

06
ИБВВ

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

5

27341-17.

06
ИБВВ

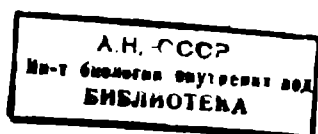
АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ
ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 5

2734/7



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Ленинград · 1970


Главный редактор

доктор биологических наук

Б. С. КУЗИН

Редактор издания

доктор биологических наук

Б. К. ШТЕГМАН 

В. Ф. Рощупко

**ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОМИТЕТА ПО ПРОБЛЕМАМ
ЦВЕТНОСТИ ВОДЫ В США (RESEARCH COMMITTEE
ON COLOR PROBLEMS. REPORT FOR 1966 — J. AMER.
WATER WORKS ASSOC. 1967, 59, 8)**

Комитет по проблемам цветности воды в США опубликовал в 1967 г. доклад о работах следующих авторов: Кристмана (R. F. Christman), Ламара (W. L. Lamar), Пакгама (R. F. Packham), Шапира (D. Shapiro), Синглей (J. E. Singley), Стелинка (C. Stee-link), Томаса (J. F. J. Thomas), Унгара (J. Ungar) и Симона (G. Simon). В докладе рассматриваются следующие вопросы: 1) происхождение цветности поверхностных вод; 2) химическая природа цветности; 3) коагуляция окрашенных органических веществ; 4) исследования природы цветности натуральных вод.

Происхождение цветности поверхностных вод. Основным источником цветности воды являются аллохтонные гуминовые вещества. Химическая природа их пока не вполне ясна, образуются они при распаде растительного материала. Кристофало (Cristofalo) с соавторами пытались объяснить цветность воды присутствием окрашенных продуктов обмена веществ водорослей. Однако большинство водоемов с высокоцветными водами малопродуктивно, и роль водорослей в цветности воды невелика. Картину, близкую, вероятно, к истине, дает Хатчинсон (Hutchinson). Произведя расчеты по данным Джедая и Берджи (Judaу a. Birge), он нашел, что почти бесцветное автохтонное органическое вещество висконсинских озер содержит 24% сырого белковоподобного вещества и что отношение углерода к азоту равно 12 : 1. Высокоокрашенное аллохтонное вещество содержит около 6% сырого белковоподобного вещества, а отношение углерода к азоту равно 45 : 1—50 : 1.

Эффективность распада в окрашенных водах определяется количеством материала, подвергающегося разложению, скоростью разложения и аккумуляцией продуктов распада. Часто окрашенные воды сообщаются с болотами, в которых накапливается разлагающийся материал, что и приводит к периодическим всплескам цветности аллохтонного происхождения. При определенных усло-

виях продукты разложения остаются после того, как разложение фактически закончилось. Примером служат органические вещества почвы, которые могут окрашивать воды во время первого наполнения вновь созданных водохранилищ. С течением времени цветность ослабляется или устанавливается на относительно низком уровне. Поверхностные воды, особенно те, которые связаны с колебаниями стока и атмосферных осадков, показывают значительно большие вариации аллохтонной цветности, чем воды озер.

Относительно вопроса об однородности водного гумуса в различных местах большинство исследователей считает, что при сходстве химических и спектральных свойств гумуса физические свойства, молекулярные веса или размеры частиц могут быть различными. Шапиро показал, что величины молекулярного веса водного гумуса в озерах штата Миннесота могут быть разделены по крайней мере на четыре группы.

Далее докладчики отмечают идентичность некоторых химических и физических свойств почвенного и водного гумуса (например, спектры поглощения). На основе данных о поведении геля предполагали, что как почвенный, так и водный гумус состоит из крупных молекул, хотя в пробах воды были обнаружены и относительно низкомолекулярные вещества. Эти более новые данные противоречат тем, которые были получены при криоскопическом определении молекулярного веса. Почвенный гумус ведет себя при хроматографии на бумаге так же, как и водный. Для обоих видов гумуса возможно отделение гуминовой фракции от гиматомелановой кислоты и фульвокислот. Элементарный состав почвенного и водного гумуса одинаков: близкое процентное содержание углерода, водорода и кислорода при низком содержании азота. К тому же в обоих видах гумуса постоянно отмечается наличие карбоксильных и гидроксильных групп, а также метоксила. С помощью методов деструктивного окисления и хроматографии Кристман и Гассеми (Christman a. Chasseми) идентифицировали семь фенолсодержащих веществ в гумусе, выделенном из воды и лесной подстилки (wood extractives). Другие авторы нашли те же вещества в почвенном гумусе.

В практическом отношении цветность представляет собой важнейший признак качества воды. Высокоцветная вода нежелательна для бытового использования. Гумус является причиной неприятного вкуса и запаха воды, мешает хлорированию, стимулирует зарастание трубопроводов, способствует коррозии металлов. Ниже приводятся нормы цветности воды, принятые в США для промышленного использования.

Исследование гумуса затрудняется его способностью к разрушению анионнообменных смол. Цветность мешает колориметрическому определению других компонентов природных вод, оказывает коагулирующее действие, удерживает в растворе железо и марганец. Механизм этого явления неясен, но предполагают,

для изготовления:	
пищевых продуктов	10
льда	5
напитков	5—10
пульпы и бумаги:	
щелочной пульпы	5
высокосортной бумаги	5
специальной бумаги	5
отбеленной крафт-бумаги	25
неотбеленной крафт-бумаги	100
бумаги из древесины	30
хлебопекарных изделий	10
пива	0—10
текстиля:	
хлопчатобумажного	50
искусственного шелка	5
вообще тканей	5—70
для питания кипятильников	20—80
	(в зависимости от давления)
в оборудовании для мытья пищевых продуктов	5—20
в процессе обработки пищи	5—10
в дубильном производстве	10—100

что железо может удерживаться как в пептизированном состоянии, так и благодаря частичному хелатированию. Большие концентрации гумуса снижают биологическую продуктивность водоема вследствие способности абсорбировать активную в фотосинтетическом отношении часть светового потока.

Положительным свойством цветности воды авторы считают эффект стимулирования роста водорослей. Предполагается, что это явление основано на стабилизации микроэлементов в растворе. Некоторые исследователи обнаружили благоприятный эффект гумуса в отношении лечения ревматической лихорадки и дефектов кожи.

Х и м и ч е с к а я п р и р о д а ц в е т н о с т и . Представление о химической структуре органических веществ цветности в значительной мере определяется генезисом вод и может зависеть от метода выделения окрашенных компонентов. Было отмечено, что молекулы этих веществ обладают свойствами кислот. Шапиро с помощью метода изотермической дистилляции установил, что средний молекулярный вес окрашенного вещества равен 456. По результатам титрования в водных средах средний эквивалентный вес равен 228. Исходя из этих данных и того факта, что гумусовые вещества растворяются в 5%-м растворе бикарбоната натрия, Шапиро считает, что молекулы вещества цветности обладают не фенольной структурой, а в общем представляют собой двухосновные полигидроксиалифатические кислоты. Он подтвердил это результатами инфракрасной спектроскопии; ароматические группы или отсутствуют, или их очень мало. Аналогичные определения эквивалентного веса в сухих остатках, экстрагированных из многих вод, выполненные Блеком и Кристманом (Black a.

Christman) методом водного титрования, дали сравнимые результаты. Но на основании качественных реакций на фенол и данных инфракрасной абсорбции Блек и Кристман классифицировали сухие продукты из окрашенных веществ как ароматические полигидроксиметоксилированные карбоновые кислоты. Пакгам и Кристман, применяя схему разложения почвенных органических веществ, нашли, что органические вещества цветности представлены фульво-гуматомелановой и гуминовой кислотами, причем преобладают фульвокислоты (75—85% по весу).

Наиболее ранние исследования химической природы окрашенных веществ подтвердили комплексную структуру их молекул и наличие в них небольшого количества кислотных радикалов. Недавно Кристман и Гассеми успешно использовали метод окисления в присутствии CuO в щелочной среде для разрушения макромолекул окрашенных веществ. Продукты окисления убедительно доказывают наличие фенольного ядра в основе структуры окрашенного вещества. Ими были идентифицированы в таком органическом веществе из одного водоема следующие специфические соединения: пирокатехин, резорцин, ванилин, ванилиновая, сиреневая, протокатехиновая кислоты и 3.5-дигидрооксibenзойная кислота. Деструктивное окисление не может быть применено для определения скелетных элементов макромолекул окрашенных веществ вследствие способности разрушать алкильные связи между ароматическими кольцами. Для этой цели лучше использовать гидрирование в присутствии никелевого катализатора или деструктивную дистилляцию при пониженном давлении.

Коагуляция окрашенных органических веществ. Степень, до которой возможно снижение цветности в практических целях, зависит от качества воды. Для удаления цветности при помощи коагулянтов оптимальные значения pH при применении сульфата алюминия — около 5.5, а сульфата железа — ниже 4. В водах, имеющих высокую карбонатную жесткость, оптимальные условия могут быть достигнуты путем добавления кислоты в количестве, способном разрушить щелочность, хотя это нежелательно, так как щелочность является ценным антикоррозийным свойством воды. Трудности могут также возникнуть из-за высокой мутности, которая не так легко удаляется при низких pH. В жестких водах коагуляция окрашенного вещества происходит большей частью в интервале pH 6.5—7.0; очевидно, присутствующие в воде ионы кальция способствуют снижению окраски воды. При малой мутности обесцвечивать воду выгоднее озонированием.

В случае применения коагулянтов железа могут возникнуть значительные трудности из-за более низких оптимальных значений pH, а также при случайном внесении избытка коагулянта, при этом вода становится более окрашенной. Полезно использование соосадителей, особенно в холодную погоду. При сни-

жении рН, близких к оптимальным, образующиеся хлопья коагулянта с органическим веществом менее плотны по сравнению с теми, которые образуются при высоких значениях рН.

При высоком содержании в воде окрашенных органических веществ и особенно фульвокислот оптимальные величины рН могут меняться. Степень максимально возможного удаления из воды окрашенных соединений определяется величиной рН. Необходимо соблюдение стехиометрического соотношения между содержанием в воде органических соединений и дозой коагулянта. Величина этого соотношения зависит от природы окрашенных органических веществ: для фульвокислот требуется большая доза коагулянта и более тщательный контроль за величиной рН. При низких дозах коагулянта знак заряда образующихся хлопьев отрицателен; с увеличением дозы коагулянта величина его понижается, а в дальнейшем изменяется знак заряда. Для объяснения этого процесса было выдвинуто два предположения. Блек и соавторы считают, что вещество органической цветности представляет собой коллоид с отрицательным зарядом, коагулируемый продуктами гидролиза железа или алюминия, имеющими положительный заряд. Другие рассматривают процесс коагуляции как химическое взаимодействие между положительно заряженными продуктами гидролиза коагулянта и высокомолекулярными окрашенными карбоновыми кислотами, входящими в состав органического вещества цветности. Стехиометрические наблюдения показали, что процесс коагуляции представляет собой по существу реакцию осаждения.

Тенденция железа и алюминия переходить в растворимую форму при значениях рН, выше оптимальных, объясняется или образованием растворимых комплексов, или стабилизацией гидрозолей железа и алюминия. Для дальнейшего исследования химической природы окрашенных веществ в натуральных водах авторы обзора обращают внимание на необходимость изучения: 1) химической структуры окрашенных веществ восстановительной деструкции и деструктивной дистилляции при пониженном давлении; 2) различий химической структуры окрашенных веществ в зависимости от происхождения воды; 3) биогенезиса окрашенных веществ; 4) определения размеров частиц макромолекул веществ цветности; 5) механизма коагуляции окрашенных веществ; 6) путей усовершенствования аналитической техники определения цветности.

В докладе две таблицы. В списке литературы приведено 45 названий, в том числе две работы советских исследователей. Авторы весьма мало использовали достижения советских ученых в области изучения природы окрашенных органических ингредиентов воды. Тем не менее доклад представляет определенный интерес, так как достаточно полно информирует о состоянии этой важной проблемы за рубежом.

А. Г. Скородумова и Н. В. Трухин

РОСТ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХЛОРЕЛЛЫ ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ СОСТОЯНИЯ ВЫНУЖДЕННОГО ПОКОЯ

В неблагоприятных условиях существования (недостаток углекислого газа, солей азота, магния и т. п.) скорость биосинтеза азотистых соединений в клетках водорослей снижается. Одновременно с этим существенно возрастает скорость биосинтеза углеводов и жирных кислот (Fogg, 1953; Яска, 1964; Гительзон и др., 1966; Клячко-Гурвич и Жукова, 1966; Трухин, 1968а, 1968б, и др.).

Углеводы и жирные кислоты, по-видимому, служат запасными продуктами, используемыми клеткой в качестве энергетического и пластического материала в благоприятных для жизнедеятельности условиях. В некоторой степени это подтверждается данными Ивамото и Сукимото (Iwamoto a. Sucimoto, 1958), показавшими, что если водорослям, длительное время лишенным азота и накапливающим значительное количество жирных кислот, вновь предоставить азот, содержание жирных кислот в клетках резко снижается. Авторы не задавались целью выяснить причину снижения в культуре водорослей процента жирных кислот — происходит ли это только за счет уменьшения скорости их биосинтеза или же вследствие использования для построения других соединений.

В своей работе мы сделали попытку рассмотреть динамику изменения содержания химических компонентов в клетках водорослей, находящихся длительное время в среде без азота и затем переносимых в среду, содержащую его. Накопительная культура хлореллы находилась в стандартизированных условиях при наличии в среде достаточного количества CO_2 и биогенных элементов, обеспечивающих нормальный ход метаболических процессов. Для ввода водорослей в состояние вынужденного покоя из среды исключался азот. Культура в измененной среде находилась в течение 70 час. Для вывода водорослей из состояния покоя в среду вводился азот (в нитратной форме). Длительность периода выхода из состояния покоя варьировала от 8 до 48 час. Определялись скорость ассимиляции CO_2 , величина прироста био-

массы водорослей и количество содержащихся в них общего азота, крахмала, сырого жира, жирных кислот и хлорофилла. Скорость ассимиляции CO_2 устанавливалась радиоуглеродным методом в токе воздуха, обогащенного радиоактивной CO_2 (Заленский и др., 1955). Экспозиция составляла 5 мин.

Одновременно учитывалась фиксация CO_2 водорослями в темноте и на свету. Скорость истинной (фототрофной) ассимиляции CO_2 определялась по разности между количеством CO_2 , ассимилируемой на свету, и количеством CO_2 , ассимилируемой в темноте. Методика определения величин прироста биомассы и содержания химических компонентов описана Н. В. Трухиным ранее (Трухин, 1967, 1968б). Культура водорослей находилась в плоскостенных сосудах из органического стекла. Площадь освещаемой поверхности суспензии водорослей составляла 3.12 дм², объем 700 мл. Температура суспензии поддерживалась постоянной (27°). Интенсивность света составляла около 41 тыс. эрг/см² · сек. Суспензии водорослей барботировались воздухом, содержащим 2—3% CO_2 . Использовалась среда Тамия. Титр засеваемых водорослей составлял 800—900 мг на 1 л в пересчете на сухое вещество водорослей.

Благодаря стандартизации условий в накопительной культуре скорость роста водорослей и скорость биосинтеза их химических ингредиентов были довольно постоянными. Физиолого-биохимические характеристики водорослей, выращиваемых в среде при высоком содержании азота и в отсутствие азота, представлены ниже.

	При высоком содержании азота	В отсут- ствии азота
Скорость ассимиляции CO_2 , мл на 1 дм ² в час	8.5	1.1
Содержание компонентов, % от сухого вещества		
общий азот	10.2	2.7
крахмал	9.6	64.5
сырой жир	22.0	16.0
жирные кислоты	11.0	15.0
хлорофилл	4.5	0.9
хлорофилл а		
хлорофилл б	3.2	2.7

Как показывают данные, водоросли, выращенные в среде с высоким содержанием азота, были богаты азотсодержащими соединениями и бедны крахмалом. После перевода водорослей в среду без азота они продолжали фотосинтезировать и размножаться с постепенно убывающей скоростью (Трухин, 1968б), причем поступающий в клетки углерод в основном входил в крахмал. В результате через 70 час. роста при отсутствии азота водоросли содержали общего азота менее 3%, тогда как крахмала свыше 60%.

Скорость фототрофной ассимиляции CO_2 к этому времени составляла всего 1.1 мл в час на 1 дм², или $\frac{1}{7}$ от таковой у водорослей в накопительной культуре.

После перевода водорослей в среду, содержащую азот, последний быстро входил в клетки, восстанавливался и, очевидно, включался в органические соединения. В результате процентное содержание общего азота в водорослях резко возрастало, особенно в начальный период. Увеличился также процент сырого жира и хлорофилла. Одновременно происходило снижение процентного содержания ряда других компонентов, а именно — крахмала и жирных кислот (см. ниже). Через некоторое время (примерно через 48 час.) химический состав водорослей оказался близким к таковому у водорослей из накопительной культуры.

Длительность опыта, час.	Содержание компонентов, % от сухого вещества					Хлорофилл а
	общий азот	крахмал	сырой жир	жирные кислоты	хлорофилл	Хлорофилл б
8	6.3	53.7	20.1	11.0	1.14	3.3
16	8.7	26.4	22.2	11.8	1.9	3.1
24	10.4	11.0	20.9	12.1	2.9	3.1
48	11.0	7.5	23.0	10.9	4.6	3.2

На основании изложенного трудно судить о возможности потребления клетками водорослей крахмала и жирных кислот, поскольку нельзя исключить возможное «разбавление» процента этих компонентов за счет увеличения количества других соединений и соответственно увеличения количества сухого вещества. Очевидно, оценку роли крахмала и жирных кислот в биосинтетических процессах можно дать лишь при установлении величины прироста (убыли) веществ, содержащихся в водорослях. Изменение количества сухого вещества и химических компонентов в культуре водорослей при выходе из состояния покоя (в мг/л суспензии) приведено ниже.

Длительность опыта, час.	Сухое вещество	Общий азот	Крахмал	Сырой жир	Жирные кислоты	Хлорофилл
8	0	+ 30.2	— 88.5	+ 24	—23	+ 1.7
16	+ 33	+ 62.7	—354	+ 70	—25	+11.0
24	+218	+104.2	—524	+ 98	— 6	+28.0
48	+890	+148.0	—268	+248	+72	+62.0

Примечание. Знаки плюс и минус означают соответственно прибыль и убыль указанных компонентов по сравнению с содержанием их в исходной культуре.

В течение некоторого времени (8—16 час.) после переноса бедных азотистыми соединениями водорослей в среду с азотом они практически не росли (если понимать под ростом увеличение количества сухого вещества). Однако водоросли в этот период

ассимилировали CO_2 , азот и, очевидно, другие элементы минерального питания. Одновременно происходило увеличение количества азотсодержащих органических соединений, сырого жира и хлорофилла и снижение количества крахмала и жирных кислот. Поскольку в указанный период культивирования водорослей количество сухого вещества фактически не изменялось, снижение количества крахмала и жирных кислот было очевидным следствием их расхода на метаболические процессы. Можно полагать, что крахмал и жирные кислоты служили в качестве субстрата дыхания. Возникающие при окислительном распаде указанных веществ некоторые промежуточные продукты, например органические кислоты, могли служить также исходным материалом при построении углеродных цепочек вновь образуемых соединений (хлорофилла, азотсодержащих и других).

ЛИТЕРАТУРА

- Г и т е л ь з о н И. И., Г. И. Садикова, Л. Н. Бородкина, М. И. Базанова. 1966. Изменения в скорости роста и химическом составе микроводоросли хлореллы, вызванные лимитированием биосинтеза биогенными элементами. В сб.: Управляемый биосинтез, изд. «Наука», М.
- З а л е н с к и й О. В., О. А. Семихатова, В. Л. Вознесенский. 1955. Методы применения радиоактивного углерода C^{14} для изучения фотосинтеза. Изд. АН СССР, М—Л.
- К л я ч к о-Г у р в и ч Г. Л. и Т. А. Жукова. 1966. Изменение биосинтеза жирных кислот в условиях азотного голодания у *Chlorella pyrenoidosa*. Физиол. раст., 13, 1.
- Т р у х и н Н. В. 1967. Влияние синего и красного света на биохимический состав *Chlorella pyrenoidosa*. В сб.: Лучистые факторы жизни однокл. организмов, изд. «Наука», М.—Л.
- Т р у х и н Н. В. 1968а. Реакция *Chlorella pyrenoidosa* на повреждающее действие интенсивного света. ДАН СССР, 178, 6.
- Т р у х и н Н. В. 1968б. Рост и химический состав *Chlorella pyrenoidosa* в отсутствие азота. Физиол. раст., 15, 5.
- Я с к а В. Э. 1964. Влияние режима азотного питания на химический состав некоторых видов зеленых водорослей. Изв. АН Эст. ССР, сер. биол., 13, 1.
- F o g g G. E. 1953. The metabolism of algae. John Wiley a. Sons Methuen a. Co., London—N. Y.
- I w a m o t o H. and H. S u c i m o t o. 1958. Fat synthesis in unicellular algae. Part III. Absorption of nitrogen by nitrogen-deficient *Chlorella* cells and its effects on the continuous cultivation of fatty cells. Bull. agric. chemic. soc. of Japan, 22, 6.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОГЛОЩЕНИЕ АЗОТА ИЗ СРЕДЫ ВОДОРОСЛЮ *CHLORELLA PYRENOIDOSA*

Согласно некоторым авторам (Taha а. Allam, 1958; Трухин и Михейкина, 1967), водоросли усваивают минеральный азот более интенсивно при низких температурах, чем при высоких. Настоящее исследование было предпринято с целью дальнейшей детализации имеющихся данных.

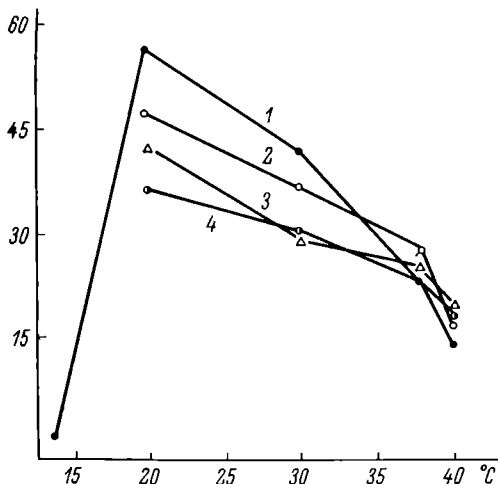


Рис. 1. Поглощение азота водорослями из среды в 1-е сутки после их переноса из одной температуры в другую.

По оси абсцисс — температуры, действующие на водоросли; по оси ординат — количество азота, поглощаемого водорослями в мг на 1 л в сутки. Температуры, при которых росли водоросли до переноса в новые температурные условия: 1 — 40, 2 — 38, 3 — 30, 4 — 20° С.

чение суток. Количество биомассы определялось после отмытки водорослей от солей и последующего их доведения при 100° до постоянного сухого веса. Количество поступившего азота учитывалось по изменению количества восстановленного азота в клетках водорослей. Содержание последнего определялось методом Кьельдаля.

В диапазоне температур 20—38° культивирование водорослей при низких температурах сопровождалось более значительным поглощением азота из среды, чем при более высоких температурах (рис. 1 и 2). Указанная зависимость поглощения азота водорослями от температуры была особенно заметной сразу после их переноса в новые температурные условия (рис. 1). С увеличением времени пребывания водорослей в новых для них температурных условиях различие в скорости поглощения водорослями азота

Объектом исследования служил термофильный штамм *Chlorella pyrenoidosa*. Водоросли выращивались при свете от люминесцентных ламп ЛБ-40. Интенсивность света 4 тыс. лк. Нужная температура задавалась с помощью ультратермостата. Использовалась среда Тамия с азотом в нитратной форме. Культура водорослей барботировалась воздухом, обогащенным CO₂. После выращивания в течение 6—8 суток при определенной температуре водоросли переносились в условия других температур и выращивались дальше. Ежедневно производилось обновление среды и доведение титра водорослей до 380—400 мг сухого вещества на 1 л. На 1-е и 8-е сутки после переноса водорослей из одних температур в другие учитывались суточные приросты их биомассы и количество азота, поглощаемого водорослями в течение суток.

при разных температурах несколько сглаживалось (ср. рис. 1 и 2). Удлинение периода пребывания водорослей при низких температурах (не ниже 20°) приводило к некоторому снижению, а удлинение периода пребывания водорослей при высоких температурах, напротив, сопровождалось некоторым повышением скорости поглощения азота.

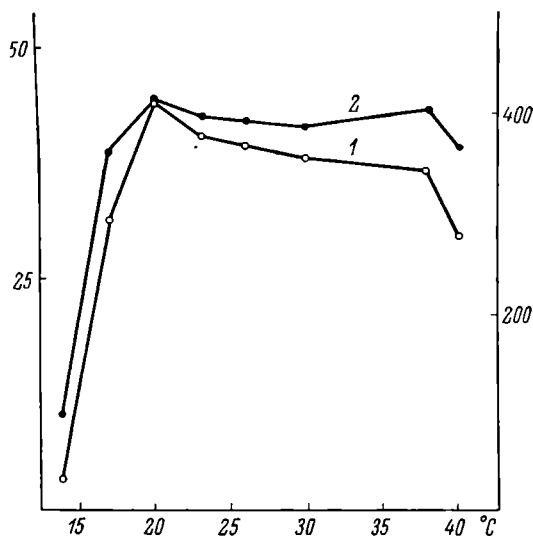


Рис. 2. Поглощение азота водорослями из среды (1) и прирост биомассы водорослей (2) после действия определенной температуры в течение 8 суток.

По оси абсцисс — температуры, действующие на водоросли; по оси ординат: слева — поглощение азота из среды в мг на 1 л в сутки, справа — прирост биомассы в мг сухого вещества на 1 л в сутки.

При температурах ниже 20° и выше 38° водоросли сравнительно слабо поглощали азот из среды (рис. 1 и 2). Можно полагать, что температуры от 20 до 38° лежат в зоне толерантных температур, тогда как более низкие и более высокие — в зоне экстремальных температур. В известной мере это подтверждается также данными влияния температуры на величину прироста биомассы. Так, из рис. 2 видно, что в диапазоне температур 20 — 38° прирост биомассы водорослей фактически не зависел от температуры. Снижение температуры ниже 20° или, напротив, повышение температуры выше 38° вызывало довольно резкое уменьшение величины прироста биомассы.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что снижение температуры (но не ниже определенной, «пороговой») приводит

к увеличению поглощения азота водорослями и, наоборот, повышение температуры вызывает заметное ослабление скорости поглощения азота.

