

**ТРУДЫ
ПРОБЛЕМНЫХ И ТЕМАТИЧЕСКИХ
СОВЕЩАНИЙ**

Выпуск II

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОБИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД · 2



Ответственный редактор
директор Зоологического института
Академии Наук СССР академик Е. Н. Павловский

Редакционная коллегия: Б. С. Виноградов, В. И. Жадин, А. С. Мотадский,
П. В. Ушаков

Редакторы издания: В. И. Жадин и А. Г. Родина

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важнейшей проблемой современной гидробиологии является разработка основ повышения рыбопродуктивности внутренних водоемов.

Предлагаемый вниманию читателей выпуск «Трудов проблемных и тематических совещаний» содержит доклады, заслушанные на IV совещании по проблемам гидробиологии внутренних вод СССР.

Стержневой частью совещания было обсуждение вопросов освоения биологических ресурсов водохранилищ, возникающих при строительстве. На совещании были подведены итоги проделанной работы (особенно на Рыбинском водохранилище) и освещены прогнозы гидробиологического режима вновь сооружаемых водохранилищ.

Заслуженное внимание советские гидробиологи уделяют тем водоемам, которые попадают в зону затопления водохранилищ, так как эти водоемы будут играть видную роль в формировании флоры и фауны будущего водохранилища.

Пруды, сооружающиеся во многих районах СССР, исследуются гидробиологами преимущественно с точки зрения использования их в целях рыборазведения, но одновременно учитывается и роль прудов в деле водоснабжения.

Широкое развитие приобретают исследования по разработке мер повышения рыбопродуктивности прудов с внесением удобрений и по выявлению процессов превращения удобрения в пищу рыбы.

Каждый год приносит новые данные по выяснению роли микроорганизмов в биологической продуктивности водоемов; в этих целях изучаются как грандиозные естественные озера (Байкал), так и многочисленные искусственные водоемы.

Сборник показывает, какая большая и напряженная работа ведется гидробиологами различных научных и учебных учреждений. Однако все же следует сказать, что объем и глубина научных исследований далеко недостаточны для решения многих вопросов.

Перед советскими гидробиологами, как и перед всеми научными работниками Советского Союза, стоит почетная задача углубления теоретических основ науки, принципиальной отточенности задач исследования, коренного улучшения методики исследований, творческого содружества работников гидробиологической науки и рыбного хозяйства

В. Жадин.

В. И. ЖАДИН

ПРОГРАММА ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ РЕКИ ПЕРЕД СООРУЖЕНИЕМ ПЛОТИНЫ

Задачей гидробиологического изучения реки перед сооружением плотины является выяснение закономерностей развития жизни в реке и течения гидробиологических процессов, обуславливающих рыбную продукцию, а также пригодность реки для целей водоснабжения и очистки сточных вод. Результаты гидробиологического исследования реки кладутся в основу составления прогноза гидробиологического режима водохранилища, которое возникнет на этом участке реки.

Предметом изучения являются как сама река в ее русловой части, так и речная пойма с ее многочисленными водоемами различного происхождения. Изучаются рыбы, беспозвоночные животные, растения и бактерии, их видовой состав, количественное развитие, группировки в биоценозы и биомы, экология и физиология массовых форм в единстве со средой обитания. Особое внимание уделяется тем формам, которые желательно сохранить как объекты промысла, и тем, которые представляют собою пищу для ценных промысловых рыб. Со всей тщательностью изучаются те виды рыб, беспозвоночных и растений, которые дадут начало формированию биологической картины водохранилища и, возможно, сделаются основными компонентами его биома. Большое внимание должно быть уделено также вредным и «сорным» элементам флоры и фауны, оставление которых в водохранилище не может считаться желательным и допустимым.

Настоящая программа, представляющая собой программу-максимум, может быть положена в основу гидробиологического исследования любой реки, а не только той, на которой предполагается гидротехническое строительство.

Ввиду того что предлагаемая программа является гидробиологической, а не потамологической, указания по изучению факторов среды даются в конце каждого раздела программы (отдельно для рыб, бентоса, планктона). Это, однако, не означает, что гидрологические и гидрохимические исследования должны дублироваться ихтиологами, бентологами и планктонологами. При наличии гидролого-гидрохимической лаборатории или специальной группы гидрологов-гидрохимиков вся работа по гидрологии и гидрохимии сосредоточивается в их руках, но ведется с учетом специфики гидробиологических задач.

А. РЕКА

1. Рыбы

Рыбы реки, подлежащие гидротехнической реконструкции, изучаются в разрезе выявления возможных потерь, вследствие последующего уменьшения количества проходных и полупроходных рыб, и возмещения

этих потерь максимальным увеличением стада туводных видов и организацией искусственного рыборазведения.

1. Изучение видового состава рыб, распределение их в русле реки в разные сезоны и в различное время дня, миграции рыб — сезонные и суточные. Соотношение рыб в уловах. Анализ сорта «неразбор».

2. Половой и возрастной состав стада рыб, плодовитость, состояние половых продуктов, темп роста.

3. Время и условия нереста основных промысловых и «сорных» рыб. Места нереста и площади нерестилищ основных промысловых рыб. Перспективы изменения мест и условий нереста проходных и туводных рыб после сооружения плотины. Выявление возможности организации искусственных нерестилищ.

4. Питание рыб на различных возрастных стадиях в разное время года. Пищевые взаимоотношения между рыбами. Кормовые площади, доступность пищи.

5. Дыхание рыб: потребление кислорода на различных возрастных стадиях, при различной температуре, различном физиологическом состоянии, при движении и покое.

6. Специальное исследование личинок и молоди проходных и полупроходных рыб (питание, дыхание, поведение, скат).

7. Выявление и рыбоводная характеристика внутривидовых биологических групп проходных и полупроходных рыб.

8. Болезни и паразиты рыб.

9. Условия среды обитания рыб: а) скорость течения, б) содержание растворенного кислорода в поверхностных и придонных слоях воды, в) прозрачность воды, г) взвешенные и влекомые наносы, д) грунт и нерестовые субстраты, е) водная растительность, ж) кормовая база рыб: донная фауна, планктон

II. Жизнь на дне реки (донная флора и фауна — бентос)

1. Изучение донной флоры и фауны на створах в экспедиционной и стационарной обстановке (по типу работ Зоологического института АН СССР на Волге и Новинской комплексной станции на Оке; см.: Труды Зоологического института АН СССР, т. VII, вып. 1, 1941; т. VIII, вып. 3, 1948). Экспедиционные работы — однократные, стационарные — по сезонам

Разбивка створа (силами гидрологов-гидротехников), намечение вертикалей согласно с глубинами и грунтами. Сбор флоры и фауны количественными методами: на каменистом дне выемкой камней руками или камнешупом, на глинистом — штанговым дночерпателем или шупом, на песчаном грунте — ковшевым или штанговым дночерпателем,¹ то же на заиленном грунте, на трех вертикалях (у берегов и на стержне). облов количественными драгами.

Подсчет фауны на 1 м² каждой вертикали, вычисление биомассы на метровую полосу створа (3). Количественные пробы микрофауны на трех вертикалях шупом.

¹ При пользовании малой моделью ковшевого дночерпателя с площадью захвата 0.01 м² или шупом следует брать по 10 проб на каждой вертикали, при пользовании дночерпателем с площадью захвата 1/10 м² — брать 4 пробы; дночерпательные пробы следует разбирать каждую в отдельности, с целью установления колебаний величины биомассы донной фауны

2. Картирование донной флоры и фауны на типичных плесовых и перекатных участках: в экспедиционной обстановке — 1 раз, при стационарной работе — 2—3 раза в год.

3. Специальное изучение заиленных участков реки в прибрежной и стержневой части (желательно летом и зимой); изучение вертикального распределения фауны в грунте при разных степенях заиления.

4. Экологическое исследование в природных и экспериментальных условиях типичных представителей речной фауны из ракообразных, моллюсков, насекомых, червей: размножение (количество яиц или зародышей, степень их зрелости или стадии развития, количество кладок, количество яиц в кладке; соотношение полов, метаморфоз, количество поколений в году, условия оплодотворения и пр.), рост (годовые приросты, темп роста в различных условиях, размеры при наступлении половозрелости, рост при различных стадиях развития), питание (состав пищи в связи с ростом, развитием, условиями обитания, временем года; роль бактерий, растений и животных, а также неоформленных органических веществ в питании, количественные показатели питания), дыхание (потребление кислорода особями различного возраста и пола, при различном физиологическом состоянии, в условиях движения и неподвижности, в различных экологических условиях, в разные сезоны, при разных температурах, кислородный порог-минимум для данного вида при различных температурах).

5. Изучение бактериального населения на 2—3 вертикалях створа: общее количество бактерий прямым счетом, количество сапрофитов, количество азотобактера и др. (по техническим возможностям).

6. При всех работах по изучению донной жизни учитываются условия среды (точно в местах обитания данной группы): а) скорость течения — придонная и средняя по вертикали, б) взвешенные и влекомые наносы, в) прозрачность воды, г) температура воздуха, температура воды на поверхности и у дна, годовые и суточные изменения температуры в данном биотопе, д) содержание в воде растворенного кислорода — на поверхности и у дна, е) активная реакция воды (рН) — на поверхности и у дна, ж) содержание в воде свободной углекислоты, з) характер грунта — механический анализ, химический анализ на гумус, количество органического вещества, углерод, азот, фосфор, соотношение количества углерода к количеству азота.

III. Планктон (бактериопланктон, фитопланктон, зоопланктон)

1. Качественное и количественное изучение планктона на различных участках реки методом створов: 3 вертикали на створе, по 2—3 точки на вертикали (поверхность и придонная область или поверхность, 0.6 глубины и придонная область).

Количественные методы: объемные пробы батометром Жуковского, в случае прозрачной воды пробы планктонометром

2. Изучение вертикальных суточных перемещений планктона: круглосуточные сборы планктона (через каждые 4—6 часов) на тех же вертикалях и в тех же точках теми же количественными методами. В экспедиционной обстановке 2—3 раза за все время работ экспедиции на разных участках реки, при стационарных работах — 2—3 раза в год на одном и том же створе.

3. Изучение источников формирования речного планктона: планктон и придонная жизнь в закосях как источник пополнения речного планк-

тона; водоемы речной долины, связанные с рекой (затоны, рукава), поступление планктона из них в реку; притоки, их планктон и смешение его с планктоном реки; планктон прудов и водохранилищ в русле реки и проникновение его в реку.

4. Изучение экологии и периодичности массовых видов речного планктона или тех видов, которые могут сделаться массовыми в условиях водохранилища (из синезеленых и диатомовых водорослей, колора-ток, ветвистоусых и веслоногих рачков); изучение экологии водорослей (по К. А. Гусевой).

Примерная программа изучения экологии представителей зоопланктона: размножение (соотношение полов, цикломорфоз, условия оплодотворения, количество генераций, количество яиц или зародышей, степень их зрелости), рост в различных условиях, питание (состав и количество пищи в связи с ростом, развитием, условиями существования, роль бактерий, водорослей и детрита в питании), дыхание (потребление кислорода в различных экологических условиях).

5. Бактериопланктон изучается методами прямого счета и посевом на питательную среду.

6. При всех работах по изучению планктона учитываются условия среды: а) скорость течения, б) прозрачность воды, в) взвешенные вещества (их количество и состав), г) температура воды, д) химические особенности воды (кислород, углекислота, биогены: азот, фосфор, силикат, железо; микроэлементы: марганец и др., сульфато-хлорный коэффициент).

IV. Биологическое самоочищение реки

1. Выявление источников загрязнения реки сточными водами. Состав и классификация сточных вод.

2. Описание картины загрязнения реки сточными водами различного характера в разные сезоны года, при различном гидрологическом и температурном режимах.

3. Изменение биологической картины реки (рыб, донной фауны и флоры, планктона, бактерий) под влиянием спуска сточных вод в разные сезоны. Протяженность воздействия сточных вод на биологическую картину. Ход процессов биологического самоочищения. Вторичное загрязнение.

Исследование ведется количественными методами, применяемыми для изучения незагрязненных рек.

4. Воздействие сточных вод на кислородный режим реки в разные сезоны. Определение БПК.

5. Влияние сточных вод различного состава на экологию и физиологию отдельных видов рыб на разных возрастных стадиях, на типичных представителей донной флоры и фауны, на планктонные организмы.

Работа осуществляется методами экспериментальной экологии и физиологии.

6. Выработка норм нагрузки реки сточными водами различного состава в разные сезоны. Разработка вопроса об изменении процесса самоочищения после постройки плотины.

7. Учет условий среды: а) скорость течения, б) направление струй и смешиваемость сточных вод с водами реки, в) полный химический анализ сточных вод и вод реки ниже стоков, г) прозрачность воды.

д) электропроводность воды, е) окислительно-восстановительный потенциал, ж) заиление дна и химический состав донных отложений.

V. Биологический сток

1. Работа ведется на створе какой-либо гидрологической станции, производящей систематические замеры расходов воды и взвешенных наносов. Сроки замеров биостока: в период апрель—октябрь — ежемесячно, декабрь, конец января, начало марта.

2. Сток планктона (бактериопланктона, фитопланктона, зоопланктона) на трех вертикалях (у левого и правого берегов, на стрежне), в трех точках на каждой вертикали (поверхность, 0.6 глубины и придонный слой). Выбор количественных проб батометром Жуковского и планктонометром. Количественный подсчет с переводом на весовые показатели.

3. Сток ихтиопланктона (икры) и мальков рыб; на тех же вертикалях и в тех же точках. Количественные пробы мальковыми сетами.

4. Сток донных организмов. Количественные пробы в придонном слое уловителем донных организмов.

5. Сток растворенных веществ на трех вертикалях, в двух точках на каждой вертикали (поверхность и придонный слой): полный солевой анализ, биогенные элементы и микроэлементы (азот, фосфор, углерод, железо, силикат, марганец), кислород, свободная углекислота, окисляемость фильтрованной и нефильтованной воды.

6. Сток биогенов во взвешенных наносах: содержание органических веществ, гумуса, углерода, азота, фосфора.

7. Подсчет годового стока организмов, биогенов и органических веществ.

8. Составление прогноза изменения биостока после сооружения плотины и влияния этого изменения на гидробиологический режим нижнего бьефа водохранилища.

Б. РЕЧНАЯ ПОЙМА

1. Гидробиологическая классификация пойменных водоемов данного участка реки.

2. Посезонное гидробиологическое изучение типовых водоемов поймы: рыбы, биоценозы бентоса и их годовая динамика, планктон и его периодичность, круговорот веществ. Все исследования производятся количественными методами. На пойменных водоемах большого размера работа ведется на нескольких створах.

3. Экология рыб, промысловых и «сорных» (по программе речных исследований).

4. Процесс зарастания водоемов разного типа водной и болотной растительностью. Экология массовых видов высшей водной растительности.

5. Экология массовых видов донной фауны: моллюсков легочных и жаберных, насекомых, малощетинковых червей и бокоплавов; изучение переносимости и отношения к высыханию воды.

6. Специальное изучение экологии малярийного комара и моллюсков — переносчиков глистных заболеваний — в условиях затопляемой и подтопляемой территории.

7. Экология массовых видов фитопланктона и зоопланктона (по программе речных исследований).

8. Условия среды в пойменных водоемах: а) морфометрия водоемов, б) донные отложения — механический и химический анализы, мощность отложений, в) прозрачность воды, круглогодичные наблюдения, г) температура воды по вертикали через 1—2 м, д) химические ингредиенты в поверхностных и придонных слоях (по программе речных исследований).

9. Потребление кислорода и образование сероводорода различными типами почв, подлежащих затоплению, при разных видах подготовки почв (выкашивание растительности, вспашка и проч.).

В. ОРГАНИЗАЦИЯ СТВОРА ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИЗУЧЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА

Створ должен проходить через типовые водоемы поймы и реку. Он закрепляется береговыми знаками; точки вертикалей наносятся на карту.

На створе до затопления производятся гидробиологические исследования по речной программе. После затопления исследование ведется по программе гидробиологического изучения водохранилищ.

Г. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

1. Прогноз биологического режима водохранилища (на основе материалов собственных исследований в пределах изложенной программы, при использовании проектных данных по гидрологии водохранилища и литературных данных о биологическом режиме существующих водохранилищ).

2. Схема комплексного использования биологических ресурсов водохранилищ для целей рыбного хозяйства, водоснабжения и спуска сточных вод.

3. Наметка системы мероприятий по развитию сырьевой базы рыбной промышленности.

4. Разработка вопроса о воспроизводстве проходных и полупроходных рыб.

5. Подготовка материалов по вопросу использования заливов водохранилища под прудовое хозяйство.

6. Схема мероприятий по недопущению развития в водохранилище малярийного комара и моллюсков — передатчиков глистных заболеваний.

7. Наметка мероприятий по ограждению гидротехнических сооружений и водопроводов от зарастания животными и растительными организмами.

8. Прогноз биологического режима нижнего бьефа водохранилища (реки ниже плотины) с обращением особого внимания на возможность сооружения искусственных нерестилищ для проходных рыб.

Н. А. МОСЕВИЧ и М. В. МОСЕВИЧ

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Одно из самых крупных в мире водохранилищ — Рыбинское — сооружено весной 1941 г.

Вопросами, связанными с изучением особенностей гидрохимии Рыбинского водохранилища, Всесоюзный Научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ВНИОРХ) стал заниматься еще задолго до появления этого водоема. Когда перед ВНИОРХ'ом была поставлена задача дать прогноз рыбохозяйственного освоения будущего Рыбинского водохранилища, возникла необходимость разработать также прогноз и его гидрохимического режима.

Работы начались в 1934 г. и продолжались, с перерывами, до 1939 г., когда и был дан прогноз. Положения, на основании которых был разработан прогноз гидрохимии Рыбинского водохранилища, в основном сводились к следующему.

По данным гидрологического прогноза, Рыбинское водохранилище должно представлять собой водоем, обладающий всеми основными чертами озера слабопроточного типа. Гидрохимический режим Рыбинского водохранилища, как и всякого водоема, обусловлен тремя основными факторами: 1) его морфологическими и гидрологическими особенностями, 2) химизмом наполняющих его вод и 3) химическими процессами, в нем самом протекающими.

Прогноз был дан на основании следующих материалов. Были учтены морфологические особенности и гидрологический режим будущего водохранилища; собран значительный многолетний материал по химизму вод Волги, Мологи, Шексны и их притоков, по химизму озер междуречья и по химизму грунтовых вод районов затопления и подтопления; учтен химизм затопляемых почв и характер затопляемых угодий.

Теперь можно сказать, что данный в свое время прогноз гидрохимического режима в своих основных чертах оправдался.

Не будем останавливаться сейчас на данных самого прогноза. В процессе последующего изложения особенностей гидрохимического режима уже существующего водохранилища в соответствующих местах мы будем указывать, насколько та или иная сторона прогноза нашла свое оправдание в действительности.

Основной гидрохимический материал был собран во время рейсов на катере в июле и сентябре 1946 и 1948 гг. В 1948 г., помимо гидрохимического материала, собирался и микробиологический. Исследованиями было охвачено все водохранилище.

В период исследований производился сбор данных по температуре воды, цвету, прозрачности, содержанию кислорода, свободной углекислоты, по минерализации, активной реакции и по содержанию органических веществ. Бралась также образцы грунтов, в которых в последующем определялось общее содержание органических веществ, содержание общего азота и легкогидролизуемого фосфора.

Микробиологически вода исследовалась сразу после взятия пробы, грунты обрабатывались в лаборатории. В пробах воды и грунтов определялось количество сапрофитных бактерий на МПА, микроорганизмы круговорота азота (нитрификаторы, денитрификаторы и фиксаторы азота), микроорганизмы, участвующие в разрушении клетчатки в аэробных и анаэробных условиях, маслянокислые бактерии и бактерии круговорота серы — десульфуризирующие и восстанавливающие серноватокислые соли.

Воды рек Волги, Мологи, Шексны и Рыбинского водохранилища как его отрогов, так и Центрального плеса относятся к 3-му классу по классификации Пальмера. Для минерализации всех этих вод характерным является то, что суммы эквивалентов анионов сильных кислот ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) больше суммы эквивалентов щелочных металлов, но меньше суммы катионов щелочных и щелочно-земельных металлов, взятых вместе ($\text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$).

Количественно преобладающим анионом в водохранилище в течение круглого года везде является гидрокарбонатный ион — HCO_3^- , а из катионов — ион Ca^{2+} . Остальные анионы (Cl^- и SO_4^{2-}) и катионы (K^+ , Na^+ и Mg^{2+}) в минерализации вод водохранилища играют значительно меньшую роль. При этом следует заметить, что анион SO_4^{2-} всегда преобладает над анионом Cl^- , а катион Mg^{2+} преобладает, как правило, над суммой ионов $\text{K}^+ + \text{Na}^+$.

Эти характерные черты минерализации являются общими как для самого водохранилища, так и для питающих его вод. Отличия лишь количественные: минерализация вод самого водохранилища почти всегда ниже минерализации вод питающих его рек. Это объясняется тем, что в водохранилище задерживается огромная масса вод весеннего половодья и всего летнего периода.

Более низкая, по сравнению с питающими водами, минерализация в водохранилище держится в течение всего года, и только весной она почти сравнивается с минерализацией вод притоков.

Весной минерализация вод в водохранилище, благодаря общему опреснению как собственных вод, так и вод притоков, составляет примерно 99,8% минерализации вод последних. В летний и особенно в осенний периоды, благодаря задержке в водохранилище паводковых вод и повышению минерализации вод притоков, минерализация вод водохранилища составляет лишь 60% минерализации питающих его вод. В подледный период, благодаря постепенному сбросу паводковых вод, увеличивается количество питающих вод и соответственно возрастает их значение как фактора минерализации воды водохранилища. Минерализация вод водохранилища составляет в этот период примерно 80% минерализации вод притоков.

Отклонения в абсолютных значениях минерализации вод водохранилища по отдельным годам невелики и колеблются в сравнительно небольших пределах. Так, содержание иона HCO_3^- на станциях Центрального плеса, в его западных районах, во второй половине июня 1946 г. составляло от 73,2 до 85,7 мг/л. На этих же станциях в 1948 г.,

также во второй половине июля, содержание иона HCO_3' колебалось в пределах 79.3—97.6 мг/л. Отклонения по отдельным годам объясняются изменением как соотношения величин притока и стока, так и значения опресняющих факторов. Последние выражаются в соотношении количеств паводковых вод (в частности вод, образовавшихся от таяния льда в водохранилище) и остатков зимней воды в водохранилище, имеющей, как уже сказано, повышенную минерализацию. Что касается осадков в летний период, то сколько-нибудь существенной роли в опреснении водохранилища они не играют (максимум 7% от общей массы воды в водохранилище).

Весной и в первую половину лета минерализация воды в водохранилище по направлению от Волжского, Мологского и Шекснинского отрогов к центральной его части постепенно, хотя и очень немного, но все же повышается. Происходит это потому, что в Центральном плесе водохранилища весной задерживаются высокоминерализованные зимние воды, которые хотя и разбавляются талыми водами от таяния льда и снега в самой центральной части водохранилища, но соотношение талых вод и вод, остающихся здесь от зимнего периода, иное, чем в отрогах водохранилища и особенно в руслах питающих его рек. Замедленным является также и обмен. В первую половину лета в Центральном плесе водохранилища зимние воды сменяются менее минерализованными весенними водами отрогов водохранилища и питающих его рек.

Во вторую половину лета и в осенне-зимний период минерализация в водохранилище по мере продвижения от Волжского, Мологского и Шекснинского отрогов к его центральной части постепенно понижается. Происходит это потому, что параллельно с задержкой в Центральном плесе весенне-летних вод происходит повышение минерализации рек, питающих отроги водохранилища.

Следует заметить, что разница в степени минерализации между питающими отроги водохранилища реками и минерализацией вод самих отрогов значительнее, чем в степени минерализации отрогов водохранилища и его Центрального плеса. Так, например, в верхних районах Мологского отрога, в районе Весьегонска, где влияние р. Мологи весьма значительно, содержание иона HCO_3' в сентябре 1948 г. составляло, по нашим данным, 131.7 мг/л, в нижней части отрога, у с. Морозихи, — 91.5 мг/л; в Центральном же плесе, у бывш. Зонального монастыря, оно было равно 85.4 мг/л, т. е. в первом случае разница составляла 40.2, а во втором случае — 6.1 мг/л.

В открытый период Волжский и Мологский отроги по своей минерализации стоят ближе друг к другу, нежели каждый в отдельности по отношению к минерализации Шекснинского отрога. В 1946 г., во второй половине июля, было установлено, что содержание иона HCO_3' в Волжском отроге составляло 97.6, в Мологском — 97.6—109.8, а в Шекснинском — 73.2—79.3 мг/л.

Минерализация вод Центрального плеса по разрезу района бывш. г. Молога—р. Согожа меняется очень мало. Но все же можно отметить некоторые закономерности.

Так, в 1946 г., во второй половине июля, содержание иона HCO_3' изменялось в направлении с запада на восток от 85.7 до 73.2 мг/л. Такие изменения являются результатом влияния вод Шекснинского отрога на восточные районы Центрального плеса. Это влияние было достаточно хорошо выражено, так как нашим исследованиям предшествовал сравнительно длинный период штормовых погод.

В 1948 г., также в первой половине июля, наблюдалась обратная картина. Содержание иона HCO_3' на этом же разрезе изменялось с запада на восток с 79.3 до 103.7 мг/л. Такое соотношение, повидимому, объясняется тем, что в это время в юго-восточных районах водохранилища нами были встречены еще не сброшенные через Шекснинскую плотину массы весенних вод и вод первой половины лета. Эти воды, как указывалось выше, имеют несколько повышенную минерализацию. Такое объяснение подтверждается еще и тем, что в северных районах Центрального плеса, более близких к Шекснинскому отрогу, минерализация была ниже, чем в южных районах; содержание иона HCO_3' не превышало здесь 91.5 мг/л.

Во время наших работ в сентябре 1948 г. такая концентрация была и в южных районах.

Сколько-нибудь существенных отличий в минерализации вод водохранилища по вертикали не наблюдалось.

По степени и характеру минерализации вод Рыбинское водохранилище стоит очень близко ко многим малым и средним эвтрофным озерам Ленинградской области и прилегающих к ней с юга и востока областей. Оно близко по минерализации также к Угличскому и Днепровскому водохранилищам.

В то же время минерализация Рыбинского водохранилища выше, чем минерализация Ладожского (около 40 мг/л HCO_3') и Онежского (17—20 мг/л HCO_3') озер и, особенно, Выгозера (2—8 мг/л HCO_3'). Сравнение с последним представляет для нас особый интерес, так как Выгозеро, как и Рыбинское водохранилище, является водоемом озерного типа. Слабая минерализация Выгозера объясняется ландшафтными особенностями водосбора озер Карелии и присуща не только этим озерам, но и питающим их рекам.

Процесс формирования степени и характера минерализации вод Рыбинского водохранилища (сумма ионов HCO_3' , SO_4'' , Cl' , Ca'' , Mg'' , Na' , K') можно считать в основном законченным. Как уже было сказано, колебания в степени и характере минерализации вод Рыбинского водохранилища по отдельным годам не велики и объясняются обычными, свойственными для озерных с установившимся режимом водоемов, правда, несколько усложненными благодаря искусственно зарегулированному стоку.

Влияние минеральной части затопленных почв на становление минерализации вод водохранилища было, как видно, крайне невелико. Анионы из почв были в достаточной мере уже выщелочены атмосферными водами, а поглощенные катионы замещены в поглощающем комплексе в процессе оподзоливания ионами водорода. Глубина оподзоливания в районах затопления достигала в среднем 1 м. Подпочвенные слои в затопленных районах представляли собой хорошо перемытые ледниковые и аллювиальные отложения, что также является причиной кратковременности процессов формирования минерального режима вод водохранилища.

Прогнозом не предусматривалось сколько-нибудь длительного влияния затопленных почв на формирование минерализации вод водохранилища. Прогноз предусматривал несколько большую величину концентрации иона HCO_3' по сравнению с той, которая сейчас наблюдается в водохранилище, но величина общей жесткости, наблюдающаяся здесь в настоящее время, вполне совпадает с той, которая давалась прогнозом.

Что касается характера количественного изменения минерализации воды в водохранилище в течение года, а также распределения минерализации во времени в основных отрогах водохранилища и в его Центральном плесе, то наблюдающиеся сейчас отношения полностью совпадают с тем, что предусматривалось прогнозом.

Все исследования, произведенные на Рыбинском водохранилище, показывают, что воды его в настоящее время достаточно богаты растворенными в них фосфатами.

Так, в первой половине июля 1948 г. содержание фосфатов в различных районах водохранилища колебалось в пределах 0.08—0.01 мг/л, а в сентябре того же года 0.017—0.009 P_2O_5 мг/л.

С течением вегетационного периода концентрация фосфатов в водохранилище падает, но не было ни одного случая, когда в пробе воды из водохранилища было бы обнаружено полное отсутствие солей фосфорной кислоты; 0.009 мг/л — это минимальная из найденных нами величин. Наличие фосфатов обнаруживалось и при интенсивном развитии фитопланктона. Таким образом, содержание фосфатов в Рыбинском водохранилище не является фактором, лимитирующим развитие в нем первичной продукции, в частности фитопланктона.

Источником фосфатов в водохранилище являются не столько питающие его воды, сколько грунты его ложа: в придонных пробах количество фосфатов обнаруживалось, как правило, в больших количествах, чем в поверхностных. Так, в июле 1948 г. в поверхностных слоях 10 станций, взятых в наиболее характерных районах водохранилища, количество фосфатов составило в среднем 0.011, а в придонных 0.027 Р мг/л. В сентябре того же года количество фосфатов у дна также было несколько больше, чем на поверхности.

Содержание фосфатов в водах Рыбинского водохранилища сравнительно невелико, хотя и выше, чем во многих озерах Ленинградской области и прилегающих к ней с юга и востока областей (0.009—0.006—0.000 мг/л), выше, чем в Ивановском водохранилище (0.010—0.003, в среднем 0.006 мг/л), в Ладожском озере (0.010—0.000, в среднем 0.005 мг/л) и в водохранилище Выгозеро (0.017—0.005, в среднем 0.011 мг/л).

Известно, что если в вегетационный период мы находим в поверхностных слоях водоема более или менее значительный избыток растворенных фосфатов, то это указывает на наличие в водоеме задержки в развитии первичной продукции в результате влияния каких-то факторов.

В Рыбинском водохранилище, где подобное явление также имеет место, к числу таких факторов принадлежит, повидимому, недостаточность растворенных неорганических соединений, содержащих азот.

В период наших исследований в 1946 и 1948 гг. нитраты и нитриты мы находили в минимальных количествах, вплоть до нуля. Соли аммиака хотя находились и в больших количествах, но содержание их было также крайне мало.¹

В то же время как содержание фосфатов в Рыбинском водохранилище даже в период наиболее значительного развития фитопланктона

¹ Мы не приводим здесь количественных выражений, так как наши определения были качественными: нитраты отщипывались с помощью бромидов, нитриты с помощью реактива Грисса и соли аммония с помощью реактива Несслера. Результаты этих определений настолько отчетливы, что дают полную возможность сделать вышеприведенное заключение о содержании растворенных неорганических соединений азота в водах Рыбинского водохранилища в вегетационный период.

не падает до нуля, соли азота находятся в минимуме почти во всей толще воды. Следует полагать, что именно их содержание является фактором, тормозящим развитие в водохранилище первичной продукции.

Интересно отметить, что если в Рыбинском водохранилище фактором, лимитирующим создание в нем первичной продукции, являются неорганические соединения, содержащие азот, в Иваньковском водохранилище как соли фосфора, так и соли азота всегда, даже в период интенсивного цветения, находятся во вполне хорошо определенных количествах. Следовательно, в Иваньковском водохранилище имеется какой-то другой фактор, приводящий к недоиспользованию в нем фосфатов. Б. М. Себенцов, обративший внимание на это явление, считает, что таким фактором может являться адсорбция фосфатов гумусовыми коллоидами. В этом направлении необходимы дальнейшие исследования.

