользоваться уравнением

$$C = C_i - C_i e^{-K_k t} + C_i \frac{K_k}{K_k - K'_L} (e^{-K_k t} - e^{-K'_L t}),$$

где  $C$  — концентрация кислорода на внутренней стороне мембраны (равняется показанию измерительного прибора);  $C_i$  — предел насыщения воды кислородом при данной температуре;  $K_k$  — общий коэффициент переноса кислорода в мембране при данной температуре;  $t$  — время момента измерения  $C$  от начала аэрации.

Описанный выше датчик может быть использован также для измерения скорости потребления кислорода активным илом или иными биологическими системами. В этом случае скорость потребления кислорода  $r$  определяется из уравнения

$$C = \left( C_k - \frac{r}{K_L} \right) \left[ 1 - e^{-K_L t} \frac{K_k}{K_k - K_L} + e^{-K_k t} \left( \frac{K_k}{K_k - K_L} - 1 \right) \right],$$

где  $C_k$  — предел насыщения смеси активного ила кислородом при данной температуре при условии, когда активный ил кислорода не потребляет;  $K_L$  — общий коэффициент переноса кислорода в смеси активного ила при данной температуре.



## ЛИТЕРАТУРА

- Р а у д с е п И., Т. Т е н н о, Р. М а р в е т, В. П а с т. 1967. Электрохимический измеритель концентрации растворенного кислорода в природных и сточных водах. Всесоюзн. н.-техн. конфер. по охране поверхностных и подземных вод от загрязнений. Тез. докл. и сообщ., 2. Таллин.
- С м и р н о в Д. Н., А. А. К у з ь м и н, Р. Н. С а й ф и. 1969. Автоматический контроль содержания растворенного кислорода в сточных водах. Водоснабж. и санитарн. техника, 5.

Таллинский политехнический институт

---

ИНФОРМАЦИИ

	Стр.
Симпозиум МБП по проблеме продуктивности пресных вод . . . . .	3

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

И. К. Р и в ь е р и Н. А. Г е ц. Зоопланктон Мошковичского залива, подогреваемого сбросными водами Конаковской ГРЭС	4
В. И. Р о м а н е н к о. О фотосинтезе водорослей в красном снегу на Памире . . . . .	8
В. А. Е л и з а р о в а. Предварительные данные о содержании некоторых продуктов распада хлорофилла в воде Рыбинского водохранилища . . . . .	9
Л. И. Л и с и ц и н а и В. А. Э к з е р ц е в. О транспирации хвоща приречного ( <i>Equisetum fluviatile</i> L.), манника большого [ <i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.] и камыша озерного ( <i>Scirpus lacustris</i> L.) . . . . .	14
Г. А. Ж у к о в а и Л. И. Л и с и ц и н а. Влияние строительства Конаковской ГРЭС на растительность Мошковичского залива	18
Н. В. Г о р я ч е в а. Реакция бесцветных жгутиконосцев на добавление в среду витаминов группы В . . . . .	22
Б. Ф. Ж у к о в. Об устойчивости бесцветных жгутиконосцев <i>Bodo saltans</i> и <i>Pleuromonas jaculans</i> к ультрафиолетовому излучению	26
Е. Б. П а в е л ь е в а. Некоторые данные по бактериальному питанию инфузорий <i>Paramecium caudatum</i> Ehrb. . . . .	29
В. П. С е м е р н о й. О нахождении половозрелых <i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller) ( <i>Lumbriculidae</i> , <i>Oligochaeta</i> ) на территории СССР	31
Т. М. В л а д и м и р о в а. К фауне коловраток Рыбинского водохранилища . . . . .	33
В. П. Л у ф е р о в и Л. И. С т е ц е н к о. Особенности поведения и распределения водных беспозвоночных в водоеме . . . . .	35
Т. Н. К у р а ж с к о в с к а я. Гистохимический анализ слюнных желез личинок <i>Chironomini</i> ( <i>Diptera</i> , <i>Chironomidae</i> ) . . . . .	38
Т. Н. К у р а ж с к о в с к а я и Л. М. С е м е н о в а. Действие малых доз фенола на личинок хирономид . . . . .	42
Г. Д. Г о н ч а р о в. Иммунологическая компетенция лимфоидных клеток почек карпа ( <i>Cyprinus carpio</i> ) . . . . .	44
В. В. П о л о в к о в. Влияние длительного импульса экспоненциальной формы на поведение плотвы . . . . .	49
	81