ЛИТЕРАТУРА

- Трухин Н. В. и Т. Ф. Михайкина. 1967. Влияние дозы нитратного и карбамидного азота и температуры на рост и химический состав *Chlorella pyrenoidosa*. В сб.: Лучистые факторы жизни одноклеточных организмов, изд. «Наука», М.—Л.
- Taha E. D. and A. E. Allam. 1958. Physiological and biochemical studies on egyptian fresh water algae. Egypt. J. Chem. Educ., 1, 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А. Б. Каленов и Н. В. Трухин

ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА СИНТЕЗ АМИНОКИСЛОТ КЛЕТКАМИ ХЛОРЕЛЛЫ ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ СОСТОЯНИЯ ВЫНУЖДЕННОГО ПОКОЯ

При отсутствии азота в среде хлорелла, так же как и многие другие растительные организмы, впадает в состояние вынужденного покоя. Синтетическая деятельность направляется в сторону образования запасных продуктов — полисахаридов и жирных кислот, которые могут служить строительным и энергетическим материалом при биосинтезе различных веществ, при этом биосинтез аминокислот оказывается подавленным (Трухин 1969). Нельзя исключать возможность того, что биосинтез многих веществ может протекать с одинаковой скоростью как на свету так и в темноте, т. е. может оказаться независимым от фотосинтетической деятельности растительных клеток.

Настоящая работа предпринята с целью выявления зависимости биосинтеза азотистых соединений, в первую очередь аминокислот, от освещения водорослей в период выхода их из состояния вынужденного покоя.

Водоросли в течение 70 час. культивировались на свету при температуре 27° в отсутствие азота. Затем в среду вводился азот и культивирование продолжалось. Через определенные отрезки времени (8, 16, 24, 48 и 100–150 час.) отбирались пробы водорослей; через них на свету и в темноте в течение 5 мин. пропускалась смесь воздуха с CO₂, содержащей радиоактивный изотоп углерода C¹⁴. Определялось количество углерода, ассимилированного всеми клетками и свободными аминокислотами, а также содержание сухого вещества, общего азота и полисахаридов. Удельная радиоактивность CO₂ определялась в пробах воздуха, отбираемых при его пропускании через суспензию водорослей.

После 7-часового культивирования в отсутствие азота водоросли содержали полисахаридов до 65 и общего азота до 2.7% от сухого вещества. При введении в среду нитратного азота водоросли как на свету, так и в темноте начинали синтезировать азотистые соединения и расходовать полисахариды. При этом после 8-часового выдерживания водорослей в среде с азотом расход полисахаридов как на свету, так и в темноте был примерно одинаковым; количество же усвояемого азота на свету оказалось почти в 3 раза больше, чем в темноте. Влияние света на изменение количества сухого вещества и химических компонентов в культуре водорослей через 8 час. после добавления азота (в мг на 1 л суспензии) приведено ниже.

Условия опыта	Сухое вещество	Общий азот	Полисахариды
На свету . . .	+ 2	+30	—90
В темноте . . .	—64	+12.5	—98

Примечание. Здесь и далее знаки «плюс» и «минус» означают соответственно прибыль и убыль указанных компонентов по сравнению с содержанием их в исходной культуре.

По-видимому, источником углерода при синтезе азотистых соединений являлись не только полисахариды, но и другие соединения, образующиеся непосредственно в результате ассимиляции CO_2 .

Определенную роль в синтезе азотистых соединений играет CO_2 , поступающая в водоросли гетеротрофно, т. е. минуя фотосинтетический цикл. Об этом можно судить на основании результатов опыта (см. ниже), в котором водоросли культивировались в темноте в течение 8 час., с одной стороны, при наличии CO_2 , а с другой — при ее полном отсутствии (в мг на 1 л суспензии).

Среда	Сухое вещество	Общий азот	Полисахариды
Среда с CO_2 . . .	—54	+12.4	—80
Среда без CO_2 . . .	—64	— 0.6	—70

Как показывают приведенные данные, при отсутствии CO_2 водоросли расходовали органическое вещество (в том числе и полисахариды) примерно столь же энергично, как и при наличии CO_2 , однако азотистые соединения при этом не синтезировались. По-видимому, для синтеза азотистых соединений необходимо наличие определенных предшественников, возникающих из других соединений при присоединении к ним CO_2 . Согласно имеющимся данным (Doby, 1965), такого рода соединениями могут

быть органические кислоты. Можно предполагать, что в отсутствие CO_2 блокируется биосинтез некоторых органических кислот, например кетокислот, способных к фиксации восстановленного азота с последующим образованием аминокислот.

Определяя вхождение углерода в аминокислоты на свету и в темноте, можно судить о влиянии света на биосинтез азотистых соединений. При проведении соответствующих исследований были

получены результаты, представленные на рис. 1 и 2.

При отсутствии азота в среде скорость ассимиляции водорослями углерода была довольно низкой: на свету до 8.2, в темноте до 4.7 мг углерода в 1 час на 1 г сухого вещества водорослей. Включение углерода в аминокислоты хотя и наблюдалось, но в небольшом количестве.

При введении в среду азота скорость ассимиляции углерода водорослями на свету возрастала сначала медленно, но через некоторое время быстрее. В конце опыта она оказалась равной 32.6 мг углерода в 1 час на 1 г сухого вещества водорослей. Гетеротрофная ассимиляция углерода при введении в

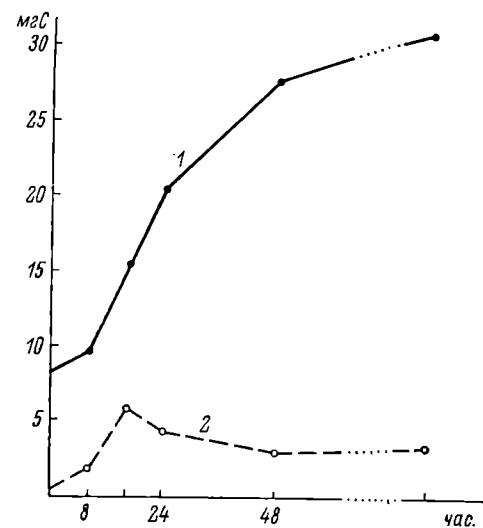


Рис. 1. Включение углерода в водоросли (1) и в аминокислоты (2) на свету.

По оси абсцисс — длительность выращивания водорослей после введения в среду углерода (в 1 час), по оси ординат — количество включенного углерода в мг в 1 час на 1 г сухого веса водорослей.

среду азота, напротив, снижалась и в конце опыта была равной 1.3 мг углерода в 1 час на 1 г сухого вещества водорослей. Включение углерода в аминокислоты как на свету, так и в темноте в течение 16 час. после введения в среду азота заметно увеличивалось, но затем стало снижаться. Понижение скорости включения углерода в аминокислоты продолжалось до 48 час. после введения в среду азота. На основании полученных данных был рассчитан процент углерода, включаемого в аминокислоты на свету. После введения азота в среду он составлял 30—45% (см. ниже). С течением времени процент углерода, включаемого в аминокислоты в темноте, снижался и в конце опыта оказался равным 4%. Очевидно, сразу после введения азота в среду роль света в синтезе аминокислот была незначительной, но затем она резко повысилась.

Длительность выращивания водорослей после введе- ния в среду азота, час.	Включение углерода в аминокислоты, мг в час		Процент углерода, включаемого в темноте, от включае- мого на свету
	на свету	в темноте	
0	0.31	0.14	45
8	1.8	0.54	30
16	6.07	0.57	9
24	4.53	0.47	10
48	2.85	0.23	8
48	3.6	0.15	4

Роль света в биосинтезе азотистых соединений, как нам представляется, следует связывать с образованием предшественников аминокислот, а также, очевидно, и самих аминокислот. В отсут-

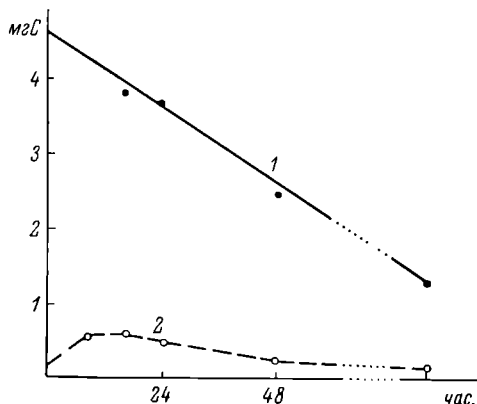


Рис. 2. Включение углерода в водородные соединения (1) и в аминокислоты (2) в темноте.

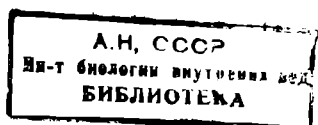
Обозначения те же, что на рис. 1.

ствие света предшественники аминокислот синтезируются из углеродных цепочек, образующихся при окислительном распаде полисахаридов; в присутствии света таковые возникают в процессе фотосинтеза, вероятно, из более простых соединений.

ЛИТЕРАТУРА

- Трухин Н. В. 1969. Роль азота в метаболизме хлореллы. В сб.: Физиол. водных организмов и их роль в круговороте органич. вещества, изд. «Наука», М.—Л.
 Doby G. 1965. Plant biochemistry. Acad. Kiado, Budapest.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР



**ВЕЛИЧИНЫ СУТОЧНОГО И КРАТКОВРЕМЕННОГО
ФОТОСИНТЕЗА ФИТОПЛАНКТОНА
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ С ПОМОЩЬЮ С¹⁴**

Для правильной оценки общей продуктивности фотосинтетической деятельности фитопланктона в водоеме ввиду неравномерности его распределения требуется производить значительное количество анализов на разных станциях. Большие трудности возникают в связи с необходимостью суточного экспонирования проб воды при естественной освещенности и температуре. Наиболее надежные результаты получаются при экспонировании проб непосредственно в водоеме (Винберг, 1934). Но этот способ, очень хороший для малых водоемов, не может быть применен для больших ввиду невозможности охватить всю акваторию суточными станциями. Поэтому Райли (Riley, 1932) перешел к экспонированию склянок в аквариумах на палубе судна при естественном освещении. Но здесь возникают трудности, связанные с необходимостью круглосуточного поддержания в аквариуме такой же температуры воды и освещенности, как в водоеме, особенно при большом количестве склянок.

Стиман Нильсен (Steemann Nielsen, 1952) применил метод экспонирования проб воды с разных глубин в люминостате при освещенности 18 000 лк в течение 4 час. Он рассчитал, что в тропиках величина фотосинтеза при экспонировании соответствует 75% от максимального дневного фотосинтеза и предложил формулу для расчета фотосинтеза под 1 м² поверхности водоема с учетом часов светлого времени дня.

Мы попытались установить соотношение между величинами фотосинтеза фитопланктона в пробах воды, экспонированных в течение суток при естественном освещении и при стандартном в люминостате в течение короткого периода (0.5—1.0 час.) с использованием изотопа Na₂C¹⁴O₃. Для этой цели был изготовлен ящик-люминостат (50×35×25 см) с двумя лампами дневного света ЛДЦ-15, расположенными в центре ящика между боковыми стенками одна над другой и питающимися от источника переменного тока 127 в. Для охлаждения в дне ящика и в нижней части двойной крышки были проделаны многочисленные отверстия. Одновременно в люминостате можно было экспонировать 4 склянки на 250 мл, располагающиеся по две с двух сторон перпендикулярно лампам. Для их крепления в боковых стенках ящика имелись пружинящие зажимы, а в дне — небольшие углубления. Освещенность на месте расположения склянок была 2300 лк.

Сравнение суточных и кратковременных величин фотосинтеза было проведено на Рыбинском водохранилище в августе при

обильном развитии фитопланктона и в сентябре, когда интенсивность его фотосинтеза уменьшилась более чем в 10 раз.

Пробой воды одновременно наполнялись 4 склянки светлого стекла объемом 250 мл: 2 склянки по 200 мл и 2 по 100 мл. После внесения по 1 мл изотопа активностью под счетчиком $0.4 \cdot 10^6$ имп./мин. для проб суточного экспонирования и $1 \cdot 10^6$ имп./мин. для проб кратковременной экспозиции первые экспонировались на палубе судна в аквариуме в течение 24 час., вторые — в люминостате в течение 1 часа. Затем пробы фиксировались формалином, и фитопланктон отфильтровывался на мембранном фильтре № 5. Пробы из люминостата отфильтровывались полностью, из проб суточного экспонирования отбиралось 50 мл воды. Дальнейшая обработка и расчет производились обычным способом (Кузнецов и Романенко, 1963). Экспедиционное судно шло курсом от центральной части водохранилища вверх по Шексинскому плесу со скоростью 20 км/час. Пробы отбирались через каждые полчаса.

Соотношение суточного и часового фотосинтеза на разных станциях в августе выражается весьма близкими величинами (см. ниже). Крайние пределы колебания полученных коэффициентов составляют 11.9 и 17.4. Средняя арифметическая равна 14.7, среднее квадратическое отклонение — 1.77, коэффициент вариации — 12%.

Анализы были повторены в осенний период при очень малых суточных величинах фотосинтеза. Отношение суточного фотосинтеза при дневном освещении к фотосинтезу в люминостате в сентябре выражалось величинами, близкими к 3, что примерно в 5 раз меньше, чем в августе. Но колебание отношений на разных станциях было более значительным, чем в период интенсивного цветения, поскольку фотосинтез выражался весьма малыми величинами и вероятность ошибки возросла. Среднее квадратическое отклонение составляло 0.86, коэффициент вариации — 28%. По-видимому, в тех случаях, когда процесс фотосинтеза протекает слабо, для получения более надежного коэффициента необходимо брать значительно большее количество повторностей, чем две, как было у нас, или больший объем воды в пробах.

Номер станции	Суточный фотосинтез, мкг С/л, (А)	Часовой фотосинтез, мкг С/л (В)	А/В
А в г у с т 1967 г.			
1	305	21.9	13.9
2	256	21.5	11.9
3	300	17.8	16.8
4	483	35.5	13.6
5	687	44.9	15.3
6	810	49.2	16.5
7	776	55.5	14.0
8	775	44.5	17.4
9	670	43.5	15.4
10	376	25.3	14.7
11	272	22.1	12.3
Среднее . . —	—	—	14.7

Номер станции	Суточный фото- синтез, мкг С/л, (А)	Часовой фото- синтез, мкг С/л (В)	А/В
С е н т я б р ь 1967 г.			
1	39	12.0	3.2
2	37	25.0	1.5
3	81	20.0	4.0
4	57	31.0	1.8
5	55	14.0	3.8
6	36	13.0	2.8
7	16	6.6	2.5
8	20	7.4	2.6
9	45	10.4	4.3
10	33	8.8	3.8
11	29	9.5	3.1
12	24	9.5	2.4
Среднее . . —	—	—	3.0

Определение величин кратковременного фотосинтеза фитопланктона можно проводить и при дневном освещении. В качестве суточного эталона могут служить пробы воды с 1—2 станций, экспонируемые в течение 24 час. в аквариуме на палубе судна. С небольшим количеством суточных проб легче оперировать (поддерживать соответствующую температуру, меняя воду, освещение и пр.). Ночью во время стоянки судна склянки можно опустить за борт. Пробы воды из других пунктов водоема, включая и дубликаты проб суточных станций, отбираются и временно хранятся в аквариуме на палубе судна. К концу дня во все пробы одновременно добавляется изотоп и они экспонируются на палубе при дневном освещении в течение 1—2 час. Коэффициент устанавливается по соотношению между суточными пробами и их дубликатами, проэкспонированными кратковременно и в одно время с остальными пробами. Величины суточного фотосинтеза на всех остальных станциях определяются путем умножения величины кратковременного фотосинтеза на соответствующий коэффициент. Отношение между суточным и 2-часовым фотосинтезом (данные 20 августа 1967 г.) при дневном освещении выражается весьма близкими величинами (см. ниже).

Номер станции	Суточный фотосинтез, мкг С/л (А)	Двухчасовой фотосинтез, мкг С/л (В)	А/В
1	314	85	3.7
2	348	92	3.8
5	246	42	5.8
6	386	91	4.2
7	157	36	4.3
9	380	94	4.0
Среднее . . . —	—	—	4.3

Этот способ может быть и вспомогательным и контрольным при определениях фотосинтеза в озерах, если одна или две пробы

экспонируются в течение суток по Винбергу; пробы из нескольких пунктов могут экспонироваться кратковременно.

Мы предлагаем следующую схему анализов для определения продуцирования органического вещества фитопланктоном в поверхностных пробах воды и под 1 м² в водоемах.

1. Суточное экспонирование тождественных проб воды с изотопом в склянках на разных горизонтах на небольшом количестве станций в водоеме для установления зависимости величины фотосинтеза от ослабления светового потока с глубиной.¹

2. Установление соотношения между суточным фотосинтезом при естественном освещении и кратковременным — при стандартном. В качестве суточных эталонов фотосинтеза могут служить пробы поверхностных склянок, отдельные порции воды которых экспонировались в люминостате, или пробы воды, экспонированные в течение суток в аквариуме на палубе судна.

3. Получение большого количества величин кратковременного фотосинтеза в люминостате из различных пунктов водоема. Время экспонирования проб в люминостате можно варьировать, увеличивая или уменьшая в кратное количество раз дозу изотопа. Перемножив полученные величины на соответствующие коэффициенты, можно представить все величины кратковременного фотосинтеза в виде суточных.

4. Получение на ряде станций в различные периоды дня данных по распределению фитопланктона в толще воды путем кратковременного экспонирования проб воды с разных глубин с изотопом при естественном освещении.

5. Расчет величин фотосинтеза в поверхностных пробах по формуле Стимана Нильсена (Steemann Nielsen, 1952) и определение продукции органического вещества под 1 м² по схеме Ю. И. Сорокина (1958).²

ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г. Г. 1934. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. Сообщ. I. Тр. Лимнол. ст. в Косине, 18.
- Кузнецов С. И. и В. И. Романенко. 1963. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. Лабораторное руководство. Изд. АН СССР, М.—Л.

¹ При прозрачности 1—2 м по диску Секки и при сильной инсоляции в верхнем полуметровом слое воды склянки необходимо экспонировать в интервалах 10 см, поскольку здесь часто бывает исключительно высокий пик фотосинтеза.

² В водоемах, в которых процессы цветения водорослей протекают интенсивно, было бы целесообразно применять комбинацию кислородного и радиоуглеродного методов. С помощью первого определяется фотосинтез в поверхностной пробе воды, с помощью второго — световая кривая и распределение водорослей.

- Сорокин Ю. И. 1958. Первичная продукция органического вещества в водной толще Рыбинского водохранилища. Тр. биол. ст. Борок АН СССР, 3.
- Riley G. A. 1932. Plankton Studies. II. The western North Atlantic, May—June 1939. J. Marine Res., 2.
- Steemann Nielsen E. C. 1952. The use of radio-active carbon (C^{14}) for measuring organic production in the Sea. J. Conseil perman. internat. explorat. mer, 18.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. М. Кудрявцев

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Волгоградское водохранилище является самым южным в волжском каскаде. Оно создано в результате зарегулирования стока Волги плотиной ГЭС у г. Волжский. Площадь водохранилища 3470 км², длина 670 км, ширина колеблется от 2.4 до 9.2 км, средняя глубина 9.7 м.

Обследование водохранилища произведено в июле 1965 г. Микробиологические анализы производились согласно лабораторному руководству (Кузнецов и Романенко, 1963). Расположение станций показано на рисунке.

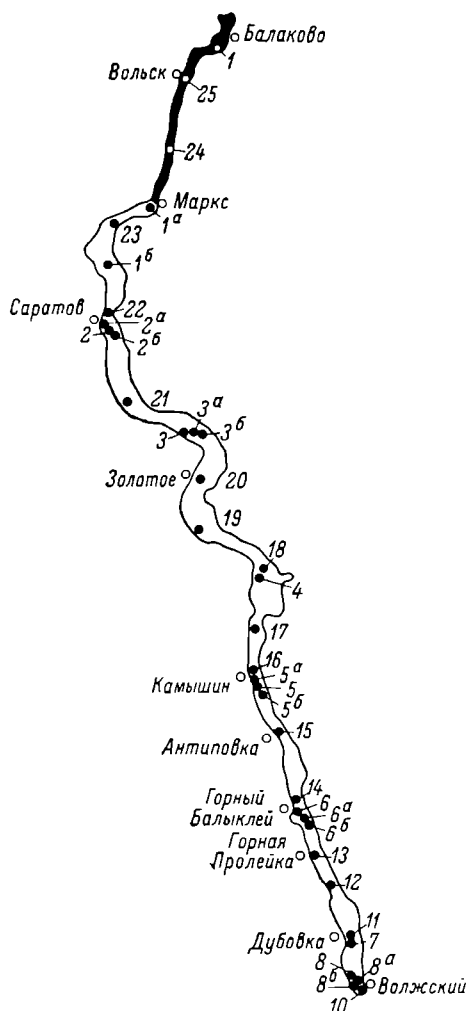
Температура поверхностного слоя воды в период наблюдения колебалась в пределах 18—23° С при рН воды 8.0—8.4, ила — 7.1—7.8. Об общей минерализации воды судили по данным электропроводности (в мксим/см) в июле 1965 г. (см. ниже).

Номер станции	Электропроводность	Номер станции	Электропроводность	Номер станции	Электропроводность
1	353	5а	306	12	315
1а	347	5б	308	13	316
1б	347	6	306	14	320
2	359	6а	306	16	314
2а	360	6б	306	17	313
2б	358	7	300	18	316
3	314	8	293	19	318
3а	315	8а	297	20	317
3б	322	8б	296	21	311
4	317	8в	298	24	292
5	316	10	308	25	284

Примечание. На станциях 1—8б пробы воды отбирались с 7 по 10 июля, а на ст. 10—25 — с 23 по 25 июля.

Наиболее минерализованные воды находятся в верхней части водохранилища, в районе Балаково—Саратов, наименее минерализованные — у плотины, что указывает на наличие в этом рай-

оне паводочных вод. Прозрачность воды по диску Секки на русле в среднем колебалась от 1 до 2 м. Цветность воды была невелика и не превышала 40° по хромово-кобальтовой шкале.



Карта-схема Волгоградского водохранилища.

Цифры — номера станций.

Данные первичной продукции органического вещества, полученные изотопным методом, и деструкции представлены в табл. 1.

Первичная продукция органического вещества колебалась в пределах 40—987 мг С под 1 м² в сутки. Особенно интенсивный

Таблица 1

Продукция и деструкция органического вещества и общее число бактерий в Волгоградском водохранилище в июле 1965 г.

Номер станции	Глубина, м	Прозрачность по диску Секки, м	Суточная продукция, мг С		Суточная деструкция, мг С		Общее число бактерий, млн/мл
			в 1 л поверхностного слоя воды	под 1 м ²	в 1 л поверхностного слоя воды	под 1 м ²	
1	10	0.9	0.44	779	0.11	1125	1.50
1a	—	1.4	0.15	199	—	—	1.57
1б	—	—	0.47	820	—	—	1.64
2	8	0.8	0.48	942	0.18	1472	1.40
2a	—	0.9	0.50	970	—	—	1.18
2б	—	0.9	0.51	987	—	—	1.80
3	19	1.9	0.13	247	0.08	1567	1.51
3a	5	0.6	0.33	531	0.10	556	—
3б	6	0.4	0.55	860	—	—	—
4	5	0.6	0.39	627	0.15	675	1.35
5	11	1.2	0.18	252	0.27	3010	1.69
5a	28	1.6	0.10	139	—	—	2.79
5б	10	0.9	0.20	356	—	—	1.67
6	26	1.6	0.16	223	0.36	9256	2.02
6a	16	1.2	0.22	301	—	—	2.51
6б	12	1.1	0.08	115	—	—	1.16
7	35	1.4	0.26	355	0.45	15750	1.18
8	23	1.5	0.23	317	0.32	7337	1.22
8a	8	0.5	0.13	204	—	—	1.40
10	18	1.4	0.21	297	0.10	1818	1.95
12	31	2.2	0.06	91	—	—	1.59
13	32	2.0	0.08	118	—	—	1.40
15	28	1.8	0.04	50	0.08	2212	1.08
16	23	1.4	0.03	40	0.03	782	—
17	22	1.7	0.05	73	—	—	1.24
19	15	1.3	0.11	157	—	—	1.90
20	15	1.1	0.31	430	0.16	2576	1.53
21	21	1.2	0.18	270	0.08	1659	1.50
24	10	1.1	0.31	148	—	—	1.14
25	17	1.2	0.17	247	0.12	2040	1.48

фотосинтез наблюдался в районе Саратова на тех станциях, где отмечалась наибольшая электропроводность. На ряде станций определение первичной продукции производилось кислородным методом. Это дало возможность рассчитать величину валовой и чистой продукции органического вещества для поверхностного слоя воды (см. ниже).

Абсолютные величины валовой и чистой продукции органического вещества в поверхностной пробе воды были наибольшими в верхней части водохранилища (станции 1—3). Постепенно, по мере продвижения к плотине, продукция органического ве-

Номер станции	Продукция, мг О ₂ /л в сутки		Отношение чистой продукции к валовой, %
	валовая	чистая	
1	3.70	3.40	92
2	3.28	2.79	85
3	2.80	2.67	75
4	2.36	1.96	84
5	1.41	0.46	33
6	1.04	0.31	30
7	1.44	0.23	16
8	0.64	—	—

щества уменьшалась (ст. 7). При этом отношение чистой продукции к валовой было наибольшим в верховье и наименьшим в нижней части водохранилища. Создается впечатление, что образование органического вещества шло в основном в верховье, а в нижней части преобладали процессы деструкции. В пересчете на 1 м² деструкция, как правило, превышает первичную продукцию.

Высоким величинам первичной продукции на разрезе у Саратова соответствовало большое количество сапрофитных бактерий. Общее число бактерий по водохранилищу колебалось в пределах от 1.08 до 2.79 млн клеток в 1 мл воды. Размножение бактерий в период наблюдений шло достаточно энергично, время генерации общего числа бактерий составляло 4—16 час. (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Ассимиляция углекислоты как показатель активности и скорости размножения бактерий

Номер станции	Бактериальная ассимиляция СО ₂			Время генерации общего числа бактерий, час.	Общее количество сапрофитов в 1 мл воды
	в воде, мкг С/л в сутки	в иле, мкг С			
		в 1 л поверхностного слоя	под 1 м ² на глубине 1 см		
1	6.0	—	—	7.2	1350
2	6.5	15	149	15.8	3100
2а	—	—	—	—	4250
3	7.1	35	349	4.2	240
4	2.5	50	601	4.6	—
5	3.5	16	159	4.7	110
6	3.2	6	59	4.0	185
7	3.4	5	46	5.5	1130
8	2.7	1.2	12	4.5	250

Из табл. 2 видно, что бактериальная ассимиляция углекислоты в воде соответствовала 2.5—7.1 мкг С/л в сутки, в иле — 1.2—50 мкг С/л в сутки. Одновременно было произведено определение в поверхностном слое иловых отложений содержания бактерий,

относящихся к отдельным физиологическим группам, тыс. на 1 г сырого ила (см. ниже).