Прогнозом предусматривалось, что Рыбинское водохранилище будет достаточно богато питательными солями, что в значительной мере в отношении фосфора и оправдалось. Тот факт, что питательные соли азота будут в первом минимуме и что круговорот азота будет лимитирующим фактором в создании первичной продукции, ввиду малой изученности этого вопроса, прогнозом не был предусмотрен. Содержание солей железа (неорганических) колеблется, по нашим данным, в открытый период в пределах 0.04—0.31 мг/л. в среднем (из 57 определений) 0.06 мг/л. Данные эти не противоречат прогнозу, по которому предполагалось, что содержание неорганического железа в водохранилище не будет превышать 1 мг/л. Следует заметить, что в Рыбинском водохранилище, как и во всех водоемах, богатых органическим веществом, основная масса железа всегда находится в органическом комплексе.

Прежде чем перейти к изложению основных черт газового режима Рыбинского водохранилища и активной реакции его воды, остановимся на термике этого водоема.

Прогревание и охлаждение водных масс водохранилища протекают довольно быстро. Этому способствуют малая глубина водохранилища, относительно большая площадь его зеркала и метеорологические условия района, а именно частые и продолжительные ветреные погоды. Благодаря легкости перемешивания, водные массы водохранилища в открытый период находятся, как правило, в состоянии гомотермии или очень слабо выраженной термической стратификации. Хорошо выраженная стратификация является результатом штилевых погод и представляет собой очень нестойкое явление.

Максимальная температура поверхностного слоя воды может достигать $+26^{\circ}$, обычная же летняя дневная температура в поверхностных слоях составляет $22-24^{\circ}$. Однако такая температура воды в период стратификации не наблюдается глубже 2—3 м.

В осенний период происходит резкое охлаждение водных масс водохранилища, чему способствует легкость перемешивания. В период заморозания имеет место гомотермия с температурой, близкой к 0° . После ледостава температура придонных слоев повышается, как и обычно в озерных водоемах, за счет теплообмена с грунтом.

Термический режим водохранилища, вместе с факторами, его обуславливающими и регулирующими, в значительной мере обуславливает и регулирует газовый режим, а именно режим растворенного кислорода (O_2) и свободный CO_2 .

В вегетационный период, благодаря процессу фотосинтеза, идущему наиболее интенсивно в слое 0—2 м, с одной стороны, и окислительным

процессам, происходящим в донных отложениях, с другой, все время существует тенденция к увеличению содержания O_2 и уменьшению свободной CO_2 в верхних слоях и уменьшению содержания O_2 и увеличению свободной CO_2 — в нижних. Однако газовая стратификация, так же как и термическая, обычно в водохранилище выражена нерезко. Вследствие значительного содержания органических веществ, для водохранилища характерна круглогодичная недонасыщенность кислородом его водных масс. Содержание кислорода в количествах, превышающих 100% нормального при данной температуре насыщения, наблюдается в поверхностных слоях в периоды интенсивного цветения.

В периоды наиболее интенсивного весеннего и осеннего перемешивания воды в водохранилище насыщение ее кислородом устанавливается в концентрациях, соответствующих 70—80% нормального насыщения.

В подледный период содержание кислорода в водохранилище закономерно падает. По нашим данным, содержание кислорода в целом ряде районов водохранилища падает ниже 40% нормального зимнего насыщения и даже до нуля. Особенно бедны кислородом Мологский и Шекснинский отроги и питающие их реки. Так, в Шекснинском отроге в районе дер. Городище 17 III 1948 в поверхностном слое содержание O_2 составляло 17.7% нормы зимнего насыщения, на глубине 5 м — 2.2%, а на глубине 9.5 м (дно) его содержание равнялось нулю.

В то же время наряду с такими, охваченными зимними заморными условиями, районами в Рыбинском водохранилище в подледный период имеются районы, где таких условий не наступает. Это могут быть и неглубоководные районы, как, например, залив р. Волги при слиянии бывших рек Белой и Черной Юги; здесь 5 IV 1946 на глубине 4.8 м в придонном слое содержание кислорода составляло 5.0 мг/л, или 35.7% нормального зимнего насыщения. Однако в большинстве своем к ним относятся все же глубоководные участки, и в частности бывшие русла рек (см. таблицу).

Место отбора пробы	Дата (1946 г.)	Глубина, в м	O_2 , в мг/л	O_2 , в %
Русло Волги ниже впадения р. Юги	5 IV	10	3.8	27.9
Русло Волги у Перебор	5 IV	16	3.2	24.3
Русло Мологи у бывш. Зональ- ного монастыря	15 IV	12	11.2	77.3

Таким образом, приведенные данные показывают, что зимнее содержание кислорода в Рыбинском водохранилище в своем распределении обладает значительной пестротой.

Можно считать доказанным, что в Рыбинском водохранилище возникают места с резким кислородным дефицитом и одновременно существуют такие районы, где и во второй половине зимы обнаруживается достаточное количество кислорода. Можно также предполагать, что в глубоководных районах водохранилища, не расположенных над затопленными массивами болот и лесов, в районах бывших русел рек и лож озер нормальные (незаморные) условия сохраняются в продолжение всей зимы.

В литературе имеется указание на то, что особенностью кислородного режима Иваньковского водохранилища является его чрезвычайная изменчивость в связи со сбросом воды, в частности с предпаводковым сбросом. Существуют ли такие же отношения в Рыбинском водохранилище, которое обладает более резко выраженным озерным характером, пока остается неизвестным.

Описывая кислородный режим Иваньковского водохранилища в открытый период, Б. М. Себенцов указывает, что во вторую половину лета в придонном слое бывшего русла Волги возникает зимний кислородный дефицит, препятствующий использованию этого слоя рыбой.

В отношении Рыбинского водохранилища мы можем сказать, что при неоднократных исследованиях бывших русел Волги, Мологи и Шексны нами ни разу не был обнаружен во второй половине лета сколько-нибудь резкий дефицит кислорода. Не был он обнаружен и в придонных слоях бывш. оз. Перемут.

Рыбинское водохранилище в отношении кислородного режима имеет много общего с Выгозером.

Кислородный режим в водохранилище Выгозеро, так же как и в Рыбинском, в открытый период является вполне удовлетворительным. В подледный период в Выгозере, так же как и в Рыбинском водохранилище, наравне с местами, сохраняющими достаточное содержание кислорода, имеются районы с резко выраженными заморными условиями, главным образом мелководные участки (с глубинами до 3 м), дно которых образовано торфяниками бывших болот.

В прогнозе указывалось, что кислородный режим в Рыбинском водохранилище, благодаря хорошему перемешиванию его вод (большая площадь при малой глубине), в открытый период будет нормальным, т. е. в открытый период следует ждать полного или близкого к полному насыщения при нерезко выраженной стратификации или даже при полном ее отсутствии. Однако тенденция к неполному насыщению водных масс кислородом все время будет иметь место в Рыбинском водохранилище как результат высокой окисляемости его вод, т. е. то самое, что сейчас в водохранилище в открытый период и наблюдается. Далее указывалось на то, что в зимний период над незаиленными площадями бывших болот и заболоченных лесов следует ожидать резкого кислородного дефицита, что подтвердилось исследованиями 1946 и 1948 гг.

Что касается свободной CO_2 и связанного с ее количеством рН, то при осеннем перемешивании, когда она равномерно распределяется во всей толще воды, содержание ее колеблется в пределах 2—3 мг/л; рН в это время выражается величиной, близкой к 7.8—8.0.

В период ледостава количества свободной CO_2 достигают 20 мг/л, рН в этот период характеризуется величинами 6.8—7.1.

В открытый период содержание свободной CO_2 не превышает 3—4 мг/л, а в период наиболее высокого развития фитопланктона может падать до нуля; рН в последних случаях превышает 8.4.

Наблюдающийся сейчас режим и значения свободной CO_2 и рН совпадают с данными прогноза.

Несмотря на относительную мелководность Рыбинского водохранилища, взмучиваемость донных отложений сравнительно мало сказывается на его прозрачности. Даже после сильных штормов прозрачность падает не более, чем на 0.3 м. Это явление объясняется слабой заиленностью водохранилища. В летнее время прозрачность, по нашим наблюдениям, колебалась независимо от силы ветра от 0.9 до 1.4 м. Цвет воды в раз-

личных районах водохранилища в периоды наших исследований колебался в пределах №№ 17—19 шкалы Уле.

Изменения, которые претерпевает окисляемость, в частности в открытый период, связаны с биологическими процессами. В период наших летних и осенних наблюдений она колебалась в различных районах водохранилища в пределах 10—15 мгО₂/л.

Колебания окисляемости по различным глубинам невелики и не превышают 2—3 мг/л. Повышения ее в поверхностных слоях являются результатом развития фитопланктона. Во время зимних наблюдений нами были найдены довольно широкие пределы окисляемости. Так, во время подледных исследований Центрального плеса в апреле 1946 г. окисляемость в отобранных пробах дала значения 8.9—14.6 мгО₂/л, в Мологском отроге, в районе Морозиха, в конце зимы 1948 г. была найдена окисляемость, составившая 23.5 мгО₂/л.

Как пределы окисляемости вод водохранилища, так и ее сезонные изменения, наблюдающиеся сейчас в водохранилище, совпадают с данными прогноза. В последнем указывалось, что окисляемость воды водохранилища будет довольно высокой и в его различных участках будет колебаться в пределах 10—20 мгО₂/л, редко опускаясь ниже 10 мг/л (преимущественно в подледный период) и поднимаясь выше 20 мг/л (в застойных участках и над болотными массивами). Именно эти пределы колебания окисляемости вод водохранилища в настоящее время и наблюдаются.

Дно Рыбинского водохранилища представляет собой главным образом затопленные почвы лесов, полей, болот, пашен, лугов и т. д. Только очень небольшой процент площади его дна является дном бывших водоемов — рек и озер.

Нами были собраны образцы проб грунтов из различных участков водохранилища. Химический анализ этих проб был произведен с целью составить представление о том, насколько изменился химизм залитых почв и насколько химизм нового дна водохранилища отличается в настоящее время от химизма дна таких же мелководных озер, к каким принадлежит, несмотря на свою большую площадь, Рыбинское водохранилище.

Почти все пробы грунта (25) отбирались стратометром Перфильева. Для анализа отрезались верхние 5—7 см колонки. Пробы составлялись из нескольких колонок (6—8). Все это обеспечивало сравнимость результатов.

В образцах были определены (анализы произведены В. М. Данилевич): гумус, по Тюрину; количество общего азота, по методу Кьельдаля, измененному Тюриным; количество легко гидролизующегося азота (обработка образца производилась 0.5% Н₂SO₄) и подвижного фосфора, по Кирсанову.

Полученные данные показали, что содержание органических веществ в грунтах водохранилища (среднее 10% гумуса) не достигает тех величин, которые характеризуют донные отложения заиленных озер. По содержанию общего азота грунты Рыбинского водохранилища близки к залитым его водами почвам (среднее содержание 0.33%).

Грунты Рыбинского водохранилища имеют повышенный индекс С (в среднем 13.5), что говорит о накоплении в грунтах водохранилища безазотистых органических веществ.

Изменение залитых водами водохранилища почв идет по пути увеличения в них количества легко гидролизующегося азота, но содержание

последнего в грунтах Рыбинского водохранилища еще не достигает величин, характерных для илистых отложений озер.

Среднее количество подвижных соединений фосфора в грунтах Рыбинского водохранилища (0.009% P_2O_5) близко (несколько ниже) к величинам, которые характерны для среднебогатых ими почв. В то же время, как показывают исследования, в условиях существующего сейчас режима в водохранилище, в частности азотного, фосфорные соединения не являются фактором, лимитирующим величину создающейся в нем первичной продукции.

Формирование дна Рыбинского водохранилища еще далеко не закончено и влияние биоорганоминерального комплекса его грунтов, главным образом залитых почв и растительных остатков, на его газовый режим и круговорот биогенов в нем продолжается.

Материал, дающий представление о характере микробиологических процессов в водохранилище, получен в результате обработки 54 проб воды (взятых с 27 станций; исследованы поверхностные и придонные горизонты) и 19 проб грунта. Глубины на различных станциях колебались от 2 до 19 м, преобладали глубины 5—7 м.

Количество сапрофитных бактерий, развивающихся на МПА, в различных пробах колебалось в пределах от 27 до 6000 в 1 мл, среднее содержание составило 545 бактерий в 1 мл; преобладали пробы, содержащие в 1 мл около 300 бактерий. Поверхностные слои воды содержали больше бактерий, чем придонные: в поверхностных слоях в среднем 650 бактерий, у дна — 400 бактерий. Большее количество бактерий было найдено в пробах Волжского и Мологского отрогов, меньше — в Шекснинском отроге и еще меньше — в пробах Центрального плеса над бывшим междуречьем, что хорошо согласуется с меньшей минерализацией водных масс Шекснинского отрога и Центрального плеса.

По среднему количеству сапрофитных бактерий Рыбинское водохранилище следует отнести к озерным водоемам со средним и наиболее часто встречающимся их содержанием. Так, например, С. И. Кузнецов, на основании анализа отдельных проб воды, взятых с середины озера, дает для ряда пресноводных озер следующие пределы колебаний количества сапрофитных бактерий: 174—3250, в среднем 753 бактерии в 1 мл. 27 поверхностных проб Рыбинского водохранилища дали, как мы уже сказали, в среднем 650 бактерий в 1 мл.

Количество сапрофитных бактерий в грунтах Рыбинского водохранилища колебалось в пределах от 125 000 до 18 000 000 в 1 г сухого грунта, дав в среднем 3 500 000; преобладали пробы, содержащие от 1 до 3 млн бактерий. Большое количество бактерий было найдено в пробах из бывших русел рек и ложа озер, затем в пробах с поймы рек с остатками луговой растительности. Наименьшее содержание бактерий наблюдалось в пробах с лесных участков и в песчаных пробах.

Кроме сапрофитных бактерий, развивающихся на МПА, в пробах грунтов были определены еще гнилостные бактерии, развивающиеся на МПБ, как аммонификаторы, так и бактерии, выделяющие сероводород. Количество их в различных пробах колебалось в пределах от 100 до 100 000 бактерий в 1 г сухого грунта. Как количество бактерий, развивающихся на МПА, так и гнилостные бактерии и среди них бактерии, выделяющие H_2S , в больших количествах встречены в пробах из бывших русел рек и ложа озер, а также с пойм рек с остатками луговой растительности; меньшие их количества были обнаружены в пробах с лесных участков и в песчаных пробах.

Из бактерий круговорота азота, кроме аммонификаторов, были определены в воде и в грунте денитрификаторы, фиксаторы азота и нитрификаторы.

Денитрификация и анаэробная фиксация азота в водных массах Рыбинского водохранилища наблюдалась на всех станциях. Аэробных фиксаторов азота и нитрификаторов обеих фаз в воде Рыбинского водохранилища обнаружено не было. Денитрификация была обнаружена в грунтах в 90% случаев. Количество денитрификаторов колебалось в пределах от 10 до 100 000 клеток в 1 г сухого грунта. Наибольшее количество их было обнаружено в бывших руслах рек и ложах озер и меньшее на различных затопленных угодьях.

По содержанию денитрификаторов в грунтах Рыбинское водохранилище не отличается от других озер, по которым имеются литературные данные.

Фиксация азота как анаэробная, так и аэробная была отмечена почти во всех пробах грунтов. Таким образом, мы можем сказать, что данный очень важный процесс в круговороте азота в ложе Рыбинского водохранилища происходит. Отсутствие фиксации азота или ее очень малая интенсивность в воде и наличие ее в ложе представляют собой явление, обычное для озерных водоемов.

Что касается нитрификации, то в Рыбинском водохранилище она происходит недостаточно интенсивно. Нитрификаторы первой и второй фаз были обнаружены нами лишь в 50% исследованных грунтов. Результаты микробиологического анализа подтверждают приведенные выше результаты гидрохимических определений о недостаточном содержании в Рыбинском водохранилище доступных форм неорганических соединений азота.

Из бактерий, участвующих в круговороте углерода, в Рыбинском водохранилище исследовались бактерии, разрушающие клетчатку в аэробных и анаэробных условиях, и маслянокислые.

Результаты этих определений указывают на то, что разрушение растительных остатков происходит преимущественно за счет анаэробных бактерий, которые были найдены как в воде, так и в грунтах водохранилища во всех пробах. Аэробные разрушители клетчатки значительно уступают в своем содержании анаэробным бактериям. Первые были найдены лишь в 50% образцов как воды, так и грунта.

Несколько подавленная жизнедеятельность аэробных разрушителей клетчатки в открытый период в Рыбинском водохранилище — водоеме с достаточно благополучным в открытый период кислородным режимом — представляет собой явление, которое требует дальнейшего исследования. Из сопоставления результатов анализа видно, что большее количество проб, где были обнаружены аэробные разрушители клетчатки, приходится на Волжский и Мологский отроги, меньшее — на Шекснинский отрог и Центральный плес.

Маслянокислые бактерии были обнаружены во всех пробах воды и грунтов. Таким образом, разрушение менее сложных, чем клетчатка, углеводов идет в водохранилище достаточно интенсивно.

Десульфурierende бактерии, которые определялись с помощью среды Рубенчика, не были обнаружены ни в одной пробе воды и грунта. Мы все же не склонны предполагать, что бактерии этой группы в водохранилище полностью отсутствуют, тем более, что в водах водохранилища присутствуют сравнительно большие количества сульфатов.

Е. И. КИСЕЛЕВА

ПЛАНКТОН РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Изучение планктона Рыбинского водохранилища является одним из разделов комплексного изучения данного водоема, предпринятого Всесоюзным Научно-исследовательским институтом озерного и речного рыбного хозяйства (ВНИОРХ) с целью изучения формирования его биологического режима и процесса образования сырьевой базы рыбного хозяйства.

В связи с поставленной задачей было осуществлено 6 выездов на водохранилище в 1946 и 1948 гг., по 3 за каждый год (в марте—апреле, июле и сентябре).

Задача данного сообщения дать характеристику качественного и количественного состава планктона в период полного заполнения водохранилища.

Сборы планктона производились сетью Джели из газа №№ 25 и 9 (старой номенклатуры). Пробы брались с двух горизонтов — 0.2 и 2 м (дно) и обрабатывались счетным методом и методом отстаивания для определения сырого объема. Кроме того, был сделан перевод количества ракового планктона (вместе с Asplanchna) в весовые единицы путем использования средних весов отдельных компонентов ракового планктона, приведенных в работах Б. С. Грезе (1948) и С. Н. Уломского (1951).

Зоопланктон за оба года качественно обработан М. Ф. Соколовой и ею же составлен отчет. В количественной обработке зоопланктона за 1948 г., кроме автора, принимала участие Н. М. Лившиц.

Количественная обработка фитопланктона, к сожалению, сделана по сетным пробам, так как по техническим условиям другим методом в экспедиционных условиях собрать материал не представилось возможным.

Данных по планктону в первые годы существования водохранилища не имеется, если не считать весьма кратких сведений, которые приводит Д. А. Ласточкин (1947). Довольно скудны также данные по планктону водоемов, образовавших Рыбинское водохранилище; можно указать лишь на работы Б. С. Грезе (1928), Д. А. Ласточкина (1936) и В. И. Есыревой (1945).

Нами за 2 года по фитопланктону обработано качественно 150 проб и количественно (за 1948 г.) 80.

В результате обработки обнаружено 93 формы водорослей, из них 75 видов встречены за оба года наблюдений, что составляет 82% от общего количества и указывает на известную устойчивость фитопланктона на данной стадии существования водохранилища.

Несмотря на разнообразие затопленных водоемов и сброса воды из Угличского водохранилища, мы видим, что фитопланктон Рыбинского водохранилища не отличается большим разнообразием своего видового состава, что характерно для других водохранилищ. По литературным данным, для других водохранилищ приводится от 200 форм и более.

В систематическом отношении фитопланктон Рыбинского водохранилища распределяется следующим образом: Flagellatae — 13 видов, Peridinae — 3, Chlorophyceae — 38, Diatomeae — 22, Cyanophyceae — 16, Heterocontae — 1.

По числу видов наиболее разнообразна группа зеленых водорослей (Chlorophyceae). Однако по количественному развитию форм доминируют синезеленые и диатомовые. Из синезеленых на первом месте стоят *Aphanizomenon flos-aquae* Ral., *Microcystis aeruginosa* El. Им сопутствуют виды *Anabaena* (*A. Lemmermannii* Rich., *A. Scheremetievi* v. *recta* f. *ovalispora* El., *A. flos-aquae* f. *intermedia* El.), *Woronichinia Naegeliana* El. Среди диатомовых преобладают виды *Melosira* (*M. italica* Ktz., *M. italica* v. *tenuissima* O. Müll., *M. granulata* Ral., *M. binderana* Ktz.). Весьма обычными для планктона являются также *Asterionella formosa* Hass., *Fragilaria crotonensis* Gr., *Synedra acus* Ktz., но представленные в значительно меньших количествах, чем виды *Melosira*.

Жгутиковые и зеленые водоросли в количественном отношении имеют второстепенное значение. Из жгутиковых по количественному развитию на первом месте стоят хризомонады — *Synura uvella* Ehr., *Dinobryon divergens* Im., *D. stipitatum* St. Роль остальных представителей этой группы ничтожна.

Из перидиней только *Ceratium hirundinella* O. F. M. встречается несколько чаще, но в небольших количествах.

Из зеленых водорослей чаще были находимы: *Pediastrum duplex* Mey., *P. biradiatum* Mey., *Eudorina elegans* Ehr., *Volvox aureus* Ehr. Доминирующий комплекс представлен небольшим числом видов, а именно: *Aphanizomenon flos-aquae* Ral., *Microcystis aeruginosa* El., *Anabaena Lemmermannii* Rich., *A. Scheremetievi* v. *recta* f. *ovalispora* El., *A. flos-aquae* f. *intermedia* El., *Woronichinia Naegeliana* El., *Melosira italica* Ktz., *M. italica* v. *tenuissima* Müll., *M. granulata* Ral., *M. binderana* Ktz.

По морфологическим и биологическим особенностям Рыбинское водохранилище разделяется на 4 района: Центральный плес и три отрога. Шекснинский, Мологский и Волжский. Границы между этими районами не резки.

Шекснинский отрог, составляющий 16.8% общей площади водного зеркала водохранилища, был обследован в своей нижней, наиболее расширенной части на двух участках: верхнем (против дер. Городище) и нижнем (против с. Мяксы). На обоих участках доминируют синезеленые (главным образом *Aphanizomenon flos-aquae*), составляющие 71—87% от общего количества водорослей.

Сравнивая приводимые здесь данные (по работе Б. С. Грезе) с тем, что было до затопления, мы наблюдаем, что в составе планктона произошли некоторые изменения. До затопления преобладающее значение имели диатомовые с заметным участием протококковых, десмидиевых и синезеленых. Последние после затопления в летнем планктоне заняли первое место.

Уменьшение продукции фитопланктона происходит по мере продвижения к Центральному плесу. В верхней части отрога (в районе дер. Городище) общее количество водорослей доходит до 2 млрд клеток

в 1 м^3 , в то время как на нижнем участке (в районе с. Мяксы) оно составляет всего 950 млн клеток в 1 м^3 в том же слое 0—2 м, уменьшаясь, таким образом, в два с лишним раза.

Мологский отрог, составляющий около 6% общей площади водного зеркала водохранилища, имеет два расширенных участка: 1) против Весегонска и 2) район залитого оз. Перемут. Остальная часть отрога представляет довольно суженные участки. Благодаря подобной конфигурации создаются до известной степени обособленные участки. Обследованию подвергались указанные расширенные участки, которые характеризовались неоднородностью качественного состава планктона.

На неоднородность формирования планктона на разных участках р. Мологи до затопления указывали и прежние исследователи.

По нашим наблюдениям, в верховьях отрога (район г. Весегонска) в июле основную массу фитопланктона составляют *Anabaena Scheremetievi* v. *recta* f. *ovalispora*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Melosira italica*. Из них *Anabaena* и *Melosira* к сентябрю сильно снижаются в своем развитии, что сказывается и на уменьшении общей продукции. Так, если в июле количество клеток в 1 м^3 составляло 2.6 млрд, то в сентябре оно снизилось до 1.9 млрд для того же 2-метрового поверхностного слоя.

На нижнем участке (район оз. Перемут) в июле фон планктона составляли диатомовые (60% общей продукции), представленные преимущественно видами *Melosira*, а синезеленые в это время стояли на втором месте. Из синезеленых большого развития здесь достигает не *Aphanizomenon*, а главным образом *Microcystis*, который в сентябре становится доминирующей формой для данного района. Количество клеток в 1 м^3 воды (для слоя 0—2 м) в июле составляет 545 млн, а в сентябре — 2.8 млрд.

Следовательно, в июле на верхних участках отрога происходит большее развитие фитопланктона, чем на нижнем, подобно тому, что мы имеем и в Шекснинском отроге. В сентябре наблюдается обратная картина: увеличение фитопланктона происходит от верхних участков к нижним.

В аспекте фитопланктона озер междуречья (озера Перемут, Пенское и др.), расположенных на нижнем участке отрога, до их затопления (1938—1939 гг.) преобладали *Microcystis* и *Melosira*. Как видим, те же формы являются доминирующими и после затопления, что говорит о стабильности развития главных компонентов фитопланктона данного района.

Волжский отрог, составляющий около 2% общей площади водного зеркала, характеризуется преобладанием синезеленых (и в первую очередь *Aphanizomenon flos-aquae*), которые составляют как в июле, так и в сентябре 96—97% общей продукции фитопланктона.

К сентябрю продукция фитопланктона увеличивается с 2.8 млрд клеток, что наблюдалось в июле, до 6 млрд в 1 м^3 (в слое 0—2 м). Соотношение между отдельными группами остается тем же, что и в июле.

Если в планктоне р. Волги до затопления доминировали диатомовые, то после затопления их вытеснили представители синезеленых, развитие которых, по данным Д. А. Ласточкина (1936), наблюдалось лишь в подпертых устьях рек, впадающих в Волгу.

Центральный плес составляет 75.5% общей площади водного зеркала. Фитопланктон этой части водохранилища качественно аналогичен фитопланктону отрогов. Здесь, так же как и в отрогах, на первом месте стоят

синезеленые (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*), составляющие до 74% общего количества всего фитопланктона. Диатомовые представлены теми же видами *Melosira*, что и в отрогах. Что касается количественного развития, то надо отметить, что для лета (июль) оно несколько ниже в плесе, чем в отрогах, особенно в его северной части. В среднем для Центрального плеса количество клеток в 1 м³ в июле достигает 1.2 млрд, а в сентябре — 6.5 млрд (для слоя 0—2 м). Таким образом, в осенний период (сентябрь) Центральный плес, а именно его южная часть, по количественному развитию фитопланктона приближается к наиболее продуктивному в этом отношении отрогу — Волжскому.

Ниже приводятся данные о количественном развитии фитопланктона отдельных районов водохранилища в 1948 г. в млн клеток/м³ для слоя 0—2 м (табл. 1).

Таблица 1

	Синезеле- ные	Диатомовые	Остальные группы	Всего
Июль				
Шекснинский отрог	1651	289	6	1946
Мологский отрог	858	542	39	1439
Волжский отрог	2763	79	18	2860
Центральный плес	842	450	20	1212
Сентябрь				
Мологский отрог	1837	303	15	2155
Волжский отрог	5960	167	11	6138
Центральный плес	6203	241	24	6468

Как видно из приведенных данных, наиболее продуктивными в отношении фитопланктона являются Шекснинский и Волжский отроги.

Картина, характеризующая состав и степень количественного развития планктона в 1948 г., близка тому, что мы наблюдали и в 1946 г. Исключением является Шекснинский отрог, где в 1946 г. фон составляли диатомовые, а в 1948 г. — синезеленые; кроме того, кривая обилия фитопланктона в 1946 г падала не на начало осени, как в 1948 г., а на лето (июль).

Что касается сезонных изменений фитопланктона, то они сводятся к следующему. В зимне-ранневесенний период (март—апрель), когда водохранилище находится еще подо льдом, планктон поразительно беден. Единично встречаются лишь диатомовые, главным образом виды *Melosira*, *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata*. К июлю роль диатомовых возрастает главным образом за счет количественного увеличения видов *Melosira* (*M. italica*, *M. italica* v. *tenuissima*, *M. granulata*, *M. binderana*). Диатомовые еще и в июле остаются на положении доминирующей группы как в некоторых районах водохранилища (нижний участок Мологского отрога), так и на отдельных станциях Центрального плеса.

Летне-раннеосенний период (июль, сентябрь) в водохранилище характеризуется бурным развитием синезеленых (*Aphanizomenon flos*

aquae, *Anabaena Scheremetievi* v. *recta* f. *ovalispora*, *Microcystis aeruginosa*, *Woronichinia Nägeliana*), обуславливая цветение, которое носит длительный характер (с июля по сентябрь—октябрь). Если для Мологского отрога основными компонентами из этой группы в июле служат *Anabaena Scheremetievi* v. *recta* f. *ovalispora* (Весьегонский район) или *Microcystis aeruginosa* (район оз. Перемут), то для остальных его участков доминантом можно считать *Aphanizomenon flos-aquae*. В зависимости от метеорологических и физико-химических условий кривая их обилия в разные годы приходится или на летний период (1946 г.), или на раннеосенний (1948 г.).

Зоопланктон Рыбинского водохранилища довольно разнообразен и представлен 138 формами. В систематическом отношении они распределяются следующим образом: Protozoa — 19 видов, Rotatoria — 47, Cladocera — 57 и Copepoda — 15. Большим разнообразием видового состава отличаются коловратки (Rotatoria) и кладоцера (Cladocera) по сравнению с копеподами (Copepoda). Из коловраток наиболее характерными для водохранилища будут следующие виды: *Conochilus unicornis* Rouss., *Asplanchna priodonta* Goss., *A. herricki* de Guer., *Polyarthra platyptera* Ehr., *Euchlanis dilatata* Ehr., *Anuraea aculeata* Ehr., *A. cochlearis* Goss., *Notholca longispina* Kell. К сентябрю роль коловраток снижается вследствие выпадения из планктона ряда из них и уменьшения их количественного развития.

Руководящими формами среди кладоцера можно считать: *Chydorus sphaericus* O. F. M., *Daphnia cristata* Sars, *D. hyalina* Leid., *Hyalodaphnia cucullata* Sars, *Bosmina coregoni* Baird., *B. coregoni longispina* Leid.

Из копепод доминируют виды *Cyclops* (главным образом *C. leuckarti* Cls. и *C. oithonoides* Sars), меньшее значение имеют *Diaptomus* (*D. graciloides* Lill., *D. gracilis* Sars). *Heteroscope appendiculata* Sars встречается лишь единично.

Многообразие видового состава зоопланктона М. Ф. Соколова объясняет тем, что водохранилище образовано слиянием различных водоемов.

По отношению к общему количеству кормового зоопланктона в апреле и июле во всех районах, за исключением верхнего участка Мологского отрога, доминируют копеподы, представленные главным образом видами циклопов. В сентябре руководящая роль переходит к кладоцерам. Значительное количество компонентов зоопланктона представлено, как и следовало ожидать, более или менее эвритопными видами, широко распространенными в различных водоемах. В основном состав зоопланктона довольно однороден для всего водоема и в настоящее время до известной степени носит устойчивый характер.

В Мологском отроге и северной части Центрального плеса среди кормового планктона увеличивается роль *Asplanchna*. В Шекснинском и Мологском отрогах возрастает роль важных компонентов питания рыб: *Leptodora* и *Bythotrephes*, а в Волжском — *Diaptomus*. Планктон в водохранилище концентрируется главным образом в верхнем слое воды (0—2 м). Из отдельных компонентов лишь *Diaptomus* иногда встречается в больших количествах в горизонте ниже 2 м.