И. С. Б о г а ч е в а. О влиянии длительности переднего фронта прямоугольного импульса электрического тока на параметры реак- ций плотвы . . . . .	53
О. Ф. К о н д р а ц о в а и Н. П. С м и р н о в. Двухлетний цикл в колебаниях стока Верхней Волги . . . . .	58
Ю. И. Г о р и н. Некоторые особенности вертикального распределе- ния температуры воды в Куйбышевском водохранилище . . .	63
Ю. В. Н и к о л а е в и Н. П. С м и р н о в. Опыт применения ди- скриминантного анализа для прогноза годового стока Верхней Волги . . . . .	67
В. В. Г а й д у к и Л. К. М а л и н и н. Информационный ультра- звуковой передатчик-метка для биотелеметрических исследо- ваний . . . . .	74
Х. А. В е л ь н е р, Х. А. М ё л ь д е р и А. А. Л я э н е. Учет инер- ционных свойств датчика электрохимического анализатора растворенного кислорода в разных условиях измерения . . . .	78

---

# CONTENTS

## INFORMATIONS

	Page
IBP Symposium on the problem of productivity of fish waters . . . .	3

## ARTICLES

I. K. Rivier and N. A. Gets. The zooplankton of the Moshkovitchski bay heated by waste waters of the Konakovskaya power station. . . . .	4
V. I. Romanenko. Photosynthesis of algae in the red snow in Pamirs . . . . .	8
V. A. Elisarova. Preliminary data on the contents of some products of decomposition of chlorophyll in the waters of the Rybisk reservoir . . . . .	9
L. I. Lisitsina and V. A. Ekzertsev. The transpiration of <i>Equisetum fluviatile</i> L., <i>Glyceria maxima</i> (Hartm) Holmb and <i>Scirpus lacustris</i> L. . . . .	14
G. A. Zhukova and L. I. Lisitsina. The influence of building of the Konakovskaya power station on the vegetation of the Moshkovitchski bay . . . . .	18
N. V. Goryatcheva. The response of the zooflagellates to the addition of vitamins of B group in the medium . . . . .	22
B. F. Zhukov. On the resistance of the zooflagellates <i>Bodo saltans</i> and <i>Pleuromonas jaculans</i> to the ultraviolet radiation . . . . .	26
E. B. Pavelieva. Some data on the bacterial feeding of <i>Paramecium caudatum</i> Ehrb . . . . .	29
V. P. Semernoi. On some mature <i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller) ( <i>Lumbriculidae</i> , <i>Oligochaeta</i> ) on the territory of the USSR . . . .	31
T. M. Vladimirova. On the fauna of rotifers of the Rybinsk reservoir . . . . .	33
V. P. Luferov and L. I. Stetsenko. The peculiarities of behaviour and distribution of water invertebrates in a water body . . . . .	35
T. N. Kurazhskovskaya. The histochemical analysis of the salivary glands of <i>Chironomini</i> larvae ( <i>Diptera</i> , <i>Chironomidae</i> ) . . . . .	38
T. N. Kurazhskovskaya and L. M. Semanova. The effect of low doses of phenol on the chironomidae larvae . . . . .	42
G. D. Gontcharov. The immunologic competence of the lymphoid cells in the kidneys of <i>Cyprinus carpio</i> . . . . .	44
V. V. Polovkov. The influence of the duration of the exponential form impulse on the behaviour of roach . . . . .	49
	83

I. S. B o g a t c h e v a. The influence of the duration of electric front face on the indices of reaction in roach . . . . .	53
O. F. K o n d r a t s o v a and N. P. S m i r n o v. The two-year cycle in the fluctuations of the flow of the upper Volga . . . . .	58
J. I. G o r i n. Some peculiarities of the vertical distribution of temperature in the Kuibyshevsk reservoir . . . . .	63
Y. V. N i k o l a e v and N. P. S m i r n o v. The experience in application of the discriminant analysis for forecasting of the annual flow of the upper Volga . . . . .	67
V. V. G a i d u k and L. K. M a l i n i n. The informational ultrasonic transmitter-trace for biotelemetric investigations . . . . .	74
H. A. V e l n e r, H. A. M e l d e r and A. A. L y a e n e. Determination of inertia of electrochemical analyser of dissolved oxygen feeder under different conditions of measurement . . . . .	78

---