Номер станции	Денитрифицирующие	Сульфатредуцирующие	Метанобразующие	Метаноокисляющие	Тиановые	Азотобактер
2	18	1.1	1.8	3.5	10	—
3	28	2.0	11	9.0	1.0	—
4	19	4.3	16	18	0.1	0.1
5	23	13	7	15	1.0	0.2
6	21	2.7	10	15	10	0.3
7	27	1.0	4	2.5	1.0	0.1
8	23	4.5	16	41	1.0	0.4

В иловых отложениях в значительном количестве присутствуют денитрифицирующие, метанобразующие, метаноокисляющие и сульфатредуцирующие бактерии. Это свидетельствует о том, что при благоприятных условиях могут интенсивно протекать соответствующие процессы. Исключение составляет азотобактер, которого в иле немного.

Определение сульфатредукции в иле с помощью меченой серы показало, что за счет восстановления сульфатов в течение суток на различных станциях образуется 0.4—3.0 мг H_2S /л.

Большое количество анаэробных бактерий в иловых отложениях, по-видимому, влияет на окислительно-восстановительный потенциал ила, который в Волгоградском водохранилище колебался в пределах 9.9—21.6. Нами замечено, что на глубине 0.5—4.0 см от поверхности происходило понижение окислительно-восстановительного потенциала, а глубже 5 см он вновь повышался, что согласуется с литературными данными. В. И. Романенко (1965) подобное явление объясняет тем, что в самом поверхностном слое ила (от 0 до 1 см) происходит обмен между водой и илом, поэтому окислительно-восстановительный потенциал здесь более высокий, чем в нижележащем слое. В то же время из воды в поверхностный слой ила постоянно поступает органическое вещество, вследствие чего бактерии сосредоточиваются в основном в этом слое.

Таким образом, исследуемый нами водоем в период наблюдений характеризовался значительным содержанием общего числа и сапрофитных бактерий, небольшой интенсивностью образования органического вещества за счет фотосинтеза фитопланктона, за исключением верхней части водохранилища, и наибольшей деструкцией в нижней части водоема. В пересчете на всю толщу воды деструкция органического вещества в несколько раз превышала его продукцию, что указывает на преобладание в водохранилище органического вещества аллохтонного происхождения.

Большое количество анаэробных бактерий в иловых отложениях обуславливает его низкий окислительно-восстановительный потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

- Кузнецов С. И. и В. И. Романенко. 1963. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. Лабораторное руководство Изд. АН СССР, М—Л.
- Романенко В. И. 1965. Микробиологическое исследование Онежского озера, Выгозерского водохранилища и озер Беломорско-Балтийского канала. Микробиол., 34, 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Д. А. Панов и Ю. И. Сорокин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗБИРАНИЯ ПИЩИ МОЛОДЬЮ БЕЛОГО И ПЕСТРОГО ТОЛСТОЛОБИКА

Имеющиеся в литературе сведения об избирании пищи рыбами относятся главным образом к рыбам, для которых характерен так называемый активный тип питания. Лишь в последние годы появились работы, свидетельствующие о том, что и у рыб с пассивным (филтрационным) питанием может наблюдаться способность к выбору пищи. Механизм такого выбора, согласно некоторым авторам (Савина, 1965), осуществляется способностью рыб «седиментировать», приклеивать к жаберным лепесткам нужные организмы и выталкивать остальные, нежелательные объекты. Имеются даже попытки объяснить избирание пищи наличием у кормовых организмов «полярности», позволяющей отделять кормовые объекты от не кормовых.

Все эти представления о механизме избирания не обоснованы прямыми наблюдениями, а сам факт наличия активного избирания пищи у рыб филтрационного типа питания требует дополнительного доказательства.

Экспериментальные исследования избирания пищи молодью белого и пестрого толстолобиков были нами произведены в связи с изучением общего характера питания этих рыб и оценкой пищевого значения для них различных видов корма. Требовалось выяснить, могут ли рыбы, питающиеся путем филтрации, активно избирать пищу и каков механизм такого избирания. Опыты были произведены с применением радиоактивного углерода C^{14} . Материалом служила полуторамесячная молодь толстолобиков (вес около 1 г), имевшая уже довольно хорошо развитый филтрацион-

ный аппарат (Веригин, 1957; Замбриборщ, 1957). В качестве корма малькам были предложены сравнительно крупные пищевые объекты — дафнии (*Daphnia pulex*) и синезеленые водоросли (*Arhanisomonon flos-aquae*), образующие крупные ценобио. Использование крупных объектов позволило предотвратить механическое избирание (пропуск мелких организмов через отверстия в фильтрационном аппарате).

Сущность примененной методики заключалась в том, что эти два вида корма, из которых один был предварительно помечен C^{14} , задавались в различных пропорциях. Причем в одном опыте меченым кормом были дафнии, в другом — водоросли (см. ниже). После двухчасового кормления мальков отлавливали из аквариумов и изготовляли из них препараты для просчета приобретенной радиоактивности. Затем полученные данные переводили в проценты, беря за 100 радиоактивность, определенную в аквариумах с одним только меченым кормом без добавки немеченого.

Вид толсто- лобика	Меченый корм (дафнии) в % от общей биомассы корма	Немеченый корм (водо- росли) в % от общей биомассы корма	Радиоактивность рыб	
			имп./экз.	от радио- активности, полученной в опыте с одним мече- ным кормом, %
Белый	100	0	2640	100
	80	20	635	24
Пестрый	20	80	135	5
	100	0	4200	100
	80	20	2800	67
	20	80	2040	49

Примечание. Здесь и ниже суммарная биомасса корма, задаваемого в каждый из аквариумов, была 20 мг/л.

Вид толсто- лобика	Меченый корм (водо- росли) в % от общей биомассы корма	Немеченый корм (дафнии) в % от общей биомассы корма	Радиоактивность рыб	
			имп./экз.	от радиоак- тивности, полученной в аквариу- мах с одним меченым кормом, %
Белый	100	0	1852	100
	60	40	1310	76
Пестрый	100	0	4711	100
	60	40	2437	52

При анализе приведенных данных можно заметить, что полученная молодью радиоактивность (в процентах) за счет потребления меченого корма, как правило, не соответствует процентному содержанию этих кормов в аквариумах. В одних случаях проис-

ходит как бы разбавление метки, в других, наоборот, — ее концентрация. Это свидетельствует об избирании пищи молодью толстолобиков. Причем белый толстолобик избирает водоросль (*Arthraion flos-aquae*), а пестрый (правда, менее отчетливо) — дафний (*Daphnia pulex*). Особенно четко эта избирательность проявилась при низких концентрациях избираемого корма.

Что касается механизма избирания пищи, то здесь намечается связь с микрораспределением кормовых организмов. Так, в нашем опыте дафнии образовали скопления у стенок аквариумов, обращенных к источнику света, водоросли же распределялись неоднородно по вертикали. В верхнем слое их концентрация была выше, чем в нижнем. Следовательно, даже в аквариуме рыба имеет возможность находить скопления и питаться наиболее подходящими для нее кормовыми объектами, не прибегая к отбору их из общей массы. Еще большую неравномерность в распределении водных организмов можно наблюдать в различных водоемах (в том числе в прудах), где почти каждый вид животных и растений может образовывать скопления в местах, наиболее подходящих для обитания. Всем хорошо известна способность полифемусов образовывать скопления в «окнах» растительности и у кустов ивы или особенность хидорид держаться в зарослях, а циклопов — в нижних слоях воды. Босмины, например, при попадании в аквариум или кристаллизатор образуют очень плотные скопления в наиболее затененных углах, чем можно пользоваться при отделении их от прочих организмов. Даже водоросли в зависимости от степени светолюбивости держатся в различных слоях воды (сине-зеленые — в самом верхнем слое, под ними — зеленые, еще ниже — диатомовые) или образуют зональные скопления.

А. А. Шорыгин (1952) различает две формы избирательной способности — пассивную и активную. В качестве примера пассивной избирательности, по его мнению, может служить отбор пищевых организмов при механической фильтрации через жаберный аппарат сельдей. Под активной же формой избирательности подразумевается схватывание рыбой каждого организма в отдельности и предпочтение при этом одних организмов другим.

Существенным дополнением к этим уже известным двум формам избирательности может служить отмеченная нами третья форма, заключающаяся в отыскании рыбой скоплений нужных ей кормовых организмов. Эта форма (или способ) избирательности предшествует двум другим, ибо, прежде чем начать питаться, рыба, очевидно, выбирает наиболее подходящее для нее (по составу кормовых организмов) «пастбище». Этим обстоятельством как бы вносится элемент активности в питание рыб.

В заключение следует отметить большое удобство примененного нами радиоуглеродного метода для изучения вопросов, связанных с избирательностью питания рыб.

- Веригин Б. В. 1957. Строение жаберного аппарата и наджаберного органа толстолобика. Зоол. ж., 36, 4.
- Замбриборщ Ф. С. 1957. Строение и функция наджаберного органа амурского толстолобика. Зоол. ж., 36, 4.
- Савина Р. А. 1965. Фильтрационное питание белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.). Вопр. ихтиол., 5, 1 (34).
- Шорыгин А. А. 1952. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря (осетровых, карповых, бычковых, окуневых и хищных сельдей). Пищепромиздат, М.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. И. Митропольский

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПИТАНИИ СФЕРИИД

По способу добывания корма сферииды относятся к числу животных, осуществляющих недифференцированный захват пищи. До сих пор сфериид считали только фильтраторами. Действительно, активная фильтрация в сочетании с седиментацией может обеспечивать сфериид пищей. Это было показано еще Тилем (Thiel, 1926, 1930), который проводил наблюдения над ростом *Sphaerium corneum* L., помещая подоштных моллюсков в решетчатые садки. Моллюски не имели связи с грунтом и могли питаться только детритом, поступающим с водами Эльбы.

Известно, что двустворчатые моллюски сем. *Nuculidae*, *Ledidae* и *Tellinidae* (*Joldia*, *Leda*, *Macoma*, *Tellina* и *Nucula*) собирают детрит при помощи сифонов или удлинненных лопастей (Константинов, 1967). Однако мы не нашли в литературе сведений о «собирающем» типе питания у сфериид. Нами было показано, что они могут потреблять бактериальную пленку с поверхности воды (Митропольский, 1966). По данным В. И. Митропольского, нога сфериид имеет ряды ресничек, с помощью которых в значительной мере осуществляется ток воды от переднего конца тела моллюска к заднему. Ресничный аппарат ноги способствует засасыванию воды через отверстие в мантии, образуемое в передней части моллюска на месте выхода ноги. Однако дальнейшие наблюдения показали, что ресничный аппарат ноги выполняет не только вододвижущую функцию. Последнее было доказано постановкой простейших экспериментов.

Мы вносили в чашку Петри небольшое количество толочка, которое оседало на дно тонким слоем, не давая взвеси в воде. Помещаемые в этот сосуд моллюски при помощи ноги собирали осадок и препровождали его в мантийную полость (см. рисунок). Частицы

толокна перемещались по ноге как по конвейеру. Более крупные частицы не потреблялись моллюсками, а сразу же отбрасывались краями мантии в агглютинированном состоянии. Проникновение частиц в кишечный тракт подтверждалось выходом фекалий из анального сифона. Фекалии имели цвет толокна. Если осадок распределялся мелкими пятнами, то моллюски находили эти пятна и потребляли осевшие частицы. Мелкие особи не могли потреблять толокно без его предварительного дальнейшего измельчения. Нами наблюдалось потребление осадка на дне сосуда

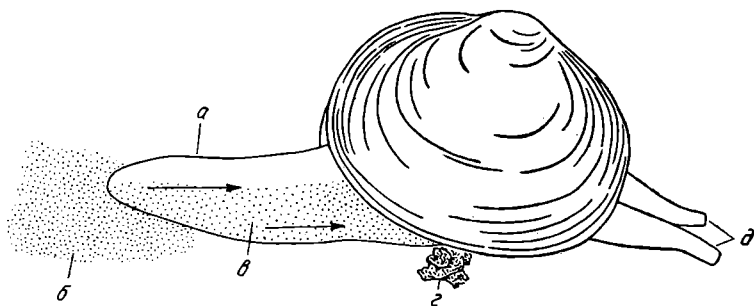


Схема движения частиц осадка искусственного детрита по ноге *Sphaerium*.

а — нога, *б* — осадок искусственного детрита, *в* — частицы детрита,двигающиеся по ноге, *г* — агглютинированные грубые частицы, *д* — сифоны. Стрелками показано направление движения частиц по ноге.

моллюсками, относящимися к видам *Sphaerium corneum* L., *Sph. (Cyrenastrum) scaldianum* (Normand), *Pisidium amnicum* (Müller), *P. henslowanum* (Sheppard), *P. ponderosum* Stelfox. Мы не встречали в литературе сведений о подобном способе питания ни у сфериид, ни у других двустворчатых моллюсков.

Для выяснения роли фильтрационного и собирающего типов питания у сфериид были поставлены эксперименты, в условиях которых моллюски имели возможность питаться фильтрационным или собирающим или тем и другим способами вместе. Моллюски выдерживались в эксперименте равный промежуток времени. То приростам в конце опыта мы судили об эффективности питания в каждом случае.

Часть моллюсков подвешивалась на капроновой нити или располагалась на сетке с тем, чтобы они могли использовать только взвешенные в воде и не собирать осевшие на дно сосуда частицы. Другая часть моллюсков помещалась в сосуды с водой, практически не содержащей взвесей, и их питание осуществлялось лишь «ножным» способом за счет осадка на дне сосуда. Третья часть находилась в сосудах с осадком на дне и со взвесью в воде, где моллюски могли питаться и тем и другим способами.

Кормовыми взвесями служили хлорелла и вода из аквариума с одноклеточными водорослями, простейшими и бактериями. Осадок искусственного детрита получался из толокна и из высушенных и измельченных в ступке водных растений. Для предотвращения развития бактериопланктона в сосудах, где моллюски питались путем собирания со дна искусственного детрита, производилась ежедневная смена воды и промывание сосудов.

Объектами наблюдений послужили *Sphaerium scaldianum*, *Pisidium henslowanum* и *P. ponderosum*. *Sph. scaldianum* по 5 особей помещалось в кристаллизаторы диаметром 17—19 см со слоем воды 5—7 см, *P. henslowanum* и *P. ponderosum*, как и мелкие особи *Sph. scaldianum*, в количестве 7 особей содержались в банках емкостью 0.5 л. Критерием эффективности питания подопытных моллюсков служил их линейный прирост за определенные промежутки времени.

Было проведено две серии опытов. В первой серии, продолжавшейся 2 недели, наблюдения велись над *Sphaerium scaldianum* и *Pisidium henslowanum*. В этом случае наблюдались приросты как в опытах с подвешенными моллюсками, которые могли питаться лишь за счет взвесей в воде, так и в опытах с моллюсками, питавшимися лишь донными осадками. Недостатком опыта было отсутствие контроля, где моллюски могли питаться и взвесями и донными осадками. Этот дефект был устранен в следующей серии

Т а б л и ц а 1

Приросты подопытных моллюсков при различных способах питания за 14 дней, мм

Виды	Вода со взвесью					Осадок искусственного детрита				
	№ особи	длина в начале опыта	длина в конце опыта	индивидуальный линейный прирост	средний линейный прирост	№ особи	длина в начале опыта	длина в конце опыта	индивидуальный линейный прирост	средний линейный прирост
<i>Sphaerium scaldianum</i>	1	5.3	5.8	0.5	0.36	1	5.0	5.5	0.5	0.32
	2	5.5	5.9	0.4		2	5.0	5.6	0.6	
	3	6.5	6.7	0.2		3	7.4	7.5	0.1	
	4	7.3	7.6	0.3		4	8.6	8.7	0.1	
	5	9.0	9.4	0.4						
<i>Pisidium henslowanum</i>	1	2.1	2.2	0.1	0.09	1	2.2	2.45	0.25	0.27
	2	2.3	2.3	0		2	2.2	2.5	0.3	
	3	2.3	2.4	0.1		3	2.3	2.6	0.3	
	4	2.3	2.4	0.1		4	2.5	2.7	0.2	
	5	2.8	2.9	0.1		5	2.6	2.9	0.3	
	6	2.9	3.0	0.1		6	2.8	3.0	0.2	
	7	3.0	3.1	0.1		7	2.9	3.25	0.35	

Т а б л и ц а 2

Приросты поопытных моллюсков при различных способах питания за 30 дней, мм

Вид	Вода со ввесью						Осадок искусственного детрита						Взвесь и осадок детрита (контроль)					
	№ особи	длина в начале опыта	длина в конце опыта	индивидуальный прирост	средний индивидуальный прирост		№ особи	длина в начале опыта	длина в конце опыта	индивидуальный прирост	средний индивидуальный прирост		№ опыта	длина в начале опыта	длина в конце опыта	индивидуальный прирост	средний индивидуальный прирост	
<i>Sphaerium scaldianum</i> (крупные)	1	7.7	7.7	0	0.07		1	6.7	7.1	0.4	0.21		1	7.6	8.0	0.4	0.40	
	2	8.0	8.1	0.1			2	7.8	8.0	0.2			2	10.3	10.5	0.2		
	3	8.2	8.3	0.1			3	8.25	8.3	0.05			3	10.6	11.2	0.6		
<i>Sphaerium scaldianum</i> (мелкие)	1	3.5	3.6	0.1	0.07		1	3.2	4.0	0.8	0.47		1	4.1	4.4	0.3	0.47	
	2	3.9	4.0	0.1			2	4.2	4.7	0.5			2	4.1	5.1	1.0		
	3	5.0	5.1	0.1			3	6.7	6.8	0.1			3	5.6	6.2	0.6		
	4	7.5	7.5	0									4	7.0	7.0	0		
<i>Pisidium ponderosum</i>	1	1.5	1.6	0.1	0.05		1	1.3	1.45	0.15	0.13		1	1.3	1.5	0.2	0.18	
	2	1.7	1.7	0			2	1.5	1.6	0.1			2	1.4	1.65	0.25		
	3	2.5	2.5	0			3	1.5	1.6	0.1			3	1.5	1.7	0.2		
	4	2.8	2.9	0.1			4	1.5	1.8	0.3			4	1.75	2.0	0.25		
							5	1.7	1.85	0.15			5	1.8	2.1	0.3		
							6	2.3	2.4	0.1			6	2.2	2.3	0.1		
							7	2.7	2.7	0			7	2.5	2.5	0		

опытов, продолжавшейся в течение месяца. Наблюдения велись над *Sphaerium scaldianum* и *Pisidium ponderosum*. В этот период наблюдалось отрождение молоди подопытными моллюсками при всех трех вариантах кормления (табл. 1 и 2).

Из приведенных данных видно, что моллюски давали прирост как при кормлении взвесью, так и осадком детрита. Однако по этим данным нельзя делать заключений о преимуществах того или другого типов питания. Это лишь частные случаи, когда применялась далеко не равноценная пища. Данные контроля из табл. 2 показывают, что при прочих равных условиях в сосудах, где применялись оба варианта кормления, приросты чаще были более высокими. Из проведенных наблюдений можно сделать вывод, что питание сфериид за счет собирания детрита при помощи ноги имеет место, и этот тип питания достаточно эффективен. Данные контроля позволяют предполагать, что в природных условиях моллюски используют оба способа добывания пищи, отдавая предпочтение какому-либо из них в зависимости от конкретной ситуации. Так, например, наши наблюдения над *Pisidium obtusale* Jényns, населяющими временные водоемы, показывают, что после наполнения водоема талыми водами моллюски располагаются на отмерших листьях осоки на высоте до 10—15 см над дном. Ни о каком дефиците кислорода здесь не может быть и речи. Видимо, листья осоки являются питательным субстратом для бактерий и простейших, которых потребляют эти моллюски, собирая их с листьев при помощи ноги.

При вскрытии моллюсков мы находили в их кишечниках аморфную массу, которая, по-видимому, состояла из бактерий и простейших (водорослевые клетки бывают хорошо различимы в содержимом).

ЛИТЕРАТУРА

- Константинов А. С. 1967. Общая гидробиология. Изд. «Высшая школа», М.
- Митропольский В. И. 1966. О механизме фильтрации и о питании сфериид. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 12 (15), изд. «Наука», М—Л.
- Thiel M. E. 1926. Weitere Mitteilungen zur Lebensweise von *Sphaerium corneum* L. Mitt. aus d. Zool. Staatsinst. u. Museum, Hamburg.
- Thiel M. E. 1930. Untersuchungen über den Einfluss der Abwässer von Hamburg-Altona auf die Verbreitung der Arten der Gattung *Sphaerium* in der Elbe bei Hamburg. Internat. Rev. Ges Hydrobiol., 24.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ВЕСОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ
ПРЕСНОВОДНЫХ *OSTRACODA*

Из двух количественных показателей — численности и биомассы — для остракод чаще всего сообщается только первый. Это связано с тем, что их индивидуальный вес, по которому высчитывается биомасса, определен преимущественно для солоноватоводных и морских видов. Нам известен вес лишь нескольких пресноводных видов: *Candona hyalina*, *Darvinula stvensoni*, *Dolerocypris pellucida* и *D. sinensis* (Уломский, 1958а, 1958б). Однако ни один из них в исследованных нами водоемах пока не найден. Мы произвели взвешивание остракод, массовых в Рыбинском водохранилище. Сырой индивидуальный вес, определение которого входило в нашу основную задачу, был также необходим для выяснения ряда физиологических показателей ракушковых рачков, связанных, например, с определением у них обмена.

Выбирая методику работы, мы пришли к выводу, что ранее примененные способы определения веса ракообразных (Уломский, 1951, 1955, 1958а; Мордухай-Болтовской, 1954; Сущеня и Ветрова, 1957, и др.) не могут быть в полной мере использованы для остракод. Дело в том, что при фиксации или при извлечении из воды остракоды погибают с плотно сомкнутой раковинкой, захватывая при этом часть жидкости под створки. Раскрыть сомкнутую раковинку, не повредив ее, довольно трудно. Но если фиксировать рачка теплом, погрузив в воду с температурой 70—75°, то створки широко откроются. Убитые таким образом рачки раскладывались по одному на предметные стекла. Вода вокруг каждого из них собиралась фильтровальной бумагой. Через 1—2 мин. при комнатной температуре 19—20° створки и тела рачков обсыхали, что было хорошо заметно под бинокуляром. Соблюдение точного времени при этой процедуре имеет большое значение. Так, С. И. Уломский (1958б) установил, что наибольшая потеря тканевой жидкости наступает на третьей минуте подсушивания (при комнатной температуре 18—19°). По его данным, *Dolerocypris pellucida* к концу второй минуты теряет 1.8% первоначального сырого веса, а к концу третьей — уже 8.8%. В нашем случае время обсыхания остракод в интервале 1.2 мин. зависело от размеров рачков и от того, как тщательно они высушивались фильтровальной бумагой. Затем остракоды переносились тонкой иглой в заранее взвешенный бюкс с вазелиновым маслом. Сравнительно тяжелые створки способствовали быстрому погружению рачков на дно бюкса. Слой масла, покрывавший их, предотвращал испарение внутритканевой жидкости. Мы предпочли такой метод «сухому» взвешиванию, при котором объекты кладутся на чашки

весов на кусочках газа (сухих или увлажненных), стеклах и в пустых бюксах.

В литературе единой точки зрения на данный метод нет. Как отмечают П. Д. Резвой и Н. С. Ялынская (1960), в момент «сухого» взвешивания организмы теряют вначале свободную, потом капиллярную, а затем и пленочную воду. Все это составляет поверхностную жидкость. Следующий этап высыхания связан с потерей внутритканевой жидкости. Если графически выразить потерю воды при высыхании в весовых единицах, то переход к потере внутритканевой воды будет соответствовать точке излома кривой. Поэтому величину сырого веса гидробионтов названные авторы устанавливают путем определения значения такой точки на координате, обозначающей вес. Противоположные суждения высказывают Л. М. Сушеня и С. Н. Ветрова (1957). Проведя целый ряд «сухих» взвешиваний, эти авторы пришли к выводу (подтвердив его многими графиками), что переход от потери воды внешней к внутренней происходит незаметно и графически может быть выражен плавной кривой.

Существующий метод взвешивания гидробионтов в воде (Gnapamuthu, 1961) был опробован нами и отвергнут, так как при перенесении рачков в воду из открытых бюксов вода испаряется, и это существенно меняет вес тары. Бюксы с остракодами, покрытыми слоем масла, взвешивались на дампферных микровесах. По разнице веса бюкса с остракодами и без них вычислялся сырой общий вес, а затем индивидуальный вес рачков. Для взвешивания крупных остракод, таких как *Cypris pubera*, бралось не менее 20 экземпляров, более мелких — 50—60. При получении близких результатов мы ограничивались двукратной повторностью взвешивания, в противном случае взвешивали 3—4 порции остракод. Рачки отбирались с учетом длины раковины, пола и половозрелости.

Результаты определений представлены в таблице. Кроме наших данных, мы включили также вес других видов остракод, установленный С. И. Уломским (1958а, 1958б). К сожалению, автор в своих работах не останавливается отдельно на методике взвешивания остракод. Из таблицы следует, что вес близких по форме раковинок представителей рода *Candona* — *C. candida* и *C. hyalina*, — установленный разными авторами, близок. Ту же закономерность можно заметить в случае с *Dolerocypris sinensis* и *D. fasciata*. Виды, в систематическом отношении более отдаленные, например *Notodromas monacha* и *Candona candida*, но одинаковой длины отличаются по весу главным образом за счет разной формы раковин.