Что касается количественного развития зоопланктона, то можно сказать, что наиболее продуктивными являются Мологский и Волжский отроги. Так, в июле в Мологском отроге в 1 м³ воды (для горизонта 0—2 м) содержится 40 тыс. организмов, в Волжском — 20,5 тыс., в то время как в Центральном плесе — 19 тыс., а в Шекснинском отроге —

только 11 тыс. экз. К сентябрю численность зоопланктона возрастает. Судя по количеству организмов в 1 м³ для того же слоя (0—2 м), на первом месте продолжают оставаться Волжский (74 тыс. экз.) и Мологский (28 тыс. экз.) отроги. Количество организмов в Центральном плесе в том же горизонте равно 25 тыс. экз. в 1 м³. Меншее развитие зоопланктона наблюдалось на станциях, богатых растительными остатками и мхом, т. е. на тех станциях, которые находились в районах затопленных лесных участков и болот.

Слабое протекание биохимических процессов, очевидно тормозящим образом, сказывается на развитии зоопланктона.

В отрогах (Мологский, Шекснинский) увеличение общего количества зоопланктона происходит от верхних участков к нижним.

В подледный период (март, апрель) наблюдается сильное снижение в развитии зоопланктона. Количество организмов в 1 м³ в слое 0—2 м Шекснинского и Мологского отрогов составляет 20—30, в Волжском — 150 экз. Большой численности зоопланктон достигает в южной части Центрального плеса, составляя в среднем для этого района 10 тыс. экз. в 1 м³ для того же поверхностного слоя (0—2 м).¹

Сравнивая развитие зоопланктона водохранилища за два года (1946 и 1948 гг.), мы не находим каких-либо существенных изменений как в его составе, так и в характере доминирования той или другой группы в разное время.

В июле планктон носит копеподно-клагоцерный характер. В начале осени (сентябрь), благодаря сохраняющимся сравнительно высоким температурам за оба года (15—18°), в планктоне доминируют летние формы — представители клadoцер (виды *Daphnia*, *Bosmina*, *Chydorus*).

В эти два года зоопланктон в водохранилище количественно увеличивался к началу осени. Однако в 1948 г. более теплая весна благоприятно сказалась на развитии планктона, количество которого увеличилось в июле по сравнению с 1946 г. в 1.3 раза; с другой стороны, более холодное лето 1948 г. повлияло на уменьшение численности зоопланктона в сентябре по сравнению с 1946 г. приблизительно в 1.2 раза.

Кроме того, в 1946 г. слой 2 м—дно был более богат зоопланктоном, чем в 1948 г. Это обстоятельство можно объяснить меньшей средней глубиной водохранилища в 1946 г.

Для определения всей биомассы зоопланктона в отдельных районах водохранилища биомасса его в 1 м³ воды умножалась на объем водной толщи, вычисленной отдельно для горизонтов 0—2 м и 2 м—дно (расчет на объемы был сделан по данным проф. М. И. Тихого).

Ниже приводятся данные об осредненной биомассе для всей толщи воды по отдельным районам водохранилища в г/м³ (табл. 2).

Из приведенных данных видим, что наиболее продуктивным является Мологский отрог. Биомасса 1 м³ воды в Центральном плесе приблизительно в 2 раза меньше, чем в Мологском отроге. Биомасса зоопланктона в Волжском отроге заметно меняется по сезонам. Если в июле на 1 м³ приходится 0.125 г, то в сентябре 0.441 г.

Что касается общего запаса планктонного корма, то в этом отношении Центральный плес стоит на первом месте вследствие большего объема водной толщи по сравнению с отрогами.

¹ Данные по Шекснинскому и Мологскому отрогам относятся к 1948 г., а по Волжскому отрогу и Центральному плесу — к 1946 г.

Таблица 2

Месяц	Шекснин- ский отрог	Мологский отрог	Волжский отрог	Централь- ный плес	В целом по водо- хранилищу
Июль	0.165	0.557	0.125	0.210	0.216
Сентябрь		0.410	0.445	0.284	0.300

Биомасса кормового планктона в 1948 г. для всего водохранилища в июле равнялась 51 035 ц, а в сентябре 64 436 ц, что при площади водохранилища в 435 тыс. га составит в июле 11.7, а в сентябре 14.8 кг/га. По количеству организмов зоопланктона в 1 м³ и биомассе сырого осадочного планктона Рыбинское водохранилище на данном этапе формирования уступает высококормным эвтрофным водоемам бассейна Балтийского моря и Урала, приближаясь к средnekормным водоемам того же типа, например озерам Ильмень, Чудскому, Переславскому, или Синара (Урал).

Следует оговорить, что подобную оценку мы даем по остаточной продукции зоопланктона, так как последний в условиях водохранилища значительно поглощается рыбами, и не только планктонофагами, как снеток, рипус, ряпушка, но в раннем возрасте все виды рыб в водохранилище питаются зоопланктоном, а у некоторых из них, как, например, у леща, окуня, густеры, чехони, язя, период питания зоопланктоном растягивается даже на несколько лет.

Сопоставляя полученные данные по развитию фитопланктона в Рыбинском водохранилище с опубликованными данными по другим водохранилищам (Учинское — К. А. Гусева, 1941, 1947; Днепровское — Д. О. Свиренко, 1938; Магнитогорское — С. Д. Муравейский, 1937; водохранилища Донбасса — Л. А. Шкорбатов, 1936; Клязьминское — П. И. Вертебная, 1939, 1948), можно отметить, что общей чертой для всех их служит массовое развитие фитопланктона в вегетационный период — цветение воды. С затоплением новых площадей увеличиваются запасы питательных солей (азота, фосфора, железа), которые способствуют пышному развитию фитопланктона. Для многих водохранилищ цветение в летний период обусловлено теми же представителями сине-зеленых, что и в Рыбинском водохранилище.

В отношении продукции фитопланктона Рыбинское водохранилище интересно сравнить с водохранилищами, по которым имеются многолетние данные (за 10 лет), например с Учинским и Клязьминским. В указанных водохранилищах максимум развития фитопланктона за десятилетний период приходится на разные месяцы вегетационного периода (июль—сентябрь). Наибольшего развития фитопланктон достигал в первые годы заполнения водохранилища.

Так, на второй год после поднятия уровня до проектной отметки среднее количество клеток фитопланктона в поверхностном слое в июле по Учинскому водохранилищу равнялось 92 млн, а по Клязьминскому — 1.5 млрд/л. В последующие годы шло заметное уменьшение в развитии фитопланктона, и в 1945 г., т. е. через 10 лет после затопления, количество фитопланктона в Учинском водохранилище снизилось до 7—10 млн, а в Клязьминском — до 20 млн клеток/л.

В Рыбинском водохранилище в 1948 г. количество клеток в среднем для всего водохранилища достигло в июле 1.73 млн/л и в сентябре 4.92 млн.

Приведенные данные указывают на меньшую продуктивность Рыбинского водохранилища по сравнению с этими водохранилищами.

Относительно большое количество водорослей в поверхностном слое Учинского и Клязьминского водохранилищ объясняется, возможно, также и тем, что Гусевой и Вертебной была применена более точная методика сбора, при которой учитывался наннопланктон, тогда как при сетном методе, которым нам пришлось пользоваться, не только не учитывался наннопланктон, но не исключена была также потеря некоторой части микропланктона.

Сравнивая Рыбинское водохранилище с другими, например с Ивановским, по данным И. А. Киселева (1948), где учет фитопланктона сделан по сетным пробам, мы видим, что разницы в продукции фитопланктона для конца лета—начала осени между этими водохранилищами не наблюдается. Количество клеток в Ивановском водохранилище в августе 1940 г. (4-й год существования) доходило до 4.8 млн/л, а в Рыбинском в сентябре 1948 г. (10-й год существования) — до 4.9 млн.

Представляет интерес провести сравнение количественных показателей ракового планктона Рыбинского водохранилища с таковыми для других водохранилищ. К сожалению, имеющиеся сведения о зоопланктоне по другим водохранилищам относятся только к первым двум годам их существования, и расчеты среднего количества зоопланктона даны, исходя из всего столба воды — от дна до поверхности, а не на основании фракционированных ловов, как это сделано при изучении Рыбинского водохранилища. Сделав соответствующее перечисление и для Рыбинского водохранилища, мы тем не менее считаем не лишним провести это сравнение, хотя бы для получения ориентировочных данных для характеристики особенностей развития зоопланктона в разных водохранилищах.

Так, в Учинском водохранилище, по данным В. М. Рылова (1941), в июле 1937 г. количество рачков доходило до 17 тыс. экз./м³. В Ивановском, по Е. С. Неизвестной-Жадиной (1941), в июле 1938 г. количество рачков равнялось 13.6 тыс. экз./м³. В Рыбинском водохранилище, по нашим данным, в июле 1948 г. численность рачков составляла 9.8 тыс. экз./м³.

Приведенные данные указывают на то, что количественное развитие ракообразных в Рыбинском водохранилище на десятом году существования в летний период (июль) ниже, чем в других того же типа водоемах в первые годы их существования.

Второе отличие для сравниваемых водохранилищ состоит в том, что в Рыбинском водохранилище к началу осени не наблюдалось снижения в количественном развитии зоопланктона, какое было отмечено для других водохранилищ. Так, в сентябре в Учинском водохранилище (1937 г.) было 3.3 тыс. экз., в Ивановском (1938 г.) — 7.6 тыс. экз. и в Рыбинском (1948 г.) — 9.9 тыс. экз./м³. Это явление, повидимому, можно объяснить метеорологическими условиями, так как приведенные данные относятся к разным годам.

В заключение считаем нужным остановиться на том, в какой степени полученные нами данные по Рыбинскому водохранилищу подтверждают или не подтверждают тот прогноз, который был дан Б. С. Грезе в 1939 г.

При сравнении наших двухгодичных данных с прогнозом Б. С. Грезе можно сказать, что в отношении качественного состава планктона прогноз в значительной степени подтвердился. Предполагалось, что гидробиологическая характеристика сформировавшегося водохранилища будет в основном близка тому, что было характерно для заливных пойменных озер междуречья.

Разница заключается в том, что в водохранилище из фитопланктона на передний план выступили другие представители названных групп водорослей, а не те, которые получили богатое развитие в озерах. Если в озерах междуречья доминировали из синезеленых *Microcystis* и *Aphanizomenon*, то в водохранилище они уступили это место другому представителю той же группы — *Aphanizomenon*.

Известно, что развитие того или другого вида водорослей определяется наличием питательных солей (N, P, Fe), необходимых в определенных концентрациях для каждого вида. По данным Н. А. Мосевича, фосфор и железо присутствовали в водохранилище в течение круглого года. Нитратный азот в вегетационный период снижался до нуля, и таким образом он находился в первом минимуме. В озерах междуречья содержание нитратного азота, даже в период богатого развития водорослей, в некоторые годы (например в начале августа 1935 г.) колебалось от 0.034 до 0.04 мг/л.

Подобное содержание азота обеспечивало развитие более требовательных к азоту форм, как *Aphanizomenon* и *Microcystis*. Что касается *Aphanizomenon flos-aquae*, то эта синезеленая водоросль, как менее требовательная к азоту, получила возможность к массовому развитию в водохранилище.

Прогноз пока не подтвердился в отношении количественной оценки продуктивности зоопланктона. Б. С. Грезе была предсказана величина кормовой биомассы для Рыбинского водохранилища в 180 кг/га, тогда как в настоящее время мы имеем всего около 12 кг в июле и 15 кг в сентябре.

Возможно, что нарастание численности и биомассы зоопланктона будет происходить позднее, при дальнейшем эвтрофировании водоема.

ЛИТЕРАТУРА

- Вертебная П. И. 1939. Водоросли Клязьминского водохранилища канала Москва—Волга в 1937—1938 гг. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, т. XI, вып. 6.
- Вертебная П. И. 1948. Цветение воды Клязьминского водохранилища. Сб. «Загрязнение и самоочищение водоемов», вып. 1, М.
- Грезе Б. С. 1928. О планктоне рр. Шексны, Мологи и Сити. Тр. Яросл. естеств.-истор. инст. краеведч. общ., т. IV, вып. 2.
- Грезе Б. С. 1948. Материалы по продуктивности зоопланктона в Валдайском озере. Изв. ВНИОРХ, т. 26, вып. 2.
- Гусева К. А. 1941. Цветение Учинского водохранилища. Тр. ЗИН АН СССР, т. VII, вып. 1.
- Гусева К. А. 1947. Фитопланктон Учинского водохранилища. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, т. II, вып. 2.
- Есырева В. И. 1945. Флора водорослей р. Волги от Рыбинска до г. Горького. Тр. Ботан. сада МГУ (Ученые записки), кн. V, вып. 82.
- Киселев И. А. 1946. К вопросу о качественном и количественном составе фитопланктона водохранилища на Волге. Тр. ЗИН АН СССР, т. VIII, вып. 3.
- Ласточкин Д. А. 1936. Гидробиологические исследования рр. Волги и Мухомы. Тр. Ивановск. с.-х. инст., вып. 2.
- Ласточкин Д. А. 1947. Рыбинское водохранилище. Природа, № 6.
- Муралейский С. Д. 1937. Материалы по биологической продуктивности водохранилищ. Зоол. журн., т. XVI, 6.

- Неизвестнова-Жадина Е. С. 1941. Планктон Ивановского водохранилища в 1937—1938 гг. Тр. ЗИН АН СССР, т. VII, вып. 1.
- Рылов В. М. 1941. Зоопланктон Учинского водохранилища. Тр. ЗИН АН СССР, т. VII, вып. 1.
- Свиренко Д. О. 1938. Дніпровське водосховище. Тр. Дніпропет. гідроб. ст., т. IV, вып. 1.
- Уломский С. Н. 1951. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер. (К вопросу о методе определения видовой биомассы зоопланктона). Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. I, М.—Л.
- Шкорбатов Л. А. 1936. Водохранилища Донбасса. Сб. «Донбасс, его санит. изуч. и оздоровл.», вып. I, Госмедиздат УССР.

Ц. И. НОФФЕ

ФОРМИРОВАНИЕ ДОННОЙ ФАУНЫ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Выяснение условий формирования животного и растительного мира в водохранилищах и вскрытие закономерностей, определяющих процессы формирования в зависимости от разных условий, в настоящее время, в связи с широко развернувшимся строительством новых гидротехнических сооружений, приобретает чрезвычайно важное значение. Регулярное изучение в этом отношении Рыбинского водохранилища должно несомненно оказать существенную помощь в разрешении всей проблемы в целом, поскольку накопленные в ходе наблюдений материалы, отражающие постепенные изменения флоры и фауны водоема под влиянием изменяющихся условий среды, заключают в себе много характерных моментов, могущих послужить отправным материалом для прогнозирования фауны и режима и на других водохранилищах.

В своих работах на Рыбинском водохранилище мы ставили себе целью охватить исследованиями в разные сезоны года всю площадь водоема, учитывая разнотипность отдельных его частей (районов), и проследить за процессами изменения и нарастания кормовых ресурсов водохранилища по мере формирования последнего. Исследования проводились главным образом методом экспедиционных съемок, приуроченных к летнему, осеннему и зимнему периодам. Работы проходили в комплексе с наблюдениями за гидрологическим и гидрохимическим режимом водохранилища и совершающимися в нем микробиологическими процессами.

Видовой состав бентоса и его развитие в водохранилище отличаются большой пестротой и зависят главным образом от характера затопленного грунта, степени его разложения, процессов аккумуляции взвешенных и влекомых наносов и ряда других условий.

По неполным систематическим определениям материалов за 1946 и 1948 гг., в водохранилище, преимущественно в его открытой части, обнаружено свыше 20 форм олигохет, около 25 форм моллюсков, более 30 форм тендипедид; найдены пиявки (5 форм), личинки ручейников, стрекоз, поденок, мшанки, ракообразные и др.

Преобладающими видами животных являются представители олигохет, личинок тендипедид и моллюсков, свойственные пойменным и озерным водоемам Молого-Шекснинского междуречья до затопления; роль других групп фауны была невелика, и редко где отдельные виды этих групп достигали сколько-нибудь заметного обилия; на отдельных участках (лесные угодья) в 1946 г. значительно развиты были ракообразные (водяной ослик).

Следует отметить, что в 1948 г. наблюдалось большее однообразие бентоса по сравнению с 1946 г. Объясняется это тем, что в 1947 г. подъем уровня достиг своей проектной отметки, благодаря чему была затоплена начавшая формироваться литоральная зона с зарослями высшей водной растительности, являющимися обычно пристанищем многообразной прибрежной фауны, и главным образом личинок насекомых.

Исследованиями 1946 и 1948 гг. установлено, что формирование дна водохранилища и его фауны не было закончено: биоценозы полностью еще не сложились и представляли собой «становящиеся группировки», по терминологии В. И. Жадина, или «неорганизованные биоценозы», по Гаузе. Таким образом, период становления водохранилища оказался более продолжительным, чем это предусматривалось прогнозом; чрезвычайно медленные темпы заиления не сгладили пестроты затопленных участков и задержали формирование биоценозов и их развитие.

Благодаря мозаичности дна, разновременному заливанню отдельных участков, пестроте гидрохимических показателей и т. п., состав бентоса и его количественное развитие далеко не одинаковы в разных районах водохранилища; даже близко расположенные участки резко разнятся между собой.

Участки водохранилища, являющиеся бывшими руслами рек и ложами озер, характеризуются развитием фауны, состоящей из сравнительно разнообразного комплекса олигохет, личинок тендипедид и моллюсков. При этом наибольшее обилие и распространение на подобных участках имеют олигохеты, развитие которых летом 1946 г. достигало свыше 9 тыс. экз./м², а в 1948 г. — до 14 тыс. экз.

Характерно, что на русловых участках нижнего плеса водохранилища и в бывших глубоких озерах (Перемут, Святое и др.) указанная группировка отличается преобладанием форм лимнофильного комплекса, в отрогах же, в пределах бывших русел рек, большое развитие получают формы, характерные для медленно текущих равнинных рек.

Сказанное весьма отчетливо можно иллюстрировать материалами по Шекснинскому отрогу.

Так, для верхнего участка Шекснинского отрога у г. Череповца характерны в большом количестве *Limnodrilus newaensis* и в средних количествах *Viviparus conlectus*, *Sphaerium corneum* var. *scaldianum*, *Tendipes reductus*;¹ ниже, у с. Городище, количество реофильных форм и их обилие уменьшаются — встречаются еще *Limnodrilus newaensis*, *Harnischia* и появляются в заметных количествах иловые формы: *Hyodrilus hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Valvata piscinalis* и, наконец, у с. Вояницы, уже в Центральном плесе, отмечаются почти одни лимнофильные формы: *Hyodrilus hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Procladius*, *Valvata piscinalis*.

Таким образом, реофильный аспект фауны бывших русел рек более ярко выступает в верхних частях отрогов; по мере же продвижения вниз, к Центральному плесу, он становится все более слабо выраженным и сохраняется лишь на тех участках, где в силу тех или иных причин имеет место свойственное рекам движение воды, например в русле Мологи в районе бывш. г. Молога, омываемом водами Волжского отрога, и в устьях впадающих в водохранилище речек Себлы, Согожи и др.

¹ *Tendipedidae* определены Э. Н. Берг

Интересно отметить, что *Limnodrilus newaensis* в новых условиях имели щетинки, сильно отличающиеся по своему виду от щетинок *Limnodrilus newaensis*, обычно обитающих в реках.

Участки водохранилища, представлявшие до затопления сенокосные угодья, выгоны, усадьбы земли, как в Центральном плесе, так и в отрогах осваиваются организмами сравнительно медленно, что может быть объяснено замедленным процессом заиления дна и структурной перестройкой почвы, что подтверждается данными микробиологического анализа грунтов. Пионерами в заселении затопленных почв явились личинки тендипедид, составляющие на большинстве станций этих участков свыше 50—70% всей фауны. Доминирующей их формой в 1946 г. была *Glyptotendipes* (что характерно для многих существующих водохранилищ), доходившая до 1640 экз./м² (затопленный луг у с. Морозихи). Большое значение также имели *Endochironomus pum- phoides* и *signaticornis*. В 1948 г. количество личинок *Glyptotendipes* резко снизилось: преобладающее место заняли *Tendipes semireductus* и *Procladius*.

Затопленные участки леса и кустарников из-за трудностей взятия проб существующими приборами исследованы наименее полно. Пробы преимущественно удавалось брать в промежутках между пнями, что, конечно, не дает исчерпывающей картины о характере заселенности этих участков донными организмами. Здесь в большинстве случаев были обнаружены в небольших количествах олигохеты (*Limnodrilus clare-deanus*), несколько видов личинок тендипедид (*Atanytarsus*, *Psectrocladius psilopterus*, *Tendipes semireductus*, *T. plumosus-reductus*, *Limnochironomus*), пиявки и ракообразные (*Asellus aquaticus*). На извлеченных из воды карчах и небольших кустарниках (1946 г.) найден разнообразный и обильный биоценоз, состоящий из большого количества *Asellus aquaticus*, моллюсков (преимущественно *Planorbis*), личинок тендипедид, ручейников и поденок, пиявок, губок и др. В сентябре 1946 г. количество водяного ослика на дне между деревьями, на подстилке из крупных растительных остатков, достигало в среднем 1970 экз./м² при весе 8.11 г/м².

На сравнительно обильную фауну, скапливающуюся на затопленных пнях, указывают также В. Я. Панкратова для Волжского бейшлота и В. И. Жадин для Учинского водохранилища. Аналогичное явление отмечается и для нового водохранилища Выгозера Б. М. Александровым, где наличие большого количества пней, стволов, деревьев и прочих остатков, заселенных фауной, значительно повышает кормовые возможности сублиторальной зоны.

В 1948 г. количество *Asellus* на лесных участках резко сократилось. Лишь в двух случаях было обнаружено его присутствие; при этом обилие *Asellus* не превышало 80 экз./м².

Количественный максимум бентоса, как и в других водохранилищах, наблюдается на участках бывших русел рек и бывших пойменных водоемов с илистыми и песчано-илистыми отложениями, подвергающихся в предвесенний период воздействию возникающих здесь течений. Количественное распределение его на отдельных русловых участках характеризуется такой же неравномерностью, как и распределение по качественному составу. Наиболее продуктивны указанные биотопы в Волжском отроге, менее продуктивны они в Центральном плесе; наименьшей продуктивностью отличаются русловые участки Шекснинского и Мологского отрогов. Эта особенность, заключающая в себе элементы законо-

мерности в биологической производительности разных биотопов, наблюдалась не только в 1948 г., но и в 1946 г.

В пределах бывших русловых участков и пойменных водоемов характерно постепенное повышение продуктивности по направлению от верхних участков отрогов к Центральному плесу (табл. 1).

Таблица 1

	Бывшее русло Мологи			Бывшее русло Шексны			Бывшие пойменные озера	
	у г. Весе- гонска	у с. Моро- зихи	у г. Мо- логи	выше с. Горо- диче	ниже с. Горо- диче	у с. Вон- гицы	в Молог- ском отроге	в Централь- ном плесе
Биомасса бентоса, в г/м ²	2.420	21.840	38.860	6.825	34.310	38.220	22.120	50.300

Различия в продуктивности объясняются, как уже отмечалось, различным качественным составом фауны.

Продуктивность дна бывшей суши (выгоны, сенокосные угодья, усадьбы земли) весьма различна; чаще подобные биотопы сравнительно бедны животными, причем на отдельных участках они совершенно отсутствуют (например затопленные торфяные болота Центрального плеса, по наблюдениям 1946 г.). Пониженный темп заселения, в особенности Центрального плеса, вызывается присутствием мощных торфяников. В продуктивно-биологическом отношении на таких участках имеются пессимальные условия, близкие к таковым в дистрофных и дистрофированных озерах, характеризующихся значительным дефицитом кислорода у дна, что связано с интенсивно протекающими окислительными процессами.

На отсутствие организмов на некоторых участках и в Клязьминском водохранилище на третьем году его существования указывал Н. К. Дексбах.

Затопленная суша (пашни, сенокосные угодья, усадьбы земли) в отрогах характеризуется значительно большей продуктивностью по сравнению с Центральным плесом, что обуславливается, во-первых, оседанием в отрогах более значительного количества организмов речного стока и, во-вторых, относительно меньшей шириной затопленного пространства, благодаря чему возможно более интенсивное заселение личинками тендипедид, поскольку летательная способность их взрослых форм весьма ограничена. Положительным моментом является также меньшее ветровое волнение в отрогах: спокойная поверхность воды благоприятствует откладыванию яиц взрослыми тендипедами во время роения.

Не менее важным фактором, от которого зависит производительность затопленных угодий, является степень разложения грунта и степень обеспечения органическим веществом, что особенно важно для развития тендипедид. В тех случаях, когда вновь образованный биотоп значительно заилен и процесс разложения растительного покрова с выделением гнилых веществ почти закончен, наблюдается чрезвычайно высокое развитие тендипедид; в случае же, когда затопленный биотоп (луг, пашня)

заливается медленно и превалируют процессы намыва песка, обилие животных, в частности личинок тендипедид, незначительно.

Указанные процессы убедительно подтверждаются данными химического (Н. А. Мосевич) и микробиологического (М. В. Мосевич) анализов (табл. 2).

Таблица 2

Характер грунта	Количество тендипедид в 1 м ²	Биомасса тендипедид в 1 м ²	Количество бактерий в 1 г сухого грунта	Гумус, в %	С, в %	N (общ.), в %	N (легко гидрол.), в %
Хорошо разложившийся растительный покров; слой ила свыше 5 см	5100	17.525	7 036 666	9.86	5.75	0.41	0.016
Хорошо сохранившийся растительный покров, занесенный мелким песком; почти не занят	360	0.080	125 308	0.38	0.22	0.03	0.006

Бентос затопленных лесных участков с подзолистыми почвами на мелкозернистых песках характеризуется резкими колебаниями численности и биомассы: от 40 экз./м² с весом 0.008 г до 2480 экз./м² с весом 12.172 г.

Необходимо отметить, что в 1946 г. наблюдалась более высокая биомасса бентоса на лесных угодьях, чем в 1948 г. Это связано было с обилием водяного ослика, который составлял 87% количества и до 70% веса всей биомассы. Как это нами и предусматривалось, количество *Asellus* в 1948 г. резко снизилось в связи с увеличением глубины вследствие доведения уровня до максимальной отметки.

Наблюдения показали, что развитие *Asellus*, являющегося типично литоральным видом, ограничивается глубинами, преимущественно не более 2—4 м. Надо полагать, что водяной ослик либо вовсе исчез из водоема вследствие неблагоприятных для него новых условий обитания, либо мигрировал в литораль.

Приведенные данные о распределении бентоса на различных по характеру угодьях в сопоставлении с химическим анализом грунтов позволяют установить закономерность в размещении биомассы бентоса на вновь образовавшихся биотопах, в зависимости от количества органического вещества в грунтах, причем наибольшая продуктивность дна наблюдается там, где имеется большая степень обогащения грунтов органическим веществом. По данным Н. А. Мосевича, содержание органического вещества в грунтах дна бывших водоемов (русел рек, пойменных озер) составляет в среднем 10.44% (в граммах на 100 г сухого образца) с колебаниями от 38.9 до 1.44%, в районах же затопленной суши (полей, лугов, лесов и др.) в среднем 5.61%, с колебанием в пределах всего лишь от 14.4 до 0.38%.

Касаясь сезонных изменений бентоса, следует отметить, что наиболее низкие биомассы наблюдаются в зимний период: затопленные русла рек и ложа озер Мологского отрога 9.94 г/м², Шекснинского отрога — 9.67, затопленные луговые и окультуренные земли Мологского отрога — 1.96, Шекснинского — 1.43 г/м². При этом обнаруживается такая же закономерная зависимость количественного развития бентоса от характера

затопленных угодий, что и в открытый период, а именно: максимум в бывших руслах рек, минимум на затопленных почвах.

Открытый период, как указано выше, характеризуется более высокими цифрами биомассы бентоса, но при этом необходимо отметить, что июльские и сентябрьские цифры, повидимому, не выражают максимума биомассы, так как этот период совпадает с временем вылета тендипедид и усиленным потреблением кормов рыбой. Вероятнее всего, что максимум приходится на весенний период, до начала вылета тендипедид. На это указывает также и то, что в весеннем питании рыб тендипедиды более разнообразны и занимают больший удельный вес, чем в летнем питании.

Исходя из характера затопленных площадей, их размеров и особенностей развития на них фауны, нами высчитана средняя биомасса бентоса для летнего периода 1946 и 1948 гг. на 1 га для водохранилища в целом и отдельных его районов. Ниже приводятся эти данные для июля 1948 г. (табл. 3).

Таблица 2

Район водохранилища	Сред- няя бен- то- масса в кг/га	В том числе							
		олигохеты		моллюски		тендипедиды		остальные	
		кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
Центральный плес . . .	38.0	7.3	19.2	8.0	21.0	22.1	58.2	0.6	1.6
Мологский отрог . . .	46.3	5.8	12.5	4.4	9.5	35.7	77.1	0.4	0.9
Шекснинский отрог . . .	79.7	6.3	8.0	7.1	8.9	65.8	82.5	0.5	0.6
Волжский отрог	262.8	134.1	51.0	16.1	6.1	112.4	42.8	0.2	0.1
По всему водохрани- лищу	49.7	9.5	19.2	7.8	15.7	31.8	63.9	0.6	1.2

При сравнении биомассы бентоса за 1946 и 1948 гг. можно отметить, что биомасса в 1948 г. значительно уступала (за исключением Шекснинского отрога) тому, что наблюдалось в 1946 г., когда последняя составляла по водохранилищу в целом 83.3 кг/га и 55% ее приходилось на долю водяного ослика. Если сопоставить данные по биомассе бентоса за эти два года без водяного ослика, развитие которого в открытой части водохранилища, несомненно, имело временный характер, то можно обнаружить некоторую тенденцию к увеличению биомассы в 1948 г. (49.7 кг/га) против 1946 г. (37.8 кг/га).

Наличие этой тенденции свидетельствует о том, что самый начальный этап формирования дна водохранилища с максимальным отрицательным воздействием биоорганоминерального комплекса затопленных почв на газовый режим уже пройден и что в настоящее время идет процесс накопления органического вещества и замедления дна водохранилища.

Увеличение биомассы донной фауны водохранилища идет по линии большего развития представителей основных групп бентоса — олигохет, моллюсков и тендипедид — преимущественно иловых форм, что видно из данных (табл. 4).

Обращает на себя внимание высокая биомасса бентоса в Шекснинском отроге в 1948 г., обусловленная большей популяцией тендипедид, в то время как в 1946 г. этот отрог имел наименьшую по сравнению с другими участками продуктивность дна.

Таблица 4

Год	Олигохеты, в %	Моллюски, в %	Тендипе- диды, в %	Остальные, в %
1946	14.0	42.0	8.0	36.0
1948	19.2	63.9	15.7	1.2

Можно полагать, что одной из возможных причин высокой продуктивности этого отрога в 1948 г. явилось чрезвычайно сильное развитие фитопланктона, которое протекало особенно интенсивно в этой части водохранилища.

Произведенные Е. И. Киселевой анализы питания личинок тендипедид показали, что они весьма интенсивно потребляют водоросли, в частности синезеленые и при этом свежееотмершие. К сожалению, отсутствие количественных данных о развитии фитопланктона в 1946 г. не позволяет пока с достаточной ясностью оценить роль фитопланктона как фактора, определяющего обилие и распределение бентоса, в частности тендипедид.

Одновременно следует заметить, что метеорологические условия 1948 г. также способствовали развитию тендипедид: ранняя и более теплая весна 1948 г. вызвала раннее роение *Tendipes*, а исключительно теплые дни первой половины июля обеспечили хороший рост появившейся молодежи тендипедид.

Можно констатировать, что донная фауна Рыбинского водохранилища в 1948 г. отличалась высокой кормовой ценностью. Свыше 80% ее (по водохранилищу в целом) составляют в летний период тендипедиды и олигохеты, являющиеся наиболее распространенными объектами питания рыб и обладающие наибольшей питательной ценностью по величине сухого веса, калорийности и содержанию азота. Наиболее высокой кормовой ценностью бентоса характеризуются отроги водохранилища (биомасса тендипедид и олигохет равна 90—94%); Центральный плес несколько им уступает, так как 21% его биомассы составляют моллюски, имеющие более низкий кормовой коэффициент, но являющиеся вместе с тем часто излюбленным и необходимым элементом питания ряда рыб.