Основная часть веса остракод приходится на раковину. Взвешивая отдельно створки и тела *Cypris pubera*, мы установили, что из общего веса рачка, равного 0.88 мг, на створки приходится 0.5 мг, т. е. 57%. Вес створок *Dolerocypris fasciata*, равный 0.052 мг, составляет 26% от веса всего рачка (0.20 мг). Такая мощная относительно тела известковая раковина делает остракод малодоступными

Индивидуальный сырой вес некоторых видов остракод

Вид	Пол, возраст	Длина раковины, мм	Вес, мг	Водоем	Автор
<i>Cypridopsis vidua</i>	ad ad ov	0.48—0.57 0.63—0.67	0.013 0.036	Рыбинское водохранилище	Данные автора
<i>Notodromas monacha</i>	ad ov	1.09—1.11	0.26	То же	То же
<i>Dolerocypris fasciata</i>	ad ov	1.49—1.53	0.20	»	»
<i>Candona candida</i>	ad ov m	1.05—1.11 1.20—1.24	0.19 0.22	»	»
<i>Cypris pubera</i>	ad ov	2.10—2.32	0.88	»	»
<i>Candona hyalina</i>	ad ad	1.0—1.1 1.4—1.6	0.175 0.296	Уральские озера	С. И. Уломский (1958а)
<i>Darwinula stevensoni</i>	ad ad	0.6—0.75 0.7—0.8	0.056 0.045	То же	То же
<i>Dolerocypris pellucida</i>	juv ad ad	0.71—0.10 1.2—1.25 1.22—1.3	0.024 0.108 0.117	Рисовые поля Таджикистана	С. И. Уломский (1958б)
<i>D. sinensis</i>	juv ad	0.92—1.02 1.7—1.9	0.029 0.238	То же	То же

Примечание. Принятые обозначения: ad — взрослые самки без зрелых яиц; ad ov — самки со зрелыми яйцами; m — самцы; juv — личиночные стадии.

объектами питания. Это особо подчеркивается данными Крауза (Krause, 1959), согласно которым в сухом веществе копеподно-клагоцерного планктона на долю хитина — основного материала его раковин — приходится всего 3.8—7.7% от общего веса.

Нами сухой вес был определен у *Cypris pubera* и *Dolerocypris fasciata*. Для этого рачки помещались в сушильный шкаф и выдерживались там при температуре 100° до постоянного веса. Сухой вес остракод составил 45—62% от сырого, тогда как у кладоцер процент сухого веса равен 8—12, а у копепод 10.5—12.4 (Щербаков, 1935). Сухой вес пресноводного перифитона составляет 8% от сырого (Sládeček, Sládečková, 1963). Известно, что сухой вес многих гидробионтов близок к весу органического вещества их тела (Сущеня и Ветрова, 1957), поэтому знание сухого веса позволяет оценить биологически важный показатель — содержание органического вещества, являющегося наилучшим критерием биомассы (Lovegrove, 1962). Однако в случае с остракодами сухой вес значительно превосходит вес органического вещества в теле этих рачков, так как включает вес тяжелой минеральной раковинки.

Так, нами было установлено, что сухой вес одного экземпляра *Dolerocypris fasciata* длиной 1.53 мм равен 0.08 мг. Отсюда сухой вес его тела без створок (при весе створок долероциприса 0.052 мг) равен 0.028 мг. Методом «мокрого» сжигания нам удалось установить вес сухого органического вещества в теле долероциприса той же длины. Эта величина оказалась равной 0.028 мг, т. е. полностью совпала с величиной сухого веса тела рачка, лишённого створок. Таким образом, сухой вес остракод значительно превышает вес сухого органического вещества их тела. Последнюю величину можно установить по сухому весу тела рачка без веса его раковины.

После того как было установлено, что остракоды значительно превышают многих ракообразных как в сыром, так и в сухом весе, представлялось интересным сравнить их с другими гидробионтами по количеству содержащегося в них органического вещества. Из данных А. П. Щербакова (1935) следует, что *Daphnia longispina* длиной 1.64 мм содержит (по сухому весу) 0.022 мг/экз. органического вещества. Согласно сведениям Л. М. Сушени и С. Н. Ветровой (1957), тот же вид дафний при длине 1.52 мм содержит 0.012 мг/экз. органического вещества. Следовательно, *Dolerocypris fasciata*, длиной 1.53 мм и содержащий в теле 0.028 мг/экз. органического вещества, превышает по этому показателю близкоразмерных ему дафний. Таким образом, остракоды по содержанию органического вещества не уступают другим гидробионтам, являющимся важными кормовыми объектами.

ЛИТЕРАТУРА

- Мордухай-Болтовской Ф. Д. 1954. Средний вес водных беспозвоночных. Тр. пробл. и темат. совещ., 2.
- Резвой П. Д., Н. С. Ялынская. 1960. К методике определения биомассы планктона и бентоса. Зоол. ж., 39, 8.
- Сушени Л. М. и С. Н. Ветрова. 1957. Весовая характеристика некоторых представителей пресноводного зоопланктона. Уч. зап. Белорусск. гос. унив., сер. биол., 33.
- Уломский С. И. 1951. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер. Тр. Всесоюз. гидробиол. общ., 3.
- Уломский С. И. 1955. Планктон внутренних водоемов Крыма и его биомасса. Тр. Карадагск. биол. ст., 13, Симферополь.
- Уломский С. И. 1958а. Материалы по сырому весу низших ракообразных из водоемов Урала. Научн.-техн. бюлл. ВНИОРХ, 6—7.
- Уломский С. И. 1958б. Сырой вес ракообразных рисовых полей Таджикистана. Тр. АН Тадж. ССР, 89.
- Щербаков А. П. 1935. О поглощении O_2 некоторыми планктонными ракообразными. Тр. Лимнол. ст. в Косине, 19.
- Gnamuthu C. P. 1961. Determination of the volume and weight of living animals. Nature, 190, 4778.
- Krause H. R. 1959. Beiträge zur Kenntnis des Chitinabbaues im toten Zooplankton. Arch. Hydrobiol., 25, 1.

Lovegrove T. 1962. The effect of various factors on dry weight values. Rapp. et proces-verbaux reunions. Cons. perman. int. exp. mer, 153.
Sládeček V., A. Sládečeková 1963. Relationship between wet weight and dry weight of the periphyton. Limnol. a. Oceanogr., 8, 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Н. И. Холикова

**ПАТОГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ
ОРГАНОВ ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA* L. ПОД ВЛИЯНИЕМ
2-МЕТИЛ-5-ЭТИЛПИРИДИНА (МЭП) И 2-МЕТИЛ-5-
ВИНИЛПИРИДИНА (МВП)**

На состояние жизнедеятельности рыб в водоеме большое влияние оказывают сточные воды. Многочисленные работы по этому вопросу направлены преимущественно на выяснение степени токсичности различных химических веществ и влияния последних на физиологические процессы. Патоморфологические изменения объектов до последнего времени не изучались, хотя достаточно разработанная в этом плане диагностика в комплексе с другими методами может обеспечить действенный биологический контроль за содержанием токсических продуктов в водоеме (Вишневецкий, 1961; Besse, 1964; Levaditi et al., 1965, и др.).

Влияние на ихтиофауну МЭП и МВП еще не изучалось. Проведенные ранее (Холикова, 1966) исследования на выживаемость самцов и самок леща весом 150—290 г в растворах, содержащих 15, 30, 60, 100, 200 мг/л МЭП и МВП (температура 9—13°, pH 7.6—8.25, содержание кислорода 7.3—8.5 мг/л), и на изменение морфологического состава крови при действии 5, 50, 200 мг/л МВП показали, что взятые пиридиновые основания остротоксичны. В настоящей работе приводится материал о патогистологических изменениях жабер, сердца, почки, печени леща при интоксикации МЭП и МВП в условиях острого и хронического опыта при указанных выше кислородном и температурном режимах и весовом составе подопытных рыб.

В хроническом опыте при помещении лещей на 1—1.5 мин. в сутки в раствор 300 мг/л МВП брались рыбы весом до 1 кг. Подопытные рыбы извлекались из аквариума (объем 120 л) через 5 мин. после прекращения дыхания, а живые через определенный срок немедленно умерщвлялись разрушением спинного мозга. Материал фиксировался в нейтральном 8—10%-м формалине. Заливка проводилась в целлоидин (жабры) и парафин (остальные органы). Срезы в 6—10 мк окрашивались гематоксилином Бэмера и азюном. На железо проводилась реакция с берлинской лазурью, на жир — с суданом черным. Всего исследовали более 100 рыб.

Повреждение жабер, сердца, почки, печени пиридиновыми основаниями даже внутри одного среза проявляется по-разному. Преобладание тех или иных морфологических нарушений зависит от концентрации и времени действия токсического агента. Тем не менее можно выделить 3 фазы в динамике повреждений: начальную, компенсаторную и заключительную.

Первая фаза характеризуется обильным кровенаполнением исследуемых органов, наиболее ярко выраженном в сердечной мышце и жабрах. Гиперемия жаберных лепестков в ряде случаев проявляется в форме образования колбообразных вздутий, впервые описанных А. Г. Андресом и Т. Н. Куражсковской (1963) в условиях экспериментального замора. Образование колбообразных вздутий респираторных складок жаберных лепестков приводит к увеличению дыхательной поверхности, что следует связывать с уменьшением количества протекающей через капилляры крови. Через 40—60 мин. при концентрациях МВП 15—200 мг/л усиливается кровенаполнение сосудов мальпигиевого клубочка, имеют место кровоизлияния в основаниях почечных канальцев, скопление крови в лимфоидной ткани. Быстро наступающее угнетение сердечной деятельности влечет за собой отечность органов.

К морфологическому выражению компенсаторного механизма относится обогащение жабер ацидофильными клетками. В норме ацидофильные клетки располагаются в небольшом количестве у основания лепестка, не распространяясь к его апикальному концу. Кейс и Уиллмер (Keys a. Willmer, 1932), Каупленд (Coreland, 1948) и Бертен (Bertin, 1958) полагают, что эти клетки являются специализированными аппаратами осморегуляции, участвуя в деминерализации хлоридов организма, что сближает их с обкладочными клетками, синтезирующими HCl в желудке млекопитающих. Однако Бевеландер (Bevelander, 1935), А. Г. Андрес и Т. Н. Куражсковская (1963) признают за ними не только осморегуляторную и выделительную функции, но и дыхательную.

Следствием непосредственного воздействия МЭП и МВП является быстрое увеличение числа бокаловидных клеток. Возникшее ослизнение жабер и гиперемия приводят к слипанию жаберных лепестков. К компенсаторным явлениям следует отнести появление в почке крупных клеток мезобластического типа с митозами разных стадий и появление в сердечной мышце гистиогенных элементов.

При более длительной экспозиции отмечается диапедез эритроцитов, хорошо выраженный в мальпигиевом клубочке и печени, а также возникает деструкция эритроцитов, которая связана с превращением гемоглобина в желтовато-бурый пигмент, дающий в начале интенсивное окрашивание на железо, а затем теряющий это свойство. В результате наблюдается скопление бурого пигмента в жабрах, сердце, почке и сосудах печени.

Заключительная фаза характеризуется венозной застойной гиперемией сердечной мышцы, нарушением слизевого барьера с некротическими изменениями жабер и обеднением их клеточными элементами крови. В результате разрушения респираторного эпителия капиллярное пространство остается прикрытым лишь небольшими остатками плазмы. Идет разрушение колбообразных вздутий, что частично приводит к появлению обломков респираторных складок.

В сердце возникают дистрофические явления очагового и локального характера, выражающиеся в разволокнении, истончении мышечных волокон, исчезновении поперечной исчерченности миофибрилл. Хроматин мышечных ядер при этом распределяется мелкодиффузно, ядрышки пиктонируются, а в ряде случаев становятся едва различимыми. В почках наблюдаются деструкция и сморщивание почечных клубочков, слущивание эпителия мочеточников, дегенеративные изменения в эпителии почечных канальцев. Границы между эпителиальными клетками становятся слабо выраженными, цитоплазма — гомогенно-мутная, более темная, чем обычно. Ядрышки пиктонизированы. В полости канальцев скапливается белковая жидкость, красящаяся эозином в розовый цвет, развивается жировое перерождение цитоплазмы эпителия мочевых канальцев. В печени очень быстро уменьшается содержание гликогена, наступают дегенеративного типа изменения печеночных клеток, пикноз, скопление в сосудах белковой жидкости и разрушающихся эритроцитов и жировая дегенерация. Анализ данных, полученных при отравлении рыб МЭП и МВП, приводит к выводу, что эти вещества обладают местным раздражающим действием на жаберы, а наиболее серьезные нарушения вызывают в почках при общем расстройстве кровообращения.

ЛИТЕРАТУРА

- А н д р е с А. Г. и Т. Н. К у р а ж с к о в с к а я. 1963. Патогистологические изменения у леща при дефиците кислорода. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 5 (8).
- В и ш н е в е ц к и й Ф. Е. 1961. Патоморфология отравления рыб фенолом и водорастворимыми компонентами сырой нефти, каменноугольной смолы и мазута. Тр. Астраханск. гос. заповед., 5.
- Х о л я к о в а Н. И. 1966. О влиянии 2-метил-5-этилпиридина (МЭП) и 2-метил-5-винилпиридина (МВП) на лещей. Матер. 3-го межвузовск. совещ. физиол., анат. и цитол. пед. ин-тов, Ростов-на-Дону.
- B e r t i n L. 1958. Les organes de la respiration aquatique. *Traité de Zoolog.*, publ. sous la direction de Pierre Grassé, 13, 2. Imprensa Masson et Co., Paris.
- B e s s e P. 1964. Importance de leaue et de la pollution pour les poissons. *Rev. pathogé. et compar.*, 64, 763.
- B e v e l e n d e r G. A. 1935. Comparative study of the branchial epithelium in Fishes. *J. Morphol.*, 57.
- C o p e l a n d D. E. 1948. The cytological basis of chloridæ transfer in the giles of *Fundulus*. *J. Morphol.*, 82.

- Keys A. B. and E. N. Willmer. 1932. Chloride secreting cells in the gills of fishes with special reference to the common. Ecol. a. Physiol., 76.
- Levaditi I. C., P. Besse, P. Kinkel, S. Gullion. 1965. Interet des controles histopathologiques dan le depistage des meladies des poissons. Application a la solmoniculture. Bull. Acad. vétérin. France, 38, 5.

Абаканский педагогический институт

Н. И. Холикова

**ИЗМЕНЕНИЯ ВИТАЛЬНОЙ И СУПРАВИТАЛЬНОЙ
ОКРАСКИ ТКАНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ ЛЕЩА
ABRAMIS BRAMA L. ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ОТРАВЛЕНИИ
2-МЕТИЛ-ВИНИЛПИРИДИНОМ (МВП)**

Прижизненная окраска тканей нашла широкое применение в токсико-гигиенических исследованиях. Но среди большого литературного материала отсутствуют работы, в которых объектом исследования были бы рыбы.

Целью нашей работы было изучение прижизненной окраски тканей различных органов леща при хроническом отравлении.

Подопытные рыбы подвергались воздействию МВП в количестве 1 мг/л при 35-дневной экспозиции. В качестве красителя использовался 0.5%-й нейтральный красный, который вводился внутривентрально из расчета 0.006 мл на 1 г веса. Окрашивание производилось в течение 20 часов. Количество сорбированного красителя определялось колориметрическим методом, основанным на регистрации изменений сорбционного уровня протоплазмы клеток (Браун и Иванов, 1933). Кусочки окрашенных органов (мозг, жабры, сердце, почка, печень, селезенка и др.) помещали на 24 часа в этиловый спирт (2 мл 70%-го этилового спирта, подкисленного 2%-й серной кислотой на 0.1 г органа). Спиртовые вытяжки фотометрировали на электрофотометре ФЭК-56. Ткани высушивали в термостате до постоянного веса, взвешивали на аналитических весах с точностью до 0.1 мг и вычисляли относительные числа по формуле:

$$E = \frac{\text{показатель по шкале фотометра} \times 1000}{\text{сухой вес ткани, мг}}.$$

Однако не всегда можно ограничиться количественным методом учета красителя. В некоторых случаях мы применяли и качественную оценку окрашивания. Прижизненное окрашивание основными красителями затрудняет изучение характера распределения их в тканях и почти не применяется, так как не удастся добиться хороших гранулярных отложений. Это зависит как от быстрого выведения основных красителей из организма, так и от связывания их белками крови (Александров, 1949). Поэтому нами было использовано суправитальное окрашивание нервных клеток продолго-

ватого мозга и мозжечка, печеночных клеток, эпителия почечных канальцев и жабер рыб по общепринятой методике.

Полученные данные свидетельствуют о значительных вариациях сорбционной способности отдельных органов. По интенсивности окраски нейтральным красным органы можно расположить в контроле в следующий ряд: селезенка—средний отдел кишечника—мозг—почка—печень—жабры—передний отдел кишечника—сердечная мышца—туловищная мускулатура.

В опыте наряду с увеличением содержания нейтрального красного в мозге, жабрах, почке, туловищной мускулатуре наблюдается уменьшение красителя в сердечной мышце, печени и среднем отделе кишечника (см. таблицу). Самыми стабильными оказались результаты экстракции красителя из переднего отдела кишечника. Снижение количества сорбированного красителя у теплокровных наблюдалось рядом авторов (Романов, 1949; Красильникова, 1950, 1954; Иваненко и Дунаева, 1956; Желвакова, 1962, и др.).

Содержание нейтрального красного (в единицах экстракции) в различных органах леща при отравлении 1 мг/л МВП

Органы	Контроль		Опыт	
	пределы	$M \pm m$	пределы	$M \pm m$
Мозг	0.6—9.5	4.2 ± 0.26	0.7—12.5	6.2 ± 0.38
Жабры	0.6—6.9	3.4 ± 0.19	2.9—8.1	4.9 ± 0.1
Сердечная мышца . .	0.7—2.3	1.2 ± 0.05	0.5—1.6	1.05 ± 0.01
Почка	2.7—7.4	4.15 ± 0.7	2.8—32.6	7.6 ± 0.82
Печень	3.35 ± 0.07	2.5—4.5	1.4—6.5	2.9 ± 0.13
Селезенка	6.4—21.8	12.6 ± 1.41	8.9—16.6	11.6 ± 0.17
Передний отдел кишечника	1.8—4.9	3.2 ± 0.1	1.5—4.1	3.1 ± 0.03
Средний отдел кишечника	1.7—13.0	5.6 ± 0.1	2.0—6.0	3.6 ± 0.24
Туловищная мускулатура	0.5—1.9	1.05 ± 0.01	0.4—2.1	1.2 ± 0.13

Данные количественного анализа подтверждаются результатами качественной оценки окрашивания указанных выше органов. При окраске различных тканей у контрольных лещей наблюдалась аналогичная картина: на фоне бесцветной протоплазмы клеток располагались малиновые гранулы. Величина, форма и топография гранул во всех случаях различны.

В нервных клетках мозга у контрольных рыб гранулы довольно плотные, округлой и угловатой формы, локализирующиеся в перинуклеарной области. Под воздействием МВП в этих клетках на желто-красном фоне цитоплазмы имело место усиленное гранулообразование. Ядро прокрашивалось в малиновый цвет, в нем ста-

новилась заметной мелкая зернистость. Ядрышко хорошо контурировано и окрашено более интенсивно по сравнению с ядром.

В печеночных клетках в контроле гранулы многочисленны, они плотные и рыхлые и локализуются по краям клеток. В ряде случаев гранулы скапливались у ядра, и границы его намечались довольно четко. В опыте с печеночными клетками наблюдалось явное подавление гранулообразования, а протоплазма приобретала кирпично-красный оттенок.

В клетках эпителия почечных канальцев у контрольных рыб гранулы имели небольшую величину, в значительном количестве скапливались в апикальной части клеток и в перинуклеарной зоне. У опытных рыб цитоплазма эпителия почечного канальца диффузно окрашивалась в оранжевый цвет. Подобную картину мы наблюдали и в жабрах.

Увеличение количества сорбированного красителя в почках и жабрах под влиянием МВП можно объяснить их паранекротическим состоянием. О подобном состоянии ретикулярной стромы почки трудно судить, так как последняя прикрыта массой форменных элементов крови.

ВЫВОДЫ

1. Ткани различных органов под влиянием 1 мг/л МВП по-разному сорбируют нейтральный красный.

2. Отмечено увеличение содержания красителя по сравнению с контролем в мозге, жабрах, почке, туловищной мускулатуре и уменьшение его в сердечной мышце, печени и среднем отделе кишечника.

3. Характер распределения красителя в тканях связан с разной степенью поражения отдельных органов. Из распределения красителя в клетках разных органов следует, что сильнее других поражаются жабры и почки (диффузное окрашивание), менее сильно — печень (подавление гранулообразования) и наиболее слабо — мозг (усиление гранулообразования).

ЛИТЕРАТУРА

- Александров В. Я. 1949. Методика прижизненной окраски основными красителями тканей и органов млекопитающих. Тр. гистол. конф. (Ленинград, 5—9 июня 1947 г.). М., Изд. АМН СССР, 3.
- Браун А. А. и М. Ф. Иванов. 1933. Витальная окраска поперечно-полосатой мышечной ткани в различных экспериментальных условиях. Арх. анат., гистол., эмбриол., 12, 1.
- Желвакова З. М. 1962. Сорбционные свойства коры головного мозга при наркозе. Бюлл. exper. биол., 53, 4.
- Иваненко Е. Ф. и В. Ф. Дунаева. 1956. Изменение сорбционных свойств ткани головного мозга под влиянием некоторых наркотических средств и камфоры. Бюлл. exper. биол., 42, 12.
- Красильникова В. И. 1950. Исследование способности основных красителей к витальному окрашиванию тканей млекопитающих. Бюлл. exper. биол., 29, 5.

- Красильникова В. Т. 1954. К методике определения функционального состояния тканей по количеству связанного красителя. Физиол. ж., 21, 10.
- Романов С. Н. 1949. Влияние предварительного нагревания мышц на величину связывания ими красителя. ДАН СССР, 66, 2.

Абаканский педагогический институт

Г. М. Зенкин и И. Н. Пигарев

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СЕТЧАТКЕ ЩУКИ НА УРОВНЕ ГАНГЛИОЗНЫХ КЛЕТОК

Исследования последних лет показали, что в зрительной системе животных на уровне третьего нейрона (ганглиозных клеток сетчатки) существуют специфические функциональные элементы, чувствительные к стимулам, обладающим определенными пространственными или временными характеристиками. Такие элементы получили название детекторов. Описаны детекторы кривизны (Maturana et al., 1960), горизонтального края (Maturana a. Frenk, 1963), направления (Barlow, Hill, 1963) и т. д. Наличие таких узкоспециализированных элементов в сетчатке животных, ведущих сравнительно примитивный образ жизни, позволяет высказать некоторые предположения о способах ориентировки животных в окружающей среде, поиска и обнаружения добычи и врагов и т. п. (Lettvin et al., 1959).

В связи с этим представляло интерес выяснить, какого рода специализированные элементы существуют в сетчатке рыб. Этот интерес подкреплялся еще и тем, что в появившейся недавно работе, проведенной с этой целью на золотых рыбках, были получены результаты, показывающие отсутствие каких-либо специализированных элементов на уровне ганглиозных клеток (Jacobson, a. Caze, 1964).

МЕТОДИКА

Опыты проводились на 15 щуках, обездвиженных *d*-тубокурарином (0.3 мг на 100 г веса). Перед опытом рыбу закрепляли в камере с проточной водой, вскрывали череп над местом расположения среднего мозга (зрительных покрывшек) и обнажали мозг. Активность ганглиозных клеток сетчатки регистрировали от окончаний их аксонов в среднем мозге с помощью металлических микроэлектродов (сплав Вуда в стеклянной микропипетке), кончики которых (диаметром 1—5 мк) покрывали платиновой чернью (Gesteland et al., 1959). Такая регистрация позволяет исследовать работу сетчатки рыбы, не нарушая оптики глаза. Реакцию клеток наблюдали на экране осциллографа и прослушивали с помощью громкоговорителя. Регистрация импульсов проводилась на магнитофоне.

Стимулами служили черные, серые и белые пятна, полосы и границы, которые перемещали рукой в поле зрения исследуемой клетки на различном

фоне на расстоянии около 30 см от глаза. Предварительно было установлено, что на таком расстоянии при наличии очков, которые надевались на глаза рыбы перед опытом, резкость стимулов на сетчатке была максимальной.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что в зрительных покрывках щуки существуют три основных уровня, на которых регистрируются реакции клеток разных типов и которые разделены небольшими «молчащими» промежутками. Эти уровни соответствуют, по-видимому, трем уровням ветвлений аксонов ганглиозных клеток. Во всех этих слоях обнаружены элементы с весьма специфическими реакциями, описание которых и дается ниже.

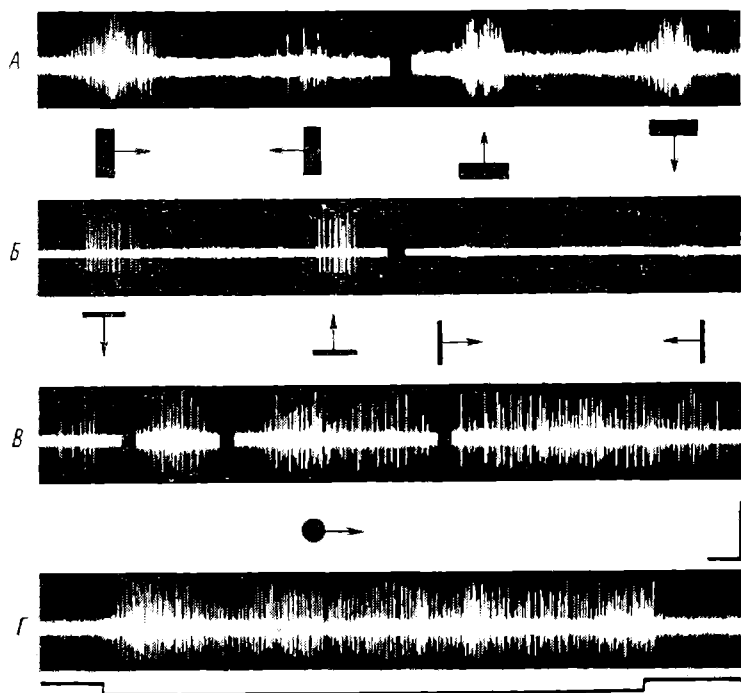
В верхней части верхнего уровня ветвлений регистрируется активность клеток-детекторов направления движения. Их реакция максимальна при движении стимула в одном «предпочтительном» направлении и отсутствует при движении в противоположном направлении. Подобные элементы описаны и у других животных: голубя (Maturana и Frenk, 1963), кролика (Barlow, Hill, 1963), причем было отмечено, что у разных клеток предпочтительные направления различны. У щуки же подавляющее большинство этих элементов реагирует особенно интенсивно на движение стимула в направлении от хвоста к голове и не реагирует на обратное направление движения. На осциллограммах (см. рисунок, А) приведена реакция, регистрируемая из слоя таких элементов. Следует отметить, что это свойство реакции клеток сохраняется при изменении в широких пределах общей освещенности поля зрения, относительного контраста фона и стимула, а также скорости движения стимула.

Можно представить, что в обычных условиях реакция этих элементов будет отсутствовать при естественном движении рыбы головой вперед. При движении же тела рыбы хвостом вперед, что возможно в основном при наличии течения, сносящего рыбу, их активность будет максимальной. Таким образом, реакция детекторов направления движения может служить сигналом сноса по течению и позволять ориентировать тело против течения. Возможно, в этом и состоит одна из важных функций этих элементов.

В нижней части верхнего слоя ветвлений оканчиваются аксоны элементов другого типа — детекторов горизонтального края. Реакция этих элементов максимальна только в том случае, когда горизонтальная граница или полоса более темная или более светлая, чем фон, перемещается в вертикальном направлении в поле зрения клетки (см. рисунок, Б). При отклонении границы от горизонтали реакция уменьшается и при наклоне больше 20° исчезает. Реакция также отсутствует при перемещении в поле зрения в любом направлении небольших стимулов в виде пятна. Элементы этого слоя будут, по-видимому, мало возбуждаться при горизонтальном движении рыбы, однако их реакция будет резко возрастет

при повороте тела вокруг продольной оси, т. е. при крене, а также при движении тела вверх или вниз.

Во втором слое ветвлений регистрируется реакция элементов, особенно чувствительных к движению небольших по размеру чер-



Биоэлектрические реакции ганглиозных клеток разных типов сетчатки щуки.

А — слой детекторов направления движения; *слева направо*: реакция на движение полосы шириной 20° от хвоста к голове и обратно и реакция на движение полосы вверх и вниз. *Б* — детектор горизонтального края; реакция на движение полосы шириной 2° в разных направлениях. *В* — слой элементов-детекторов движущегося контраста; реакция на включение света и на движение пятна со скоростью $30^\circ/\text{сек.}$, $10^\circ/\text{сек.}$ и $6^\circ/\text{сек.}$. *Г* — элементы-детекторы затемнения; реакция на выключение и включение света. Калибровка — 200 мкв, отметка времени — 0.2 сек.

ных или светлых объектов и мало чувствительных к изменению общей освещенности или движению больших границ или полос (см. рисунок, *В*). Эти элементы можно назвать, по аналогии с подобными элементами у лягушки (Maturana et al., 1960), детекторами движущегося контраста. Реакция этих элементов не зависит от направления движения стимула. Среди них встречаются более

специализированные клетки, реагирующие только на темные движущиеся пятна на светлом фоне и не реагирующие на движение светлого пятна на темном фоне. В этом же слое регистрируются реакции, которые сильно зависят от скорости движения объектов. Некоторые элементы дают максимальную реакцию при очень медленных движениях, и она резко уменьшается, когда скорость движения превышает некоторую пороговую. Другие элементы, наоборот, начинают реагировать лишь при достижении некоторой скорости. Это свойство клеток также не зависит заметно от условий освещения и относительного контраста. Можно себе представить, что элементы данного слоя реагируют на медленные и быстрые перемещения небольших по размерам объектов, каковыми могут быть в естественных условиях рыбы — добыча щуки.

Наконец, третий слой занимают окончания аксонов клеток, функция которых, по-видимому, сводится к анализу общей световой обстановки. Они распадаются на два противоположных типа. Для элементов обоих типов характерно наличие постоянной активности, которая у одних усиливается в темноте, а у других на свету. При всяком уменьшении общей освещенности для первых или увеличении ее для вторых реакция на время увеличивается, при противоположных изменениях она уменьшается или исчезает совсем (см. рисунок, Г). Следует также отметить, что эти элементы чрезвычайно чувствительны к медленно происходящим во времени изменениям освещенности. Клетки данного типа можно назвать детекторами «затемнения и посветления».

Все описанные типы ганглиозных клеток регистрируются во всех точках тектума, и, таким образом, ясно, что они распределяются по всей сетчатке, хотя относительное количество их в разных местах, возможно, различное. Кроме этих, регулярно и закономерно встречавшихся, неоднократно регистрировались реакции других, более сложных элементов. Среди них особенно интересны элементы с «привыканием». Они реагируют только на движение темных и светлых пятен, причем реакция максимальна лишь при первом действии стимула. При повторном движении реакция резко уменьшается и на третье-четвертое действие уже отсутствует. После небольшого «отдыха» (10—15 сек.) активность клеток восстанавливается. Такие элементы были обнаружены и в сетчатке других животных (Levick, 1967). Интересны также элементы, чувствительные к остановке стимула. Максимальная реакция этих элементов возникает, когда пятно останавливается в пределах их поля зрения, но при условии, если оно предварительно некоторое время двигалось в этих пределах. На первое появление объекта или уход его из поля зрения элемент реагирует двумя-тремя импульсами.

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о том, что в зрительной системе щуки значительная часть информации, поступающей из глаза в мозг, обрабатывается группой узкоспециализированных элементов.

Авторы искренне благодарят руководителя лаборатории физиологии рыб Г. Д. Гончарова за предоставленную возможность работать в этой лаборатории, а также научного сотрудника Г. И. Флерову и лаборанта В. Н. Кораблеву, постоянная помощь которых обеспечила успешное выполнение работы.

ЛИТЕРАТУРА

- Barlow H. B., R. M. Hill. 1963. Selective sensitivity to direction of movement in ganglion cells of the rabbit retina. *Science*, 139, 3553.
- Gesteland R. C., B. Howland, J. Y. Lettvin and W. H. Pitts. 1959. Comments on microelectrodes. *Proc. I. R. E.*, 47.
- Jacobson M. and R. M. Gaze. 1964. Types of visual response from single units in the optic tectum and optic nerve of the goldfish. *Quart. J. exp. Physiol.*, 49.
- Lettvin J. Y., H. R. Maturana, W. S. McCulloch, W. H. Pitts. 1959. What the frogs eye tells the frogs brain? *Proc. I. R. E.*, 47.
- Levick W. R. 1967. Receptive fields and trigger features of ganglion cells in the visual streak of the rabbits retina. *J. Gen. Physiol.*, 188, 3.
- Maturana H. R. a. S. Frenk. 1963. Directional movement and horizontal edge detectors in the pigeon retina. *Science*, 142, 3594.
- Maturana H. R., J. L. Lettvin, W. S. McCulloch and W. H. Pitts. 1960. Anatomy and physiology of vision in the frog. *J. Gen. Physiol.*, 43, 6.

Институт проблем
передачи информации АН СССР

М. Н. Иванова

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИЩИ НА ПЛОЩАДЬ КИШЕЧНОГО ТРАКТА МОЛОДИ ХИЩНЫХ РЫБ

Связь между составом пищи и строением пищеварительного тракта у рыб изучена довольно подробно. Длина желудочно-кишечного тракта сильно варьирует. У некоторых видов с коротким пищеварительным трактом на кишечнике имеются особые слепые выросты — пилорические придатки, которые увеличивают всасывающую поверхность кишечника и принимают активное участие в переваривании пищи, выделяя пищеварительные соки (Вундш, 1937; Пегель, 1950; Пучков, 1954; Резник, 1958; Добро-волов, 1966, и др.). В большинстве работ отмечается связь между количеством пилорических придатков и составом пищи рыбы: чем крупнее организмы, которые захватывает рыба, тем больше у нее пилорических придатков. Подобная зависимость отмечена в пределах самых разнообразных систематических категорий:

у отдельных семейств, а также разных родов одного и того же семейства (Световидов, 1934), у разных видов одного и того же рода (Белогуров, 1939) и, наконец, у представителей одного вида, обитающих в разных экологических условиях (Фортулатова, 1933; Чепурнов, 1961).

Сопоставление характера пищи с количеством пилорических придатков проводится большинством авторов для взрослых рыб. Однако это не совсем правильно. Как показал А. В. Чепурнов на примере атлантической сельди, «дифференциация числа пилорических придатков происходит на ранних этапах онтогенетического развития» (1961, стр. 30—35). Возрастная же изменчивость этого признака отсутствует. Следовательно, количество пилорических придатков может характеризовать лишь тот период питания, в который происходит формирование этих органов.

Известно, что количество пилорических придатков подвержено значительным колебаниям как у разных видов рыб, так и у отдельных представителей одного и того же вида. У рыбинского окуня, например, насчитывается 3 пилорических придатка, у судака — 5—8, у налима — 27—66. Наибольшая амплитуда изменчивости этого признака наблюдается у налима, наименьшая — у окуня. Разная степень изменчивости количества пилорических придатков связана, возможно, с условиями питания личинок и мальков этих рыб. Налим вылупляется из икры в апреле, перед распаением льда. Период выклева его очень растянут (около месяца). Общая продолжительность личиночного периода достигает 2 месяцев. К сожалению, при описании морфологии личинок налима Н. В. Европейцева (1947) не указывает, когда закладываются пилорические придатки. Возможно, они появляются позднее, на стадии малька. Растянутый выклев эмбрионов приводит к длительному переходу личинок на питание внешним кормом; поэтому отдельные особи попадают в различные условия откорма, что, вероятно, и приводит к значительным колебаниям у них количества пилорических придатков. У окуня и судака выклев и личиночный период более кратковременны, чем у налима. Например, окунь вылупляется на 10—11-е сутки, а личиночный период у него продолжается менее месяца (Крыжановский и др., 1953). Пилорические придатки у окуня закладываются на втором мальковом этапе при длине тела около 19 мм. Более быстрый, чем у налима, переход окуня и судака на внешнее питание, и в связи с этим более стабильные условия откорма молоди приводят к меньшей степени изменчивости данного признака.

Как уже было показано нами ранее (Володин и Иванова, 1968), четкая связь состава пищи у рыб намечается не с количеством пилорических придатков, а с их площадью. Приняв условно форму каждого придатка за цилиндр, мы подсчитали их общую площадь, а также площадь кишечника по формуле $S=3.14 l \cdot h$, где l — длина придатков или кишечника, h — диаметр. Площадь пилори-

ческих придатков и кишечника мы высчитывали в процентах от длины рыбы. Поскольку ширина кишечного тракта сильно меняется в зависимости от степени наполнения его пищей, для расчетов мы брали только тех рыб, у которых в кишечнике был корм.

В основу настоящего сообщения положены материалы, собранные в Рыбинском водохранилище в 1965—1967 гг. Всего проанализировано 26 щук длиной 25—106 мм, 82 судака — 45—70 мм, 76 налимов — 37—121 мм и 89 окуней длиной 60—84 мм.

Наиболее существенные изменения площади кишечного тракта (без учета желудка) у молоди хищных рыб наблюдаются при переходе со смешанного корма на питание рыбой. Средняя площадь ($M \pm m_m$) кишечника и пилорических придатков у молоди хищных рыб (в процентах от длины тела) приведена соответственно ниже.

Состав пищи	Щука	Судак	Окунь	Налим
Средняя площадь кишечника				
Планктон, бентос	167 \pm 1.2	115 \pm 2.8	530 \pm 3.5	202 \pm 5.4
Рыба	323 \pm 7.5	185 \pm 4.4	588 \pm 8.5	376 \pm 12.7
Средняя площадь пилорических придатков				
Планктон, бентос	—	105 \pm 3.6	104 \pm 2.2	354 \pm 1.7
Рыба	—	146 \pm 3.3	141 \pm 1.2	550 \pm 11.4

Как видно из приведенных данных, при переходе на такой крупный корм, как рыба, наиболее значительно увеличивается площадь кишечного тракта у щуки и у налима. В меньшей степени она изменяется у судака и совсем незначительно у окуня. Различная степень изменчивости площади кишечного тракта у этих рыб определяется, вероятно, характером их питания. Щука, начавшая питаться рыбой, быстро обгоняет в росте других сеголеток, что дает ей возможность поедать более крупную добычу. Основную ее пищу на первом году жизни составляют мальки окуня и плотвы. Обычно щука заглатывает по несколько мальков сразу, так что стенки ее желудка и кишечника бывают сильно растянуты. Налим выдупляется из икры значительно раньше других рыб, и хотя темп его роста медленнее, чем у щуки, к осени он также переходит на питание мальками плотвы, окуня и ерша. Молодь судака и окуня в течение первого года жизни сохраняет смешанный тип питания: наряду с рыбой они поедают планктонные организмы и личинок насекомых в значительно большем количестве, чем щука. Судак питается преимущественно снетком (самым мелким из сеголетков), а окунь поедает плотву и отстающих в росте сеголетков своего вида.

Таким образом, приведенные данные показывают, что у молоди щуки, судака, налима и окуня при переходе с питания планктоном

и бентосом на такой крупный корм, как рыба, происходит весьма значительное увеличение площади пищеварительного тракта (кишечника и пилорических придатков). Связь между количеством пилорических придатков и составом пищи может проявляться только в период формирования этих органов — на стадии малька.

ЛИТЕРАТУРА

- Белогуров А. 1939. К вопросу о различии пищеварительного тракта у осетровых рыб в связи с питанием. ДАН СССР, 22, 1.
- Волodin В. М. и М. Н. Иванова. 1968. Образ жизни, рост и питание молоди налима в Рыбинском водохранилище. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 17 (20).
- Вунди Г. Г. 1937. Питание, пищеварение и обмен веществ у рыб. Руководство по кормл. и обмену веществ с.-х. животных. III. Обмен веществ, II.
- Доброволов И. 1966. К вопросу о роли пилорических придатков в пищеварении рыб. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 10 (13).
- Европейцева Н. В. 1947. Личиночный период налима. Тр. Ленингр. общ. естествоисп., 69, 4.
- Крыжановский С. Г., Н. Н. Дислер, Е. Н. Смирнова. 1953. Эколого-морфологические закономерности развития окуневидных рыб. Тр. Инст. морфол. жив. АН СССР, 10.
- Пегель В. А. 1950. Физиология пищеварения рыб. Тр. Томск. гос. унив., сер. биол., 108.
- Пучков Н. В. 1954. Физиология рыб. Пищепромиздат, М.
- Резник Г. К. 1958. К вопросу о микроструктуре пищеварительных органов некоторых представителей семейства тресковых. Научн. докл. выш. школы, сер. биол. науки, 2.
- Световидов А. Н. 1934. О зависимости между характером пищи и количеством пилорических придатков у рыб. ДАН СССР, 111, 1.
- Фортулатова К. Р. 1933. Форели озера Эйзенам. Тр. Севанск. озерн. ст., 3, 2.
- Чепурнов А. В. 1961. О характере изменчивости пилорических придатков кишечника норвежской сельди и балтийской салаки. Вестн. МГУ, сер. биол., 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

М. Н. Иванова

О ВЛИЯНИИ ПОВЕДЕНИЯ ЖЕРТВЫ НА СПОСОБ ОХОТЫ И СОСТАВ ПИЩИ ХИЩНИКА

В основу настоящего сообщения положены материалы по питанию судака, собранные в ихтиологических рейсах на Рыбинском водохранилище в июне—декабре 1965 и 1966 гг. Всего обработано 738 экземпляров судака.

При классификации хищных рыб большинство авторов уделяет основное внимание образу жизни (способу охоты) и строе-

нию пищеварительной системы. Так, Л. В. Арнольди и К. Р. Фортунатова (1937), А. В. Федоров (1958), К. Р. Фортунатова (1961) и М. П. Аронов (1962) относят судака к типу хищников-засадчиков, так как он обычно маскируется среди зарослей, бросается на добычу из засады и часто преследует ее на значительном расстоянии. Как и многие другие хищники, судак имеет большой подвижный рот, оснащенный сильными зубами (на челюстях и нёбных костях у него клыки). По строению пищеварительного тракта он относится к группе желудочных рыб, приспособленных к захвату крупной добычи. Кормовой коэффициент у судака ниже, чем у других хищников (Фортунатова, 1961; Иванова, 1968), что свидетельствует о его малоподвижном образе жизни.

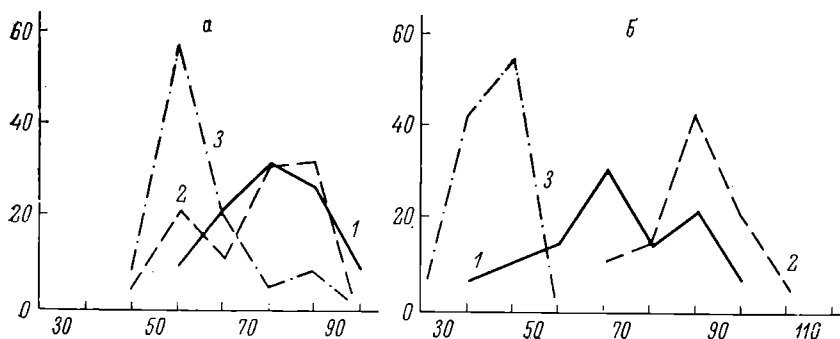
Указанные особенности образа жизни и строения пищеварительной системы рыбы не могут не сказаться на особенностях ее питания (количестве потребляемых организмов, их видовом и размерном составе). Но не только эти факторы определяют способ добычи пищи. Как показала К. Р. Фортунатова (1962), решающее значение в ряде случаев приобретает другой фактор — поведение жертвы.

Состав пищи хищника в каждом конкретном случае определяется степенью доступности кормовых организмов, а именно: их концентрацией, размерами, распределением и поведением. В качестве примера рассмотрим потребление судаком снетка в 1965 и 1966 гг. Снежок встречается по всему водохранилищу как в придонных, так и в поверхностных горизонтах воды. Относительная численность его в период наблюдений довольно высока (максимальный вылов мальковым тралом за 5 мин. составил более 4 тыс. экземпляров). Размерно-возрастная структура стада снетка была сходной: в 1965 г. его основная масса была представлена сеголетками и годовиками, а в 1966 г. — годовиками и двухлетками. Однако распределение снетка в это время было неодинаково по годам.

Известно, что снежок, как и другие планктофаги, совершает вертикальные миграции. Характер этих миграций не остается постоянным и может изменяться в отдельные годы в зависимости от условий нагула. Так, в первой половине лета 1965 г. в светлое время суток наибольшее количество снетка держалось в придонных горизонтах (ловилося преимущественно донными тралами). Ночью часть популяции, состоящая из более мелких особей (в основном самцы размером 50—60 мм), поднималась в поверхностные слои воды. Другая часть, представленная крупными особями (самки длиной 80—100 мм), оставалась у дна. В этот период (июнь—июль) наиболее интенсивно судак питался в темное время суток (с 21 ч. до 3 ч.) и держался разрозненно, не образуя скоплений (на одно траление приходилось 1—2 судака). В начале лета основная масса хищников обитала в придонных горизонтах, поэтому для них самыми доступными были крупные

снетки, которые оставались в глубинных участках водохранилища в ночное время (см. рисунок, а).

В августе—сентябре в водохранилище наблюдаются большие скопления подросшей молоди различных видов рыб, которая в 1965 г. держалась в поверхностных слоях воды, не опускаясь в придонные горизонты. Высокая концентрация молоди увеличивает ее доступность для хищников. Охотясь за молодь, судак во второй половине лета 1965 г. поднимался ближе к поверхности, вследствие чего менялись его поведение и ритм питания. Откармливаясь в толще воды, судак вынужден охотиться как



Процент снетка в районе судака из донных и поверхностных тралов в июне—июле (а) и августе—сентябре (б).

1 — в районе судака, 2 — в донных тралах, 3 — в поверхностных тралах. По оси абсцисс — длина тела рыбы, мм; по оси ординат — количество экземпляров, %.

пелагический хищник. Обычно такие хищники охотятся в стаях. Нечто подобное наблюдалось и у судака — во второй половине лета образовывались временные скопления, особенно молодых особей. За одно траление вылавливалось до 35 судаков, а в среднем 6—7 (против 1—2 весной). В осенние месяцы судак откармливался в вечернее (с 18 до 21 часа) и ночное время (с 24 до 3 час.). С 18 до 21 часа хищник охотился в основном за сеголетками, когда с уменьшением освещенности начинают распадаться стайки молоди. В эти часы наиболее активны молодые судаки. Основной же пик питания сместился на ночное время (с 24 до 3 час.), когда нагуливались половозрелые хищники, потреблявшие не только молодь, но и взрослых рыб. В этот промежуток времени размеры жертвы судака уменьшились, во-первых, за счет того, что хищник в большом количестве начал потреблять сеголетков рыб, во-вторых, из взрослой части популяции снетка он также поедал более мелких особей. Для судака, держащегося в поверхностных горизонтах, крупный снеток, остающийся на дне, стал малодоступным (см. рисунок, б).

Условия нагула в 1966 г. носили другой характер. В связи с большим количеством штилевых дней и концентрацией планктонных организмов в поверхностных горизонтах изменилось распределение и поведение снетка. В 1966 г. при относительной стабилизации условий откорма снеток не совершал вертикальных миграций, наблюдавшихся в 1965 г. Все его стадо, состоящее из мелких и крупных особей, концентрировалось в верхних горизонтах. Однако судак не поднимался за снетком к поверхности, а перешел на питание другим кормовым объектом — окунем, молодь которого достигала большой численности и встречалась по всей толще воды как у поверхности, так и у дна. В результате, несмотря на большое количество снетка в водохранилище, он почти исчез из рациона хищников. Если в 1965 г. снеток в рационе судака составлял до 34%, то в 1966 г. потребление его сократилось в 7 раз и составило всего 5%. Перейдя на потребление окуня, судак продолжал охотиться в одиночку, не образуя скоплений. Сам по себе этот факт достаточно любопытен. Он свидетельствует о том, что изменение поведения жертвы не всегда приводит к ответной реакции со стороны хищника, как это наблюдалось в 1965 г., когда судак поднимался за молодь к поверхности, изменяя способ охоты. При благоприятных условиях нагула хищник предпочитает переходить на потребление другого кормового объекта, более доступного, не меняя поведения. Об этом можно говорить с уверенностью, так как, несмотря на резкое сокращение потребления снетка, рационы судака в 1966 г. не только не уменьшились, но даже увеличились (в 1.5 раза в 1965 г. и до 2 раз в 1966 г.).

Таким образом, на основе приведенных данных можно сделать следующие выводы.

1. Способ питания хищника не остается постоянным. Судак, например, в зависимости от условий нагула может охотиться как придонный хищник, в одиночку, или как пелагический, поднимаясь за жертвой к поверхности и образуя временные скопления. При уменьшении доступности жертвы судак меняет способ охоты или переходит на питание другим видом рыб. Приведенные данные не позволяют нам относить судака к типу хищников-засадчиков.

2. Влияние, которое оказывает судак на свою жертву, в частности на снетка, не так велико, как считают некоторые авторы (Кудерский, 1963; Носкова, 1965). По нашим данным, достаточно измениться одному из факторов, определяющих доступность кормовых организмов, и рыба-жертва выходит из-под влияния хищника. Видимо, запасы малоценных рыб в Рыбинском водохранилище настолько велики, что хищник может свободно менять объект питания в зависимости от его доступности в данный момент.

- Арнольди Л. В. и К. Р. Фортунатова. 1937. К экспериментальному изучению питания рыб Черного моря. ДАН СССР, 15, 8.
- Аронов М. П. 1962. Роль органов чувств в добывании пищи у рыб. Усп. совр. биол., 54, 1 (4).
- Иванова М. Н. 1968. О воздействии судака на популяции некоторых видов рыб. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 16 (19).
- Кудерский Л. А. 1963. О необходимой численности хищных рыб при использовании их в качестве биологического мелиоратора. В сб.: Рыбн. хоз. внутр. водоемов ЛатвССР, 7, Изд. АН ЛатвССР, Рига.
- Носкова Е. Д. 1965. Факторы колебания уловов снетка в Курском заливе. Тр. Атлант. н.-иссл. инст. рыбн. хоз. и океаногр., 14.
- Федоров А. В. 1958. О рыбохозяйственном значении хищных рыб бассейна Верхнего Дона. Тр. Воронежск. гос. унив., 45, 1.
- Фортунатова К. Р. 1961. Методика изучения питания хищных рыб. Руководство по изуч. питания рыб в естеств. условиях, Изд. АН СССР, М.
- Фортунатова К. Р. 1962. Поведение хищных рыб в зависимости от экологии пищевых организмов. Тр. Инст. морфол. жив. АН СССР, 42.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. М. Чикова и Е. М. Зайцева

РАЗМНОЖЕНИЕ РЫБ В ПРИПЛОТИННОМ ПЛЕСЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 1966 г.

Приплотинный плес, занимающий сравнительно небольшую часть Куйбышевского водохранилища (от плотины до сужения у пос. Климовка), отличается от других большими глубинами (до 40 м) и отсутствием обширных мелководий (Дзюбан, 1960). Рыбное население этого плеса представлено значительным количеством видов. В 1966 г. наиболее многочисленными были окунь (45%), плотва (13%) и ерш (11%). Сравнительно высокий процент в наших уловах составляли судак (6.1), лещ (5.8) и укляя (5.7). Малочисленными были ряпушка, густера, белоглазка, чехонь, берш, сом, налим. А такие виды, как осетр, тюлька, елец, голавль, жерех, подуст, синец, красноперка, пескарь и щука, встречались единично.

Проведенные нами опытные уловы показали, что значительных концентраций рыб здесь нет. Средний улов за одно траление в 1966 г. составил 96 экз., средним весом 9.3 кг, тогда как в Волго-Камском плесе, по отчету И. В. Шаронова за 1966 г., вылавливалось в среднем 145 экз. средним весом 38.7 кг, а в Волжском плесе — соответственно 333 и 50.1. Однако следует отметить, что в левобережной зоне в районе Портпоселка и Зеленых остро-

вов в июле, а в русловых участках перед плотиной в августе держится значительное количество молоди. На один замет 50-метровым неводом вылавливалось здесь до 700 сеголетков и годовиков окуня, а за одно траление пелагическим тралом перед плотиной — до 500 экз. окуня и около 300 экз. судака.

Данные (в %), характеризующие возрастной состав наиболее многочисленных популяций рыб в приплотинном плесе, приведены ниже.