В 1946 г. кормовая ценность бентоса была значительно ниже, чем в 1948 г. Тогда преобладающее место в бентомассе всех районов, кроме Волжского, занимал водяной ослик, не являющийся объектом питания большинства рыб, обитающих в водохранилище; большое место также занимали пиявки. Количество тендипедид, олигохет и моллюсков было незначительно. Исключение составлял лишь Волжский отрог, в котором бентос и в 1946 г. отличался высокой пищевой ценностью (свыше 76% бентоса составляли личинки тендипедид и около 15% — олигохеты).

Улучшение кормовой ценности бентоса в 1948 г. против 1946 г. нашло свое отражение в несколько лучшем темпе роста рыб.

Сравнение Рыбинского водохранилища с рядом других водохранилищ и некоторыми крупными естественными водоемами близлежащих областей указывает, что Рыбинское водохранилище находится еще в стадии формирования и накопления своей фауны и в настоящее время по продуктивности уступает другим, ранее образованным водоемам подобного типа, а также крупным, сравнительно сходным по физико-химическим условиям эвтрофным водоемам и близко по биомассе к Ладожскому

озеру. Меньшая биопродуктивность Рыбинского водохранилища объясняется, как уже отмечалось, слабым заилением его дна и малым содержанием органических веществ в грунтах. Грунты водохранилища содержат по сравнению с типично илистыми отложениями озер и других сформировавшихся водохранилищ значительно меньшее количество общего и легкогидролизуемого азота. Эти особенности согласуются с недостаточной интенсивностью микробиологических процессов, протекающих в грунтах водохранилища.

Небезынтересно остановиться еще на одном моменте в наших исследованиях. В ходе работ на водохранилище нас, естественно, интересовал вопрос, в какой мере прогнозы, данные ВНИОРХ'ом задолго до возникновения водохранилища, себя оправдали в части формирования его гидробиологического режима. Дело в том, что прогнозирование биологических условий является, во-первых, новой областью научных работ и, во-вторых, должно в будущем иметь весьма большое значение для своевременного разрешения практических задач, связанных с хозяйственной эксплуатацией водоемов. Рыбинское водохранилище должно было в этом отношении явиться школой, на опыте которой можно было бы практику прогнозирования распространить и на другие создаваемые водохранилища.

Сопоставляя данные исследований 1946 и 1948 гг. с прогнозами, которые были даны на основании изучения водоемов и территорий в районе будущего водохранилища, можно отметить, что в части качественного видового состава фауны, закономерностей ее распределения и локальных особенностей прогноз в основном подтвердился, за исключением отдельных частных особенностей, не имеющих принципиального значения. Была предусмотрена прогнозом (Б. С. Грезе) наиболее богатая группировка биоценозов ложа озерно-пойменных водоемов и русла рек с усилением роли пелофилов и с оттеснением реофилов в верховые участки отрогов или в места сужения отрогов. Как и предполагалось, исчезли из состава гидрофауны Центрального плеса гидробионты стабильных плотных грунтов речного типа. Основными формами по своему количественному развитию, как и предполагалось, явились тендипедида.

Что касается количественной стороны развития кормовой базы, то фактическое состояние резко разошлось с тем, что намечалось (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение бентомассы Рыбинского водохранилища в 1948 г. с бентомассой по прогнозу (в г/м²)

	Мологский отрог	Шекснин- ский отрог	Централь- ный плес	Волжский отрог	По всему водохрани- лищу
Июль 1948	46.3	79.7	38.0	263.0	49.7
Прогноз	70	68	269	100	221

Сравнивая количественное развитие бентоса по прогнозу, который был сделан с учетом распределения различных грунтов в будущем водохранилище (Б. С. Грезе), с цифрами, полученными в результате исследований 1948 г., видно, что последние значительно ниже прогнозируемых.

Наиболее существенные различия в величине биомассы бентоса имеют место в Центральном плесе; в отрогах Мологском и Шекснинском цифры количественного развития бентоса довольно близки к прогнозу; в Волжском отроге бентомасса значительно выше предусмотренной, так как не было учтено значение большой проточности, отсутствие болот, аллохтонный характер заиления и качество вод.¹

Расхождение фактического развития бентоса с прогнозом на основной площади водохранилища объясняется тем, что процесс становления водохранилища протекает гораздо медленнее, нежели это намечалось. Хотя прогнозом и предусматривалось довольно медленное заиление дна водохранилища, равное 3—5 мм иловых отложений в год, при общей продолжительности становления в 12—15 лет, но фактические темпы заиления оказались во много раз более слабыми. Достаточно заметить, что на колонках грунта, вырезанных щупом на разных участках водохранилища в 1948 г., мы находили размокшую почву без заметных следов илообразования. Это говорит о том, что фактор аллохтонного значения в процессе заиления, ввиду огромной площади водоема, играет ничтожную роль. Заиление за счет автохтонного происхождения протекает также весьма медленно, не энергично протекают и биохимические процессы. Все это не могло не сказаться на количественной стороне развития фауны, и в первую очередь на развитии бентоса. Кроме того, не была учтена ежегодно осушаемая зона в результате сработки уровня.

В последующем биомасса водохранилища должна возрасти за счет расширения ареала пелофилов.

¹ Можно предполагать, что цифры биомассы во Волжском отроге в 1948 г. несколько завышены, так как исследования велись в нижней его части.

Е. Г. СТЯЖКИНА

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КУТУЛУКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Цель настоящей работы изучить гидрохимический состав воды Кутулукского водохранилища, выяснить пригодность ее для орошения сельскохозяйственных площадей и возможность наиболее рационального и интенсивного рыбохозяйственного использования водохранилища.

Кутулукское водохранилище, расположенное в северной части среднего Заволжья, на границе двух районов Куйбышевской области — Богатовского и Петровского, — образовано в 1938 г. подпором р. Кутулук (притока р. Кинель, впадающей в левобережный приток Волги — Самару).

Водохранилище используется для орошения сельскохозяйственных земель, расположенных ниже плотины; одновременно оно служит объектом для разведения промысловых рыб: сазана, леща, судака, язя и других пород.

Зеркало водохранилища при максимальном рабочем горизонте равно 2150 га, а его объем составляет 168 млн м³. Водосборная площадь, расположенная в верховьях р. Кутулук, исчисляется в 892 км.²

Баланс водных масс за 1947 г. представляется в следующем виде:

Количество воды в водохранилище на день начала пропуска талых вод	81470 тыс. м ³
Поступило воды с водосборной площади за время паводка	118763 » »
Сброшено из водохранилища	98755 » »
Остаток воды в водохранилище после сброса	101478 » »

Отсюда, разбавление воды, имеющейся в водохранилище, талыми водами выразилось следующим соотношением:

$$\frac{81470 + 118763}{81470} = 2.45.$$

Вскрытие водоема происходит обычно в конце апреля—начале мая. Ледостав наблюдается в середине ноября.

В зимнее время водоем проточности не имеет, не считая ничтожной фильтрации у плотины. В летнее время проточность создается возле плотины благодаря действию оросительной системы, которая начинает функционировать с первых чисел июня вплоть до сентября.

Расход воды из водохранилища за вегетационный период, по данным Управления Кутулукской оросительной системы, выражается следующими цифрами:

Расходуется на орошение	12—15 млн м ³
На фильтрацию и испарение	10—12 » »
Всего	22—27 млн м ³

При изучении минерализации воды нами отмечено, что весенние талые воды, бурно поступая в водоем, смешиваются с зимними, более минерализованными водами водохранилища. В водоем ежегодно поступает почти столько же талой воды, сколько ее содержит водохранилище при максимальном рабочем горизонте, т. е. около 105 млн. м³. Управление Кутулукской оросительной системы перед паводком обычно сбрасывает излишки воды в паводковый канал, так что водные ресурсы водохранилища состоят на 11% из речной воды и на 89% из талых вод.

Весной сбрасывается прежде всего значительная часть зимних вод, так как они расположены около водовыпуска; основные же массы талой воды приходят с верховья. Это приводит к разбавлению воды и уменьшению ее минерализации. Таким образом, создается до некоторой степени промываемость водоема. Поступающие в водохранилище весенние талые воды смешиваются с зимней водой. Соотношение талых и зимних вод в основном определяет облик ионного состава и степень минерализации воды. Сам процесс смешивания протекает в сложных физико-химических условиях и проследить его в деталях трудно. Однако для выяснения роли химизма талых вод в формировании режима водоема нами был произведен расчет, исходя из известной формулы смешения. Если на 1 часть зимней воды с содержанием иона А добавится $K-1$ часть талой воды с содержанием того же иона С, то разбавление будет равно: $K = 1.00 + (K-1) = 1.91$, а соотношение зимней и паводковой воды составит: $1.00 : 0.91 = 1 : (K-1)$; в воде после паводка содержание иона будет $B = \frac{A + (K-1) \cdot C}{K}$, откуда содержание иона

в талой воде: $C = \frac{BK - A}{K - 1}$. Величина K (разбавление) в нашем случае — величина постоянная и равна 1.91. Индикатором для выявления разбавления был выбран ион хлора, так как его содержание в талой воде водосборной площади р. Кутулук было незначительно.

Одновременно мы учитывали, что хлор, повидимому, не участвует в адсорбционных процессах, как участвуют, например, Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} .

Таким образом, хлор указывает, что соотношение зимних и талых вод произошло в пропорции $1 : 0.91 = 1 : (K-1)$.

Наши аналитические расчеты по химической характеристике талых вод в районе Кутулукского водохранилища сведены в таблице.

Ингредиент	Содержание до паводка, в мл А	Содержание после паводка, в мл В	Разбавление (K)	Содержание в талой воде, в мл С	Содержание в талой воде, в %
K ⁺	2.9	2.1	1.42	1.2	27.3
Na ⁺	21.1	16.4	1.29	10.2	29.6
Ca ⁺⁺	49.2	40.3	1.22	30.6	36.23
Mg ⁺⁺	22.6	12.9	1.75	2.1	7.75
HCO ₃ ⁻	248.4	183	1.36	111.1	28.9
Cl ⁻	9.40	4.9	1.91	—	—
SO ₄ ⁻	46.7	31.2	1.46	16.3	23.8
NO ₃ ⁻	2.0	2.0	1.00	2.0	47.7

Концентрация (в мг/л) отдельных ионов в талой воде определена по формуле смешения вод:

$$C = \frac{BK - A}{K - 1} \text{ при } K = 1.91.$$

Из данных таблицы видно, что минерализация воды после паводка больше чем на 40% составлена солями талых вод. Наибольший удельный вес занимают талые воды в содержании ионов K^+ , Na^+ , Ca^{++} , HCO_3^- , NO_3^- , а наименьший приходится на Mg^{++} .

Этих данных достаточно для того, чтобы представить роль талых вод в формировании минерализации и ионного состава воды водохранилища.

Для выяснения химизма воды Кутулукского водохранилища в сезонном аспекте нами были выбраны три постоянные станции.

Станция № 1 — в верхней части водохранилища, в подлпртом русле р. Кутулук. Глубина реки в этом пункте составляет 3—4 м, ширина русла 20—25 м. Данная станция показывает наибольшее влияние поступающих вод р. Кутулук на химический состав воды водохранилища.

Станция № 2 — в пункте, значительно удаленном от верхней части водохранилища. Пробы отбирались на глубине 8—9 м. Эта станция является наиболее характерной для основной волной массы водоема.

Станция № 3 — возле плотины. Пробы здесь отбирались на глубине 12—13 м, соответствующей затопленному руслу р. Кутулук. Эта станция характеризует воду, поступающую из водохранилища на орошение. Общая минерализация воды в среднем колеблется в течение года в пределах от 293 до 560 мг/л.

Минерализация на станции № 1 значительно выше, чем на двух других станциях. Это объясняется тем, что в реке, особенно в межень, собираются грунтовые воды, воды родников и ключей. В водохранилище же (станция № 2) собирается более пресная паводковая вода. На станции № 3 наблюдается более повышенная по сравнению со станцией № 2 минерализация воды, что объясняется своеобразными местными гидрохимическими условиями. В этом районе выклиниваются в нескольких местах грунтовые воды, а также усиленно разрушается волнобоем правый коренной берег, сложенный пермскими отложениями. Все это, повидимому, и формирует повышенную минерализацию в этом районе.

Центральный плес водохранилища (станция № 2) содержит менее минерализованную воду в сравнении с верховьем и приплотнинным участком.

Разбавление зимней воды в водохранилище талыми водами характеризуется падением кривых между первой и второй сериями отобранных нами проб, т. е. в феврале—маре

В дальнейшем в весенне-летний период наблюдается рост минерализации, что обуславливается гидрологическими и метеорологическими факторами. В это время усиливается испарение воды, более пресная вода откачивается на орошение, а с верховьев поступает пополнение за счет более минерализованной воды р. Кутулук. В этот же период усиливаются процессы минерализации на дне водоема.

Осенний период (до ледостава) характеризуется обильным выпадением осадков, что обуславливает опреснение воды.

На всех трех станциях мы видим закономерность, характерную для всех больших и глубоких водоемов, т. е. повышенную минерализацию воды в придонных слоях по сравнению с поверхностью, причем это вер-

тикальное различие минерализации в весенне-летний период, благодаря частому перемешиванию воды ветром, выражено значительно слабее.

Температура воды на поверхности водохранилища в летний период иногда доходит до 25°C ; средние же температуры в 1947 г. по месяцам следующие: май — 11° , июнь — 16.5 , июль — 20.5 , август — 19.5 , сентябрь — 12.8° .

В зимний период в придонных слоях удерживается довольно высокая температура, например на глубине 12 м она равна 4, а на поверхности подо льдом 0.1°C .

Газовый режим водохранилища в 1947—1948 гг. был вполне удовлетворительным. Содержание кислорода на станции № 1 согласуется с характером питания р. Кутулук. В зимний период и в летию межень, когда река питается грунтовыми подземными водами, количество кислорода падает и процент насыщения низкий. Минимум содержания кислорода составляет здесь $3.23\text{ см}^3/\text{л}$ при 33%-м насыщении. Количество кислорода и процент насыщения его в воде на станциях №№ 2 и 3 обуславливаются другими причинами. На этих станциях проточность почти отсутствует. Характер воды, судя по солевому составу, на протяжении всего года (не считая паводка) изменяется мало. Поэтому грунтовой режим в основном плесе формируется почвенными разностями чаши водохранилища, характером илов и жизнедеятельностью водных организмов (особенно развитием фитопланктона, вызывающим цветение воды). В летний период, как мы увидим дальше, на содержание кислорода в воде влияет и перемешивание воды летом. В зимний период, когда отсутствует перемешивание воды, мы наблюдаем значительное расхождение в показателях по содержанию кислорода на поверхности и дне. На глубинах окислительные процессы отнимают большое количество кислорода из придонных слоев воды.

В отдельных случаях в зимний период мы наблюдаем дефицит кислорода, когда его количество составляет $0.58\text{ см}^3/\text{л}$ (станция № 3) и $1.83\text{ см}^3/\text{л}$ (станция № 2), а процент насыщения колеблется от 6.2 до 19.2.

Дефицитом кислорода охватывается в отдельных случаях (станция № 3) толща воды в 5 м от дна; выше 5 м и до поверхности содержание кислорода превышает $3.67\text{ см}^3/\text{л}$. В это же время в верхних слоях воды кислород оказывается равным 8.1 см^3 при 83%-м насыщении.

В весеннее половодье происходит вентиляция воды в водохранилище, следовательно, паводок сразу же улучшает газовый режим водоема. В летний период, в моменты вспышек цветения воды, количество кислорода значительно увеличивается, а в отдельных случаях даже наблюдается перенасыщение воды O_2 (на станции № 2 в июне и на станции № 3 — в августе).

Сильные штормы сильно взмучивают воду и угнетают развитие синезеленых водорослей, а это ведет к уменьшению содержания кислорода (станция № 2 в июле и августе).

По содержанию CO_2 указанные станции можно охарактеризовать следующими показателями: на станции № 1 максимальное содержание CO_2 15.4 мг/л , на станции № 2 — 18.04 , на станции № 3 — 15.40 . Это наблюдалось в конце зимы (февраль—март) в придонных горизонтах. Вода на поверхности в это время содержала CO_2 5.28 мг/л . В летний период, когда наблюдается массовое цветение воды, CO_2 исчезает из всей толщи воды.

В заключение следует отметить, что в ближайшие годы после создания гидроэлектростанции в водоеме возникнет некоторая проточность, а это в свою очередь значительно улучшит газовый режим водохранилища и в зимнее время. В весенне-летний период окисляемость имеет волнообразную кривую колебаний, что целиком обусловливается характером цветения воды. Выделяющийся пик кривой окисляемости на поверхности станции № 3 совпадает с массовым цветением воды.

Цветение воды на Кутулукском водохранилище протекает необычайно динамично, наблюдаются частые вспышки и затухания.

В 1947 г. окисляемость имела следующую годовую амплитуду:

Вода нефильтрованная:	
на поверхности	3.46 — 14.20 мгО ₂ /л
на дне	3.46 — 11.68 »
Вода фильтрованная:	
на поверхности	3.30 — 11.02 »
на дне	3.22 — 11.02 »

Нитратный азот на протяжении всего сезона почти не изменился и находится в равновесии. Количество общего азота колебалось от 1.01 до 4.06 мг/л.

Фосфор нами определялся в 4 отдельных формах: общеминеральной — минерально-растворенной (1) и минерально-нерастворенной (2), и общеорганической — органически-растворенной (3) и органически-нерастворенной (4).

В весенний паводок накопленный минеральный фосфор частично уносится из водохранилища при весеннем сбросе вод, другая же часть разбавляется талыми водами. После поступления талых вод в водохранилище доминирует группа нерастворенного органического фосфора, все остальные группы встречаются в незначительном количестве.

В весенне-летний период происходит только перегруппировка отдельных видов фосфора, валовая его величина изменяется незначительно. В период массового цветения водорослей в минимуме находится минеральный растворенный и органический нерастворенный фосфор, содержание остальных видов фосфора значительно выше.

В январе отмечается постоянство валового фосфора на станции № 1, что связано с поступлением зимних талых вод, на двух других станциях он значительно падает вместе с отмиранием фитопланктона.

Количество фосфора колебалось:

Фосфор валовый	от 0.2 до 0.63 мг/л.
Фосфор растворенно-минеральный	от 0.01 до 0.04 »
Фосфор минерально-суммарный	от 0.063 до 0.26 »
Общерастворенный фосфор	от 0.06 до 0.24 »

Количество биогенных элементов вполне достаточно для развития кормовых ресурсов водохранилища.

На основании полученных нами гидрохимических материалов, а также исследований других авторов, воду Кутулукского водохранилища в смысле ее рыбохозяйственного использования следует оценить положительно.

К положительным факторам в рыбоводном отношении следует отнести следующие гидрохимические показатели:

1) газовый режим является вполне удовлетворительным и никаких опасностей в отношении замора рыб не вызывает;

2) активная реакция среды (рН) воды составляет 7.0—8.3, что относится к оптимальным условиям существования рыбы;

3) окисляемость воды находится в тех нормальных пределах, которые не могут угрожать ухудшению газового режима;

4) вода содержит значительное количество Са (40—50 мг/л) и К (2.6—4.4 мг/л).

По содержанию Са и К, а также биогенов (Р, N, Fe⁺⁺) Кутулукское водохранилище можно причислить к водоемам с хорошей продуктивностью.

Вопрос о пригодности вод для орошения в засушливых районах мало изучен. О. А. Алекин отмечает, что второй тип вод (по его классификации), к которому принадлежит вода Кутулукского водохранилища, относится к мало минерализованным хорошим оросительным водам, в то время как первый тип воды может благоприятствовать соленакоплению и повышению рН почвы.

Для того чтобы не повышать существующую минерализацию, следует увеличивать разбавление старого, зимнего, запаса воды талыми водами, которые поступают в водохранилище. Исходя из последнего, нужно продолжать практиковать предпаводковый сброс, что будет влиять на увеличение коэффициента разбавления.

Вода Кутулукского водохранилища также содержит значительное количество биогенов и ионов, необходимых для сельскохозяйственных растений, которые в некоторой степени дополняют питательные ресурсы орошаемых полей. На 1 га за вегетационный период приходится:

NO ₃ ⁻	7.5 кг
Р	0.3 »
К ⁺	6.0 »
Са ⁺⁺	120 »

рН воды исследуемого водоема держится в пределах 7.0—8.2, что является оптимальным для развития орошаемых культур.

Выводы

1. Вода Кутулукского водохранилища принадлежит, по классификации О. А. Алекина, к классу гидрокарбонатных вод с преобладающим катионом Са (I группа) и имеет облик второго типа этой группы, где в мг/экв.: HCO₃⁻, Са⁺⁺ + Mg⁺⁺, HCO₃⁻ + SO₄⁼⁼. Средняя минерализация воды колеблется в течение года в пределах 300—500 мг/л.

2. Основное накопление запасов воды в Кутулукском водохранилище происходит в весенний паводок за счет талых, мало минерализованных вод. Соотношение талых вод к зимним водам водохранилища устанавливает в основном весь облик ионного состава и степень минерализации воды в водоеме до следующего паводка.

3. Минерализация воды в водохранилище более чем на 50% составляется солями талых вод, где значительную роль играют ионы К⁺, Na⁺, Са⁺⁺, NO₃⁻, HCO₃⁻.

4. Вода р Кутулук в летнюю межень и в зимний период характеризуется повышенной минерализацией, но ее влияние на гидрохимический режим водохранилища незначительно, что обусловливается незначительным расходом воды этой реки.

5. Грунтовые воды и почвенные разности чашки водохранилища также не оказывают существенного влияния на химизм воды в водоеме, так как ежегодно происходит смешение талых вод с зимними в пропор-

ции 1 : 2, а в отдельные годы с высоким коэффициентом стока 1 : 3, что значительно опресняет воду.

6. Частично на химизм воды и степень минерализации влияет правый берег, сложенный пермскими глинами с вкраплением мергеля и размываемый в нижнем плесе. Это влияние в ближайшее время, как только образуется бичевник и прекратится размывание берега, должно исчезнуть.

7. Вода Кутулукского водохранилища является вполне пригодной для целей орошения.

8. Для того чтобы не происходило аккумуляции солей в водоеме и приближения второго типа воды к первому типу (последняя не вполне пригодна для орошения), необходимо рекомендовать Управлению Кутулукской оросительной системы производить ежегодный предпаводковый сброс воды.

9. Газовый режим водоема является вполне удовлетворительным для рыборазведения.

10. Показатели отдельных солевых ингредиентов, как, например, Ca^{++} и K^+ , а также показатель по содержанию биогенов указывают на хорошую продуктивность водоема.

11. Вода водохранилища с гидрохимической стороны является вполне удовлетворительной для рыборазведения.

12. Кутулукское водохранилище, являющееся мощным водоемом, образованным на местном стоке р. Кутулук, должно сыграть большую роль в преобразовании местной природы.

В. Ф. ГУРВИЧ и М. В. ПАВЛОВА

К ГИДРОБИОЛОГИИ ОРТО-ТОКОЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Вопрос о необходимости рыбохозяйственного освоения водохранилищ широко разрабатывается в советской гидробиологии, и в этом направлении уже достигнуты значительные результаты.

В пределах Узбекистана до сих пор не было водохранилищ, расположенных в горных местностях, на более или менее значительной высоте над уровнем моря. Поэтому постройка Орто-Токойского (Кассансайского) водохранилища, находящегося на высоте свыше 1000 м над уровнем моря, привлекла внимание Кафедры гидробиологии САГУ, которая произвела гидробиологическое обследование этого водоема летом 1949 г.

Орто-Токойское водохранилище сооружено в целях улучшения водоснабжения и увеличения площади орошаемых земель. Необходимость постройки водохранилища диктовалась недостатком воды в период интенсивных поливов в июле—сентябре, при избытке ее в мае—июне. Вода в водохранилище поступает из горной реки, питающейся ледником, которая течет по довольно крутому, узкому ущелью и перед водохранилищем выходит на более широкую и ровную местность, где течение ее замедляется. Ложе реки каменистое, галечниковое, в некоторых местах песчаное. Ближе к устью берега становятся пологими, иногда заболоченными, поросшими тростником, рогозом и некоторыми другими растениями. Водохранилище имеет в общем грушевидную форму, вытянутую с северо-запада на юго-восток. Береговая линия его довольно изрезана, имеется ряд заливов и бухт. Большинство этих заливов представляет собой заход воды между окружающими холмами, но юго-западный залив является затопленной боковой долиной. Берега водохранилища разнообразны: они то довольно крутые, каменистые или глинистые, то полого спускаются к воде и покрыты травянистой растительностью. Как в каждом запрудном водоеме, наименьшие глубины водохранилища находятся в верхней его части, у впадения реки. Далее глубины увеличиваются и достигают максимума на приплотинном участке. Орто-Токойское водохранилище построено в целях использования для ирригации; вследствие этого оно будет характеризоваться большими колебаниями уровня воды.

Прозрачность воды. Питающая водохранилище река, как указывалось, течет преимущественно по твердым или песчанистым грунтам и вследствие этого несет (по крайней мере летом) сравнительно мало взвешенных минеральных частиц. Однако в верхней, мелководной, части водохранилища прозрачность невелика: 0.5—0.75 м. Это объясняется быстрым течением реки, вызывающим интенсивное перемешивание воды

и взмучивание донных отложений. По мере продвижения к нижней части водохранилища прозрачность воды увеличивается и доходит до 1.5 м.

За период наших исследований, в течение месяца, прозрачность воды сильно повысилась: у впадения реки — с 0.5 до 0.75 м, в средней части водохранилища — от 1.25 до 5.5 м, в нижней — от 1.5 до 6.25 м. Что касается заливов, то в них прозрачность в начале работ была выше, чем в открытой части, — 2.0—2.5 м, а к концу исследований она достигла 5.0—6.0 м.

Температура воды. Измерения температуры воды реки, питающей водохранилище, дали следующие результаты: 13 VII — 15.0°, 29 VII — 16.2°.

В самом водохранилище распределение температуры характеризуется следующим образом. Поверхностные температуры по всей площади водоема изменяются мало. За время наблюдений они колебались в пределах от 20.0 до 23.0°, при этом не отмечалось правильных изменений по времени. В верхней части водохранилища последующие измерения температуры дали 22.0, 22.5 и 23.0°, в средней части — 19.5, 22.0, 20.0° и в нижней — 22.0, 22.4, 22.5 и 23.0°. Поверхностные температуры в заливах не отличаются от вышеприведенных — они изменялись в пределах от 20.5 до 22.0°. Более значительны разности в вертикальном распределении температуры на различных участках водохранилища. Как общую закономерность можно отметить, что по мере удаления от места впадения реки прогревается все большая толща воды, вследствие чего резкость стратификации уменьшается; показателем этого может служить температурный градиент. Так, для верхней части водохранилища он колебался в пределах от 1.75 до 2.3°, для средней части — от 0.2 до 0.53° и для нижней — от 0.16 до 0.3°. В заливах стратификация вновь увеличивается и температурный градиент варьирует от 0.36 до 0.57°. В средней и нижней частях водохранилища в начале июля температура придонных слоев была очень низка — 13.0°. Затем началось быстрое прогревание этих слоев, особенно интенсивное в течение последней недели июля. Иллюстрацией могут служить следующие данные: придонные температуры в средней части водохранилища в течение этого месяца были равны 13.0, 14.0, 16.0 и 17.0°; в нижней части — 13.0, 15.0, 15.6 и 17.5°.

Ход прогревания верхнего 10-метрового слоя воды на разных участках водохранилища показан в табл. 1.

Таблица 1

Время	Глубина, в м	Верхняя часть	Средняя часть	Нижняя часть
Первая половина июля	3	15.0°	17.0°	19.0°
	10		13.5	16.0
Вторая половина июля	3	16.0	20.8	21.8
	10		16.5	17.2
Конец июля	10		18.1	19.0

Нужно полагать, что низкие придонные температуры, наблюдавшиеся в первой половине июля, обусловлены стеканием по дну водохранилища

холодных речных вод; вместе с тем отсасывающее влияние водоспуска и нередкие значительной силы ветры способствуют перемешиванию воды и ее прогреванию. Однако придонные слои воды сохраняют (по крайней мере до августа) сравнительно невысокие температуры в пределах от 16.0 до 17.5°.

В Катта-Курганском водохранилище, по данным Н. Степаковой, распределение температуры воды совершенно иное. В июле 1945 г. поверхностные температуры здесь достигали 26.0 и 27.0°, при крайне слабо выраженной стратификации.

Оценивая температурный режим Орто-Токойского водохранилища, можно полагать, что он будет достаточно благоприятным для эвритермных форм с невысоким оптимумом. Ни теплолюбивые формы, ни настоящие холодолюбивые не найдут в нем температурных условий, обеспечивающих им интенсивное развитие.

Кислород. Количество кислорода, растворенного в поверхностных слоях воды всей открытой части водохранилища, велико; как правило, в этих слоях наблюдается (по крайней мере в июле) перенасыщение воды этим газом; то же самое относится и к заливам. Что же касается вертикального распределения кислорода, то в этом отношении отмечается некоторое различие. Вся толща воды верхней и средней частей водохранилища до самого дна характеризуется высоким процентом насыщения кислородом. Так, в верхней части водохранилища в придонных слоях он был равен 98.1% (8.6 мг/л), а в средней части колебался в пределах от 78.3 до 88.2% (7.7—9.3 мг/л). Несколько иначе обстоит дело в нижней, приплотинной, части водохранилища. Здесь, при перенасыщении верхних слоев, наблюдается довольно значительный дефицит кислорода в придонных слоях. Насыщение кислородом придонных слоев воды было равно: 15 VII 64.0% (6.6 мг/л), 25 VII 74.4% (7.6 мг/л) и 31 VII 55.0% (5.4 мг/л), при наличии перенасыщения верхних слоев воды. Мы полагаем, что указанный дефицит кислорода является следствием некоторого застоя глубинных вод в приплотинной части водохранилища, так как водоспуск не захватывает придонных, более холодных вод. Распределение кислорода в заливах сходно с его распределением в верхней и средней частях водохранилища: процент насыщения воды кислородом не падает ниже 72.1 (7.3 мг/л). Таким образом, кислородный режим Орто-Токойского водохранилища, по крайней мере в летний период, можно признать вполне благоприятным даже для организмов, требовательных к кислороду. Некоторое опасение вызывает значительное понижение количества кислорода в придонных слоях приплотинной части водохранилища: длительное пребывание уровня воды на мертвом горизонте может вызвать еще больший дефицит кислорода, опасный для оксифильных форм.

Грунты. Просмотр многочисленных образцов грунта, собранных в различных точках водохранилища, показал, что их можно разделить на четыре типа: 1) серый ил, 2) песчанистый ил, 3) илистый песок и 4) песок с примесью гальки.

Серый ил имеет значительное распространение в пределах водохранилища. Он занимает широкую, окаймляющую водоем полосу, участки которой вдаются языками в более глубоководные части. В глубоких местах дно покрыто илом, очень похожим на серый ил, но более мягкой, маслообразной консистенции, состоящим почти исключительно из мельчайших частиц. В некоторых местах, в полосе серого ила выклиниваются участки песка с примесью гальки. Предустыевое пространство питаю-

щей водохранилище реки покрыто илистым песком. Механический анализ грунтов показал, что по мере удаления от реки они содержат все увеличивающееся количество мелких частиц («физической глины»). Так, содержание этих частиц равно: у впадения реки 0.2%, в верхней части водохранилища 37.8%, серый ил средней части — 62.7%; наконец, серый ил приплотинного участка — 92.1%.

Размер потери при прокаливании колеблется от 5.75 до 14.25%; она наименьшая для илистого песка предустьевой части водохранилища — 5.75% и наибольшая для серых илов — 14.25%. Песчанистые илы средней части водохранилища дают 10.0%.

Дно Орто-Токойского водохранилища представляет собой участок с довольно обильной травянистой растительностью, ныне находящийся под водой. Это обстоятельство несомненно отразилось на обогащении грунтов органическими веществами.

П л а н к т о н. Качественный состав планктона водохранилища не богат, особенно фитопланктона. Из последнего были обнаружены *Pediastrum* sp., *Spirogyra* sp., *Mougeotia* sp., *Zygnema* sp. и диатомовые. Большинство этих форм несомненно попало в планктон случайно и не является для него характерным. Зоопланктон несколько богаче, но и он не отличается разнообразием. Обнаружены следующие формы:

Rotatoria

Brachionus backeri O. F. M.
Brachionus angularis Gosse
Cathypna luna O. F. M.
Dinocharis pocillum (Müll.)
Monostyla bulla Gosse
Polyarthra sp.

Cladocera

Daphnia longispina O. F. M.
Simoccephalus vetulus O. F. M.
Scapholeberis mucronata O. F. M.
Ceriodaphnia reticulata (Jur.)

Copepoda

Cyclops lacustris Sars (и науплии)

Эти формы не играют одинаковой роли в планктоне. Некоторые из них (растительные) встречаются нерегулярно, случайно и в небольшом количестве. Несколько чаще они попадают в верхней части водохранилища, куда они, повидимому, выносятся из предустьевого участка впадающей реки. В самом водохранилище ракообразные резко преобладают над коловратками. Последние наблюдаются в небольших количествах, за исключением *Polyarthra* sp. Эта форма, встречающаяся, как правило, тоже в ограниченном числе, один раз в верхней части водохранилища дала большую плотность — около 198 000 на 1 м³. Из ракообразных более постоянны *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia reticulata* и *Cyclops lacustris*. *Simoccephalus vetulus* и *Scapholeberis mucronata* распространены не столь широко: первый играет заметную роль в верхней части водохранилища и отчасти в заливах, второй придерживается почти исключительно верхней части водохранилища, где достигает значительного количественного развития. О количественном развитии планктона водохранилища можно судить по сырым объемам его и по численности отдельных форм.

Произведенные днем (11—13 час.) тотальные ловы показали, что сырой объем планктона неодинаков в различных участках водоема. Так, верхняя часть водохранилища дала 2.07—2.4, средняя часть 0.75—1.4 и нижняя 0.47—1.95 см³ в 1 м³ воды; северный залив 0.4—0.66 и

южный — 0.47—1.54 см³ в 1 м³ воды. Более детализированные ловы, однако, показали, что на более глубоководных участках водохранилища в дневное время планктон концентрируется в верхних слоях. Так, для средней части водохранилища, где тотальные ловы показали 0.75—1.4 см³, лов с 6 м дал 3.13 см³, а с 4 м — 2.85 см³ в 1 м³ воды. В нижней, наиболее глубокой части водохранилища тотальные ловы дали 0.47—1.95, а с глубины 2 м — 2.4, с 4 м — 2.5 и с 6 м — 3.2 см³ в 1 м³ воды. Еще большая концентрация планктона в верхних слоях происходит ночью (23—24 час.). Ловы, произведенные в средней и нижней частях водохранилища, показали следующие сырые объемы планктона (табл. 2)

Таблица 2

Часть водохранилища	Дата	Часы	Глубина взятия, в м	Сырой объем, в см ³ /м ³
Средняя . .	19—20 VII	11—13 {	4.0	2.85
			6.0	3.13
		23—24 {	4.0	5.0
			6.0	4.5
Нижняя . .	25—26 \ II	11—13 {	2.0	2.4
			4.0	2.5
			6.0	3.2
		23—24 {	2.0	10.3
			4.0	5.2
			6.0	4.0

Счетный анализ планктона выяснил, что в суточных миграциях принимают участие *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Cyclops lacustris* и его науплии (табл. 3).

Таблица 3

Часть водохранилища	Формы	Количество экземпляров в м ³		Глубина взятия, в м
		днем	ночью	
Средняя {	<i>Daphnia longispina</i>	1 556	27 000	4
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	7 333	8 000	4
	<i>C. lacustris</i>	630	8 000	4
	Науплии <i>C. lacustris</i>	805	6 000	4
	Итого	10 332	49 000	
Нижняя {	<i>Daphnia longispina</i>	6 133	40 000	2
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	4 000	18 000	2
	<i>C. lacustris</i>	2 000	2 666	2
	Науплии <i>C. lacustris</i>	1 222	10 000	2
	Итого	13 355	70 666	

Количественное развитие отдельных форм мы даем только для ракообразных. Коловратки, за редкими исключениями, представлены незначительным количеством индивидуумов — несколько сот на 1 м³ воды. Только один раз, как уже указывалось, *Polyarthra* дала плотность, равную 198 055 экз. на 1 м³ воды. Общее количество ракообразных (включая науплиусов) для тотальных ловов за все время исследований на водохранилище колебалось в пределах от 5298 до 4942 экз. на 1 м³ воды. Максимум ракообразных совпал с максимумом *Polyarthra*, что в сумме дало 239 997 экз. на 1 м³. Максимумы для отдельных форм: *Daphnia longispina* — 7246 экз. (нижняя часть водохранилища), *Ceriodaphnia reticulata* 12 222 (верхняя часть) и 13 161 экз. (южный залив), *Simocephalus vetulus* 3333 экз. (верхняя часть), *Ceriodaphnia lacustris* — 5833 экз. (верхняя часть). Таким образом, большинство максимумов отмечено в верхней части водохранилища, где, по тотальным ловам, наблюдается наибольшая концентрация планктона. Однако, как мы видели, неравномерное вертикальное распределение планктона в открытой части водохранилища обуславливает, особенно ночью, значительно большие плотности планктона в верхних слоях.

Бентос. Фитобентос в водохранилище почти отсутствует, только недалеко от впадения реки на незначительных по площади рисовых полях, в настоящее время залитых водой, обнаружены редкие заросли водной растительности — тростника, рогоза, хвоща и некоторых других.

В других частях водохранилища водной растительности не найдено; это объясняется тем, что водоем находится на стадии наполнения водой. Растительность мелководий состоит из сухопутных травянистых форм, находящихся в процессе отмирания.

Зообентос водохранилища довольно разнообразен. Население нижнего течения питающей водохранилище реки состоит в основном из типичных реофилов. Здесь были обнаружены гаммариды и личинки *Libellula*, *Agrion*, *Heptagenia*, *Perla*, *Hydropsyche* и *Simulium*. Некоторые из этих форм проникают и в само водохранилище, но дальше верхнего конца его не распространяются; к ним относятся личинки *Agrion*, *Libellula*, *Heptagenia* и *Hydropsyche*. Найдены все они в водохранилище единичными экземплярами.

Более разнообразным является население, ютящееся в непосредственной близости от берега водохранилища, среди затопленной сухопутной растительности. Здесь обнаружены: *Notonecta*, *Nepa*, *Rapatra*, личинки *Libellula*, *Cybister* (взрослые), водолюбы (большой и малый, личинки и взрослые), *Gyrinus* и, наконец, личинки *Stratiomys*, *Culex* и *Anopheles*. Источником поступления этих форм в водохранилище являются, по видимому, затопленные рисовые поля, о которых говорилось ранее.

Что касается донного населения открытых частей водохранилища, то приходится констатировать его качественную бедность. В этих участках обнаружены только турбеллярии, олигохеты, остракоды и личинки тендипедид. Распределение их по водохранилищу весьма неравномерное. Так, турбеллярии были обнаружены только в нижней, наиболее глубокой части водохранилища, олигохеты — в его средней и нижней частях и в северном заливе, наконец, остракоды и личинки тендипедид распространены по всему водоему.

Малому качественному разнообразию зообентоса открытых частей водохранилища соответствует его слабое количественное развитие. Единственный случай (28 VII в нижней части) нахождения большого коли-

чества олигохет — 14 000 экз. на 1 м², — давших биомассу в 42.5 г, совершенно не характерен для водохранилища в целом.

Плотность населения дна водохранилища варьировала в пределах от 146 до 2000 экз. на 1 м²; биомасса — от 0.04 до 1.46 г. Оба эти показателя нельзя не признать довольно низкими. Незначительные весовые показатели обусловлены малыми размерами организмов.

Количественное развитие отдельных групп зообентоса также колеблется в широких пределах — плотность олигохет от 40 до 413 экз., острикод от 40 до 1200 экз., личинок тендипедид от 26 до 800 экз. на 1 м²; турбеллярии, обнаруженные один раз, дали 490 экз. на 1 м². Средняя плотность и биомасса зообентоса отдельных участков водохранилища характеризуются данными табл. 4.

Таблица 4

Показатели	Верхняя часть	Средняя часть	Нижняя часть	Северный залив	Южный залив	Все водохранилище
Плотность, в экз. м ²	1013	363	521	326	273	499
Биомасса в г/м ²	0.6	0.69	0.39	0.24	0.3	0.44

Плотность и биомасса открытых участков водохранилища больше, чем заливов. Вычислив эти данные, получаем следующие цифры: для открытой части водохранилища плотность равна 632 экз. при биомассе, равной 0.55 г/м², или 5.5 кг/га; для заливов соответственно 299 экз. и 0.27 г/м², или 2.7 кг/га.

Оценивая планктон и бентос с точки зрения его пригодности для питания рыб, можно отметить его высокую кормность, но запасы этих кормов в настоящее время (1949 г.) невелики. Однако следует указать, что исследования некоторых водохранилищ Средней Азии, например Катта-Курганского, показали, что с течением времени увеличивается как качественное разнообразие, так и количественное развитие планктона и бентоса. Поэтому можно полагать, что и население Орто-Токойского водохранилища также разовьется и кормовая база его увеличится.

Ихтиофауна водохранилища состоит в настоящее время, собственно говоря, из одного вида — маринки. Найден один экземпляр туркестанского сомика. Встречается маринка как в самом водохранилище, так и в питающей его реке. Промыслового лова нет; ловится она только любителями, по словам которых в летнее время удочками вылавливается от 10 до 20 кг в день. Исследование кишечника маринки показало хорошую их наполненность. В состав ее пищи входит главным образом детрит и растительность, — эти элементы найдены в кишечнике всех вскрытых маринок, пойманных как в реке, так и в самом водохранилище. Известную роль в питании рыб играют наземные и прибрежные насекомые, — остатки их обнаружены более чем в половине всех кишечника. Личинки тендипедид и рачки, по крайней мере в настоящее время, играют в питании маринки вполне подчиненную роль. Для маринки, живущих в реке, существенным подспорьем в питании являются личинки ручейников, отсутствующие в кишечнике рыб, добытых в водохранилище.

На основании полученных по Орто-Токойскому водохранилищу материалов можно высказать предположение, что водоем с подобным режи-

мом мог бы служить базой для постановки опыта по акклиматизации некоторых пород форелей, в частности севанской. Есть основание полагать, что (по аналогии с некоторыми другими водохранилищами Средней Азии) наблюдаемые на водохранилище неблагоприятные в настоящее время моменты, как, например, известный дефицит кислорода в глубоких слоях приплотинной части водохранилища и слабое развитие животного населения, со временем улучшатся и естественная кормовая база повысится. Можно надеяться, что проектируемые в горных областях Средней Азии водохранилища будут характеризоваться еще более благоприятным для форелевого хозяйства режимом — крупными размерами, более низкими температурами и большим обилием кислорода.

Учитывая возможность организации в Средней Азии холодноводного рыбного хозяйства, следует заранее предусмотреть некоторые конструктивные детали, в частности мы считаем необходимым предусмотреть при постройке плотин установку рыбозаградительных решеток, так как установка их на действующих уже водохранилищах связана с весьма трудоемкими работами, требующими крупных затрат.

А. И. СЛЮСАРЕВА

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НАД НЕКОТОРЫМИ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Отрицательными моментами при эксплуатации открытых питьевых источников являются: 1) заиление водохранилища, 2) зарастание и 3) цветение воды, на что главным образом и было обращено внимание Центральной лаборатории Донбассводтреста при исследовании водохранилищ.

Исследования заключались в ежемесячном (а в летнее время 2 раза в месяц) отборе проб и количественных подсчетах микронаселения питьевой воды в соответствии с инструкцией, разработанной институтом ВОДГЕО.

Почти все питьевые водохранилища Донбасса, несмотря на различную их емкость, морфологию, очертание берегов и пр., характеризуются богатым развитием растительного планктона. Этому в значительной степени способствует высокий коэффициент зарегулирования, хорошее освещение, высокая температура и большое количество питательных веществ, приносимых в водоем при размыве почв водосбора.

Большая часть водохранилищ Донбассводтреста эксплуатируются с 1932—1933 гг.; некоторые водохранилища в 1951 г. заполнились впервые.

Одно из водохранилищ состоит как бы из двух частей, соединенных узким перешейком, окаймлено с правой стороны холмистым берегом, а с левой — более пологим степным склоном.

Гидрохимические определения за ряд лет (с 1946 по 1950 г.) показали, что резких изменений физико-химического состава воды в водохранилище в этот период не произошло, лишь в последние годы отмечено некоторое увеличение окисляемости и аммиака, значительно возрос солевой состав воды.

В годовом разрезе изменения физико-химического состава воды происходили следующим образом: прозрачность воды колебалась в пределах 4—35 см, окисляемость 7—13 мг/л, цветность 20—30°, количество аммиака от 0.1 до 0.5 мг/л, и т. д.

Ввиду сравнительно небольших глубин и сильных ветровых волнений химический состав воды поверхностных и придонных слоев заметно не отличается. Изменение количества кислорода в придонных слоях идет параллельно изменению количества его на поверхности. В большинстве случаев кислорода (даже в период самой высокой температуры) было не менее 6 мг/л, однако в некоторых случаях в придонных слоях отдель-

ных участков водохранилища, особенно в тихую погоду, количество кислорода падало до 2 и даже 0.5 мг/л.

Гидробиологические наблюдения, проведенные в первый период существования водохранилища Харьковским институтом коммунальной гигиены под руководством проф. Шкорбатова (а в дальнейшем — Центральной лабораторией Донбассводтреста), позволили установить картину формирования флоры и фауны. В первые годы в водохранилище происходило довольно интенсивное развитие погруженной, плавающей и полупогруженной жесткой растительности (рдесты, роголистник, тростник и др.), из донной фауны обильно развивались моллюски, ракообразные: *Gammarus pulex*, *Asellus aquaticus*, черви, личинки насекомых.

Через несколько лет (наблюдения 1946 г.) целый ряд компонентов донных организмов выпал из водохранилищ. Исчезли заросли мягкой растительности (за исключением земноводной гречихи); одновременно значительного развития достигли заросли полупогруженной растительности (тростника, в меньшей степени камыша и рогоза), биомасса которой достигала 42 т/га. С целью борьбы с растительностью ежегодно во время спада воды производилось выкашивание.

В последние годы на этом и некоторых других водохранилищах развитие высшей водной растительности уменьшалось в связи с резкими колебаниями уровня воды.

Интенсивное заиление водохранилища обусловило выпадение из состава донной фауны моллюсков, ракообразных и других и интенсивное развитие илофильной фауны — олигохет, личинок мотыля (*Tendipes plumosus*). Количество их превышает 6 тыс. на 1 м², при биомассе до 11.5 г/м².

Второе исследованное водохранилище окружено холмами с каменистой почвой, распахивающимися лишь в некоторых местах по левому берегу. Участки, не занятые полевыми культурами, покрыты типичной растительностью сухих степей.

Вода в этом водохранилище характеризуется более высокими качествами. Прозрачность воды колеблется в пределах 80—100 см и только в отдельные периоды, при размыве глинистых берегов во время паводка, ливней и сильных ветров, снижается до 10 см.

Водохранилище с самого начала своего существования отличается бедным развитием высшей водной растительности.

Донная фауна водохранилища по видовому составу почти такая же, что и в первом водохранилище, отличается лишь более частой встречаемостью двусторчатых моллюсков. Плотность донного населения водохранилища составляет не более 2.5 тыс. на 1 м², что следует объяснить меньшим количеством органических веществ на дне водохранилища (ввиду небольшого их поступления с мало плодородной каменистой почвы водосборной площади).

Характерной особенностью всех других водохранилищ Донбассводтреста (кроме второго) является цветение воды в различное время года.

Цветение воды первого водохранилища в летнее время (июль—август) вызывается развитием синезеленых водорослей, в основном *Microcystis* и *Aphanizomenon*. Количество клеток этой последней в 1948 г. уже в период затухания цветения насчитывалось до 57 тыс. в 1 мл воды. В 1949 г. количество клеток *Microcystis* (до профилактического купоросования) достигало 14 тыс. в 1 мл воды. В 1950 г. *Aphanizomenon* давала до 200 тыс. в 1 мл воды.

Наиболее интенсивное развитие синезеленых водорослей происходит в поверхностном слое воды, благодаря чему они не попадают в большом количестве на очистные сооружения. При отмирании водорослей, как правило, наблюдается ухудшение вкусовых свойств воды и резкое понижение количества кислорода (что явилось одной из причин гибели рыб в водохранилище в 1948 г.).

Цветение воды в одном из других водохранилищ происходит в основном за счет развития синезеленых водорослей, наряду с некоторыми видами протококковых и диатомовых водорослей. Даже в ноябре количество клеток синезеленых водорослей было около 1370 тыс. в 1 мл воды.

В практике Донбассводтреста при борьбе с цветением воды применяется медный купорос в дозах 0.3—0.5 мг/л, путем распыления с самолета порошкообразного купороса или растворением кристаллического купороса в мешках, опущенных в воду с лодки.

Перед проведением купоросования составляется маршрутная карта, по которой водохранилище разбивается на отдельные участки (с учетом площадей и глубин), для которых и производится распределение количеств медного купороса по установленным дозам, в зависимости от вида водорослей.

При цветении воды синезелеными водорослями, развитие которых происходит преимущественно в поверхностном слое воды, производится поверхностное купоросование, при котором расчет медного купороса делается не на весь объем водохранилища, а только на слой воды, в котором происходит основное развитие водорослей. Обычно этот слой не превышает 2—2.5 м.

Проведенными опытами установлено, что растворение частиц молотого порошкообразного купороса происходит следующим образом: частицы купороса размером от 0.1 до 0.3 мм при температуре воды 20—22° растворяются в течение 1 мин., успевая при этом пройти слой воды 0.75 м; более крупные частицы — от 0.3 до 0.5 мм — полностью растворяются при прохождении слоя воды 2.2 м. Кристаллический медный купорос для авиакупоросования измельчается на бегунковой мельнице и отсеивается на ситах. Максимальная крупность частиц медного купороса не превышает 1 мм, основная масса частиц колеблется от 0.1 до 0.5 мм.

Авиакупоросование водоема производится в тихую погоду, рано утром, так как при наличии ветра будет происходить большой унос купороса за пределы водохранилища. Кроме того, ветер вызовет перемешивание слоев воды, и расчет доз медного купороса придется проводить не на определенный слой, где происходит развитие водорослей, а на весь объем воды, что не экономично.

Как показала практика проведения купоросования, цветение воды в большинстве случаев ликвидируется на второй-третий день, некоторые же виды планктона, как, например, *Aphanizomenon*, отмирают быстро в течение нескольких часов.

Изменение количества синезеленых водорослей в результате купоросования даны в таблице

В результате такого быстрого отмирания планктона возможно резкое уменьшение количества кислорода.

В связи с этим лучше применить профилактическое купоросование в период нарастания количества планктона, не допуская его максимального развития.

Дата	Род водорослей	Количество клеток, в тыс. в 1 мл воды			
		до купоро- сования	на 2-й день	на 3-й день	на 4-й день
1 VIII 1949	<i>Microcystis</i>	14	4	2.5	1
2 VIII 1949	"	7	1.7	1.0	0.6
2 VIII 1950	<i>Aphanizomenon</i>	210, через 6 час. 7.6	--	--	--
16 VIII 1950	"	257			
18 VIII 1950	"	30	88	11	0

Купоросование одного водохранилища в 1949 г., проведенное при исключительно обильном развитии *Aphanizomenon*, привело к гибели рыбы (овсянки) через 8 часов после купоросования. При купоросовании водохранилища с весельных лодок не исключена возможность неправильного распределения купороса вследствие неравномерного движения лодки и растворения купороса. Количество меди в воде после купоросования колебалось в пределах от 0.16 до 0.6 мг/л.

О. Н. ЗИМИНА

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРОМЫСЛОВЫХ ВОДОЕМОВ 1-й и 2-й ТЕРРАС И ПОЙМЫ р. ВОЛГИ В ПРЕДЕЛАХ КУЙБЫШЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Огромные массивы пойменных озер р. Волги представляют для исследования большой интерес как объект, который может послужить базой для организации на научной основе интенсивного озерного рыбного хозяйства. Озера, расположенные на террасах древнего происхождения (вюрм, рисс), имеют своеобразный химический и биологический режим.

Объектом наших исследований явились следующие озера: Боровое, расположенное на второй надпойменной террасе рисского времени; Липовое, находящееся на первой надпойменной террасе вюрмского времени, и Зелененькое — в пойме р. Волги. Озера Боровое и Липовое, расположенные на левобережье в пределах Безенчукского района Куйбышевской области, находятся на расстоянии 100 км от г. Куйбышева. Оз. Зелененькое расположено на правом берегу р. Волги, в 4 км от г. Куйбышева. Площадь водной поверхности оз. Борового составляет 122, Липового — 40 и Зелененького — 67 га. Ввиду того что оз. Боровое расположено на возвышенности и удалено от реки, воды весеннего речного паводка попадают в него чрезвычайно редко и питание его в основном происходит за счет атмосферных осадков и родников. Питание оз. Липового обусловлено паводковыми водами, а в межень поддерживается родниками. Оз. Зелененькое ежегодно заливается волжской водой, а в межень питается атмосферными осадками.

Для изучения динамики гидрохимических и гидробиологических процессов названных водоемов нами произведено 258 физических определений, 1073 химических анализов (по ингредиентам) и обработано 129 биологических проб.

По нашим данным, зимние и ранневесенние месяцы 1947, 1948 и 1949 гг. характеризовались уменьшением содержания кислорода в воде озер, появлением значительных количеств сероводорода и увеличением содержания углекислого газа в толще воды (табл. 1).

В весенний и летний периоды во всех озерах сероводород отсутствовал, насыщение воды кислородом (при тихой погоде) достигало 160%, углекислый газ в период цветения в поверхностных слоях воды не обнаруживался.

При изучении биогенов наше внимание было сосредоточено на изучении режима таких элементов, как азот, фосфор, железо и марганец.

В табл. 2 показано сезонное изменение (1947 г.) общего азота, железа в виде суммарного (окисное и закисное) и марганца в виде двухвалентного иона, а в табл. 3 представлено сезонное изменение фос-

Таблица 1

Газовый режим озер (март 1947 г.)¹

Озеро	Кислород, в % насыще- ния	Сероводород, в мг/л	Углекислый газ, в мг/л	pH
Боровое	Не обнаружен	13.2	Не обнаружен	9.4
Липовое	12.1	2.3	34.3	7.2
Зелененькое	22.7	-	16.7	7.4

фора, органического и минерального. Пробы воды для анализа взяты с глубины 30—40 см от поверхности.

Таблица 2

Сезонная динамика биогенных элементов (1947 г.)

Озеро	Март			Май			Август			Октябрь		
	биогены, в мг/л											
	азот	железо	марганец	азот	железо	марганец	азот	железо	марганец	азот	железо	марганец
Боровое . .	3.2	Следы	Следы	6.4	Следы	Следы	3.3	Следы	Следы	6.5	Следы	Следы
Липовое .	3.3	0.6	0.1	1.4	0.5	»	3.9	»	»	2.6	»	»
Зелененькое	1.3	0.1	Следы	-	-	-	4.3	0.04	-	1.9	0.06	-

Таблица 3

Сезонная динамика фосфора (1947 г.)

Озеро	Март		Май		Август		Сентябрь	
	фосфор. в мг/л							
	органи- ческий	мине- раль- ный	органи- ческий	мине- ральный	органи- ческий	мине- ральный	органи- ческий	мине- ральный
Боровое . . .	0.3	0.2	0.5	0.06	0.2	0.08	0.6	0.3
Липовое . . .	0.6	0.06	0.6	0.06	0.4	0.06	0.6	0.2
Зелененькое	0.3	0.06	—	—	0.15	0.10	0.7	0.1

Озера Липовое и Зелененькое обладают достаточным запасом биогенных элементов и характеризуются нормальной их динамикой. В оз. Боровом имеется достаточное количество азота и фосфора, но мало железа и марганца. Вода озера обладает высокой щелочностью в течение всего года, поэтому железо и марганец неизбежно выпадают в осадок.

¹ Температура воды 4—1°С.

Общая минерализация воды составляет: в оз. Боровом максимум 2555 и минимум 1193 мг/л, в оз. Липовом — соответственно 340.7 и 135.7 мг/л, в оз. Зелененьком — 296.3 и 208 мг/л.

Оз. Боровое относится к группе гидрокарбонатно-магниевых водоемов 1-го типа, озера Липовое и Зелененькое — к группе гидрокарбонатно-кальциевых 2-го типа. Гидрохимическая специфичность оз. Борового определяется высоким содержанием натрия до 395, магния до 209, бикарбонатов до 1370 и сульфатов до 325 мг/л в зимний период.

Наличие высокого содержания в составе воды ионов натрия, бикарбонатов и сульфатов объясняется аккумуляцией солей, внесенных местным паводком с водосборной площади, представленной преимущественно солончаками. Накопление магния может происходить путем выноса его глубокозалегающими подземными водами, которые выщелачивают доломиты. Не исключена возможность выщелачивания и тех доломитов, выходы которых широко распространены по волжскому побережью.

Озера Липовое и Зелененькое, имея главным источником питания волжский паводок, характеризуются минерализацией воды, очень близкой к волжской воде.

Фауна дна в озерах представлена пелофильным комплексом гидробионтов, типичным для естественных мелководных пресных водоемов.

Руководящей группой бентоса во всех озерах являются тендипедицы. В оз. Боровом наибольшие количества бентоса приходятся на зимний период. 3 II 1948 биомасса бентоса составляла 3.52 г/м². В зарослях макрофитов обнаружена значительно большая величина биомассы — 21.56 г/м². В оз. Липовом 4 II 1948 биомасса бентоса составляла 11.3 г/м². В оз. Зелененьком биомасса бентоса в зимний период равнялась 20 г/м².

Состав зоопланктона в озерах обычный для мелководных, хорошо прогреваемых летом пресных озер. В оз. Боровом руководящей группой зоопланктона являются коловратки, которые максимального развития достигали в августе 1947 г., составляя 426 880 экз. в 1 м³. В оз. Зелененьком в составе зоопланктона доминируют ветвистоусые рачки, которые в сентябре 1947 г. достигали 1 млн экз. в 1 м³.

Качество и количество биопродукции по зоопланктону и бентосу позволяют считать оз. Боровое малокормным, оз. Липовое — средней кормности и оз. Зелененькое — высококормным.

Коренное рыбное население в озерах составляют: в оз. Боровом — карась (золотой и серебряный), в оз. Липовом — карась, окунь, щука и лещ, в оз. Зелененьком — карась, линь и вьюн. В настоящее время рыбохозяйственная продуктивность озер выражается в среднем в 75 кг мелкого частика с 1 га, что составляет общий улов с озер 172 ц в год.

Выводы

1. Все три исследованных нами озера (Боровое, Липовое и Зелененькое) отличаются друг от друга своей гидрохимической и гидробиологической специфичностью. Пойменный водоем (оз. Зелененькое), имеющий ежегодную связь с рекой, характеризуется умеренной минерализацией воды, меньшей интенсивностью замороз, интенсивным развитием орто-террасы, волжской водой заливается не ежегодно; отличается от оз. Зелененького большей величиной минерализации, большей интенсивностью замороз, меньшей величиной биомассы бентоса и зоопланктона.

Оз. Боровое — водоем 2-й надпойменной террасы, утративший связь с рекой, характеризуется повышенной минерализацией воды, отсутствием свободной углекислоты, щелочной реакцией среды, отсутствием растворенных в воде железа и марганца, большой интенсивностью зимних заморов, бедностью биопродукции по бентосу и зоопланктону в зимний период.

2. Оз. Боровое, несмотря на сравнительно высокую минерализацию и щелочность воды, бедность качественного и количественного состава планктона и бентоса, с успехом может быть использовано под однолетнюю культуру карпа при условии приведения озера в состояние, отвечающее современным рыбоводно-техническим требованиям (выкос камыша для возможности полного облова рыбы, приспособление для неводного облова).

Оз. Липовое может быть использовано под сазанье-карпово-карасевое хозяйство как водоем полупрудового типа.

Оз. Зелененькое может быть использовано под водоем полупрудового типа, если сделать его спускным, углубив ерик до 2 м.

При применении комплекса интенсификационных мероприятий, разработанных проф. Мовчан (удобрение, подкармливание, смешанные посадки), продуктивность озер можно значительно повысить, доведя ее до 5—6 ц и более с 1 га.

Н. Н. КОЛОСОВА

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОДОЕМОВ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ р. ВОЛГИ В ПРЕДЕЛАХ КУЙБЫШЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Озера Орлово, Бестолковое и Ерыкла, явившиеся объектом наших исследований, принадлежат к числу рыбохозяйственных угодий колхоза «Дружба рыбака» Приволжского района Куйбышевской области. Вода озер используется также для орошения земельных участков колхозов.

Озера расположены в пределах первой надпойменной террасы (вюрмская). Их суммарная площадь составляет 466 га. Озера сохраняют связь между собой в течение всего года. Наполнение их идет за счет талых вод местного водосбора, площадь которого ориентировочно равна 150 км², за счет донных и береговых родников, а при достаточном паводковом горизонте на р. Волге — и за счет волжских вод через систему ернков и оз. Ерыклы.

Максимальная глубина, обнаруженная нами в оз. Бестолковом (точка № 3) на пике паводка 1947 г., составляла 4.40 м, а в той же точке в феврале 1948 г. была равна 1.70 м.

В 1949 г. волжский подпор не достигал озер, соответственно ниже в паводок была и их максимальная глубина — 1.75 м. Горизонт воды в течение лета (после сброса паводковых вод) понижается на 30—40 см. Ложе озер заполнено слоем черного ила, в прибрежье — ил с растительными остатками и мелкоземом. Местами выступает мелкий чистый песок. Прибрежная растительность хорошо развита. Наиболее распространены тростник, камыш, рогоз, встречается несколько форм рдеста.

В 1947—1949 гг. нами было произведено комплексное изучение озер, в результате которого собрано и обработано 205 гидрохимических проб, 146 проб бентоса и 92 — планктона.

Гидрохимические определения велись по стандартным методам, обработка проб бентоса — по обычной количественной методике, планктон просчитывался в счетной камере под микроскопом из части пробы.

В результате исследований установлено следующее.

1. Газовый режим в подледный период неблагоприятен. Содержание кислорода достигает 11—18% насыщения в поверхностном слое и 2—4% — в придонном. Во время обтяжки неводом оз. Бестолкового, в результате аэрации воды, содержание кислорода увеличилось до 8.7 см³/л (83.9% насыщения) в поверхностном слое и до 3.15 см³ (31.2% насыщения) — в придонном, что имеет немаловажное практическое значение. Свободная углекислота в подледный период колеблется от 25.5 до 45 мл/л. В период цветения насыщение воды кислородом выше нормального и составляет 200—273%. Максимальное содержание

его наблюдается между 15 и 17 час. Ночной дефицит кислорода в придонном слое составляет 48—55%.

2. Окисляемость воды высокая, в подледный период достигает 15—17 мг/л, в период цветения — 30—35 мг O_2 /л (нефильтрованной пробы). Кривые окисляемости и общего азота имеют близкий характер.

3. Содержание биогенов представлено в количествах, достаточных для интенсивного развития фитопланктона (табл. 1).

Таблица 1

Ингредиент в мг/л	Оз. Орлово		Оз. Бестол- ковое		Оз. Ерыкла	
	март	июль	март	июль	март	июль
N общий	4.50	3.01	6.45	6.40	6.04	5.88
P минерально-растворенный	0.038	0.016	0.192	0.016	0.065	0.018
P валовой	0.561	0.239	0.848	0.256	0.860	0.459
Mn ⁺⁺	1.83	Не обнаружен	1.51	Следы	2.36	Следы
Fe ⁺⁺ суммарный	0.31	0.14	0.96	0.05	0.32	0.23

4. Солевой состав воды озер подвержен значительным сезонным колебаниям. Минерализация минимальна в паводок — от 0.22 до 0.25 г/л и максимальна в конце подледного периода — от 0.80 до 1.00 г/л. Наиболее минерализована вода оз. Ерыклы, наименее — оз. Орлово.