Вид	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	n
Плотва	0.7	5.3	18.3	26.4	20.1	8.8	6.3	4.6	4.6	3.5	1.4	284
Язь	11.1	14.5	25.6	21.4	8.5	3.4	2.7	2.7	4.2	4.2	1.7	117
Лещ	—	4.3	7.5	5.3	8.6	21.4	24.6	16.1	11.2	1.0	—	187
Уклея	19.2	25.5	36.2	12.7	3.2	3.2	—	—	—	—	—	94
Судак	39.5	41.2	16.8	2.5	—	—	—	—	—	—	—	119
Окунь	18.0	20.4	24.7	19.8	7.9	4.3	3.1	1.2	—	0.6	—	338
Ерш	9.6	52.2	28.6	6.4	2.1	1.1	—	—	—	—	—	94

Возрастной состав плотвы и язя представлен 11 возрастными группами, причем у плотвы преобладающими в стаде были половозрелые самцы и самки в возрасте 3+—5+, а у язя — неполовозрелые особи в возрасте 3+. В стаде леща преобладали семи- и восьмилетки. Пополнение популяции молодыми поколениями выражено очень слабо. Стадо уклей состоит из 6 возрастных групп. В этом году преобладали половозрелые самки и самцы в возрасте 2+ и 3+. Популяция судака в приплотинном плесе представлена неполовозрелыми особями. Наиболее многочисленными в уловах были годовики и двухлетки, охотившиеся здесь за молодью окуня и других видов рыб. Окунь встречается в возрасте до 10+. В опытных уловах преобладали впервые созревающие самцы и самки в возрасте 2+ и 3+. В стаде ерша также доминировали половозрелые самцы и самки.

В связи с тем, что приплотинный плес отличается наличием больших глубин, преобладанием песчаных и каменисто-галечных грунтов, почти полным отсутствием прибрежной и водной растительности, размножение ценных фитофильных видов рыб (щуки, леща, синца и др.) на его акватории весьма ограничено. Наши наблюдения показали, что лишь в устье Усинского залива и в районе Зеленых островов проходил нерест щуки, язя, леща и судака, в остальных же участках плеса нерестились в основном малоценные виды рыб (плотва, окунь, ерш).

Массовый нерест окуня в приплотинном плесе в 1966 г. наблюдался с 12 по 24 мая при температуре воды 8.5—11.8°. В Волюжском плесе и в заливах водохранилища он нерестился раньше. Так, в Черемшанском заливе 28 мая нами вылавливались уже личинки окуня, судя по развитию которых можно считать, что нерест его там закончился в первой пятидневке мая. В приплотинном плесе окунь откладывал икру в прибрежной зоне преимуще-

пещенно там, где она меньше подвергалась действию ветровых волн (небольшие бухты, заливы, острова). Икра в виде лент подвешивалась на затопленные кусты, коряги или просто откладывалась на грунт с редкой растительностью на глубине до 3 м. В связи с тем, что в период нереста окуня и развития его икры уровень воды в водохранилище в 1966 г. был стабильным и держался на сравнительно высоких отметках (53.3—53.4 м), эффективность нереста была высокой. Сеголетки окуня в уловах молодежи составляли 66.5%.

Для окуня характерно одновременное икрометание. В яичниках самок, выловленных перед нерестом, в 1 г икры насчитывалось в среднем 745 икринок. Абсолютная плодовитость окуня размером 15—31 см колебалась в пределах от 8.7 до 90.7 тыс. и в среднем составляла 30.6 тыс. икринок, относительная плодовитость от 87 до 276 икринок (в среднем 152 икринки на 1 г веса самки). Коэффициент зрелости у самок в апреле колебался от 16.5 до 28.6%. Как абсолютная, так и относительная плодовитость окуня в приплотинном плесе стала несколько ниже, чем была в Средней Волге до зарегулирования (Лукин и Штейнфельд, 1949).

Несколько раньше окуня и примерно на тех же участках начинался нерест ерша. Он проходил при температуре воды от 3 до 12°. В отличие от окуня ерш имеет порционное икрометание, в связи с чем нерест у него более растянутый. В 1966 г. ерш нерестился с 29 апреля до конца мая. В ястыках самок ерша, взятых в середине апреля, содержалось три порции икры. Коэффициент порционности колебался от 19 до 61%, в среднем составляя 35%. Икринки ерша мелкие, средний диаметр их в первой порции колебался от 0.9 до 1.1, во второй от 0.6 до 0.8, в третьей от 0.4 до 0.55 мм. Абсолютная плодовитость особей длиной 9—17 см колебалась от 4.7 до 27.9 тыс. и в среднем составляла 16.2 тыс. икринок. Плодовитость ерша в Средней Волге, по данным А. В. Лукина (1949), была несколько выше. Эффективность нереста ерша в 1966 г. была очень низкой, в связи с чем сеголетки в уловах отсутствовали.

Нерест плотвы проходил с 12 по 30 мая при температуре воды 8.5—14°. Икра откладывалась в прибрежной зоне на залитую прошлогоднюю или свежую траву, а также на прибитые к берегу ветки деревьев и кустарников. Плотва относится к рыбам с одновременным икрометанием. Диаметр икринок перед нерестом достигает 1.3 мм. Количество икринок в 1 г икры колеблется от 820 до 1455. У более крупных самок обычно икринки крупнее, и количество их в навеске меньше. Абсолютная плодовитость плотвы размером от 15 до 25 см в среднем составляет 25.2 тыс. при колебании от 7.9 до 57.6 тыс. икринок, относительная — 138 икринок при колебании от 79 до 165 икринок. Средний коэффициент зрелости равен 13.2%. По данным С. С. Гайниева (1963),

плодовитость плотвы в центральных плесах водохранилища стала выше, чем в речной период, причем более заметно у маломерных самок. По нашим данным, в приплотинном плесе она возросла только у молодых самок размером менее 17 см, а у более крупных даже несколько уменьшилась. Эффективность нереста плотвы в 1966 г. была невысокой. Относительная численность ее сеголетков в уловах молоди составляла только 6.3%. Это можно объяснить неблагоприятными условиями погоды. В середине мая, когда проходит нерест плотвы, преобладала ветреная погода, и значительная часть икры, отложенной в прибрежной зоне, выбрасывалась на берег прибойными волнами.

Массового нереста других видов рыб в приплотинном плесе нами не наблюдалось. Единично отмечено икрометание щуки, язя, уклей и некоторых других видов рыб, об эффективности нереста которых можно судить по относительной численности сеголетков в приплотинном плесе (см. ниже).

Вид	Сеголетки		Годовики	
	шт.	%	шт.	%
Снеток	5	0.3	40	8.1
Щука	2	0.1	—	—
Плотва	105	6.3	26	5.2
Язь	39	2.3	12	2.4
Уклея	275	16.5	15	3.0
Густера	—	—	9	1.8
Лещ	—	—	74	14.9
Белоглазка	—	—	29	5.8
Чехонь	—	—	2	0.4
Окунь	1110	66.4	227	45.7
Судак	135	8.1	35	7.0
Берш	1	—	3	0.6
Ерш	—	—	23	4.7
Сом	—	—	2	0.4

На основе изложенного можно считать, что приплотинный плес при отсутствии на его акватории нерестилищ для ценных видов рыб (щуки, леща, судака и др.) не играет большой роли в воспроизводстве рыбных запасов Куйбышевского водохранилища, но может служить местом нагула молоди. Для использования малоценных рыб необходимо увеличить стадо хищников (щуки, судака).

ЛИТЕРАТУРА

- Г а й н и е в С. С. 1963. Изменчивость плодовитости некоторых карповых рыб в зависимости от гидрометеорологических условий. Матер. 1-го п.-техн. совещ. по изуч. Куйбышевск. водохр., 3.
- Д з ю б а н Н. А. 1960. О районировании Куйбышевского водохранилища. Бюлл. Инст. биол. водохр., 8—9.
- Л у к и н А. В. 1949. Основные черты экологии осетровых Средней Волги. II. Тр. Татарск. отд. ВНИОРХ, 5.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. А. Шентяков

**РЕАКЦИИ РЫБ НА УНИПОЛЯРНЫЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВОДЕ
С НИЗКОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ**

О действии униполярного непрерывного тока на рыб в воде с малыми величинами электропроводности в литературе очень мало данных. Известна работа Адлера (Adler, 1932) о реакциях мальков ручьевой форели, карпа, карася, горчача и плотвы на действие постоянного тока в воде с электропроводностью $0.94 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, что примерно соответствует электропроводности воды оз. Белого Вологодской обл. Адлер приводит пороговые значения параметров реакций, которые выражены в плотности тока. На северо-западе европейской части нашей страны имеется целый ряд водоемов, в которых величина электропроводности воды меньше чем $1.0 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ (Алекин, Бражникова, 1964). Поэтому изучение реакций рыб на действие постоянного непрерывного тока в воде с низкой электропроводностью представляет определенный научный и рыбохозяйственный интерес.

Настоящая работа выполнена в аквариальной Института биологии внутренних вод АН СССР по методике и на установке, описанной нами ранее (Шентяков, 1959, 1963). Источником тока служил генератор типа ПН с плавной регулировкой напряжения. Опыты с плотвой, окунем и щукой проведены в термостатическом аквариуме при температуре воды 13.0°C и ее электропроводности $\gamma = (0.2, 0.57, 0.90) \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Малые величины электропроводности воды получали разбавлением водопроводной воды дистиллированной. С каждым видом рыб при указанных величинах электропроводности воды было проведено несколько серий опытов (в одной серии от 12 до 20 опытов), а всего с окунем 44 опыта, с плотвой — 47 и щукой — 50 опытов. В каждом опыте включение тока производили устройством переключения полярности электродов при расположении рыбы головой к аноду (перпендикулярно или под острым углом), т. е. направление тока по отношению рыбы было нисходящим.

Нами выделялись 4 порога реакций рыб: чувствительности или возбуждения, когда при включении или выключении тока

рыба вздрагивала всем телом или совершала резкое движение (бросок в сторону или вперед); начало анодной реакции, при которой рыба плыла в сторону анода и оставалась около него на весь период действия тока (5 сек.); конец анодной реакции, когда при включении тока рыба поворачивалась в сторону анода, но плавательных движений не совершала; электронаркоз или шок, когда у рыбы полностью отсутствовали движения телом и прекращалось дыхание.

Результаты опытов обработаны с помощью описанных ранее приемов вариационной статистики (Шентяков, 1964). Данные расчетов условных напряжений тела рыб, которые необходимы для получения начала реакций, представлены в таблице.

Условные напряжения тела рыб, необходимые для получения реакций на действие непрерывного униполярного тока в воде с низкой электропроводностью при температуре в 13°C

Электро- провод- ность во- ды опыта $\text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} \times 10^{-4}$	Пороги реакций, в			Средняя длина тела рыбы, см \bar{l}	Число опы- тов, n	
	возбуждение $\bar{U}_{в \pm S_u}$	анодная реакция				электро- но- воз- муща- ние $\bar{U}_{э \pm S_u}$
		начало $U_{н \pm S_u}$	конец $\bar{U}_{к \pm S_u}$			

Щ у к а

0.20	4.96 ± 0.24	—	—	43.85 ± 1.03	25.9	14
0.57	2.95 ± 0.15	6.56 ± 0.23	19.10 ± 0.70	26.0 ± 0.77	26.4	17
0.90	2.10 ± 0.08	5.20 ± 0.18	17.41 ± 0.88	22.35 ± 0.36	27.6	19

П л о т в а

0.20	2.59 ± 0.11	—	—	20.45 ± 0.71	13.9	20
0.57	1.80 ± 0.09	4.59 ± 0.20	12.31 ± 0.27	16.67 ± 0.35	12.9	15
0.90	1.71 ± 0.08	3.54 ± 0.13	7.49 ± 0.35	11.46 ± 0.36	14.1	12

О к у н ь

0.20	2.79 ± 0.01	—	—	20.24 ± 0.98	11.9	16
0.57	2.18 ± 0.09	4.90 ± 0.31	11.86 ± 0.89	17.29 ± 1.81	14.5	12
0.90	1.58 ± 0.09	3.61 ± 0.09	9.92 ± 0.27	12.76 ± 0.28	15.0	16

П р и м е ч а н и е. Пороги реакций представлены среднеарифметической величиной условного напряжения тела рыб (\bar{U}) со средней квадратичной ошибкой (S_u) средней арифметической величины, а длина тела рыб (\bar{l}) — среднеарифметической величиной.

Характерной особенностью поведения рыб в воде с электропроводностью $0.2 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ было отсутствие четкой устойчивой реакции у всех трех видов рыб. По мере увеличения напряжения на электродах при включении тока у щуки проявлялись следующие реакции: вздрагивание мышц хвостового стебля и головы, резкое вздрагивание всем телом на месте, резкое вздрагивание и небольшое продвижение вперед, резкое вздрагивание

и бросок вперед, свободное плавание в сторону анода и поворот перпендикулярно направлению тока. Потеря равновесия наблюдалась после медленных плавательных движений или одновременно с ними. И в том и в другом случаях дыхание сохраняется, но оно замедлено. Тело рыбы напряжено, вытянуто неподвижно. Последующее увеличение напряжения вызывает электронаркоз (потеря равновесия, отсутствие движений тела, прекращение дыхания).

Если у щуки при малых напряжениях до начала реакции возбуждения наблюдались вздрагивания отдельных частей тела, то у окуня первоначально поднимались грудные плавники, затем при включении тока очень резко поднимался спинной плавник и слегка вздрагивали мышцы средней части тела. И только потом наступала реакция возбуждения, которая выражалась в резком коротком броске в сторону при включении тока.

У окуня по мере увеличения силы воздействия тока проявлялись следующие реакции: вздрагивание и короткий бросок в сторону при включении и выключении тока; очень медленное движение вперед на небольшое расстояние и остановка с поднятым спинным плавником; короткий бросок вперед и потеря равновесия; очень короткое движение вперед, потеря равновесия и движения грудными плавниками; потеря равновесия на месте; замедление ритма дыхательных движений; потеря равновесия; учащение ритма дыхания. Окунь восстанавливал равновесие сразу после выключения тока.

Из 16 опытов с окунем в 6 случаях наблюдались реакции, похожие на анодную, но диапазон их был небольшой (9.0—11.5 в).

В реакциях плотвы на электрический ток в воде с электропроводностью $0.20 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ наблюдалась большая активность в движениях, чем у щуки и окуня. Эта активность выражалась в большой подвижности на стадии возбуждения. Плотва плавала по всему аквариуму в разных направлениях. Затем наступало постепенно усиливающееся угнетенное состояние. В этом состоянии рыба первоначально плыла в сторону анода, затем движения ее становились медленными и она теряла равновесие. Из всех трех видов у плотвы было больше попыток плыть в сторону анода, но постоянной четкой устойчивой анодной реакции не наблюдалось. По мере увеличения тока плавательных движений становилось все меньше и меньше, затем рыба сразу теряла равновесие при включении тока, и наступал электронаркоз.

В сериях опытов, проведенных в воде с электропроводностью $0.57 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, у всех трех видов рыб четко различались пороги начала и конца анодной реакции. Так же четко выделялись эти пороги и в сериях опытов в воде с электропроводностью $0.9 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. В опытах со всеми видами рыб наблюдается общая закономерность для всех реакций — уменьшение условного напряжения тела рыбы, необходимого для получения одной

и той же реакции при увеличении электропроводности воды. Так, у щуки при увеличении электропроводности воды с $0.20 \cdot 10^{-4}$ до $0.90 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ величина условного напряжения тела уменьшается для реакции возбуждения с 4.96 до 2.10 в (в 2.3 раза), для реакции электронаркоза — с 43.85 до 22.35 в (в 2 раза); у плотвы — для реакции возбуждения с 2.59 до 1.71 в (в 1.5 раза) и для электронаркоза с 20.45 до 11.46 в (в 1.8 раза), а у окуня — соответственно с 2.79 до 1.85 в и с 20.24 до 12.76 в (в 1.8 раза).

Таким образом, для получения реакций возбуждения или электронаркоза в воде с электропроводностью в $0.20 \cdot 10^{-4}$ потребуется напряжение источника тока в 2 раза большее, чем в воде с электропроводностью $0.90 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Для различных теоретических расчетов и рыбохозяйственных целей по данным таблицы с вероятностью 0.95 можно установить возможные границы, в пределах которых будут находиться величины условного напряжения тела (U_l) и плотности тока (δ), необходимые для получения реакций у популяции вида при условиях среды и размеров тела рыб, указанных в таблице. Эти границы определяются по формулам:

$$U_l = \bar{U} \pm S_u \cdot t_{05} \text{ и } \delta = E \cdot \gamma = \frac{U_l}{l} \cdot \gamma = \left(\frac{\bar{U}}{l} \pm \frac{S_u \cdot t_{05}}{l} \right) \cdot \gamma,$$

где t_{05} — нормированное отклонение при уровне значимости 0.05, которое берется из таблиц функций распределения Стьюдента (Большев, Смирнов, 1965) по числу опытов.

Следует еще раз подчеркнуть, что мы не наблюдали четкую устойчивую анодную реакцию у исследованных рыб в воде с электропроводностью $0.2 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Эта величина близка к электропроводности вод большинства водоемов Карелии, отличаясь от таковой Онежского озера ($\gamma = 0.383 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$), Сямозера ($\gamma = 0.231 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$), озера Фаденярви ($\gamma = 0.299 \cdot 10^{-4}$), р. Сяпсы ($\gamma = 0.205 \cdot 10^{-4}$) и целого ряда других водоемов.

Летом 1966 г. нами на Онежском озере была сделана попытка получить анодную реакцию у рыб с помощью ранцевого электроловильного аппарата «Пеликан». Выловленную тралом рыбу подвергали воздействию импульсного униполярного тока, источником которого служил «Пеликан». Опыты по корюшке, ряпушке, лещу и налиму проводили в аквариуме на борту судна и непосредственно в озере у борта судна. У всех видов рыб четко проявлялись реакции возбуждения и угнетения, переходящие у крупных рыб в электронаркоз. Четкой устойчивой анодной реакции мы не наблюдали.

При внедрении методов электролова рыбы во внутренних водоемах следует учитывать отсутствие четкой устойчивой анодной реакции у рыб в условиях очень низкой электропроводности воды.

- А лекс и н О. А., Л. В. Бра жни ко ва. 1964. Сток раство рен ных ве ществ с терри то рии СС СР. Изд. «Наука», М.
- Бо ль ше в А. Н. и Н. В. С ми рнов. 1965. Таб ли цы ма тем ати че ской ста тис ти ки. Изд. «Наука», М.
- Ш ен тя ков В. А. 1959. О ре ак ци ях ры б в элек три че ских по лях пе ре мен но го то ка. Тр. Инст. биол. во до хр. АН СС СР, 1 (4).
- Ш ен тя ков В. А. 1963. О па ра мет рах ре ак ци й ры б в элек три че ских по лях пе ре мен но го то ка. Биол. ас пек ты изуч. во до хр. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СС СР, 6 (9).
- Ш ен тя ков В. А. 1964. Прес но вод ный элек трот ра ло вый лов ры бы с при ме не нием пе ре мен но го то ка. Пищепро ми здат, М.
- A d l e r Р. 1932. Die Beeinflussung der Galvanotaxis und Galvanonarkose bei Fischen durch Narcotica und Coffein. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., 230, 1.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. А. Шен тя ков и В. В. По лов ков

ОБ УПРАВЛЕНИИ ПОВЕДЕНИЕМ РЫБ ПЕРЕД ЭЛЕКТРОТРАЛОМ В ВОДОЕМАХ С РАЗЛИЧНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ ВОДЫ

При работах по управлению поведением рыб перед электрифицированным тралом было установлено, что в водоемах с низкой электропроводностью воды, например в Онежском озере, оснащение опытно-промышленных электротраловых судов не обеспечивает такой эффективности траления, как в водоемах центральной европейской части страны, где электропроводность воды более высокая. В связи с этим возникла необходимость теоретических исследований возможностей управления поведением рыб перед электротралом в зависимости от формы, размеров электродов и электропроводности воды.

Из литературы известно (Мас Millan, 1928; Шен тя ков, 1959, и др.), что с уменьшением абсолютной величины электропроводности воды параметры реакций рыб, выраженные в условном напряжении тела рыбы, возрастают. Однако данные о параметрах реакций рыб на переменный электрический ток в воде с электропроводностью ниже $1.0 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ практически отсутствуют.

Летом 1966 г. в Онежском озере на борту судна «Паданы» была проведена работа по определению параметров реакций некоторых рыб на переменный электрический ток. Методика работ и принципиальная схема установки, на которой проводились опыты, описаны В. А. Шен тя ковым (1959). Опыты проводились при температуре воды 7—9°C и ее электропроводности $\gamma = 0.35 \times$

$\times 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Рыбу для опытов (налим, паляя, ряпушка, корюшка) брали из уловов трала и ставного невода. Результаты опытов обработаны статистически по схеме, описанной ранее (Шентяков, 1964), и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры реакций рыб

Вид рыбы	Средняя длина рыб, см, l	Реакции рыб								
		возбуждение			угнетение			шок		
		U_v	E	δ	U_y	E	δ	$U_{ш}$	E	δ
Налим . .	51.0	2.03	0.0182	0.67	7.41	0.066	2.45	11.85	0.106	3.93
Паляя . .	39.0	1.0	0.009	0.36	7.46	0.0665	2.26	11.86	0.106	3.6
Ряпушка	12.0	0.39	0.0035	0.119	3.67	0.0328	1.115	5.86	0.0523	1.78
Корюшка	11.0	0.37	0.0033	0.122	3.86	0.0342	1.27	5.99	0.0535	1.98

Примечание. Единицы измерения: U , в; E , в/см; δ , мкА/см². Значения буквенных обозначений см. в предыдущей статье В. А. Шентякова на стр. 68.

По каждому виду рыб выведены теоретические уравнения линии регрессии условного напряжения тела (U) по длине рыб (l) для начала реакции угнетения: для налима $U=3.70+0.73 \cdot l$, паляя $U=-0.80+0.21 \cdot l$, ряпушки $U=0.90+0.223 \cdot l$, корюшки $U=2.63+0.122 \cdot l$. По этим данным построены расчетные номограммы для цилиндрических электроподбор с диаметром электродов в 9.0 см. По номограммам рассчитано напряжение питания электроподбор, необходимое для эффективной работы электро-трала. Оно оказалось равным для налима длиной 40 см — 470 в, паляя в 30 см — 500 в и для ряпушки в 10 см — 920 в. На опытно-промышленных электротраловых судах установлено электрооборудование, которое может давать максимальное напряжение в 355 в. Следовательно, с промысловым электрооборудованием, предусмотренным проектами 901 и 913 Клайпедского отделения Гидрорыбфлота, нельзя производить эффективный электротраловый лов налима, паляя и ряпушки в водоемах с малыми величинами электропроводности воды. Это было также подтверждено эксплуатацией судна «Паданы» на Онежском и Ладожском озерах в навигацию 1966 г.

Для успешной работы электротрала необходимо поднять напряженность электрического поля без увеличения напряжения питания выше проектного (до 350 в). Повышение напряженности электрического поля в предутьевом пространстве электротрала в водоемах с малыми величинами электропроводности воды можно произвести за счет изменения геометрических параметров электроподборы. Расширять площадь поверхности цилиндрических электродов за счет увеличения их диаметра

нецелесообразно, так как напряженность поля при этом повышается незначительно (Шентяков, 1964), а изготовление надежных конструкций затруднено. Лучше использовать сферические электроды, которые входят в оснастку обыкновенного трала как кухтыли или бобинцы. Изменять напряженность электрического поля можно варьируя площадь поверхности электродов и расстояния между соседними электродами. С этой целью нами было произведено моделирование в электролитической ванне (Лукошков, 1960) электроподбор с диаметром электродов-кухтылей в 0.2 м и с различными расстояниями между центрами соседних электродов (0.5, 0.75, 1.0 и 1.25 м). Моделирование проводили в масштабе 1 : 5 к натуральной величине электроподборы. Картины электрических полей снимались в масштабе 1 : 2 к модели или в масштабе 1 : 10 к натуральной величине. Затем, сохраняя условия геометрического подобия, характеристику каждой из 4 картин электрических полей из масштаба 1 : 10, пересчитали в масштабы 1 : 5, 1 : 15, 1 : 20, 1 : 25, 1 : 30. В результате пересчета мы проанализировали 24 электрических поля с различными диаметрами электродов и разными расстояниями между ними. В этом случае о преимуществах того или иного электрического поля для управления поведением рыб перед электротралом можно судить лишь по величине напряжения, необходимого для питания электроподборы.

Т а б л и ц а 2

Напряжение (U), необходимое для питания электроподбор с различными геометрическими размерами в воде с электропроводностью $\gamma = 0.35 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, в

Вид рыбы и размер (l), м	Диаметр электрода (d), м	Расстояние между электродами (S), м					
		0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5
Налим 0.40	0.2	820	680	700	840	1050	—
	0.3	520	520	540	620	780	1050
	0.4	380	430	450	500	630	820
	0.5	300	370	400	410	520	680
	0.6	240	330	350	350	450	590
Паalia 0.30	0.2	880	860	820	—	—	—
	0.3	640	—	—	740	—	—
	0.4	—	470	—	540	—	—
	0.5	—	—	450	—	—	—
	0.6	—	—	—	370	—	—
Ряпушка 0.10	0.1	1500	1600	1400	—	—	—
	0.3	1100	—	—	1340	—	—
	0.4	—	840	—	920	—	—

Необходимое напряжение (в вольтах) питания электроподборки (U) с различными геометрическими размерами (по диаметру электродов и расстоянию между ними) для лова налива длиной 40 см в воде различной величины электропроводности воды

Расстояние между соседними электродами (S), м																									
0.75						1.0					1.25					1.5					2.0				
диаметр электродов						диаметр электродов					диаметр электродов					диаметр электродов					диаметр электродов				
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6					
820	520	380	300	240		680	520	430	370	330	700	540	450	400	350	840	620	500	410	350	1050	780	630	520	450
740	470	350	270	220		620	470	390	340	300	640	500	440	370	325	700	540	450	360	310	950	700	560	470	400
480	300	215	165	135		400	300	250	215	190	410	320	260	230	205	460	360	300	250	220	600	450	370	300	250
280	180	135	105	—		230	180	150	130	118	230	180	155	135	120	270	210	175	140	120	360	270	220	180	155
200	130	98	—	—		175	135	110	118	—	170	135	115	100	—	160	140	130	105	90	275	200	160	130	110

П р и м е ч а н и е. Диаметры сферических электродов указаны в метрах. Для расчетов параметров реакций налива в воде с электропроводностью $(0,74-9,52) \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ взяты из ранее опубликованной работы (Шеняков, 1964).

Напряжение питания рассчитывается по номограммам типа SdlU. Результаты графо-аналитических расчетов (Шентяков, 1964) приведены в табл. 2.

В таблице выделено напряжение, которое можно получить на электрооборудовании опытно-промышленных судов проектов 901 и 913.

Итак, теоретически с электроподборкой, электроды которой имеют форму шара-кухтыля, можно производить лов налима в водоемах с малой величиной электропроводности, но электроды-кухтыли должны иметь диаметр 0.5—0.6 м. Однако практически электроды-кухтыли столь больших размеров пригодны только для работы на больших океанских судах, имеющих высокую мощность главного двигателя (1000 л. с.), и не могут быть использованы для тралового электролова рыбы с судов проектов 901 и 913.

Для определения границ возможного применения электроподбор различных геометрических размеров с электродами-кухтылями в водоемах с различной электропроводностью воды (от 0.35 до $9.52 \cdot 10^{-4} \cdot \text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) произведены расчеты необходимого напряжения питания электроподбор. Результаты расчетов по электроподборам на лов налима представлены в табл. 3.

Выделены теоретические границы (исходя из напряжения в 355 в), в пределах которых возможен успешный лов налима в водоемах с различной электропроводностью воды при применении электроподбор с различными диаметрами сферических электродов при определенных расстояниях между ними.

Из таблицы видно, что теоретически можно производить эффективный электротраловый лов налима в водоемах с электропроводностью воды $(0.35 + 9.52) \cdot 10^{-4} \cdot \text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, применяя диаметр электродов от 0.6 до 0.2 м при расстоянии между электродами от 2.0 до 0.75 м. Однако на практике для рыболовства во внутренних водоемах с электротраловых судов мощностью до 150 л. с. возможно применение электроподбор с диаметрами сферических электродов не более 0.3 м.

Таким образом, практические возможности электротраловых судов ограничивают управление поведением рыб перед электрифицированным тралом, особенно в водоемах с низкой электропроводностью воды. Для решения вопросов эффективного управления поведением рыб электрическими полями в водоемах с низкой электропроводностью воды необходимо проведение исследований по изысканию путей увеличения напряженности электрических полей при значительном облегчении и уменьшении громоздкости системы электродов.

ЛИТЕРАТУРА

- Лукошков В. С. 1960. Моделирование электромагнитных полей в волноводах методом электролитической ванны. Специальный физический практикум. I. Радиофизика и электроника. Изд. МГУ.

- Ш е н т я к о в В. А. 1959. О реакциях рыб в электрических полях переменного тока. Тр. Инст. биол. водохр., 1 (4).
- Ш е н т я к о в В. А. 1964. Пресноводный электротраловый лов рыбы с применением переменного тока. Пищепромиздат, М.
- М а с М и л л а н F. O. 1928. Electric Fish-Screen. Bull. U. S. A. Bureau of Fisheries, 44.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. А. Ш е н т я к о в и В. В. П о л о в к о в

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭЛЕКТРОПОДБОР НА УПРАВЛЕНИЕ ПОВЕДЕНИЕМ РЫБ ПЕРЕД ЭЛЕКТРОТРАЛОМ

Изучение поведения рыб в неоднородных электрических полях переменного тока перед электрофицированным тралом, которое проводилось с судов Института биологии внутренних вод АН СССР, а также с опытно-промышленных электротраловых судов Министерства рыбного хозяйства РСФСР, показало, что существующими схемами и конструкциями электроподбор можно успешно управлять поведением рыб в водоемах с ограниченным диапазоном электропроводности воды (Шентяков и Майзелис, 1959; Шентяков, 1964а, 1964б; Шентяков и Половков, 1969).

Для изыскания путей эффективного управления поведением рыб перед электротралом в водоемах с различной электропроводностью воды нами были проанализированы возможные вариации напряженностей электрических полей электроподбор в зависимости от их конструктивных изменений по схеме питания и геометрических характеристик.

Материалами для исследования служили картины электрических полей, которые снимались методом электролитической ванны (Лукошков, 1960; Шентяков, 1964а, 1964б) с различных моделей электроподбор. Моделирование производилось в деревянном бассейне ($3.0 \times 1.5 \times 0.6$), выложенном изнутри диэлектрической пленкой. В бассейне устанавливали фанерный шаблон с нанесенной кривой формы трала. Кривая форма шаблона соответствовала в масштабе 1 : 10 кривой форме нижней подборы трала при тралении, которая принята как цепная линия (Зайцев и Ажажа, 1959). На шаблоне последовательно было смонтировано 8 моделей электроподбор, схемы которых приведены на рис. 1.

С каждой модели электроподборы снята картина электрического поля при подаче общего напряжения на крайние электроды полусекции в 35 в. Все 8 картин электрических полей рассчитаны графо-аналитическим методом (Шентяков, 1964а). Для каждой

картины поля по данным расчета построены графики средней относительной напряженности ($E_{отн.}$) в зависимости от удаления (S) по нормали от линии электродов $E_{отн.} = \varphi(S)$.

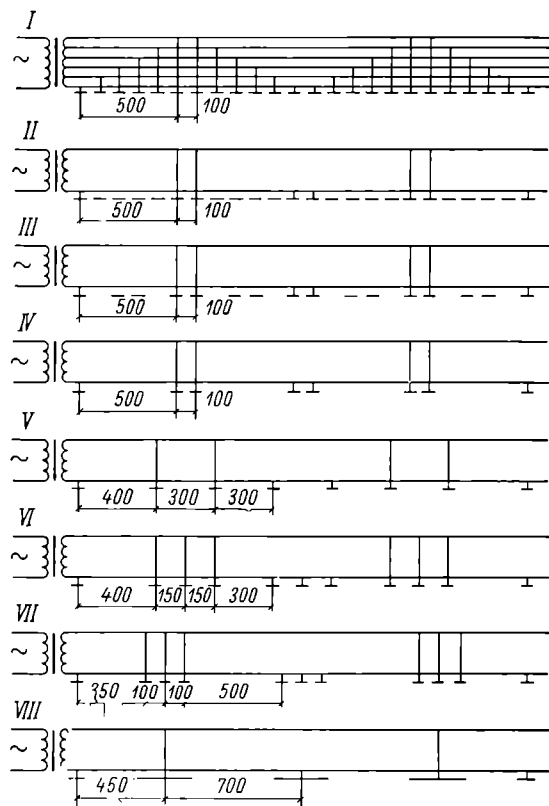


Рис. 1. Схемы электроподбор (I—VIII), по которым производилось моделирование в электролитической ванне. Размеры указаны в сантиметрах (для модели — в миллиметрах).

Диаметр электродов — 6 см, длина электрода — 70 см, расстояние между электродами схем — 1.11—30 см; общее напряжение вторичной цепи — 350 в (на модели — 35 в).

Схемы электроподбор, изображенные на рис. 1, послужили основой для разработки Клайпедским отделением Гипрорыбфлота проектов 901 и 913 опытно-промышленных электротралов. График средней относительной напряженности электрического поля I модели электроподборы $E_{отн.}^I = \varphi(S)$ представлен на рис. 2.

По схеме II (рис. 1) напряжение от трансформатора в 35 в подается только на крайние электроды полусекции — 1-й и 6-й,

а все промежуточные электроды (со 2-го по 5-й) от цепи питания отключены. В то же время эти электроды находятся в воде между 1-м и 6-м электродами, являясь как бы промежуточными делителями напряжения. Такая схема питания названа нами двухпроводной.

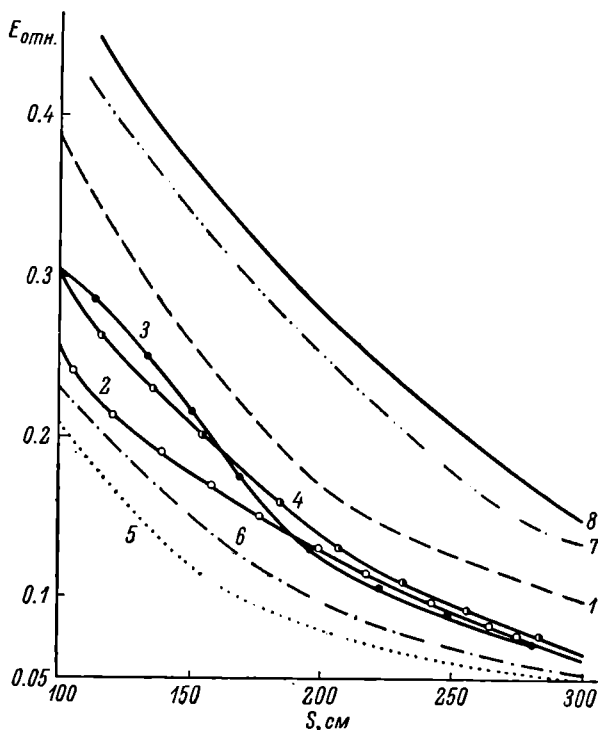


Рис. 2. Графики распределения по нормали и электродам средней относительной напряженности электрических полей, снятых с электроподбор по схемам рис. 1.

Схемы: 1 — I; 2 — II; 3 — III; 4 — IV; 5 — V; 6 — VI;
7 — VII; 8 — VIII.

Картина электрического поля, снятая с модели схемы II (рис. 1), по конфигурации отличается весьма незначительно от картины электрического поля с модели схемы I, тогда как разница в относительных напряженностях электрических полей в схемах I и II — величина значительная. Для выяснения роли промежуточных электродов, которые не находились под напряжением, проведено моделирование электрических полей по схемам III и IV (рис. 1).

В схеме III с модели сняты бывшие 2-й и 5-й электроды схемы II, а в схеме IV — все промежуточные электроды. Картины электри-

ческих полей, снятые со схем III и IV, по конфигурации остаются подобными картинам схем I и особенно II. Относительная напряженность электрических полей схем II—IV на расстоянии в 2.5 м от электродов выражается примерно одинаковой величиной — 0.090—0.095. Кривая распределения относительной напряженности по схеме IV идет почти параллельно кривой напряженности схемы I, но значение этого показателя ниже (примерно на 0.03). Кривая напряженности схемы II более полого. Электрическое поле с пологой кривой относительной напряженности будет более эффективным при его работе в режиме электрорыбозаградителя (или электрогона рыб).

Сопоставляя электрические поля и графики средних относительных напряженностей полей схем I—IV, можно сделать вывод, что промежуточные потенциалы электродов со 2-го по 5-й схемы I не изменяют картины электрического поля по конфигурации, а только увеличивают относительную напряженность в рабочей зоне поля ($S=2.0-2.5$ м) примерно на 30—35% против напряженностей полей схем II—IV, изображенных кривыми 2—4 на рис. 2.

В схемах V—VII (рис. 1) рассмотрено влияние расстояния между крайними электродами в полусекции и расстояния между электродами под одним потенциалом. В схеме V расстояние между электродами с одноименным потенциалом увеличено до 300 см, а между электродами полусекции уменьшено до 300 см. Такое изменение схемы равноценно уменьшению площади поверхности электродов, находящихся под одним потенциалом. Средняя относительная напряженность электрического поля схемы V оказалась самой низкой (рис. 2, 5).

В схеме VI добавлено по одному электроду в середину между одноименными по потенциалу электродами при том же расстоянии между электродами в полусекции, как и в схеме V, т. е. в схеме VI площадь электродов увеличена на $1/3$. Значение средней относительной напряженности электрического поля в схеме VI стало несколько выше, чем в схеме V. Таким образом, при увеличении площади электродов на $1/3$ и уменьшении расстояния между электродами с 500 см (схема IV) до 300 см (схема VI) происходит понижение относительной напряженности. Следовательно, для повышения относительной напряженности электрического поля необходимо увеличить расстояние между электродами с разноименными потенциалами; такое увеличение сделано в схеме VII (рис. 1). Средняя относительная напряженность электрического поля в схеме VII показана на рис. 2, 7; она значительно выше, чем во всех предыдущих схемах.

В схеме VIII три электрода, которые находились под одним потенциалом в схеме VII, объединены в один цельный электрод длиной в 300 см; поле схемы VIII имеет наиболее высокую относительную напряженность (рис. 2).

Электроподборы схем I и VIII, которые создают электрические поля с наибольшими величинами относительной напряженности (рис. 2), были смоделированы в бетонном бассейне без диэлектри-

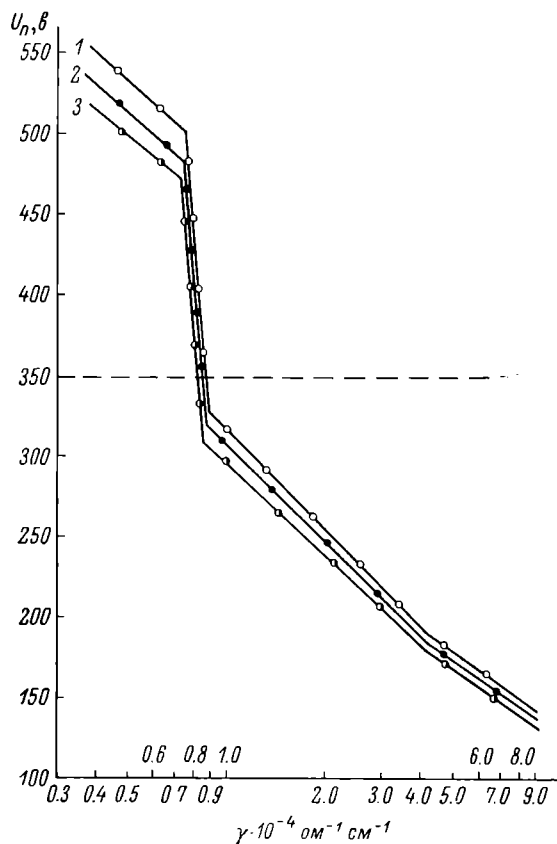


Рис. 3. Графики напряжения питания, необходимого для получения реакции угнетения у налима размером 40 см на расстоянии 2.5 м от электродов в воде с различной электропроводностью воды на электроподборах различных конструкций.

1 — двухпроводная электроподбора по схеме VIII рис. 1, диаметр электродов 6 см; 2 — шестипроводная электроподбора по схеме I рис. 1, диаметр электродов 9 см; 3 — шестипроводная электроподбора по схеме I рис. 1, диаметр электродов 6 см. Пунктирная линия — максимальное напряжение питания электропромышленного оборудования судов проектов 901 и 913.

ческих и токопроводящих материалов вблизи моделей. Форма кривой моделей геометрически подобна моделям, смонтированным на фанерном шаблоне.

Для сопоставления электрического поля двухпроводной схемы VIII (с диаметром электродов в 6 см) с полями шестипроводных схем (с диаметрами электродов в 6 и 9 см) непосредственно по картинам электрических полей произведен расчет напряжения питания электроподбор, необходимого для получения реакции угнетения у налима длиной в 40 см на расстоянии (S) в 2.5 м, от электродов (Шентяков, 1960) в водоемах с различными величинами электропроводности воды (от $0.35 \cdot 10^{-4}$ до $9.0 \times 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$).

Значения напряженностей электрических полей, необходимых для реакции угнетения у налима, получены: для электропроводности воды $0.35 \cdot 10^{-4}$ на борту опытно-промышленного электротралового судна «Паданы» на Онежском озере летом в 1966 г., для электропроводности $0.74 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ — на борту МРЭТ «Пурга» в Обской губе в 1966 г. Для более высоких электропроводностей воды данные параметров реакций налима взяты из ранее опубликованных работ (Шентяков, 1963, 1964а).

Расчет проводили по схеме, описанной нами ранее (Шентяков, 1964а). Результаты расчета трех электрических полей приведены на рис. 3. Для водоемов с электропроводностью воды больше, чем $1.0 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ разница в напряжении (U_{γ}) питания электроподборы, необходимым для управления поведением налима, не столь существенна. С уменьшением электропроводности воды ниже $0.9 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ необходимое напряжение для питания электроподборы резко возрастает (до 450—550 в). На рис. 3 от ординаты в 350 в проходит прямая линия, параллельная оси абсцисс, — это граница возможного напряжения, которое может обеспечить электропромысловое оборудование проектов 901 и 913 опытно-промышленных электротраловых судов. Следовательно, с оборудованием этих проектов нельзя управлять поведением рыб перед электротралом в водоемах с электропроводностью воды ниже $0.8 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

Настоящей работой выявлена возможность применения в водоемах с электропроводностью от $1.0 \cdot 10^{-4}$ до $9.0 \cdot 10^{-4} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ электроподбор с двухпроводной схемой питания и удлиненными до 3 м электродами. Применение этой схемы может значительно упростить и сократить многие элементы электропромыслового оборудования электротраловых судов. В то же время выявлена тенденция значительного увеличения напряженности электрического поля электроподбор с одним и тем же количеством электродов, но при оптимальном расстоянии между ними.

Электроподбора схемы I, которая принята за основу при разработке проекта оборудования для опытно-промышленных электротраловых судов, не является оптимальной по геометрической характеристике для наиболее эффективного управления поведением рыб перед электротралом.

- Зайцев В. П. и В. Г. Ажажа. 1959. Подводные научные экспедиции на «Северянке». Рыбн. хозяйство, 7.
- Лукошков В. С. 1960. Моделирование электромагнитных полей в волноводах методом электролитической ванны. Специальный физический практикум. I. Радиофизика и электроника. Изд. МГУ.
- Шеняков В. А. 1960. О поведении рыбы перед тралом при воздействии на нее электрического поля переменного тока и механического раздражителя. Бюлл. Инст. биол. водохр. АН СССР, 8—9.
- Шеняков В. А. 1963. О параметрах реакций рыб в электрических полях переменного тока. Биологические аспекты изучения водохранилищ. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 6 (9).
- Шеняков В. А. 1964а. Пресноводный электротраловый лов рыбы с применением переменного тока. Пищепромиздат, М.
- Шеняков В. А. 1964б. О применении электрифицированного трала для селективного отлова рыб промысловых размеров. Изв. ГосНИОРХ, 57, Л.
- Шеняков В. А. и М. Р. Майзелис. 1959. Использование электрических полей переменного тока при траловом лове рыбы. Тр. Инст. биол. водохр. АН СССР, 2 (5).
- Шеняков В. А. и В. В. Половков. 1969. О управлении поведением рыб перед электротралом в водоемах с различной электропроводностью воды (наст. сб.).

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

К. Д. Литипская, В. Х. Лифшиц,
А. В. Курпиной

О ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВОДОЕМОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ КАРЕЛИИ В СВЯЗИ С ИХ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

В 1964—1967 гг. Карельский отдел гидрологии СевНИИГиМ (ныне отдел Карельского филиала АН СССР) исследовал ряд крупных озер-водохранилищ с целью изучить влияние сточных вод (главным образом ЦБК) на изменение природы водоемов. Объектами изучения были Выгозерское водохранилище, принимающее стоки Сегежского ЦБК с 1932 г., Кондопожская губа Онежского озера, загрязняемая Кондопожским ЦБК с 1929 г., и оз. Суоярви, в которое с 1947 г. сбрасываются стоки Суоярвской картонной фабрики. В 1966—1967 гг. такие обследования проведены в Повенецкой губе Онежского озера в связи с загрязнением ее действующими и строящимися предприятиями.

Структура скоростного поля и плановые очертания транзитного потока, транспортирующего сточные воды, устанавливались с помощью дистанционных импульсных вертушек ИДВ-1 и ИДВ-2, сконструированных в экспериментальных мастерских отдела гидро-

логии. В отличие от других приборов подобного типа в них исключено механическое трение в контактной системе благодаря использованию бесконтактного датчика импульсов; при этом вертушка работает практически в водах с любыми гидрохимическими характеристиками.

Скоростной режим потока изучался с помощью буквопечатающих вертушек системы Алексеева, которые в озерах с большими глубинами устанавливались на буйковых станциях. Наблюдения на постоянных вертикалях показали, что скорость течения изменяется от 2 до 21 см/сек. с отдельными пиками до 44 см/сек. Наблюдения по скоростному режиму транзитного потока позволили определить количественные характеристики перемещения сточных вод и степени проточности в озерах с разными условиями ветровой обстановки. Данные наблюдений были сопоставлены с результатами расчетов установившихся ветровых и транзитных течений по методу Фельзенбаумана (для случая малых глубин) и неустановившегося ветрового дрейфа по методике Караушева. Задачи решались в первом случае с использованием ЭЦВМ «Минск-I», во втором — «Урал-II». Получена удовлетворительная сходимость натурных и расчетных данных.

Границы сточных вод и типы водных масс определялись путем измерения электропроводности с помощью термокапшметра, реконструированного в мастерской отдела гидрологии. Модернизация прибора — уменьшение его габаритов, увеличение приспособленности к эксплуатации в полевых условиях, совмещение приемной части показаний температуры и электропроводности воды, изменение узла питания — дает ему ряд преимуществ перед другими аналогичными приборами. Зоны влияния сточных вод, установленные гидрологическими методами, корректировались по гидрохимическим, микробиологическим и гидробиологическим данным. Было установлено, что в озерах Карелии, где потенциал микробиального самоочищения невелик, перенос малоразбавленных сточных вод осуществляется на значительные расстояния (10—30 км). По условиям распространения сточных вод водоемы неодинаковы. В проточных озерах общее направление движения сточных вод можно считать устойчивым в течение всего года. Это направление определяется постоянными стоковыми течениями в озерах. При устойчивом направлении распространения сточных вод границы зон их влияния подвижны, особенно летом. В мелководных озерах с преобладанием гомотермического состояния (Суоярви, Выгозеро) они изменяются под воздействием ветровых циркуляций. В глубоких водоемах типа Кондопожской губы Онежского озера, где летом преобладает термическая стратификация, осложненная наличием термического бара, границы этих зон значительно устойчивее. Зимой сточные воды распространяются в придонных горизонтах и приурочены к наибольшим глубинам дна независимо от морфологического типа водоема.

Отдел гидрологии Карельского филиала АН СССР наряду с изучением загрязнения озер систематически проводит комплексное исследование малых и средних водоемов для выяснения их кадастровых характеристик и оценки народнохозяйственной значимости. Получение массового материала по батиметрии озер вызвало необходимость создания прибора по обработке эхограмм. Этот прибор был изготовлен в отделе гидрологии; он сокращает время обработки эхолент в 4.5 раза и повышает точность определения морфометрических характеристик озер. В результате систематического обследования водоемов южной части Карелии по единой программе накоплен большой материал, позволяющий обобщить его в типологическом плане.

В ближайшие годы будут продолжены исследования как условно чистых, так и загрязненных вод озерно-речных систем средней части Карелии.

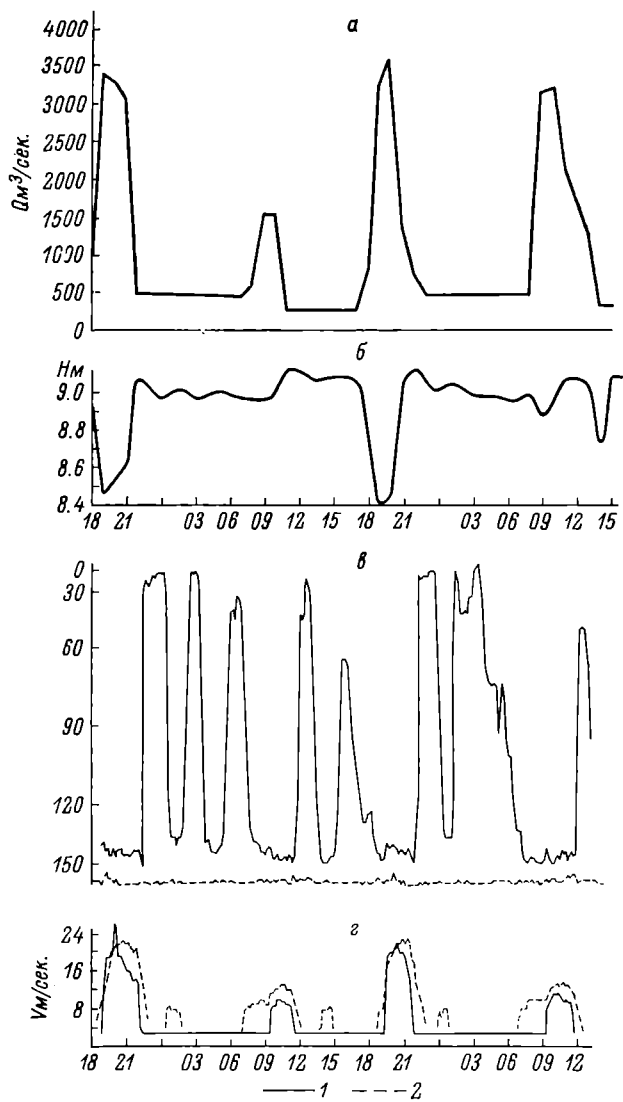
Карельский филиал АН СССР

А. С. Литвинов

ВЛИЯНИЕ РЫБИНСКОЙ ГЭС НА РЕЖИМ ТЕЧЕНИЙ ВЕРХНЕГО БЬЕФА

Режим течений приплотинного участка Главного плеса Рыбинского водохранилища в значительной степени определяется характером сброски вод через Рыбинскую ГЭС. В связи с тем, что большую часть года гидростанция работает в полупиковом режиме с двойным перерывом в течение суток вплоть до полной остановки турбин (Балагуров, 1957), скорости течения имеют четко выраженный полусуточный ход. Промежуток времени между двумя соседними максимумами скорости равен периоду пусков воды через ГЭС и для зимы составляет 12 час. (см. рисунок).

Резкие колебания сбросных расходов (от незначительных холостых сбросов до 3000—4000 м³/сек.) вызывают возникновение в верхнем бьефе ГЭС длинных волн (волн пусков) и обуславливают неустойчивый характер движения воды. Вследствие морфометрических особенностей приплотинного участка Главного плеса (который является как бы своеобразным подводящим каналом к Рыбинской ГЭС) в северной его части происходит отражение волн пусков от водной массы Главного плеса водохранилища. При этом образуется цикл, состоящий из четырех волн: обратной отрицательной волны, прямой положительной, обратной положительной и прямой отрицательной волны (Егiazаров, 1937; Грушевский, 1962).



Сбросы Рыбинской ГЭС (а), колебания уровня в верхнем бьефе ГЭС (б), направление (в) и скорости течения (г) в приплотинном участке Главного плеса Рыбинского водохранилища.

1 — скорость течения на правобережной пойме; 2 — скорость течения в затопленном русле р. Шексны.