В подледный период в солевом составе воды в большом количестве присутствуют ионы щелочных металлов Na^+ и K^+ ; в паводок их содержание значительно снижается, а относительное содержание ионов Ca^{++} и Mg^{++} возрастает. Среди анионов преобладающее значение в течение всего года принадлежит бикарбонатным ионам. Вместе с поступлением волжской воды и талых вод увеличивается относительное содержание сульфатных ионов. Вода озер в подледный период относится к типу гидрокарбонатно-натровых, в паводок — к типу сульфатно-натровых. После сброса паводковых вод и перехода озер к межениному состоянию, вместе с повышением общей минерализации, изменяется и соотношение главных ионов солевого состава, причем столь существенно, что меняется и тип воды. Таких резких изменений солевого состава мы не наблюдаем в типичных волжских поемных озерах. Это происходит потому, что поемные озера питаются р. Волгой; родники же, питающие их, обычно мало минерализованы (триасовые воды). Притеррасные озера питаются за счет подпора; глубинные, более минерализованные воды заметно увеличивают минерализацию воды озер, изменяя соотношение отдельных ионов, а следовательно, и химическую характеристику.

5. Фитопланктон богат, хотя и не очень разнообразен по видовому составу. Ежегодное цветение озер вызывается некоторыми видами сине-зеленых водорослей, как то: *Microcystis*, *Aphanocapsa* и *Aphanothese*. Низкий паводок в 1949 г. повлек за собой более раннее развитие фитопланктона и более продолжительное и интенсивное цветение по сравнению с 1947 г. (в озерах Орлово и Бестолковое).

6. Зоопланктон не богат по количеству видов и численному обилию. Во всех трех озерах он очень сходен. Из 29 форм 18 являются общими. Наибольшим развитием отличаются коловратки, значительно меньшим — ветвистоусые и веслоногие рачки. Общее количество зоопланктических

организмов достигает в летнее время 1300 экз./л в воде оз. Ерыкла, 500—700 экз./л в оз. Орловом и 200—300 экз./л в оз. Бестолковом. Следует отметить, что оз. Бестолковое «цвело» наиболее интенсивно. В отношении сезонных колебаний зоопланктона установлено, что зоопланктон наиболее развит в летние месяцы — июне, июле, августе, иногда сентябре. В результате низкого паводка в 1949 г. уже в мае значительное развитие получили формы, свойственные межениному периоду. В подледный период в планктоне обнаружены только коловратки Апугаеа и очень немного циклопов и науплиусов копепод.

Большая часть планктических организмов относится к олиго- и р-мезосапробному типу. По сравнению с поймными озерами зоопланктон исследуемых озер много беднее как в качественном, так и в количественном отношении.

7. Бентос озер в основном представлен тендипедидами и гелеидами. Живые моллюски не обнаружены, за исключением нескольких экземпляров *Limnaea stagnalis* в оз. Ерыкле. Основное значение среди тендипедид имеют личинки *Tendipes f. l. plumosus* и *Einfeldia*, дающие во все сезоны больше половины биомассы бентоса. Соотношение биомасс важнейших групп донной фауны (в %) представлено в табл. 2.

Таблица 2

Озеро	Тендипе- лиды	Гелеиды	Олигохеты	Прочие
Орлово	55.4—64.1	11.2—39.0	4.0—27.8	1.5—5.5
Бестолковое	76.5—88.3	5.8—11.4	4.7—17.3	—
Ерыкла	54.9—68.4	18.2—40.1	1.5—5.4	—

Биомасса бентоса открытой части озер (в кг/га) приведена в табл. 3

Таблица 3

Озеро	Зима	Весна	Лето	Осень
Орлово	79.4	54.7	44.8	59.6
Бестолковое	87.8	123.5	111.8	46.1
Ерыкла	114.1	136.1	64.5	52.7

Состав бентического населения прибрежных зарослей разнообразен, но количественно нами не исследовался. По сравнению с поймными озерами биомасса бентоса исследованных нами озер надпойменной террасы много беднее.

8. Ихтиофауна озер не богата. Из промысловых пород рыб встречаются карась, линь, лещ, сазан, судак, окунь и щука. По данным колхоза «Дружба рыбака», за последние 4 года вылавливалось в среднем до 130 ц мелкого чистика и сорной рыбы со всей площади озер. Проведение мероприятий, направленных к созданию более благоприятных условий жизни для хозяйственно-ценных пород рыб, одним из которых является устройство полного спуска или прорыва, поощряет перекти к выращиванию в озерах карпа и серебряного карася.

Куйбышевской областной конторой «Мелиоводстрой» было проведено предварительное обследование озер с целью выяснения возможности устройства спуска. Такая возможность имеется, поскольку исследованные озера расположены выше горизонта поемных озер Ковш и Песочное, которые могут служить приемниками. Разность горизонтов этих озер в паводок составляет 0.88, в межень — 3.84 м.

При выращивании в озерах карпа-годовика, исходя из норм посадки, приводимых в работе проф. Мовчана, и из расчета получения за 3—3.5 месяца 2 ц с 1 га товарного карпа, можно получить выход до 930 ц однолетней культуры.

Применение комплекса интенсификационных мероприятий, разработанных проф. Мовчаном (удобрение, кормление, смешанные посадки), позволит довести рыбопродуктивность озер до 5—6 ц с 1 га, что даст до 2300 ц товарного карпа.

Выводы

1. Озера Орлово, Бестолковое и Ерыкла относятся к эвтрофным озерам с резко разграниченными зонами зарослей и открытой части.

2. Содержание в воде питательных веществ вполне достаточно, но неблагоприятный газовый режим не позволяет осуществить разведение карпа и сазана без предварительного проведения необходимых мероприятий.

3. Гидробиологический режим исследованных озер вполне удовлетворителен для интенсивного рыборазведения по полупрудовому типу. Следует ожидать, что при реорганизации озер по этому типу кормность их значительно возрастет.

4. Система озер Орлово—Бестолковое—Ерыкла может быть использована под культурное и рациональное сазанье-карповое хозяйство при условии проведения необходимых мероприятий, отвечающих современным требованиям, предъявляемым к рыбхозам полупрудового типа.

В. Н. ГРЕЗЕ

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОННОЙ ФАУНЫ р. ЕНИСЕЯ

Гидробиологическое изучение р. Енисея в более или менее широких масштабах началось работами Сибирской рыбохозяйственной станции с 1921—1923 гг. За истекшее время были проведены многочисленные исследования биологии реки на отдельных ее участках. Ряд специалистов опубликовал статьи, посвященные фауне и флоре р. Енисея или вопросам его биологической продуктивности. В их числе нужно назвать работы П. Л. Пирожникова (1929, 1937, 1941), П. И. Усачева (1928), Г. П. Романовой (1948а и 1948б), С. Г. Лепневой (1948) и некоторых других. Однако до сих пор не представлялось возможным дать общий очерк гидробиологии этой мощной водной артерии на всем ее громадном протяжении — от Монголии до Карского моря. Особенно это касалось распределения бентоса, о котором в литературе имелись лишь отрывочные данные, характеризовавшие донную фауну отдельных участков Енисея. Таким образом, наименее освещенным оставался вопрос о самом существенном для рыбопромышленной практики элементе гидробиологии реки — вопрос о бентосе, о его количественном и качественном распределении, о размещении тех кормовых ресурсов, которыми может располагать ихтиофауна и за счет которых в основном образуется полезная для человека продукция водоема, добываемая рыбным промыслом.

Настоящее сообщение является первой попыткой дать общий обзор распределения бентофауны по р. Енисею в целом и сделать оценку особенностей этого распределения с точки зрения интересов рыбного хозяйства. Работа эта стала возможной в результате исследований автора, продолжавшихся с перерывами с 1940 до 1949 г. и охвативших течение Енисея от его выхода из Саян у с. Означенной до Енисейского залива, общей протяженностью около 3200 км.

Естественно, что на таком огромном расстоянии, протекая в меридиональном направлении, река пересекает зоны различных физико-географических условий, пересекает районы, имеющие различную геологическую историю. Все эти факты определяют в той или иной степени общий характер гидрологии и гидробиологии отдельных районов Енисея и в частности отражаются на количественном развитии и составе его донной фауны.

Особенности исторического развития, а также строения бассейна Енисея, соединяющегося посредством р. Ангары с оз. Байкал, обуславливают генетическую разнородность его фауны в различных районах. Население реки, начиная от истоков и почти до устья Ангары, состоит из обычной палеарктической гидрофауны — личинок ручейников, мошек,

поденок, тендипед и других групп. Река Ангара является источником, пополняющим эту фауну комплексом байкальских видов, главным образом гаммарид: *Gmelinoides fasciatus*, *Eulimnogammarus viridis* v. *capus*, *E. viridis*, v. *olivaceus*, *E. cyaneus*, *E. verrucosus*, *E. vittatus*, *Micrurorus wahl*i, *Pallasea cancelloides*, *Brandtia lata*, а также полихет *Manajunkia baicalensis*, мшанок *Hislopia placoides* и, вероятно, ряда турбеллярий. Этот комплекс видов распространяется преимущественно вниз по течению Енисея, существенно повышая его биологическую продуктивность. Нами было подсчитано, что указанный комплекс гаммарид составляет на плесе Ангара—Нижняя Тунгуска 7—8% общей биомассы бентоса, на плесе Нижняя Тунгуска—Игарка 0.5, от Игарки до Устья-Порта более 10 и в дельте 34% биомассы (Грезе, 1951). Некоторые представители байкальской фауны, однако, проникают по Енисею и выше устья Ангары на 440 км (например *Eulimnogammarus vittatus*) и встречаются здесь в количествах в среднем до 6 экз./м².

Третья генетическая группа видов морского происхождения присоединяется к двум перечисленным, начиная от устья Нижней Тунгуски, распространяясь по Енисею на область бывшей морской трансгрессии. Группа эта также состоит в основном из ракообразных — морского таракана, мизиды и амфипод *Pontoporeia affinis*, *Pallasea quadrispinosa*, *Gammaracanthus logicatus* и ряда других видов. Их разнообразие и удельный вес в общей биомассе бентоса возрастают следующим образом: на плесе Нижняя Тунгуска—Усть-Порт они образуют 18% биомассы, в дельте — 62 и в губе — около 98%. Относительное значение перечисленных трех генетических групп бентоса в его биомассе на отдельных участках Енисея характеризуется следующими соотношениями (в %):

Фауна	Выше устья Ангары	Ангара—Н. Тунгуска	Н. Тунгуска—Усть-Порт	Дельта	Губа
Палеарктическая	100	92	77	4	1
Байкальская	—	8	0.5	34	> 1
Морская	—	—	18	62	≈ 98

Соотношения эти показывают, что в биологической продуктивности Енисея очень существенное значение имеют не только морские элементы фауны, встречающиеся и в других реках, но также и байкальские выходцы, еще более увеличивающие биоэкологическую обеспеченность реки и повышающие продуктивность ее бентоса. Именно за счет байкальских выходцев и морских реликтов складывается основная масса кормовых ресурсов наиболее богатых рыбопромысловых участков, расположенных в низовьях Енисея.

Однако указанные особенности фауны Енисея, обусловленные историческими и зоогеографическими причинами, не могут, конечно, определять все изменения количественного развития и состава бентоса реки. Решающее значение в этом отношении имеют гидрологические условия отдельных участков реки и зон ее русла. Остановимся вкратце на характеристике этих условий.

В. И. Жадин (1950) в своей классификации рек по гидробиологическим типам характеризует Енисей как реку, соединяющую в себе черты горного (кавказского) и равнинного (вожского) типов. Утверждение это

вполне справедливо. Действительно, верхнее течение Енисея, берущего начало в Монголии на высотах порядка 1500 м, носит все признаки горных рек с бурным течением и каменистыми грунтами. На протяжении свыше 1000 км в нижнем течении Енисей представляет собой мощную и спокойную равнинную реку. Таким образом, на примере Енисея с исключительной полнотой и выразительностью проявляется вся схема грааций гидрологических условий и гидробиологии реки по ее продольному профилю.

Грунты ложа реки сменяются вниз по течению следующим образом. В верховьях в большей части русла преобладают каменистые, скалистые, твердые грунты, соответствующие горному ландшафту страны и ее геологическому строению. Далее, на протяжении почти 500 км, следует зона подвижной гальки, перекачиваемой течением. По мере снижения скорости течения галечное дно приобретает устойчивость. Этот участок преобладания стабильных галечников тянется свыше 300 км, до устья Ангары, ниже которой галечники начинают постепенно заменяться перемываемыми подвижными песками. От устья Подкаменной Тунгуски, на протяжении 600 км, начинают расширяться площади песчаных отложений, мало размываемых течением, а еще ниже, от устья Нижней Тунгуски, на протяжении 600 км, начинают формироваться илы, все более и более усиливающиеся по направлению к устью.

Такова в общих чертах схема распределения наиболее существенных для донной фауны гидрологических условий в продольном профиле р. Енисея. Соответственно этому биомасса донной фауны, вычисленная на основании серий биогеоэкологических разрезов, в меженьный период равнялась: на плесе с. Означенная—г. Красноярск 5.8 кг/га, Красноярск—устье Ангары 27.0, устье Ангары—устье Подкаменной Тунгуски 9.2, устье Подкаменной Тунгуски—устье Нижней Тунгуски 4.9, устье Нижней Тунгуски—Усть-Порт 18.5, в дельте 56.8, в губе 48.9 и в заливе (по Г. П. Романовой, 1948а) 139.2 кг/га.

Цифры эти показывают, что, во-первых, на протяжении более чем 3000 км обследованного течения реки наиболее богатая продукция бентоса образуется в низовьях, во-вторых, наблюдаются три зоны относительно пониженной и три зоны повышенной продуктивности дна. Эти минимумы биомассы находятся: первый — в районе с. Означенной—г. Красноярск, второй — между устьями рр. Подкаменной и Нижней Тунгуски, третий — в районе губы. Зоны повышенной биомассы располагаются, чередуясь с обедненными зонами: первая — между г. Красноярском и р. Ангарой и далее до устья Подкаменной Тунгуски; вторая — начиная от устья нижней Тунгуски до дельты включительно, где бентос достигает наибольшего для всей реки количественного развития; наконец, третье повышение биомассы наблюдается уже по существу за пределами Енисея — в Енисейском заливе Карского моря, где господствует морская фауна и где наблюдаются соответствующие величины биомассы.

Каковы же причины этих закономерных колебаний продуктивности бентоса реки?

Первый его минимум мы наблюдаем в районе, который может быть охарактеризован как зона больших скоростей течения и преобладания подвижных галечных грунтов. Когда едешь на лодке по некоторым плесам реки, то можно слышать, как шелкает галька, перебрасываемая по камням струями течения. Естественно, что в подобных условиях трудно ожидать значительного развития фауны дна, и она действительно оказывается сравнительно бедной, составляя в среднем 5.8 кг/га.

Возможности ее процветания увеличиваются ниже по течению, где скорости уменьшаются. Грунты приобретают здесь значительную устойчивость, что дает возможность беспрепятственно развиваться богатой фауне литореофилов — личинок мошек, ручейников, поденок и веснянок. Здесь они находят себе условия стабильного грунта, прекрасной аэрации и постоянного притока пищи. Общая биомасса бентоса повышается до 27 кг/га.

Река Ангара, впадая в Енисей, значительно изменяет его общий облик, который приобретает более спокойный равнинный характер; здесь начинают формироваться песчаные отложения, образуемые материналом, выносимым обоими слившимися потоками. В связи с этим происходит постепенное ограничение площадей гальки, занос ее песками и деградация богатых литореофильных биоценозов. Процесс этот достигает своего максимума на плесе Подкаменная Тунгуска—Нижняя Тунгуска, в русло которой наблюдается широкое распространение песков, находящихся большей частью в подвижном состоянии.

Естественно, что в этих условиях постоянно струящегося по дну песка способно существовать лишь очень ограниченное число видов мелких олигохет, вроде *Procladius volki*, и таких же мелких личинок тендипедид — *Cryptochironomus rolli*, *C. demeregi* и др. Образуя биомассу не более 2—3 кг/га, биоценоз этот и определяет общий минимум биомассы на этом плесе. Район этот отличается наименьшими для всей реки показателями средней биомассы бентоса. Существенно поднять ее не могут здесь и биоценозы литореофилов, которые живут на галечных грунтах, занимающих правобережную часть русла. Не находя на этом плесе оптимальных условий существования, литореофильный биоценоз угнетается, продуктивность его сильно снижена. В итоге средняя для всего русла биомасса бентоса равна всего 4.9 кг/га.

От устья Нижней Тунгуски придонная фауна и флора Енисея начинают снова обогащаться. Здесь все большие масштабы приобретают илистые отложения. Биоценоз перемываемых песков постепенно ограничивается, оттесняясь в фарватерную зону русла. У берегов начинают развиваться более богатые по биомассе биоценозы пелореофильных организмов. Появляются крупные личинки тендипедид — *Tendipes* gr. *Thummi*, *T. gr. Reductus*, *T. gr. Plumosus-Reductus*, крупные олигохеты. *Pontoporeia affinis* также размножается на заиленных песках нижнего плеса Енисея. Общая биомасса бентоса постепенно возрастает до района дельты, а в ее протоках достигает максимума — 56.8 кг/га — и образуется главным образом амфиподами реликтового и байкальского происхождения, личинками тендипедид, моллюсками.

Севернее, в губе, в условиях переменного гидрологического режима с периодическими осолонениями придонных слоев воды, биомасса несколько понижается, так как здесь не находят себе достаточно благоприятных условий ни пресноводные организмы, процветающие в дельте, ни солоноватоводные и морские виды, размножающиеся в Енисейском заливе. Явление это было отмечено П. Л. Пирожниковым (1941). Средняя биомасса составляет здесь 48.9 кг/га. Наконец, в заливе, в зоне, характеризующейся уже морскими условиями, придонная фауна полностью приобретает морской облик, развивает гораздо более высокую, чем в Енисее, биомассу, в среднем не менее 139.2 кг/га.

Таковы те последовательные изменения продуктивности дна Енисея на протяжении более 2000 км, обследованных нами. К сожалению, сейчас нет материалов, позволяющих судить о продуктивности бентоса пер-

ховьев реки. Однако очевидно, что там мы найдем область неподвижных скалистых и каменных грунтов, где окажутся благоприятные условия развития реофильной фауны. В связи с этим надо полагать, что верховья Енисея характеризуются биомассой бентоса, повышенной по сравнению с наблюдающейся в предгорьях Саян выше г. Красноярска. Подобное увеличение численности в верховьях наблюдали А. А. Садовский (1948) на р. Алазани и других небольших реках бассейна Куры, А. Л. Бенинг и А. Н. Попова (1947) на р. Занге, В. И. Жадин (1940) на р. Чу и некоторые другие авторы. Полагая, что Енисей с его горными верховьями вряд ли будет исключением из правила, выявляемого этими исследованиями, мы должны дополнить полученную нами схему изменений продуктивности Енисея еще одним максимумом биомассы его бентоса в верховьях.

Таким образом, на примере Енисея мы с большой полнотой наблюдаем сложную зависимость продуктивности донной фауны от комплекса гидрологических условий, закономерно меняющихся от верховьев реки к ее низовьям. В этом комплексе большое значение для фауны имеет степень устойчивости грунта дна.

Закономерность эта проявляется и в размещении бентоса по поперечному сечению русла. В зависимости от того или иного характера плеса и той или иной зональности в распределении грунтов и течений меняется и размещение биоценозов и их биомассы на поперечных разрезах реки.

В верховьях условия скалистого грунта и быстрого течения распределяются более или менее равномерно по всему поперечнику русла, а поэтому мы можем предполагать, что и биомасса бентоса распределяется там также равномерно. Ниже, в зоне подвижных галечников, фарватер отличается особенно сильным передвижением грунта. У берегов же, где течение слабее, встречаются участки сравнительно неподвижного дна. Эти участки и оказываются здесь наиболее населенными и обладающими более высокой биомассой бентоса. Там, где неподвижный галечник распространяется обычно на все русло, бентос снова получает возможность более или менее равномерно населять все зоны дна реки. С переходом к преобладанию подвижных песков фарватерные зоны русла снова оказываются мало пригодными для размножения бентоса, и потому продуктивная зона дна, сужаясь, опять прижимается к берегам.

По мере затухания скорости течения прибрежные илистопесчаные отложения с их высокопродуктивным биоценозом постепенно расширяются, захватывая все более глубокие зоны русла. Наибольшего распространения они достигают в протоках дельты, где течение очень слабо, и потому заиливание захватывает сравнительно равномерно всю площадь дна. Здесь благодаря этому, как и в вышележащих районах с равномерным распределением грунтов в поперечнике русла, бентос снова получает возможность сравнительно равномерно занять всю площадь дна протоков.

Таким образом, наблюдается, во-первых, что в продольном профиле Енисея, в районах, где преобладают неподвижные грунты — каменные или галечные, или песчано-илистые, общая биомасса бентоса повышается. Во-вторых, это общее повышение биомассы связано с равномерным распределением относительно стабильных грунтов по всему поперечному профилю русла этих районов, в связи с чем сравнительно равномерно и обильно развивается бентос по всему дну русла. Наконец, наблюдается, что в районах, где в силу определенных условий течения и характера грунта донные отложения приобретают подвижность, общая био-

масса снижается. При этом распределение ее по поперечнику русла становится неравномерным: прибрежные зоны оказываются относительно богаче стрессия реки.

Эти общие закономерности распределения бентоса в Енисее дают возможность объяснить, осмыслить целый ряд фактов из области рыбопромысловой практики.

Во-первых, относительное богатство кормовых ресурсов низовьев реки обуславливает концентрацию рыб, а значит и их промысла, именно в этих районах.

Во-вторых, более обильный бентос левобережья нижнего течения реки приводит к большему скоплению рыб именно в левобережье.

В-третьих, в малопродуктивных районах преобладания подвижных грунтов фарватерная зона является менее обитаемой рыбами, большинство которых стремится держаться ближе к берегам, где благоприятнее не только скоростной режим потока, но и лучше кормовые условия. Следовательно, промысел должен в этих районах локализоваться в основном в прибрежных зонах.

Однако задача гидробиологической науки, как и всякой другой, состоит не столько в том, чтобы объяснить те или иные явления природы, сколько в том, чтобы научиться ими управлять, найти наиболее рациональные пути использования природных богатств. Некоторые выводы в этом направлении позволяет сделать и наш материал по распределению бентоса, при сопоставлении его с распределением в Енисее рыб и их промысла.

В районе Красноярск—устье Ангары наблюдалось сравнительно равномерное распределение довольно богатого биоценоза литореофилов по всему поперечнику русла.

Между тем, по данным промысловой статистики, ихтиофауна этого района Енисея состоит из ельца — 47%, окуня — более 16%, плотвы — 9%, стерляди — 6% и ряда других сравнительно малочисленных видов. Все эти виды рыб, за исключением стерляди, предпочитают обитать в прибрежных зонах русла, избегая, в условиях быстroteкущих вод Енисея, выходить в фарватерную его часть. Поэтому бентос фарватерной части, составляющий не менее 40% общей биомассы на всем участке, почти не используется рыбами прибрежья и оказывается доступным лишь для стерляди. Между тем, эта рыба составляет лишь 6% общей рыбопродукции участка. Это сопоставление говорит о том, что бентос фарватерных зон реки используется не полно. Отсюда следует вывод: нужно добиваться более полного его использования путем увеличения стада стерляди посредством рыборазводных мероприятий.

Подобного же рода вывод можно сделать, анализируя распределение и использование бентоса в низовьях реки — в губе и заливе. В губе в состав бентоса входят, в среднем по весу, полихеты 38%, морские тараканы 37%, амфиподы около 20%. В условиях же по этому району 82% приходится на долю муксуна, являющегося здесь главным потребителем бентоса. Однако анализ пищи муксуна показал, что процентный состав ее не соответствует среднему составу бентоса. В питании муксуна 55% приходится на долю амфипод, более 25% на морских тараканов и остальное на олигохет и моллюсков (Романова, 1948б).

Таким образом, оказывается, что бентос преимущественно глубинных районов губы, представленный полихетами и морскими тараканами, используется далеко не полно; потребляется рыбами лишь около 40% всех запасов бентоса губы.

В еще более широких масштабах сталкиваемся мы с этим явлением в Енисейском заливе. Здесь биомасса бентоса состоит в основном из моллюсков — около 49%, полихет — 30%, морских тараканов — 10% и амфипод — 6%. При этом особенного обилия эта фауна достигает в более глубоких районах залива. Однако из-за повышенной солености придонных слоев воды она оказывается недоступной для главных промысловых рыб залива — омуля, муксуна, корюшки, ряпушки, а следовательно, не дает полезной для человека продукции. Отсюда можно сделать вывод, что следует обратить внимание на разработку вопроса об акклиматизации в Енисейском заливе и губе эвригалинной бентосоядной рыбы, через посредство которой можно будет использовать большие запасы бентоса этих районов.

ЛИТЕРАТУРА

- Бевинг А. Л. и А. Н. Попова. 1947. Материалы по гидробиологии р. Занги от истока до г. Еревана. Тр. Севанск. гидробиол. ст., т. VIII.
- Великанов М. А. 1950. Динамика русловых потоков. Гидрометеониздат.
- Грезе В. Н. 1951. Байкальские элементы фауны как акклиматизационный фонд. Тр. Всес. Гидробиол. общ., т. III.
- Жадин В. И. 1940. Фауна рек и водохранилищ. Тр. ЗИН АН СССР, т. V, вып. 3—4.
- Жадин В. И. 1950. Жизнь в реках, Жизнь пресных вод СССР, т. III, М.
- Лепнева С. Г. 1948. Личинки ручейников бассейна Енисея. Изв. Бюл.-геогр. инст. Иркутск. ун-та, т. X, вып. 2.
- Пирожников П. Л. 1929. К изучению бентоса р. Енисея. Русск. гидробиол. журн., т. VIII, №№ 1—3.
- Пирожников П. Л. 1937. Зоопланктон р. Енисея и Енисейской губы и его роль в питании рыб. Тр. Всес. Аркт. инст., т. 98.
- Пирожников П. Л. 1937. Морские и байкальские элементы в фауне р. Енисея. Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., т. 46, вып. 3.
- Пирожников П. Л. 1941. Основные черты донного населения низовьев р. Енисея и Енисейской губы. Тр. Астраханск. техн. инст. рыбн. пром. и хоз., вып. 1.
- Романова Г. П. 1948а. Количественная характеристика бентоса восточного побережья Енисейского залива. Тр. Сиб. отд. ВНИОРХ, т. VII, вып. 2.
- Романова Г. П. 1948б. Питание рыб в низовьях Енисея. Тр. Сиб. отд. ВНИОРХ, т. VII, вып. 2.
- Сидовский А. А. 1948. Об интегральной гипсометрической закономерности распределения зообентоса в р. Алазани и других горных реках Куринского бассейна. Тр. Зоол. инст. АН СССР, т. VIII.
- Усачев П. И. 1928. Материалы к флоре водорослей Енисея. Тр. Сиб. научн. рыбохоз. ст., т. III, вып. 2.

Ф. Д. МОРДУХАЯ-БОЛТОВСКОЙ

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОПЫТНОГО НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНОГО ХОЗЯЙСТВА В НИЗОВЬЯХ ДОНА

В низовьях Дона было запроектировано сооружение нерестово-выростных хозяйств (так называемых «рыбхозов»), которые в настоящее время уже строятся и будут представлять собой обширные мелководные пруды, лежащие на равнинных участках поймы, искусственно заливаемые водой на определенный срок и заселяемые рыбами (путем посадки производителей для их естественного нереста) на основании определенных нормативов.

Сравнительно легко создать условия, необходимые для нереста рыб. Значительно сложнее обеспечить выращивание молоди до вполне жизнеспособной стадии, на которой она может быть выпущена в Дон (и спуститься в Азовское море для дальнейшего роста).

При незначительной по сравнению с поймой запроектированной площади рыбхозов, от них требуются значительно лучшие в продукционном отношении качества, чем естественные полон.

Высокая рыбопродуктивность рыбхозов должна быть обеспечена не только применяющимися в культурном рыбном хозяйстве мерами охраны рыб, но и прежде всего благоприятными условиями их существования, особенно условиями питания.

Задача и заключается прежде всего в том, чтобы создать оптимальный тип нерестово-выростного водоема, который должен обладать наиболее соответствующими потребностям молоди составом, количеством и динамикой кормовой фауны (беспозвоночных).

Ряд общих указаний относительно желательного характера нерестово-выростного водоема был получен анализом существующих данных по вымеченным водоемам. Однако в связи со своеобразием донских рыбхозов (равнинного типа, в отличие от расположенных на озерах или лиманах волжских и кубанских рыбхозов) и необходимостью получить более определенные указания о предшествовавшем заливанню состоянии обводняемого участка поймы, о гидрологическом режиме и мелководности прудов, Аздорыбхозостроем в 1949 г. был построен (у вершины дельты Дона) Усть-Кейсугский опытный рыбхоз, впервые пущенный в эксплуатацию в 1950 г.

Опыты по осеменению прудов рыбхоза (судак и лещом) и по выращиванию в них рыб были проведены Кафедрой рыбоводства Мосрыбтуза. Гидробиологический же режим рыбхоза был исследован гидробиологической лабораторией Аздорыбхозостроа под руководством автора.

Поставив своей основной задачей тщательное исследование, в течение всего времени выращивания молоди рыб, процесса развития и динамики фауны беспозвоночных и особенно кормовых (для молоди) объектов, мы проводили регулярные количественные сборы не только планктона и макробентоса, но также микробентоса (при помощи трубчатого двочерпателя с промывкой проб через газ № 45) и фитофильной фауны (при помощи зарослеоблавливателя системы Бута). Для более точного определения биомассы фауны мы установили предварительно вес основных представителей микрофауны. Все это дает нам право надеяться, что полученные данные более или менее правильно отражают истинную картину хода развития фауны в исследованных прудах.

Опытный рыбхоз в 1950 г. начал заливаться водой (подаваемой из русла Дона насосной станцией) около 20 апреля. Однако вследствие ряда технических затруднений заливание шло с перерывами и уровень воды только в трех прудах (из семи) достиг запроектированной высоты, при которой средняя глубина составляла около 0.6 м.

Спуск воды из прудов и выпуск молоди были начаты в конце июня (между 28 VI и 1 VII) и закончены в начале июля (между 2 и 7 VII). Таким образом, пруды находились под водой в общей сложности от 2 до 2½ месяцев.

В связи с поздним и медленным заливанием во всех прудах сильно отросла наземная травянистая растительность. В дальнейшем она подвергалась отмиранию и гниению, однако в значительной части (особенно осоки) продолжала вегетировать. Одновременно с этим в некоторых прудах разрослась и находившаяся ранее в угнетенном состоянии жесткая болотная растительность. В результате под влиянием затопления первоначальный тип растительности (преимущественно луговая пырейно-мелкоосоновая, местами солонцеватая) изменялся в сторону заболачивания.

Гниение наземной растительности вызвало неустойчивость кислородного режима, однако полного исчезновения кислорода и заморных явлений замечено не было, очевидно в связи с мелководьем и ветреными погодными.

В середине июня в большинстве прудов наблюдалось массовое развитие донных колоннальных синезеленых — *Nostoc*, *Rivularia*. К концу июня во многих прудах началось сильное развитие нитчаток (*Cladophora*, *Spirogyra*), а в двух-трех (восточных) прудах также цветение планктонными синезелеными *Aphanizomenon*.

Однако ввиду последовавшего в скором времени спуска водоемов эти явления заметно не отразились на жизни прудов.

Фауна прудов рыбхоза в целом была типичной фауной временных водоемов. Процесс формирования и развития фауны характеризовался постепенным нарастанием числа видов, но далеко не всегда сопровождался увеличением численности.

Зоопланктон мы начали исследовать еще до заливания рыбхоза в малых лужеобразных водоемах, образовавшихся в карьерах от скопления талой воды. В течение месяца, с конца марта по конец апреля (когда началось заливание), он состоял главным образом из трех весенних видов циклопов (*Cyclops strenuus*, *Acanthocyclops bicaudatus*, *A. bicaudatus*) с примесью четвертого вида (*A. vernalis*). В результате размножения циклопов и параллельного умирания водоемов шло нарастание биомассы зоопланктона — от 0.01—0.22 г/м³ в конце марта до 1—4 г/м³ перед затоплением.

Затопление вызвало резкое падение биомассы — до $0.003\text{—}0.04\text{ г/м}^3$ — в результате «разбавления» донской водой, очень бедной зоопланктоном. После этого вновь началось нарастание количества зоопланктона, биомасса которого уже через 15—20 дней достигла значительных величин (от 1.5 до 7.2 г/м^3). При этом состав планктона сильно изменился: «ранневесенний аспект» его (преобладание холодолюбивых видов *Acanthocyclops*, *Cyclops strenuus*) исчез и на первый план выступил эвритермичный *Acanthocyclops vernalis*. Указанный вид циклопа оставался господствующим и нередко единственным видом копепод во всех семи прудах рыбхоза в течение всего периода их эксплуатации (до начала июля, когда произошел спуск). До начала массового развития клadoцер циклоп *A. vernalis*, в виде своих различных стадий (науплии, метанауплии, копеподиты и взрослые), был вообще господствующей формой зоопланктона, дававшей больше половины, а нередко и более 90% его биомассы. Преобладание циклопов *A. vernalis* является главной чертой «поздневесеннего аспекта» зоопланктона, который характеризует большую часть мая (по крайней мере с 10 V) и начало или первую половину июня. В этот период средняя по всем прудам рыбхоза биомасса зоопланктона для 14 V составила 2.79, для 20 V — 4.0, для 27 V — 7.27, для 5—6 VI — 5.19 г/м^3 . Таким образом, биомасса зоопланктона в прудах рыбхоза в течение всего мая в среднем непрерывно увеличивалась, достигая в конце мая максимума, характеризующегося относительно очень высокими цифрами. Эти средние, однако, замаскировывают крайнюю неоднородность величин биомассы по отдельным прудам и значительную амплитуду ее колебаний в течение указанного периода: например в пруде № 7 биомасса с 14 V по 6 VI колебалась от 2.5 до 12.2 г/м^3 , а 27 V в разных прудах — от 1.56 до 18.4 г/м^3 .

В течение июня происходил, так сказать, перелом. «Поздневесенний аспект» зоопланктона перешел в «летний», характеризующийся преобладанием клadoцера, обычно босмина (*Bosmina longirostris*) или цериодафний (*Ceriodaphnia quadrangula*).

Эти клadoцеры появляются в прудах еще во второй половине мая, но в небольшом количестве; постепенно в процессе непрерывно идущего партеногенеза их число нарастает и, наконец, приводит к массовому накоплению.

В сроках перехода от копеподного к клadoцерному аспекту наблюдается также большое разнообразие, чаще всего он приходится на половину июня (между 13—15 VI и 23—24 VI), но иногда бывает уже в начале июня (5—6 VI).

В больших прудах, заселенных молодью частиковых рыб (пруды №№ 1—5), обычно преобладает босмина, в малых прудах, с молодью осетровых (пруды №№ 6—7), — цериодафния. Величина биомассы зоопланктона в течение этого, третьего, периода обнаруживает столь же сильные колебания. При этом интересно, что в большинстве прудов в начале или середине июня наблюдается понижение биомассы, сменяющееся затем повышением до второго максимума, превосходящего первый в начале июля. Это отражают также средние (для всех прудов рыбхоза) величины биомассы, которые составляют: 13—15 VI — 2.59, 23—24 VI — 4.79, 1—4 VII — 12.62 г/м^3 .

В первых числах июля, когда уже начался спуск прудов, зоопланктон везде очень богат и наиболее разнообразен по составу. Почти везде резко преобладают клadoцеры, особенно цериодафнии, реже босмины;

наряду с ними массовое развитие получают *Chydorus sphaericus* и много других хидрид (*Dunhevedia* и др.); среди циклопов обитает преимущественно *Acanthocyclops vernalis*, но есть и другие формы (*Macrocyclops albidus*, *Mesocyclops leuckarti* и др.). Вообще *Acanthocyclops vernalis* и в период клadoцерного планктона не исчезает, но отступает на второй план; в середине июня его биомасса падает, но позже вновь возрастает и хотя не достигает величин, наблюдавшихся в конце мая, однако бывает настолько высокой (до 3—4.6 г/м³), что иногда становится доминирующей формой. Максимальная общая биомасса зоопланктона, наблюдавшаяся в начале июля и наибольшая из найденных нами в 1950 г. в прудах рыбхоза, составляла 34.0 г/м³ (в пруде № 5 — массовое развитие босмин и цериодафний, очень много *Acanthocyclops vernalis*, *Chydorus*).

Анализируя вышеприведенные данные и сравнивая их с данными по «биостоку», доставляемому с донской водой через насосную станцию, мы видим, что зоопланктон прудов формировался в основном за счет запаса местной, зимовавшей в почве будущих прудов фауны. Циклоп *A. vernalis*, доминировавший в планктоне, был уже в талых лужах, имевшихся в карьерах прудов до их заливания, но сильно размножился позже, видимо, в связи с благоприятными условиями температуры и питания. Возможно, что некоторые попадавшие из Дона формы находили в прудах благоприятные условия: в частности, можно допустить обогащение прудов таким путем босминной, которая в массах развивается в июне и в Дону; однако другие характерные для нижнего Дона формы оставались в числе второстепенных (*Eurytemora velox*) или вовсе не развивались в прудах, в которых шел отбор преимущественно наиболее эвриотных или полупланктонных фитофильных ракообразных. Очень характерна также для прудов рыбхоза весьма низкая роль коловерток. Планктонные коловертки, характерные для Дона и его поймы (*Asplanchna*, *Keratella*, *Brachionus calyciflorus* и др.), в заметных количествах были в прудах только в мае, но и тогда нигде не давали биомассы выше 0.5—0.6 г/м³. Позже они исчезли, и из коловерток развивались преимущественно придонно-фитофильные формы (*Lecane luna*, *Monostyla bulla*, *Euchlanis* и др.), не дававшие биомассы выше 0.1—0.2 г/м³.

Таким образом, и по своему составу (чрезвычайно высокий коэффициент *C/R*, показывающий отношение ракообразных к коловерткам) и по показателям биомассы зоопланктона прудов рыбхоза в 1950 г. должен считаться высококормным. Этот вывод особенно напрашивается при сравнении с данными Н. Н. Харина¹ по полоям нижнего Дона: для последних титр зоопланктона в мае в многоводные годы (как, например, 1948 г.) составляет 0.103 г, а в маловодные (как, например, 1949 г.) — 1.71 г, в то время как в прудах рыбхоза в среднем для всего мая (т. е. с учетом очень низкой биомассы в начальный период существования прудов) он равен 3.1 г. При этом роль коловерток в планктоне донских полей гораздо выше, а из ракообразных руководящими оказываются другие виды (циклопы рода *Cyclops*).

Отсюда видно, что пруды рыбхоза, по крайней мере в 1950 г., были далеко не аналогичны полям и в общем значительно богаче их кормовым зоопланктоном. Однако кривая изменений биомассы имеет такой же

характер (первый максимум к концу мая, потом падение и второй подъем с июля).

С точки зрения кормовой ценности зоопланктона динамика состава и биомассы зоопланктона имеет очень большое, а иногда и решающее для молоди рыб значение. В этом смысле обстоятельства, сложившиеся на опытном рыбхозе в 1950 г., были не вполне удовлетворительными. Судя по времени появления личинок судака, самостоятельное питание их в большинстве прудов началось между 5 и 10 V, когда планктон был еще настолько беден (4 V — от 0.06 до 0.20, 10 V — от 0.16 до 0.25 г/м³), что, возможно, не обеспечивало потребностей личинок. Резкое увеличение биомассы от массового появления науплиальных стадий *Acanthocyclops vernalis* наблюдалось несколько позже — 14 V.

Ко времени начала самостоятельного питания леща (16—18 V) главных объектов питания его личинок — мелких клadoцер и коловраток — было также мало (не больше 0.1—0.3 г/м³).

Недостаточная концентрация корма в толще воды для еще мало-подвижных личинок могла быть решающей причиной их массового отхода, определившего и низкий процент выхода молоди при спуске прудов.

В дальнейшем ходе развития зоопланктона интересны различия, возникшие в разных прудах и их участках. В большинстве случаев наблюдается различие между незаросшими и более глубокими (до 1—1.2 м) карьерами и мелкими (до 0.4—0.5 м) заросшими равнинными участками; последние обычно богаче зоопланктоном, но при этом не только придонно-фитофильными клadoперами, что вполне понятно, но и копеподами.

В прудах №№ 3, 5 и 7 в среднем за май—июнь биомасса зоопланктона в карьерах составляла 4.28, на равнине — 6.23 г/м³. При этом в прудах, частично заросших болотными линеями, в июне наибольшее богатство зоопланктона наблюдалось обычно именно среди зарослей (тростника, камыша). Более подробный анализ показал, что в таких случаях, как правило, на равнине среди зарослей наземных трав и особенно линеид было значительно больше взрослых стадий, в том числе более крупных самок циклопов, чем в карьерах, где преобладали науплиальные стадии и самцы (более мелкие). Очевидно, молодь судака, в это время (в возрасте месяца и более) вообще выбирающая более крупных копепод, выедала их в карьерах, где она преимущественно держалась. Известное же из литературы отрицательное влияние на планктон линеид не сказывалось при относительно не густых их зарослях.

Возможно, что с этим связано и необычное богатство равнинных частей пруда № 5, значительная часть которого была занята крайне мелководным повышением рельефа солонцеватого характера. Именно здесь наблюдались максимальные биомассы как циклопов (18.4 г/м³), так и клadoцер (34 г/м³). Однако раннее массовое развитие босмин (5—6 VI) говорит об ином, вообще как бы ускоренном развитии планктона.

Специфический характер имели и малые пруды (№№ 6 и 7), зарыбленные остротрошью (но заселявшиеся и судаком). Кроме временного размножения симоцефалов (*Simoceraulus vetulus*), искусственно внесенных в конце апреля, они отличались в июне развитием дафний (*Daphnia hyalina*, *D. magna*), в других прудах — немногочисленных или отсутствовавших, а здесь иногда даже играющих главную роль.

В этих же прудах, а частично и в пруде № 5, в конце июня началось массовое развитие планктонных синезеленых *Aphanizomenon*, переходившее в цветение.

Таким образом, все три пруда восточной части рыбхоза (№№ 5—7) отличались вообще более богатым как зоо-, так и фитопланктоном и, в частности, сильным развитием фильтраторов (кладоцер). Повидимому, это стоит в связи с их почвенно-растительным покровом, носившим здесь характер солонцеватого луга; однако сущность этой связи нам пока неясна (обилие биогенных солей и на их основе — наинопланктона и бактерий?).

Донная и фитофильная фауна прудов рыбхоза (обработанная Е. Д. Мордухай-Болтовской) формировалась совершенно иными путями и развивалась по другой схеме.

Начальная стадия жизни фитофильной и донной фауны может быть названа «вторжением гетеротопов». Именно так можно охарактеризовать внезапное массовое появление в только что залитых прудах масс жуков и клопов, прилетевших из мест зимовок и других водоемов. Одновременно с этим, и даже еще раньше, в лужах от талого снега произошло массовое оживление зимовавших на месте в покоящихся стадиях моллюсков-битиний (*Bithynia leachi*), остракод, эстерий (ракушковых жаброногих) и личинок комара *Aedes*. В то же время из залитой почвы в массах начали выходить почвенные олигохеты (эхиитренды и люмбрициды — дождевые черви).

Уже в апреле заливаемые пруды и лужи буквально кишели беспозвоночными, поражавшими наблюдателя своим неожиданным появлением и обилием. Несколько позже, примерно около 25—30 IV во многих местах (но неравномерно, как бы очагами) наблюдалось массовое появление личинок тендипедид. Это были молодые стадии, иногда поворожденные личинки, преимущественно фитофильных ортокладий (*Psectrocladius*, *Cricotopus*), отчасти тендипедид (*Tanytarsus*). Местами численность их доходила до 100—125 тыс. экз. на 1 м². В связи с этим в конце апреля наблюдаются хотя и чрезвычайно неравномерные, но местами высокие биомассы донной фауны — от 0.3 до 59 г/м². Наиболее важная как кормовой объект группа — личинки тендипедид — местами дает до 3.6 г/м².

Примерно такую же картину мы застаем в первой декаде мая (4 и 10 V): состав фауны смешанный, пестрый, биомасса колеблется в широких пределах — тендипедиды дают местами до 5.6—7.6 г/м², но в это время начинается массовое образование куколок и вылет комаров (как фитофильных ортокладий, так и аэдесов). Таким образом, вылет имаго (взрослых форм) тендипедид первого поколения, развившегося из личинок, отложенных комарами, прилетевшими в середине апреля из других водоемов (где они зимовали в личинках), произошел очень рано, в первой половине мая.

Дальнейшее развитие донной и фитофильной фауны идет по-разному. Бентос во второй половине мая (сборы производились 21 и 28 V) состоит главным образом из почвенных олигохет и тендипедид; из последних преобладают обычно мотыли *Tendipes* (*T. plumosus*, *T. similis*), в меньшем количестве другие грунтовые формы (*Cryptochironomus*, *Psectrocladius*, *Polypedium*) с примесью фитофильных (*Psectrocladius*, *Tanytarsus*). Местами мотыли дают довольно высокую биомассу — до 8—16 г/м²; однако в среднем большую часть биомассы составляют почвенные олигохеты, затем битинии.

В начале июня наблюдается почти повсеместное сильное падение биомассы, обусловленное главным образом исчезновением (вымиранием) большинства дождевых червей и новым вылетом тендипедид. Количество последних понижается еще больше к середине июня, когда оно составляет около $1/10$ майского. Крупные мотыли *Tendipes* почти совершенно исчезают, из тендипедид остаются преимущественно *Procladius* и *Cryptochironomus*, а на равнинных участках — и фитофильные формы. Однако общая биомасса бентоса в середине июня начинает возрастать за счет роста молодых битниий, личинок жука-пескуна (*Berosus*) и местами молодых тубифицид.

Сказанное иллюстрируется следующими цифрами, средними для всего рыбхоза в целом: общая биомасса бентоса 21 V — 6.08 г/м², 28 V — 12.94, 5—6 VI — 3.85, 13—15 VI — 5.79 г/м²; биомасса личинок тендипедид 21 V — 2.76 г/м², 28 V — 3.11, 5—6 VI — 0.43, 13—15 VI — 0.32 г/м².

Таким образом, мы видим, что в бентосе, так же как и в планктоне, наблюдается смена нескольких аспектов.

Ранневесенний («дотендипедидный») аспект бентоса характеризуется выходом почвенных олигохет, оживанием и ростом битниий, остракод и эстерий. С появлением уже в конце апреля тендипедид он сменяется следующим, поздневесенним аспектом, в котором можно различать период преобладания мелких фитофильных ортокладин (до половины мая) и период преобладания более крупных грунтовых тендипедид (до конца мая—начала июня). Последние, однако, в прудах рыбхоза в 1950 г. не давали свойственных им при наличии сформированных иловых отложений высоких биомасс.

К началу июня наступает как бы критический период: исчезновение дождевых червей, очевидно, вымирающих от длительного затопления (энхитреиды остаются, хотя их количество в общем тоже снижается), и эстерий, заканчивающих жизненный цикл, а также большинства крупных мотылей.

Наступающее после этого минимума повышение биомассы знаменует переход уже в третий, летний, аспект.

Вторая половина июня и начало июля в бентосе характеризуется дальнейшим повышением биомассы, но оно идет главным образом за счет роста молодого поколения битниий, отчасти личинок *Berosus* и тубифицид.

Средняя биомасса 23—24 VI составляла 8.95 г/м², 1—4 VII — 11.08. Однако тендипедиды 23—24 VI дали всего 0.61 г/м², 1—4 VII — 0.80 г/м²; это попрежнему преимущественно *Procladius*, а на равнинах — фитофилы. Количество тендипедид почти не возрастает, и крупные мотыли *Tendipes* не развиваются.

Возможно, что здесь сказывается усилившееся в этот период потребление тендипедид молодью рыб, но основная причина слабого развития тендипедид, повидимому, заключается или в неблагоприятных для личинок условиях жизни (мотыли в рыбхозе не встречаются крупнее 16—18 мм), или в том, что в июне не происходило массовой откладки яиц комарами в водоемы рыбхоза. Это подтверждается почти полным отсутствием тендипедид в водоемах, оставшихся после спуска прудов и обследованных 12 VII, а также очень слабым развитием их в июне и июле во внешних карьерах (за контурным валом).

Поэтому, вылетавшие из прудов взрослые комары в основной массе разносятся ветрами по окружающему рыбхоз совершенно открытому пространству поймы. Для пелофильных форм, возможно, грунты

все еще оставались мало подходящими и личинки из попавших в пруды кладок развивались плохо (кое-где в начале июня были найдены многочисленные поселения молодых стадий *Tendipes*, позже не встречавшиеся).

Таким образом, динамика бентоса в целом в прудах рыбхоза носила своеобразный двувершинный характер, присущий вообще гетеротонам с несколькими генерациями, но донные кормовые объекты, относящиеся именно к этой экологической группе, дали необычную, почти одновершинную кривую, явно не соответствовавшую требованиям молоди рыб. Вершина прошла в основном до периода потребления донных кормовых объектов молодью.

Несколько иная картина получается при рассмотрении данных по фитофильной фауне. Применение зарослеоблаивателя позволило нам, хотя и не полностью, но по крайней мере по отношению к кормовым объектам, учесть количество этой обычно не учитываемой фауны и представить себе ее динамику, которая складывалась иначе, чем у бентоса.

Основным фактором развития фитофилов является, конечно, развитие растительности, которая служит им убежищем, субстратом или пищей. В первый период существования водоемов растительность была еще слабой и низкой и вселившаяся в пруды фитофильная фауна, населявшая собственно дно, покрытое прораставшей травой, или толщу воды (жуки, клопы, личинки аэдесов), учитывалась дночерпателями и планктонными сетями.

С середины мая сильно вытянувшиеся в высоту (но не отмиравшие под влиянием заливания относительно тонким слоем воды) наземные злаки и осоки и выросшие линеиды создают специфический, приподнятый над дном биотоп, поддававшийся учету зарослеоблаивателем, фауна которого состоит из форм, живущих на растениях и плавающих между ними, в том числе и планктонных.

К этому времени многочисленные весенние личинки комаров — аэдесов в толще воды и ортокладин среди подросшей растительности — превращаются в крылатую стадию и вылетают из водоема, вызывая понижение биомассы донной фауны. Во второй половине мая фитофильная фауна имеет смешанный состав, с примесью донных форм (грунтовых олигохет, мотылей). К концу мая повышается как ее общая биомасса (за счет роста битиний, личинок рано размножавшихся плавунцов, фитофильных клопоцер *Simoserphalus*), так и биомасса тендипедид. Повидимому, растет второе поколение фитофильных тендипедид. В начале июня происходит падение биомассы в фауне и особенно тендипедид (раза в три): происходит отмирание старых битиний и, очевидно, второй массовый вылет фитофильных тендипедид. К середине июня вновь наблюдается повышение биомассы почти всех форм. Вместе с тем происходит изменение состава, вернее, начинается формирование характерного фитофильного биоценоза: вместе с молодью битиний (и катушек *Planorbis*) появляются новые формы — личинки различных плавунцов и водолюбов, поденок, стрекоз и клопов, а также новое (третье?) поколение фитофильных тендипедид, среди которых преобладают уже *Coryponeura* и *Cricotopus*. В конце июня (23—24 VI) эта фауна обогащается еще больше и биомасса всех групп возрастает, но среди тендипедид на первое место выходят *Psectrocladius*, *Tanytarsus*. В начале июля повышение биомассы приостанавливается, повидимому, в связи с окукливанием и вылетом групп с кратким метаморфозом

части тендипедид и жуков, в то время как для более долговечных, как, например, нимфы стрекоз и поденок, продолжается нарастание биомассы.

Соответствующие величины средней по всему рыбхозу биомассы (в г/м²) приведены в таблице.

	21 V	28 V	8 VI	13—15 VI	23—24 VI	1—5 VII
Общая биомасса	4.95	18.49	9.24	12.65	27.69	23.56
Биомасса личинок и куколок тендипедид	0.66	1.27	0.46	1.66	2.31	1.80

До сих пор мы оперировали для донной и фитофильной фауны средними величинами, которые маскируют наблюдавшуюся и здесь неоднородность прудов и их частей.

Прежде всего наблюдается заметное различие в бентосе лишенных почвенно-растительного слоя карьеров и заросших равнин. Начиная с середины мая бентос в карьерах почти всегда беднее, чем в равнинных частях. Средняя за все время исследований биомасса бентоса в карьерах (по всему рыбхозу) составляет 4.29, а в равнинных частях — 11.69 г/м². Это различие создавалось в основном за счет меньшего количества в карьерах почвенных олигохет (что вполне понятно) и битиний — моллюсков скорее фитофильных. Однако оно, хотя и не в такой степени, сохраняется и для тендипедид, биомасса которых в карьерах была в среднем 1.01, а на равнинах — 1.64 г/м². Причины этого заключаются в основном в том, что в прудах рыбхоза вообще более сильное развитие получили фитофильные тендипедиды, частично (а особенно в мае) жившие на дне или попадавшие в дночерпатель. Замечается явное преобладание в карьерах грунтовых личинок — *Tendipes*, *Procladius*, *Cryptochironomus*, *Polypedium*, в то время как на равнинах их было мало (кроме *Procladius*). Собственно донных тендипедид в карьерах было больше, но сильного развития здесь они не получили.

Важно было выяснить отличия в фауне участков, заросших травами и линеидами.

Сравнение донной фауны под линеидами (тростником и камышом) и под луговыми травами в прудах №№ 3 и 7 показывает, что по общей биомассе она отличается мало: в первом случае фауна составляет в средних числах 8.3—16.4 г, во втором — 9.4—11.3 г; и тут и там большую часть ее, как и везде, дают битинии. Однако по тендипедидам замечается различие: под линеидами средняя биомасса их равна 0.31—0.43 г/м², под травами — 0.88—1.16. Приблизительно такое же отличие замечается в количестве тендипедид среди фитофильной фауны: в линеидах — 0.91—1.05 г/м², в травах — 1.44—2.07 г/м².

Указанные различия, повидимому, реальны и позволяют заключить, что уже в течение краткого существования прудов рыбхоза даже относительно редкие заросли линеид создавали условия, менее благоприятные для развития кормовых форм макрофауны — тендипедид (которых здесь было в среднем в 2—2.5 меньше, чем вне линеид).

Это обстоятельство, однако, едва ли отражалось на донной и фитофильной фауне указанных прудов в целом.

Большее значение имела, видимо, относительная высота дна, его отметка. Здесь, как и в отношении зоопланктона, наблюдается отличие трех прудов восточной части рыбхоза от четырех западных, лежащих в общем ниже. В восточных прудах было несколько меньше битниий и очень мало водных олигохет — тубифицид, — которые в некоторых из западных прудов в июне—июле местами даже развивались в массах. В западных же прудах еще в апреле кое-где попадались отдельные крупные, очевидно перезимовавшие, тендипедидаы.

Это объясняется, видимо, тем, что в пониженных прудах в предшествовавший год существовали более долговременные, может быть дотянувшие до зимы и промерзшие, или сохранившие влажный грунт водоемы, в которых перезимовала часть донной фауны. Однако на общей и кормовой биомассе макрофауны в дальнейшем это существенно не отразилось.

Можно отметить еще сильное развитие фитофильных кладоцер *Sinioserphalus* в малых островных прудах, куда они были внесены в массах из соседних внешних карьеров в конце апреля.

Симонефалы здесь в конце мая—начале июня размножились в массах (давали биомассу 8.5—9.7 г/м³), однако уже к середине июня, как и в других прудах (где они тоже были, но в небольшом количестве), почти исчезли или встречались единично.

Итак, мы видим, что и в фитофильной фауне можно различать весенний и летний аспекты, разделенные некоторым критическим периодом понижения биомассы в первой половине июня.

Для всей фауны прудов в целом, а возможно, что и для всей биологии этих водоемов можно наметить два периода.

Первый период, продолжающийся (в условиях сроков заливания и метеорологических условий 1950 г.) около полутора (до двух) месяцев и охватывающий ранне- и поздневесенние аспекты, есть период первоначального развития фауны, в течение которого в прудах замечается ряд особенностей эфемерных водоемов кратковременного существования (преобладание копепод, наличие жаброногов и почвенных олигохет, развитие тендипедид с кратким метаморфозом).

По окончании этого периода наступает критическое промежуточное состояние водоема, характеризующееся общим обеднением фауны. Если бы к этому моменту водоем высыхал, то на следующий год повторился бы приблизительно такой же цикл жизни. Но водоем продолжает существовать, и тогда в нем начинается уже второй период формирования фауны и биоценозов, свойственных более долговременным водоемам. Увеличивается число видов, нарастает общая биомасса, возрастает роль мелких кладоцер, водных олигохет, фитофильных тендипедид и других насекомых.

Но формирование фауны внезапно прерывается «катастрофическим» свуском прудов. Формы с более длительным жизненным циклом погибают, хотя на дне осохшего водоема, вероятно, все же остается значительный и более разнообразный, чем в предшествовавшем году, запас стойких стадий, могущих зимовать вне воды.

В связи с описанным ритмом жизни прудов в июне, преимущественно в его первой половине и в середине, складываются относительно неблагоприятные для молоди рыб условия питания (мелкий зоопланктон при малом количестве кормовой макрофауны). В дальнейшем они несколько улучшаются, но в основном за счет фитофилов, развивающихся в условиях сильного зарастания. Бентос же остается в течение всего июня

бедным, хотя причины этого не совсем ясны и, может быть, связаны с зарастанием (накоплением разлагающейся растительности).

По кормовым условиям для молоди рыб вообще благоприятнее первый, весенний, период жизни прудов. Весна в малых водоемах характеризуется вообще высокими продукциями, как бы вспышкой пробудившейся после долгого сна природы. Ранневесенние продукции, которые могут быть особенно высокими, как, например, развивающиеся в массах личинки аэдеса, в значительной степени проходят «впустую» и не могут быть использованы рыбами. Продукции же поздневесеннего аспекта используются молодью интенсивно, но важно, чтобы динамика микро- и макрофауны соответствовала пищевым потребностям молоди и ее изменениям, чтобы в личиночный период развития рыб был богатый мелкий зоопланктон, а в мальковый период — богатая кормовая донно-зарослевая или донная фауна. И та и другая группы фауны связаны, конечно, с температурой, но первая зависит еще от времени заливания прудов, а вторая — от состояния их ложа и биологии взрослой фазы комаров (тендипедид).

Исследования опытного рыбхоза в 1950 г. позволяют сделать ряд выводов, важных для проектирования нерестово-выростных водоемов.

Прежде всего мы видим, что основными источниками фауны в прудах рыбхоза были: для зоопланктона, по крайней мере первого периода, — формы, зимовавшие на месте в покоящихся стадиях; для бентоса и фитофитов — прилетевшие из других водоемов взрослые гетеротипные формы (и в меньшей степени местные, зимовавшие, как аэдес и олигохеты).

Зоопланктон, и притом довольно скоро, достиг высокого обилия, несмотря на отсутствие на ложе прудов постоянных водоемов, причем принос организмов из Дона не играл существенной роли. Поэтому для развития зоопланктона наличие его источника в виде пойменного водоема не обязательно.

Однако высокие биомассы были достигнуты зоопланктоном слишком поздно, и в первые дни самостоятельного питания молодь, видимо, ощущала недостаток в корме.

Отсюда можно заключить, что для создания благоприятных кормовых условий для личинок рыб, относительно малоподвижных и нуждающихся в высокой концентрации зоопланктона, заливание прудов необходимо производить заблаговременно, значительно раньше их зарыбления (появления личинок рыб), чтобы за счет размножения зоопланктона его концентрация ко времени начала питания личинок была уже высокой.

Для проверки этого положения А. С. Гаршиным были произведены многочисленные опыты по оживлению зимующих стадий путем заливания водой проб грунта или почвы, собранных на ложе прудов и в других местах поймы.

Опыты показали, что в наибольшем количестве оживают битиния, остракоды и циклопы, зимующие в различных стадиях и оживающие на 2—3-й день после заливания. Циклопы (особенно четыре весенних вида) уже через несколько дней созревают и приступают к размножению, которое идет весьма интенсивно.

Дней через 15—20 аквариумы насыщаются науплиальными стадиями от нескольких пометов, даваемых старым (зимовавшим) поколением, и вместе с тем появляются уже науплиусы от созревших особей первого из пометов. За этот же срок успевают созреть и вышедшие из эфипии

клагоцеры, но молодь у них только начинает появляться и увеличение численности идет медленнее. В дальнейшем циклопы, как всеядные «хввататели», продолжают успешно размножаться, в то время как фильграторы — клалоцеры — в опытах (очевидно, и в природе) часто впадают в депрессию и даже погибают в связи с недостатком пищи. Очевидно, от этих моментов (немногочисленность эфиппиев, длительность созревания первого поколения, низкая плодовитость, недостаток пищи), но не непосредственно от температуры, зависит различие в нарастании численности копепод и клалоцер. В дальнейшем, при благоприятных условиях питания и высоких температурах (сокращающих время созревания), в результате быстро следующих одно за другим партеногенетических поколений, число клалоцер возрастает настолько, что превосходит число копепод.

Опыты показали также, что вследствие крайней неравномерности распределения на почве зимующих стадий дать оценку будущих кормовых условий водоема таким зимним обследованием трудно, но вообще богаче зимующими стадиями ложа высохших, но более или менее долго существовавших водоемов. Зимующих стадий почти не было на дне карьеров, очищавшихся (углублявшихся) осенью, их было мало и на равнинных частях быстро осохших при спуске прудов.

Поэтому для создания высоких концентраций микрофауны ко времени начала питания личинок рыб, за 15—20 дней до этого момента (т. е. примерно за неделю до посадки производителей), следует производить заливание прудов хотя бы тонким слоем, а на ложе прудов часть карьеров не следует очищать, или создать незначительные понижения рельефа, в которых сохранялись бы на некоторое время лужи. Впрочем, при сооружении прудов, дно которых специально не планируется, они почти неизбежны.

Для создания же высоких биомасс донно-зарослевых тендипедид, необходимых для молоди рыб позже (со второй половины мая), нужно обеспечить успешное развитие донных тендипедид или второго поколения фитофильных. Фитофильные формы будут развиваться при наличии богатой луговой или болотной растительности; первая при раннем заливании будет подавлена, вторая — при сильном развитии создает неблагоприятные условия для рыб и фауны, что подтверждается отчасти и нашими данными по отношению к макрофауне. Поэтому надо рассчитывать в основном на донных тендипедид, развитие которых зависит от состояния дна. С этой точки зрения задернованные равнинные участки, повидимому, менее благоприятны, чем карьеры. Отсюда можно предположить, что желательна вспашка ложа прудов (что подтверждается и некоторыми литературными данными). Вопрос лишь в том, как переворачивание верхнего слоя почвы отразится на зимующих стадиях микрофауны. Мы думаем, однако, что полного «запахивания» их опасаться нечего.

Но для заселения прудов тендипедами важно еще наличие водоемов, в которых они могли бы зимовать (личинками), и древесно-кустарниковой растительности, дающей убежище взрослым комарам. Отсутствие последней, вероятно, было одной из причин слабого развития следующих поколений тендипедид в прудах в 1950 г. Этот вопрос может быть решен созданием у рыбхозов лесонасаждений. Для обеспечения же зимовки необходима их близость к реке или пойменным озерам. Река сможет, вероятно, обеспечить тендипедами лишь часть (прилегающую к ней) обширных будущих рыбхозов, но озера при дальнейших этапах

реконструкции Дона будут постепенно отмирать, и может быть придется ставить вопрос о «тендипедидных зимовальниках».