С началом попуска и возникновением обратной отрицательной волны в приплотинном участке Главного плеса появляются и заметные скорости течения. Максимальной величины скорость течения достигает при отражении обратной отрицательной волны от большой свободной поверхности центральной части водохранилища и при образовании прямой положительной волны, т. е. не в момент минимального уровня на подходе к ГЭС, а несколько позднее — при его повышении. Скорость течения в приплотинном участке колеблется в широких пределах и зависит от расхода воды через ГЭС и уровня наполнения водохранилища. В северной части участка основной поток воды, поступающий к ГЭС, перемещается по затопленному руслу р. Шексны и по правобережной пойме. Левобережная пойма практически непроточна. Скорости течения в 500—800 м от русла на левобережной пойме не превышают 3—4 см/сек., в то время как в русле и на правобережной пойме они достигают 22—26 см/сек. Однако если по абсолютной величине скорости течения на правобережной пойме и в русле имеют примерно одну и ту же величину, то продолжительность течения в затопленном русле р. Шексны, как правило, значительно больше (см. рисунок).

Направление течения, вызванного обратной отрицательной волной в затопленном русле р. Шексны, устойчиво и совпадает с направлением русла, изменяясь от 170 до 190°. На пойменных участках течение в этот период имеет некоторую составляющую в русло и направление его на правобережной пойме в северной части участка изменяется от 145 до 160°. Это связано с тем, что основной расход воды в период попуска проходит по руслу и происходит частичное заполнение русла за счет водных масс, находящихся на пойме.

При прекращении попуска уровень воды у ГЭС резко возрастает, возникает обратная положительная волна и скорость течения быстро уменьшается. Отражение этой волны в северной части участка от большой свободной поверхности центральной части водохранилища дает прямую отрицательную волну. Эта волна, распространяясь к ГЭС, вызывает некоторое понижение уровня и дальнейшее уменьшение скорости течения. При этом в затопленном русле р. Шексны вследствие наличия холостых сбросов через ГЭС направление перемещения вод остается без изменения. На пойменных же участках при прохождении прямой отрицательной волны скорости течения уменьшаются до нуля, а затем происходит изменение направления течения: водные массы начинают перемещаться из приплотинного участка в центральную часть водохранилища. Смена направления перемещения водных масс происходит за 10—30 мин., а движение их в противоположном направлении — в течение 1.5—2.0 часов. Скорость течения при этом, как правило, не превышает 3—4 см/сек.

При отражении прямой отрицательной волны от плотины гидростанции возникает обратная отрицательная волна, и направление течения на пойменных станциях вновь изменяется. Водные массы снова начинают перемещаться в направлении Рыбинской ГЭС. Последующее отражение обратной отрицательной волны от большой свободной поверхности центральной части водохранилища дает прямую положительную волну, при прохождении которой скорости течения увеличиваются и в русле появляется второй пик скорости, максимальные величины которой достигают 8—19 см/сек. На пойменных же участках скорость течения не превышает 3—4 см/сек.

С возникновением прямой положительной волны заканчивается полный волновой цикл, вызванный резким уменьшением или полным прекращением сбросов воды через ГЭС. После ее отражения около ГЭС начинается новый цикл с обратной положительной волны; скорости течения вновь уменьшаются. Вследствие затухания волн дальнейшее их перемещение в приплотинном участке уже не вызывает заметных изменений в скорости течения. Смена же направления перемещения вод на пойменных участках сохраняется, но выражена менее четко. Период колебаний уровня и изменения направления течения (период полного волнового цикла) зависит от морфометрических характеристик участка и скорости распространения волн; для приплотинного участка Рыбинской ГЭС он составляет 3 ч. 20 м.

В ходе суточного регулирования работы ГЭС в результате наложения волн колебания уровня и изменения направления течения значительно усложняются. Поэтому в отдельные периоды обратное направление перемещения вод может наблюдаться не только на пойме, но и в затопленном русле р. Шексны.

ЛИТЕРАТУРА

- Балагуров М. 1957. Опыт эксплуатации Воицкого каскада. Матер. научн.-техн. совещ. по работе гидрост. в каскаде (тез. докл.), 1, Запорожье.
- Грушевский М. С. 1962. Использование электронной цифровой машины для расчета неустановившегося движения воды в призматическом русле. Тр. ГГИ, 94, Л.
- Египазаров И. В. 1937. Неустановившееся движение в длинных бьефах. Изв. ВНИИГ, 21.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

**О КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
В РАЙОНЕ КОНАКОВСКОЙ ТЭС**

Развитие энергетической промышленности в направлении строительства тепловых электростанций большой мощности связано с решением проблемы охлаждения агрегатов этих энергетических объектов. Для указанных целей часто используются воды рек, озер и водохранилищ. При прохождении через конденсаторы агрегатов электростанции вода искусственно нагревается и в результате водоемы получают большое количество дополнительного тепла. Поступление в водоем искусственно подогретых вод может в одних случаях играть положительную роль, в других же привести к серьезным отрицательным последствиям. Незнученность влияния сбросных вод тепловых электростанций на весь комплекс физико-химических и биологических процессов часто затрудняет комплексное использование водоемов и осложняет решение вопроса о системе водоснабжения тепловых электростанций.

Для определения влияния подогретых вод на режимные характеристики водоема и биологические процессы, протекающие в нем, Институт биологии внутренних вод АН СССР приступил к комплексным исследованиям Иваньковского водохранилища в районе Конаковской ТЭС. Цель этих исследований — определить термические изменения в водоеме при поступлении дополнительного тепла и на этом фоне выявить изменения, происходящие в биологическом режиме водоема. Последние вполне вероятны, так как искусственное повышение температуры воды на отдельных участках водоема изменяет ход физиологических процессов, скорость химических и биологических реакций, уменьшает растворимость газов в воде. Изменение среды обитания меняет условия развития водных организмов. Все это может оказать влияние на качество воды водоема.

В соответствии с поставленной задачей программа исследований наряду с обширными термическими наблюдениями включает определение растворенного кислорода, БПК₅, окисляемости, щелочности, цветности, жесткости, содержания калия, натрия, минерального и общего фосфора, форм минерального азота, изучение видового состава, численности и биомассы зоопланктона и зообентоса, фитопланктона, изменения ритмики популяций массовых форм зообентоса, учета общей численности бактерий, сапрофитных бактерий, определение фото- и хемосинтеза.

Для проведения указанных исследований на водоеме было установлено восемь поперечных разрезов и ряд постоянных вертикалей на водозаборе, водосбросе, начале и конце отводящего

канала и в заливе водохранилища, куда поступают подогретые воды ТЭС из канала (Буторин и др., 1968). За основу работ принят годичный цикл наблюдений.

Предварительный анализ наблюдений двух годовых циклов показал, что уже на начальной стадии эксплуатации ТЭС при объеме сбрасываемых подогретых вод от 45 млн м³ в 1967 г. до 120 млн м³ в 1968 г. четко проявляется влияние их на ледово-термический режим. Оно выражается в заметном повышении температуры воды и увеличении стратификации водной толщи в зоне распространения теплых вод, а зимой, кроме того, в образовании обширной полыньи и уменьшении толщины льда. Ориентировочные расчеты, выполненные Т. Н. Курдиной, показали, что в 1967 г. водоем получал дополнительно в среднем за месяц 350 млн т/кал., а в 1968 г. до 860 млн т/кал.

Особенности распространения теплых вод в водохранилище имеют сезонные различия. Зимой они переносятся течением в сторону плотины Ивановской ГЭС, продвигаясь преимущественно в средних и придонных слоях водной толщи. Ядро потока с максимальными значениями температуры располагается в русле Волги, ближе к правому берегу. При отсутствии льда теплые воды как в заливе, так и в водохранилище располагаются обычно в поверхностном 2-метровом слое. В отличие от зимнего периода распространение подогретых вод летом определяется не только стоковыми, но и ветровыми течениями. При неблагоприятных направлениях ветра присутствие теплых вод обнаружено выше водозабора ТЭС (Буторин, Курдина, 1968).

Наряду с особенностями распространения теплых вод получены некоторые данные о характере их выхолаживания и смешения с водами водохранилища в зависимости от гидрометеорологических условий. Изменение температурных условий водоема в районе Конаковской ТЭС уже на начальном этапе ее эксплуатации вызвало соответствующие изменения в ходе биологических процессов. Предварительные данные указывают, что в районе влияния теплых вод общая биомасса фитопланктона весной и осенью несколько повышается, а летом в некоторых случаях понижается. В исследуемые годы повышение биомассы фитопланктона с точки зрения водоснабжения не являлось критическим. Общая биомасса зоопланктона в районе непосредственного влияния подогретых вод — в отводящем канале и заливе — весной оказалась выше, чем в водохранилище. Однако начиная с июня картина меняется, и летом количество зоопланктона в подогретых водах в среднем раза в три ниже, чем в прибрежной зоне водоема (Ривьер, 1968). Хорошо прослеживается зависимость вертикального распределения зоопланктона от температуры воды. Так, весной основная масса зоопланктона держится в верхних наиболее прогретых слоях воды. Численность *Daphnia cucullata* в это время в поверхностных слоях в два раза выше, чем у дна. При дальнейшем прогреве и по-

вышении температуры воды на поверхности до 29—30° основная масса *D. cucullata* концентрируется в придонном слое с более низкими температурами воды.

Поступление подогретых вод в водохранилище привело к повышению температуры донных отложений. Прогрев дна вызвал у некоторых видов донных организмов, в частности у тубифицид, сокращение температурной диапаузы, что обусловило сдвиг сроков их размножения примерно на месяц раньше обычного и появление дополнительной генерации в начале мая (Поддубная, 1968). К осени эта молодежь успевает созреть и принимает участие в размножении, увеличивая тем самым численность и биомассу бентоса.

Таким образом, уже предварительный анализ результатов комплексных исследований Иваньковского водохранилища в районе Конаковской ТЭС выявил не только изменение ледово-термических условий в водоеме, но и некоторые стороны влияния подогретых вод на гидробиологические процессы. Исследования в этом направлении продолжаются.

ЛИТЕРАТУРА

- Б у т о р и н Н. В., С. С. Бакастов, А. С. Литвинов. 1968. Рекогносцировочное обследование Иваньковского водохранилища в районе Конаковской ТЭС. Бюлл. Инст. биол. внутр. вод. АН СССР, 2.
- Б у т о р и н Н. В., Т. Н. Курдина. 1968. Исследование температурных условий Иваньковского водохранилища в зоне влияния подогретых вод Конаковской ТЭС. 1-я конф. по изучению водоемов Волги. Тез. докл., Тольятти.
- П о д д у б н а я Т. Л. 1968. Донная фауна Иваньковского водохранилища в зоне сброса теплых вод Конаковской ТЭС. 1-я конф. по изучению водоемов Волги. Тез. докл., Тольятти.
- Р и в ь е р И. К. 1968. Влияние сбросных теплых вод Конаковской ТЭС на зоопланктон Иваньковского водохранилища. 1-я конф. по изучению водоемов Волги. Тез. докл., Тольятти.
-

Hydrobiological researches. I. Academy of Sciences of Czechoslovakia, 1966. (Гидробиологические исследования. I. Чехословацкая Академия наук, 1966).

В сборнике освещаются результаты многолетних исследований по гидробиологии, сезонной динамике фитопланктона и зоопланктона Слапского водохранилища, а также планктона и бентоса Кличавского водохранилища и заливов рек Дуная и Лабы (Эльбы).

Сборник открывается статьей Грбачека и Страшкрабы (J. Hrbáček, M. Straškraba), в которой приводится гидрологическая характеристика Слапского водохранилища, сведения о горизонтальном и вертикальном распределении температуры воды, кислорода, pH и течений. Соотношение между химическим составом воды р. Влтавы и Слапского водохранилища рассматривается в статье Грбачека с соавторами. Определялись растворенный кислород, pH, цветность, общая жесткость, кальций, магний, хлориды, нитраты, нитриты, аммиак, органический азот, фосфор фосфатов и общий фосфор, химическое и биохимическое потребление кислорода.

Окислению органических веществ в Слапском и Кличавском водохранилищах и влиянию перемешивания и аэрации на биохимическое потребление кислорода (БПК) посвящены работы В. Страшкрабовой-Прокешовой. Описывается установка, использовавшаяся автором для проведения этих исследований.

В статье Яворницкого (P. Javornický) описываются сезонные изменения фитопланктона Слапского водохранилища по данным трехлетних наблюдений. Сезонные изменения сетного планктона в Слапском водохранилище в 1958—1960 гг. рассматриваются в статье Страшкрабы и Грбачека. Репрезентативность планктонных сборов из пойменных водоемов и рыбоводных прудов обсуждается в статье Грбачека.

Леллаком (J. Lellak) изучено формирование бентоса пяти заливов р. Лабы после уничтожения популяции рыб токсическими веществами.

Новотна и Коржинек (M. Novotná, V. Kořinek) в двух заливах р. Лабы изучали действие ядохимикатов на состав и численность планктона.

Эртль (M. Ertl) приводит данные по солевому и газовому режиму, а также сведения о численности и составе зоопланктона двух заливов Дуная.

Результаты гидробиологического изучения Кличавского водохранилища представлены в статье Розмайзловой-Ржегачковой (V. Rozmajzlova-Reháčková). Исследования велись в течение 1952—1959 гг. Особое внимание уделялось вопросам связи между обилием планктона и содержанием биогенных элементов.

Сборник заканчивается статьей Блажки (P. Blažka) о соотношении сырых белков, гликогена и жира в отдельных звеньях пищевой цепи.

Сборник написан на английском языке, хорошо иллюстрирован, снабжен многочисленными таблицами, графиками и обширной библиографией.

М. Страшкраба

Н. В. Буторин. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах волжского каскада. Изд. «Наука», Л. 1969. 320 стр.

За последние десятилетия в результате сооружения плотин гидроэлектростанций значительные участки крупнейших рек нашей страны превращены в каскады водохранилищ. В связи с этим коренным образом изменился режим рек, изменились возможности и направление хозяйственного использования водных ресурсов.

Результаты многолетних исследований водохранилищ частично обобщены рядом авторов как по элементам режима, так и по отдельным водохранилищам. Значительная часть данных еще не отражена в опубликованных работах. В работах, опубликованных по каскадам водохранилищ (Алмазов, Буторин и Курдина, Зенин и др.), также рассматриваются лишь отдельные элементы их режима.

Назрела насущная необходимость в анализе режима каскадов водохранилищ как сложных гидрологических систем, водоемы которых тесно связаны между собой. Первой попыткой такого рода обобщений является книга Н. В. Буторина. В ее основу положены результаты исследований водохранилищ волжского каскада, проводившихся в течение ряда лет Институтом биологии внутренних вод АН СССР. Используются также материалы Гидрометеослужбы и других организаций.

Другая, не менее важная проблема, затронутая автором, — водные массы водохранилищ. Если в океанологии исследования водных масс широко развернулись, получили теоретическую основу и практическую направленность, то изучение водных масс континентальных водоемов еще не получило должного развития. Можно с полным основанием считать, что начало исследований водных масс водохранилищ положено Институтом биологии внутренних вод АН СССР (Фортунов, Буторин, Эдельштейн). Основой их явились комплексные синхронные съемки, проводившиеся под руководством и при участии автора рецензируемой книги.

Основному тексту работы предпослано введение, в котором приводятся общие сведения о водохранилищах мира и, в частности, СССР, дается краткий очерк исследований водохранилищ волжского каскада, характеризуются использованные материалы, объем и методика полевых исследований.

Книга подразделяется на две части. Первая часть содержит две главы. В первой главе даны общие сведения о водохранилищах каскада, их основные параметры (площадь зеркала, объем, водообмен, характер регулирования, период существования), физико-географическая характеристика водосборов, отмечены особенности морфометрии котловин и грунтов дна. Вторая глава посвящена гидрологическому режиму водохранилищ. Здесь рассмотрен водный баланс, колебания уровней, волны, течения, термика. В заключительном разделе главы дан анализ особенностей гидрологических процессов по сезонам. Автор совершенно правильно принял в качестве главных показателей для выделения гидрологических сезонов ход уровня и температуру воды.

В основу анализа всех элементов режима положена зависимость гидрологических процессов, происходящих в водохранилищах каскада, от искусственного регулирования притока и сброса воды. Такая целенаправленность исследования позволила показать связь гидрологического режима с водообменом, колебаниями уровня воды и положением каждого водохранилища в каскаде. Глава дает хорошее представление как о специфике режима каждого водоема, так и о гидрологических особенностях каскада в целом. Такое обобщение дано в нашей стране впервые.

Помимо самостоятельного значения первая часть работы дает основные предпосылки для характеристики водных масс, которой посвящена вторая часть книги, включающая главы III—VI.

Рассмотрение водных масс начинается с определения основных понятий, характеристики показателей и методики выделения их (гл. III). В главе даются краткие сведения об исследованиях водных масс океана и континентальных водоемов, показываются различия между теми и другими и обосновывается необходимость выработки специальных методов выделения водных масс водоемов суши. Автор приводит определение водных масс континентальных водоемов, предложенное им в 1965 г., четко характеризующее их свойства. Далее рассматриваются основные физические (температура, электропроводность, цветность и прозрачность) и химические (общая жесткость, содержание гидрокарбонатов, рН, сумма сильных кислот) показатели водных масс и их сезонная изменчивость. При оценке репрезентативности показателей для волжских водохранилищ автор справедливо отмечает, что комплекс этих показателей может быть различным как для водохранилищ разного типа, так и для разных географических условий. Глава завершается рассмотрением методов выделения водных масс и оценкой их применимости для изучения водохранилищ. Главным образом на примере Рыбинского водохранилища показаны результаты выделения водных масс по градиентам показателей, кривым типа TS, формулам и номограммам смещения. Изложен статистический метод выделения водных масс по стандартизации признаков, разработанный автором и Н. П. Смирновым, и дан пример его применения для Рыбинского водохранилища.

Большой интерес представляют главы IV—VI, в которых рассматриваются формирование, распределение, вертикальная структура, перемещение, трансформация и сезонная динамика водных масс в водохранилищах различного типа. Большой заслугой автора является объединение исследований сотрудников лаборатории гидрологии Института биологии внутренних вод АН СССР вокруг проблемы водных масс, позволившее решить ряд узловых вопросов этой проблемы. Автор широко использует помимо собственных материалов проработки В. И. Рутковского, К. К. Эдельштейна, Ю. И. Горина, М. Г. Ершовой, Т. Н. Курдиной и других сотрудников Института.

Наиболее детально рассмотрено формирование водных масс Рыбинского, Горьковского и Куйбышевского водохранилищ. Водные массы Иваньковского, Угличского и Волгоградского водохранилищ охарактеризованы кратко.

Распределение, структура, перемещение и трансформация водных масс показаны в основном на примерах Рыбинского и Горьковского водохранилищ. Это оправдано тем, что указанные водохранилища резко различаются между собой как по размерам, так и по типу (Рыбинское водохранилище относится к озерному, Горьковское — к речному типу). Кроме того, эти водохранилища в настоящее время изучены лучше других.

В краткой рецензии нет возможности подробно коснуться всех сторон исследований водных масс, освещенных в весьма содержательных главах. Следует отметить, что здесь так же, как и в первой части книги, убедительно показана зависимость режима водохранилищ от регулирования стока и притока. Это выступает особенно рельефно при рассмотрении сезонной изменчивости показателей, объема и распределения водных масс в водохранилищах озерного и речного типа. В Рыбинском водохранилище, отличающемся сравнительно малым водообменом, существенную роль играет

водная масса собственно водоема и ареалы распространения вод основных притоков имеют определенные пределы в различные сезоны и годы разной водности. В проточном Горьковском водохранилище главной является волжская водная масса, поступающая из Рыбинского водохранилища, а воды наиболее крупного притока — Унжи — сказываются ощутимо только во время половодий и паводков.

Удачно завершает книгу последний раздел VI главы «Трансформация вод Волги в каскаде водохранилищ». Здесь показано как волжские воды преобразуются в озерные в Рыбинском водохранилище, снова приобретают свойства речных на участке устье Оки—Васильсурск и вторично трансформируются в Куйбышевском и Волгоградском водохранилищах.

Методические разработки и выводы автора несомненно помогут работе гидрологов, гидротехников и других специалистов, связанных с исследованиями и эксплуатацией водохранилищ.

Б. Б. Богословский

ИНФОРМАЦИИ

В. Ф. Рощупко. Об исследованиях Комитета по проблемам цветности воды в США	3
---	---

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

А. Г. Скородумова и Н. В. Трухин. Рост и химический состав хлореллы при выходе из состояния вынужденного покоя	8
Т. Ф. Микрякова и Н. В. Трухин. Влияние темпера- туры на поглощение азота из среды водорослью <i>Chlorella ru- penoidosa</i>	12
А. Б. Каленов и Н. В. Трухин. Влияние света на синтез аминокислот клетками хлореллы при выходе из состояния вы- нужденного покоя	14
В. И. Романенко. Величины суточного и кратковременного фотосинтеза фитопланктона при определении с помощью C^{14}	18
В. М. Кудрявцев. Микробиологическое обследование Волго- градского водохранилища	22
Д. А. Панов и Ю. И. Сорокин. Экспериментальные иссле- дования избирания пищи молодью белого и пестрого толсто- лобика	27
В. И. Митропольский. Новые данные о питании сфериид	30
Л. А. Луферова. Весовая характеристика некоторых пресно- водных <i>Ostracoda</i>	35
Н. И. Холикова. Патогистологические изменения некоторых органов леща <i>Abramis brama</i> L. под влиянием 2-метил-5-этил- пиридина (МЭП) и 2-метил-5-винилпиридина (МВП)	39
Н. И. Холикова. Изменения витальной и суправитальной окрас- ки тканей различных органов леща <i>Abramis brama</i> L. при хро- ническом отравлении 2-метил-5-винилпиридином (МВП)	42
Г. М. Зенкин и И. Н. Пигарев. Специфические элементы в сетчатке щуки на уровне ганглиозных клеток	45
М. Н. Иванова. Влияние состава пищи на площадь кишечного тракта молодки хищных рыб	49
М. Н. Иванова. О влиянии поведения жертвы на способ охоты и состав пищи хищника	52
В. М. Чикова и Е. М. Зайцева. Размножение рыб в при- плотинном плесе Куйбышевского водохранилища в 1966 г.	56
В. А. Шентяков. Реакции рыб на униполярный непрерывный электрический ток в воде с низкой электропроводностью	60

В. А. Ш е н т я к о в и В. В. П о л о в к о в. Об управлении поведением рыб перед электротралом в водоемах с различной электропроводностью воды	64
В. А. Ш е н т я к о в и В. В. П о л о в к о в. Влияние конструктивных изменений электроподбор на управление поведением рыб перед электротралом	69
К. Д. Л и т и н с к а я, В. Х. Л и ф ш и ц, А. В. К у р и н н о й. О гидрологических исследованиях водоемов южной части Карелии в связи с их загрязнением промышленными сточными водами	75
А. С. Л и т в и н о в. Влияние Рыбинской ГЭС на режим течений верхнего бьефа	77
Н. В. Б у т о р и н. О комплексных исследованиях Иваньковского водохранилища в районе Конаковской ТЭС	81
БИБЛИОГРАФИЯ	84

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

- V. F. Rostchupko. Research Committee on Color Problems. Report for 1966. — J. Amer. Water Works Assoc. 1967. . . . 3

A R T I C L E S

- A. G. Skorodumova and N. V. Trukhin. Growth [and chemical composition of *Chlorella pyrenoidosa* after state of forced rest 8
- T. F. Mikriakova and N. V. Trukchin. Influence of temperature on nitrogen absorption from medium by *Chlorella pyrenoidosa* 12
- A. B. Kalenov and N. V. Trukchin. Influence of light on aminoacids synthesis in *Chlorella* cells after state of forced rest 14
- V. I. Romanenko. Quantities of daily and momentary photosynthesis of phytoplankton calculated by means of C^{14} method 18
- V. M. Kudrjavitsev. Microbiological investigation of the Volgograd reservoir 22
- D. A. Panov and J. I. Sorokin. Experimental studies of food preference by youngsilver carps 27
- V. I. Mitropolsky. New data on feeding of Sphaeriidae 30
- L. A. Luferova. Weight characteristics of some freshwater Ostracoda 35
- N. I. Kholikova. Pathohistological changes of some organs of *Abramis brama* L. under the influence of 2-methyl-5-ethylpyridine and 2-methyl-5-vinilpyridine 39
- N. I. Kholikova. Changes of vital and supravital tissues coloration in *Abramis brama* by chronic poisoning by 2-methyl-5-vinilpyridine 42
- G. M. Zenkin and I. N. Pygarev. Specific elements retina on level of ganglionic cells of pike 45
- M. N. Ivanova. Influence of food composition on the alimentary canal of young predatory fish 49
- M. N. Ivanova. Influence of prey behaviour on way of hunting and food composition of predator 52
- V. M. Tchikova and E. M. Zaitseva. Fish spawning before the dam of the Kuibyshev reservoir in 1966 56
- V. A. Shentiakov. On fish reaction on the unipolar direct current in water of low electroconductivity 60
- V. A. Shentiakov and V. V. Polovkov. Regulation of fish behaviour before electro-trawl in reservoirs of various electroconductivity of water 64

V. A. Shentiakov and V. V. Polovkov. Influence of changes in construction of electro-robs on regulation of fish behaviour before electro-trawl	Page 69
K. D. Litinskaja, V. Ch. Liwshitz, A. V. Kurinnoj. Hydrological studies of Karelia reservoirs in connection with industrial pollution	75
A. S. Litvinov. Influence of the Rybinsk hydro-electric power station on currents regime of the upper reach	77
N. V. Butorin. On the complex studies of the Ivankovo reservoir in the region of the Konakovskaja thermoelectric power station.	81
REVIEWS.	84

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД
Информационный бюллетень № 5

Утверждено к печати
Институтом биологии внутренних вод
Академии наук СССР

Редактор издательства *Л. М. Маковская*
Технический редактор *О. Н. Скобелева*
Корректор *А. А. Гинзбург*

Сдано в набор 22 IX 1969 г. Подписано к печати 19/VI 1970 г. Формат бумаги $60 \times 90 \frac{1}{16}$.
Бум. л. 27 $\frac{1}{2}$. Меч. л. 3 $\frac{1}{2}$. = 5 $\frac{1}{2}$ усл. печ. л.
Уч.-изд. л. 6.60. Бумага № 4368. Тип. зак. № 421.
Бумага М-09913. Тираж 1000. Цена 38 коп.

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

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

27341

А.Н. СССР
Ин-т биологии внутренних вод
БИБЛИОТЕКА