Исходя из всего вышесказанного, можно было бы рекомендовать ограничить весь процесс выращивания молоди частичковых рыб в рыбхозах первым периодом «первоначального развития» фауны, чтобы закончить его к наступлению критического состояния прудов.

При раннем (в начале—середине апреля) зарыблении это означает 1½—2-месячное выращивание молоди. Но обеспечит ли это задачу создания удовлетворяющей нормативам жизнеспособной молоди?

Если выращивание продолжается и позже, необходимо принимать какие-то меры к усилению кормовой базы прудов. Особенно это относится к судаку, нуждающемуся по достижении 2.5—3 см длины в более крупных и подвижных кормовых объектах — ракообразных или рыбах.

Необходимо или наличие в прудах молоди непромысловых рыб, или введение в их фауну крупных форм ракообразных, в них естественно не развивающихся. Следует провести опыты по вселению в пруды выших ракообразных — мизид или гаммарид, или крупных жаброногов (группы *Apostraca*). Последние были рекомендованы проф. Н. Н. Харным и обладают зимующими на суше яйцами, позволяющими раз навсегда заселить пруды жаброногами. Однако они дают одну генерацию, после чего выпадают из водоема (в водоеме остаются на зимовку яйца). Мизиды (и гаммариды) дают летом вторую генерацию, но для зимовки требуют постоянного водоема, в связи с чем для них нужны зимовальные пруды.

Вопрос о выборе кормовых ресурсов прудов для летнего периода может быть решен только экспериментально.

Следует заметить, что по опыту 1950 г. затягивание процесса выращивания не только вызывает осложнения с кормами молоди, но и приводит к развитию нитчаток и цветению воды, создающим, особенно в условиях летних штилевых погод, предпосылки для заморных явлений.

Остался невыясненным вопрос о влиянии на молодь рыб ее врагов, в первую очередь плавунцов и некоторых клопов и их личинок. Очень затруднителен их количественный учет и не совсем ясно, какие именно виды и когда нападают на рыб. Повидимому, в 1950 г. этих врагов было особенно много в связи с отсутствием заливания поймы (и концентрацией жуков и клопов на маленькой площади рыбхоза) и сильным развитием растительности, которая создает благоприятный биотоп для этих, в основном фитофильных, насекомых.

Поэтому в целях уменьшения количества врагов молоди следует бороться с зарастанием прудов.

Важным общим выводом из наших исследований является вывод о настоятельной необходимости тщательного эколого-биологического изучения массовых и особенно кормовых видов беспозвоночных, обитающих или могущих обитать в прудах. Для того чтобы добиться высокого обилия кормового объекта в необходимый момент, нужно хорошо знать, как протекает его жизненный цикл и от каких факторов зависит его продукция.

Для выяснения этого наблюдения в природе недостаточны, и они должны быть дополнены лабораторными исследованиями (в аквариумах). Необходимо хорошо изучить жизненные циклы и факторы, определяющие продукцию важнейших видов циклопов (особенно *Acanthocyclops vernalis*, *Cyclops* группы *strenuus*), клadoцер (*Ceriodaphnia*, *Bosmina*, *Simoccephalus*), тендипедид (*Tendipes*, *Psectrocladius*,

и др.), а также возможных кормовых объектов (некоторых мшан, раков, марид, жаброногов) и наиболее опасных врагов рыб.

Только на основе этих знаний мы сможем путем различных, биологически обоснованных мероприятий создавать в нерестово-выростных водоемах наиболее благоприятные общеэкологические и кормовые условия, иначе говоря — управлять их продуктивностью с целью получения наиболее высокой рыбопродукции.

Только идя таким путем, можно сделать рыбхозы значительно более продуктивными, чем естественные пойменные водоемы и, гарантируя их ежегодное заливание, не «ждать милостей от природы, а взять их у нее».

С. М. ШИКЛЕЕВ и Л. Ф. ЖИДКОВ

ПЛАНКТОНОМЕТР — СНАРЯД ДЛЯ СБОРА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРОБ ПЛАНКТОНА В ПОТОКАХ

До последнего времени сбор абсолютных количественных проб планктона в текучей воде представлял значительную трудность. При употреблении принятой в этих случаях количественной сетки типа «цеп-пелин», опускаемой в поток на тот или иной промежуток времени, часть воды из-за сопротивления шелкового газа неизбежно обходит сетку и не все планктонные организмы попадают в нее.

Введение поправки в фильтрацию не может достичь цели, так как этот коэффициент не постоянен и зависит, во-первых, от мутности воды и, во-вторых, от степени изношенности или засоренности газа. Более того, этот коэффициент в условиях значительной мутности может изменяться даже в процессе взятия одной пробы.

Стремясь решить этот трудный методический вопрос, ассистент Кафедры биологии Куйбышевского медицинского института А. А. Кузнецова и инженер-гидротехник Л. Ф. Жидков разработали конструкцию такого прибора, в котором совмещены планктонная сетка и гидрометрическая вертушка, регистрирующая скорость. В результате чего было нетрудно определить и количество воды, процеженной через сетку.

Этот прибор авторами назван планктонометром.

Положительной особенностью планктонометра является то, что при его употреблении можно одновременно получать следующие данные для одной и той же исследуемой точки: глубину, скорости потока и в водомерной трубе, температуру воды, количество процеженной через сетку воды и самую пробу планктона.

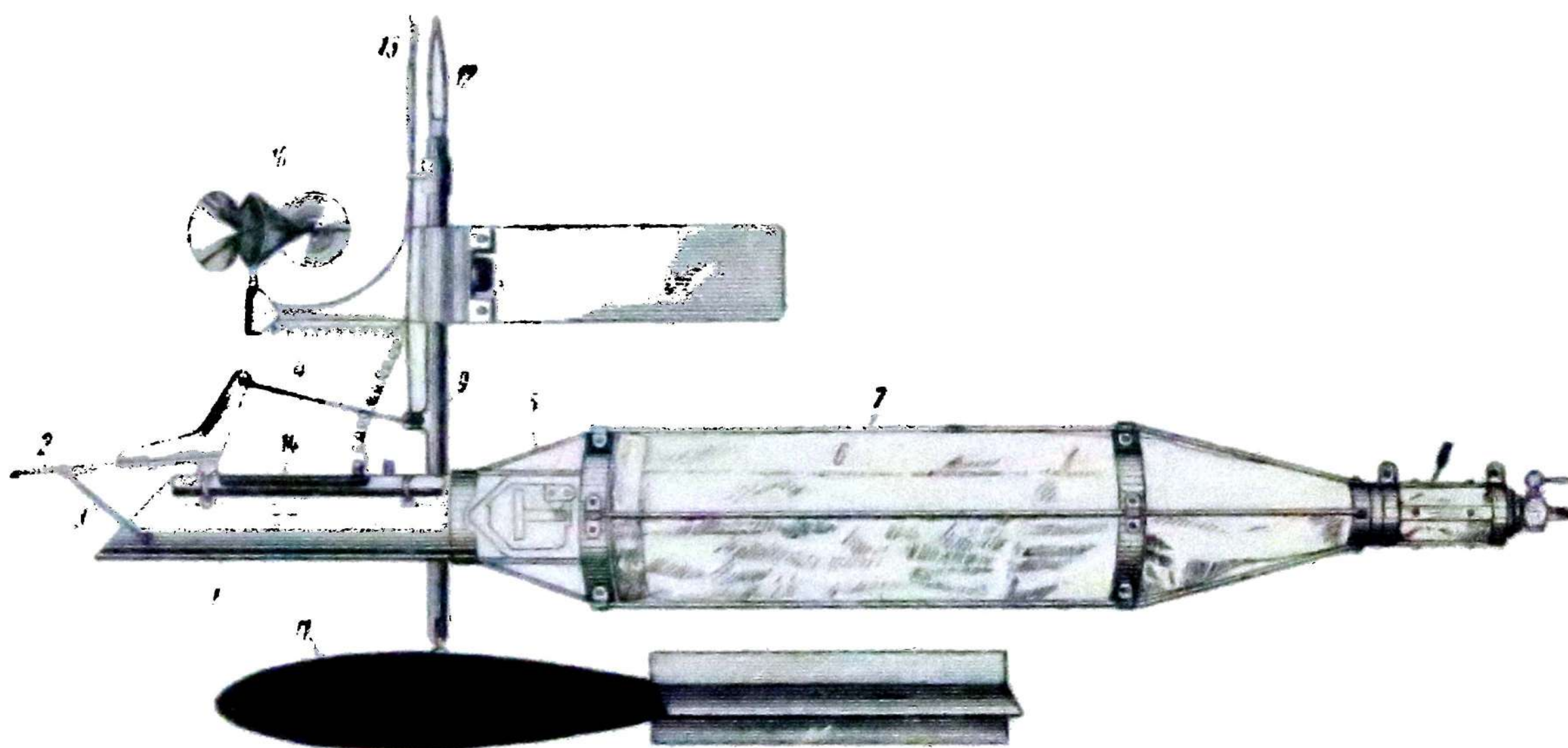
Планктонометр изготовлен в опытно-конструкторской мастерской Куйбышевского медицинского института.

Описание планктонометра

Планктонометр состоит из следующих основных частей (см. рисунок). а) водомерная труба с вертушкой, расположенной внутри трубы, и тросом для открывания входного клапана; б) планктонная сетка со стаканчиком; в) наружная гидрометрическая вертушка для регистрации скорости течения воды в потоке; г) монтажная штанга; д) рыболовный обитаемый груз; е) трос, или штанга, для подвешивания планктонометра; ж) комплект электропередающей сигнализации.

Водомерная труба, имеющая круглое сечение с диаметром 8 см, служит для учета воды, процеживаемой через сетку.

К задней части трубы прикреплен конус, расширяющий диаметр снаряда до 14 см. Благодаря этому в расположенной далее сетке создается разрежение струи воды, а следовательно, и усиленная фильтрация. На переднем конце трубы находится входной клапан, который, для уменьшения сопротивления воде при его открывании, поставлен под углом 45° к оси снаряда. Клапан приподнимается специальным тросиком, пропущенным через ролик монтажной штанги и идущим далее к наблюдателю. Закрывается клапан двумя спиральными пружинами, прикрепленными к стенкам трубы. На боковой стенке трубы укреплен снаружи термометр в изолированной оправе.



Планктонометр конструкции Л. Ф. Жидкова и А. А. Кузнецовой. Вид прибора сбоку.

1 — водомерная труба с вертушкой, 2 — клапан входного отверстия трубы, 3 — пружина (2 шт.), 4 — тросик для открывания и закрытия клапана, 5 — конус — отражатель струи потока, 6 — планктонная сетка, 7 — каркас и ограждение сетки, 8 — пробный стаканчик, 9 — монтажная штанга, 10 — скоростная (гидрометрическая) вертушка, 11 — обтекаемый груз, 12 — трос для подвеса планктонометра, 13 — провода к счетным механизмам вертушек, 14 — термометр.

Внутри трубы установлена гидрометрическая вертушка, у которой снято защитное кольцо. Ее контактные клеммы выведены наружу по верхней стороне трубы.

Шелковая планктонная сетка находится внутри металлического каркаса, состоящего из пяти металлических прутьев и трех колец, из которых два имеют диаметр, равный большому диаметру конуса водомерной трубы, а третье — диаметру стаканчика. Сетка пришивается ко всем трем кольцам через специально просверленные мелкие отверстия. На третьем кольце каркаса в двух коленчатых вырезах достаточно прочно укреплен съемный стаканчик с краником.

Боковые стенки стаканчика обтянуты густым шелковым газом, который может быть различной частоты, в зависимости от задач работы, а также от мутности потока, так как при значительной мутности густая сетка может быстро засоряться и фильтрация через нее настолько уменьшится, что снаряд перестанет работать.

Конус каркаса для сетки навинчивается на конец водомерной трубы с помощью винтовой нарезки.

Монтажная штанга длиной 30—35 см пропущена через водомерную трубу и стойку вертушки с таким расчетом, чтобы она проходила через

центр тяжести снаряда. Водомерная труба крепится на штанге стопорным винтом, прижимающим стойку водомерной вертушки к штанге.

На штанге имеются ролик и направляющее кольцо для тросика, идущего от входного клапана водомерной трубы. Сверху монтажная штанга заканчивается кольцом для соединения снаряда с основным рабочим тросиком и резьбой для привинчивания штанги, если предполагается опускать прибор на штанге.

В нижней части монтажной штанги имеется отверстие для крепления рыбовидного груза, вес которого должен быть подобран в зависимости от скорости течения и глубины потока.

Гидрометрическая вертушка для замера скорости течения в потоке крепится прижимными винтами к монтажной штанге выше самого планктонометра. Здесь может быть употреблена любая из общепринятых конструкций вертушек.

Планктонометр может опускаться в воду либо на металлическом тросе, пропущенном через лебедку, либо на штанге, но при работе с последней на борту лодки необходимо сделать упор, груз же в этом случае не требуется. Трос и штанга должны иметь разметку через 1 или 0.5 м.

Электросигнализационное устройство состоит из двужильного провода, батареи сухих элементов для электрического звонка и переключателя. В качестве провода удобнее применять так называемый двужильный «собачий» кабель, используемый обычно при телефонных проводках, в котором обе жилы заключены в общую эластичную изоляцию. Одна из жил прикрепляется к изолированной клемме водомерной вертушки планктонометра, другая — к изолированной клемме наружной вертушки. Их противоположные концы присоединяются к переключателю, благодаря которому в электропередающую сеть включается поочередно либо одна, либо другая из двух вертушек. Вторым проводником в обоих случаях служит спускной трос, или штанга, если она металлическая. От троса к электрической цепи должен быть протянут отдельный короткий провод.

Планктонометр изготовлен из латуни (водомерная труба, ее конус, продольные прутья каркаса, стаканчик) и стали (монтажная штанга, кольца каркаса). Все поверхности планктонометра отникелированы.

Порядок работы с планктонометром

Планктонометр наиболее целесообразно применять на гидрометрическом створе с плашкоута или моторной лодки при одновременном проведении гидрометрических работ в створе, последнее даст гидрологическую основу для последующих расчетов.

Планктонометр доставляется к месту работы в разобранном виде в специальном футляре, где отдельно уложены: водомерная труба, планктонная сетка с каркасом и конусом водомерной трубы, монтажная штанга и стаканчик. В этом же футляре должно быть смонтировано электросигнализационное устройство.

Наружную гидрометрическую вертушку лучше хранить и перевозить в отдельном футляре.

Собранный планктонометр прикрепляется к тросу или штанге.

Электрический переключатель в начале работы должен быть установлен на водомерную вертушку. При спуске планктонометра в воду следует прикреплять электрический провод к тросу несколькими проме-

жуточными зажимами, иначе в воде рабочий трос, провод и тросик от входного клапана могут запутаться.

После того как планктометр будет опущен на требуемую глубину, натяжением тросика открывается входной клапан, и этот момент засекается по секундомеру. Далее по секундомеру фиксируется количество звонков водомерной вертушки.

Как только по расчету снаряд профильтровал достаточное количество воды (необходимая продолжительность работы планктометра должна устанавливаться эмпирически, в зависимости от степени развития планктона и мутности воды), тросик входного клапана отпускается, и тем самым входное отверстие водомерной трубы закрывается. Момент захлопывания клапана также засекается секундомером.

При камеральной обработке подсчет количества воды, профильтрованной через планктометр, производится с помощью тарифовочной таблицы по количеству оборотов вертушки или по количеству звонков водомерной вертушки. Полученная средняя скорость течения в водомерной трубе перемножается на площадь ее сечения. Это произведение и даст объем воды, профильтрованной через планктометр. Последующая обработка планктонной пробы ведется с учетом этого объема обычным способом.

Можно поступать и иным образом. Зная сечение водомерной трубы и рассчитывая профильтровать через планктометр определенный объем воды, можно заранее подсчитать количество оборотов вертушки, а следовательно, и ее звонков, которое она должна сделать при прохождении этого объема. Тогда работа сведется только к подсчету количества звонков после открытия входного клапана. Как только вертушка дала нужное количество оборотов (звонков), следует закрыть входной клапан и переходить к последующим этапам работы. Для большей точности во всех случаях рекомендуется установить лопасти вертушки таким образом, чтобы первый звонок от вертушки был получен тотчас же после открытия входного клапана.

После забора сеткой планктонной пробы следует переходить к замеру скорости течения воды в потоке. Для этого надо переключить электросигнализацию с помощью переключателя на внешнюю (скоростную) гидрометрическую вертушку. Работа с этой вертушкой заключается в фиксации по секундомеру частоты звонков.

Согласно гидрометрическим правилам, продолжительность работы вертушки должна быть от 2 до 5 мин., в зависимости от средней скорости и глубины. Скорость течения в потоке подсчитывается с помощью тарифовочной таблицы для внешней вертушки.

Более подробно о работе с вертушками см. в специальных руководствах по гидрометрии.

По окончании этих работ снаряд поднимается вверх. Немедленно после поднятия на воздух по термометру фиксируется температура воды. Затем для облегчения снаряда следует снять груз и несколько раз прополоснуть сеточную часть планктометра в воде, чтобы смыть с сетки оставшиеся на ней планктонные организмы. Снятый с сетки стаканчик также тщательно прополаскивается, а затем концентрат пробы через краник сливается в склянку, а стаканчик тщательно промывается. После этого можно переходить к работе на следующей точке.

Водомерная вертушка, измеряющая скорость течения внутри водомерной трубы, должна тарироваться отдельно от снаряда, чтобы исключить его влияние на режим работы вертушки.

Наоборот, наружную гидрометрическую вертушку желательно гарировать вместе со всем снарядами, который не может не оказывать влияния на режим ее работы во время замера скорости течения в потоке.

Зная скорость течения в исследуемой точке потока, площадь его живого сечения и среднее количество организмов в единице объема воды, можно без большого труда подсчитать валовое количество планктона, проходящее через живое сечение потока, т. е. «расход» планктона. При наличии многократных в течение года количественных сборов планктона, сделанных планктонометром, а также используя гидрологические данные по стоку на данном створе реки, можно подсчитать годовой сток планктона для этого створа.

Применение планктонометра позволит более точно, чем это было до сих пор, подойти к количественному учету планктона в реках.

Особенное значение это имеет при прогнозе гидробиологического режима верхнего и нижнего бьефов водохранилищ, создаваемых на больших и малых реках Советского Союза, так как водохранилище, во-первых, аккумулирует в себе весь планктон питающей реки и, во-вторых, перерабатывая его биологически, определяет планктон ниже лежащего участка реки.

Планктонометр, укрепленный на штанге или подвешенный на тросе вместе с значительным грузом, может применяться для сбора количественных проб планктона и в стоячих водоемах, но с движущейся лодки. Таким образом, можно получать послойные пробы с любой глубины, что при обычно применяемой методике является делом весьма нелегким и неточным.

Весьма вероятно, что планктонометр найдет применение и для замера мутности воды оросительных каналов в южных и юго-восточных районах Советского Союза, где вода, забираемая для орошения из горных рек, несет огромное количество взвешенных частиц различной крупности. Необходимый для этих работ номер газа, а также продолжительность пребывания снаряда в потоке могут быть подобраны только эмпирически.

В настоящее время силами научных работников Кафедры биологии Куйбышевского Государственного медицинского института планктонометр используется при проведении научно-исследовательских работ по изучению биологического стока р. Волги в зоне Куйбышевской ГЭС по методике, согласованной с гидробиологическим отделом Зоологического института Академии Наук СССР.

Расчетные формулы для определения количества процеженной воды

Определение количества воды, пропущенной через трубу планктонометра и процеженной через его сетку, может производиться в следующем порядке.

При вытяти проб планктонометром должны быть получены следующие данные: t_1 — продолжительность между звонками водомерной вертушки, в сек.; t_2 — продолжительность между звонками скоростной вертушки, в сек.; n_1 — число оборотов водомерной вертушки (в трубе) в 1 сек.; n_2 — число оборотов скоростной вертушки (в трубе) в 1 сек.; v_1 — скорость воды в трубе планктонометра, в м/сек. или дм/сек.; v_2 — скорость воды наружная (в потоке), в м/сек. или дм/сек.

q_1 — количество воды (в л), проходящее через 50 оборотов водомерной вертушки или через 1 интервал между соседними звонками вертушки; Q_n^N — общее количество процеженной через сетку воды (в л), где N — номер пробы, а n — число оборотов вертушки за время наблюдения; f — площадь сечения трубы.

Из них t_1 и t_2 находятся при взятии пробы по секундомеру; n_1 находится по формуле $n_1 = \frac{50}{t_1}$ об./сек., где 50 — число оборотов водомерной вертушки; n_2 — по формуле $n_2 = \frac{20}{t_2}$ об./сек., где 20 — число оборотов скоростной вертушки; v_1, v_2 находятся по тарифовочным кривым обеих вертушек; q_1 может быть найдено эмпирически из целого ряда наблюдений и может быть отнесено или к одному обороту водомерной вертушки, или к одному интервалу (50 оборотов) между звонками; f определяется по диаметру водомерной трубы планктонометра.

Определение количества воды, прошедшей через водомерную трубу планктонометра, может производиться по формуле (в м³/сек. или дм³/сек.).

$$Q_n^v = f \cdot v_1$$

или, при найденном эмпирически q_1 , еще проще (в л) —

$$Q_{\text{л}}^N = q_1 \cdot n$$

А. Г. РОДИНА

ОБ ОЧЕРЕДНЫХ ЗАДАЧАХ ВОДНОЙ МИКРОБИОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ

В последние годы советская наука в области интенсификации прудового рыбоводства достигла значительных успехов. Следует отметить исследования Украинского института прудового хозяйства, Всероссийского Института прудового хозяйства и Ленинградского Государственного университета.

Задачи, стоящие перед рыбоводными организациями нашей страны, требуют не только широкой реализации всех имеющихся достижений, но и дальнейшего их развития при критическом подходе ко всем используемым путям интенсификации, большей частью эмпирическим, и одновременно и поисков новых путей.

Перед гидробиологией при разрешении проблемы дальнейшей интенсификации рыбного хозяйства встают различные вопросы, нуждающиеся как в специальных исследованиях и в теоретическом обосновании, так и в практическом разрешении. Среди них существенное место занимает вопрос о направлении микробиологических процессов при удобрении прудов.

Значение микроорганизмов, роль их в процессах интенсификации прудового рыбоводства были отмечены уже давно. Еще в первом десятилетии текущего века был предложен метод удобрения прудов, основанный на стимулировании деятельности определенных групп бактерий как основных агентов превращения веществ в водоемах. Признание роли микроорганизмов в повышении продуктивности прудов можно найти во всех руководствах по рыбоводству и удобрению прудов. Однако эти работы в трактовке значения микробов опираются на устаревшие данные немецких авторов. В настоящее время нет теории удобрения прудов, где деятельность микробов была бы учтена в полной мере; практика же вообще не принимает во внимание значения бактериальных процессов. Происходит это, в частности, из-за того, что микробиологические исследования не включались в комплекс работ, проводимых по удобрению прудов (так, например, ни один из прудовых институтов, насколько нам известно, не проводил таких исследований). Только в самые последние годы исследования по развитию бактерий при удобрении прудов были проведены Ленинградским Государственным университетом (Исакова-Кео, 1950), лабораторией ВНИОРХ (Иоффе, 1950) и начаты в гидробиологическом отделе Зоологического института Академии Наук СССР.

В настоящее время роль бактерий при удобрении прудов надо рассматривать с двух сторон: как решающий фактор круговорота веществ и

как непосредственный источник пищи для водных животных. Значение бактерий в питании водных животных доказано экспериментальными работами (в частности и нашими) в отношении зоопланктона и зообентоса. Вместе с тем экспериментальные исследования получили полное подтверждение в вышеуказанных работах, проведенных на прудах; выяснено полное соответствие развития бактерий и кормовых организмов рыб. Так, при зональном методе удобрений (Исакова-Кео) оказалось, что колоссальные скопления бактерий появляются в самой зоне удобрения и по соседству с ней; в этой зоне развиваются в огромных количествах жгутиконосцы и инфузории, коловратки и другие организмы, питающиеся бактериями. В следующей зоне, где, по данным Исаковой-Кео (1950), содержание бактерий еще очень велико, появляются в массовых количествах *Cladocera* — основная пища мальков. Такое же соответствие развития зоопланктона и зообентоса с численностью развивающихся в зоне удобрения бактерий отмечает и Иоффе (1950) для различно удобряемых прудов. Мануйлова (1951) наблюдала, что массовые скопления *Cladocera*, появляющиеся в зоне удобрения, приводят к почти полному выеданию бактерий. Таким образом, роль бактерий в продуктивности прудов подтверждается с каждой новой работой, затрагивающей этот вопрос.

Значение микроорганизмов в интенсификации прудового хозяйства следует из того положения, что при всяких видах органических удобрений использование их выращиваемыми рыбами происходит не непосредственно, а через бактерий, которые являются, таким образом, основным звеном в пищевой цепи. Указанная роль бактерий приводит к необходимости всестороннего изучения связей между бактериями и водной средой, изменяемой сложными биохимическими процессами, возникающими с внесением удобрений, динамичными вследствие непрерывных глубоких изменений самих удобрений в итоге жизнедеятельности бактерий. Характер этих взаимосвязей еще не выяснен, не установлены даже основные закономерности. Между тем не может быть одинакового течения процессов, одинаковой степени развития бактериальной биомассы в прудах различных климатических зон Союза ССР, в прудах, устроенных на различных почвах и снабжаемых различными по своему химическому составу водами, даже при одних и тех же способах и одинаковых материалах удобрения. Еще более различные результаты дадут разные удобрения. Практика прудового рыбоводства отмечает, что эффективность удобрений на различных прудах колеблется в широких размерах.

Управление микробиологическими процессами, направление их при удобрении прудов в нужную для повышения продуктивности сторону представляет собой ответственную задачу, стоящую сейчас перед водной микробиологией в сфере интенсификации прудового хозяйства. Идея преобразования условий внешней среды с целью повышения продуктивности организмов, населяющих эту среду, — это основная идея мичуринской биологической науки. В области прудового рыбоводства она может быть разрешена лишь в итоге исследовательских работ по выяснению всех изменений, возникающих в среде, в том числе и течения микробных процессов, — работ, проводимых на прудах различных климатических зон СССР как до их удобрения, так и при различных системах и видах удобрений. Зависимость между применяемым методом, видом удобрения и направлением микробиологических процессов в прудах почти не освещена. Между тем не всегда удобрение оказывает подо-

жительное влияние в этом отношении. Так, например, Н. В. Гусева (Иоффе, 1950) констатировала, что зеленое удобрение прудов по зональному методу в прудах рыбхоза «Соколово» Новгородской области не направило микробиологические процессы в качественно выгодную сторону. Лаборатория Всесоюзного Научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (ВНИОРХ) сделала из наблюдавшегося течения бактериологических процессов вывод, что для повышения первичной продуктивности прудов этого типа требуется, помимо органических удобрений, внесение минеральных солей. Этот итог лаборатории ВНИОРХ показывает, что глубоко вскрыть те закономерности, которые имеют место при удобрении прудов, можно лишь с учетом деятельности микроорганизмов.

При зеленом удобрении прудов, самом дешевом и наиболее широко внедряемом в настоящее время, на направление микробиальных процессов должен оказывать влияние и состав вносимых трав. Известно, что зеленые растения содержат неодинаковые количества белковых веществ и имеют различный состав золы. Как пример можно привести состав золы тростника и телореза, растущих в одних и тех же водоемах: первый содержит калия 30.8, второй — всего 5.9%, кремнекислоты первый содержит 71.5, второй — 1.8% и т. д. Состав вносимых в пруды растений должен, без сомнения, оказывать влияние на развивающуюся микрофлору, определяя возможность развития одних групп и не давая условий для развития других. Количества содержащихся в растениях белков и углеводов в большой степени определяют биомассу развивающихся бактерий и ценность удобрения. Однако какие-либо данные по этому вопросу, насколько нам известно, отсутствуют.

Для повышения продуктивности прудов огромное значение имеет продолжительность действия вносимых удобрений, которая зависит от характера вносимого материала, от условий среды, в которую вносятся удобрения, и от климата данного района. Скорость процессов минерализации, нарастания и спада бактериальной биомассы будет одна при температурах воды 12—14°, другая — при температурах 17—18° и иная в теплых зонах СССР, где температура воды в прудах достигает 26—30°С. Кроме того, пруды с различными водами и грунтами могут обладать неодинаковой в смысле активности микрофлорой, что не может не отразиться и на скорости минерализации вносимого удобрения. В сельскохозяйственной микробиологии установлено, что почвы различны в отношении активности микрофлоры, развивающейся в них, что одни обладают микрофлорой, дающей ускоренный цикл минерализации органического вещества, другие — микрофлорой, дающей умеренный цикл, третьи — дающей замедленный цикл. По прудам подобное деление в настоящее время не может быть даже намечено.

При заполнении прудов почвенная микрофлора должна претерпеть глубокие изменения — она должна или приспособиться к новым условиям существования в водной среде или погибнуть. Вся ли микрофлора залитой почвы продолжает быть активной под водой или какие-либо группы испытывают угнетение, какие виды отмирают, — все эти вопросы требуют разрешения.

Вопрос о том, какие удобрения являются быстро разлагаемыми, какие разлагаются более медленно и более длительное время обеспечивают кормом развитие планктонных и бентических организмов, освещен мало. Немногочисленные данные, имеющиеся по удобрениям прудов, говорят о том, что надо стремиться к внесению медленно разлагаемых

удобрений, более длительное время поддерживающих высокую биомассу бактерий.

Из-за недостаточного числа имеющихся данных еще нельзя определить, какое количественное содержание микробов в воде указывает на необходимость внесения новых порций удобрений, на каком уровне надо поддерживать численность микробов для того, чтобы обеспечить непрерывное в течение всего летнего периода массовое развитие планктона и бентоса. Весьма вероятно, что эти показатели различны для планктонных и бентических организмов. М. М. Исакова-Кео (1950) ориентировалась в этом отношении на химические показатели. Она пришла к выводу, что, для того чтобы выращивание кормов шло успешно, окисляемость не должна быть ниже 12—14 мг O_2 /л. Но химические показатели в этом случае являются косвенными, так как они определяют лишь одно из условий для развития бактерий.

По данным Р. С. Головачевой, новые порции удобрений в условиях ропшинских прудов должны быть вносимы тогда, когда содержание бактерий начинает спускаться ниже 1.3 млн на 1 мл воды (при определении методом прямого счета). Массовое же развитие планктона, по ее данным, наблюдалось при содержании бактерий более 9 млн на 1 мл. Н. В. Гусева получила более низкие цифры необходимого максимального содержания бактерий — около 3 млн на 1 мл в условиях той же климатической зоны Советского Союза (Юффе, 1950). Столь большая разница говорит о необходимости более подробно учитывать характер самих прудов (если данные этих работ можно считать сопоставимыми). Кроме того, надо учитывать объем воды, который приходится при том или ином содержании бактерий на одного представителя планктона. Необходимо выяснить экспериментальным путем количество бактерий, потребляемых различными планктонными организмами в определенный отрезок времени. По этому вопросу имеются только наши данные, которые говорят о том, что даже представители одной группы поглощают различные количества микробов (Родина, 1951). Только наличие значительного числа тщательно проведенных анализов позволит выявить закономерности изменения содержания бактерий и связанных с ним количественных изменений планктона в зависимости от характера прудов и вносимых удобрений.

Зеленое удобрение применяется также в виде засева грунта вико-овсяной смесью до заливки прудов. Действие этого вида удобрения подробно прослежено А. А. Хомчуком (1948), но опять-таки без учета развития микробной массы и хода микробиальных процессов. Между тем и при этом виде удобрений ряд вопросов может быть решен только при проведении в комплексе работ и микробиологических исследований. Вико-овсяная смесь, по сообщению Хомчука, была выбрана для засева прудов по ряду мотивов: прежде всего, потому, что эти растения скоро-спелы, а также потому, что они по-разному относятся к азоту: овес поглощает из почвы азотистые вещества, которые, по мнению Хомчука, являются «обреченными подвергнуться процессу денитрификации»; вика же, наоборот, способствует накоплению азота в грунтах (Хомчук, 1948, стр. 15). Нет сомнения в том, что следует выяснить, правильно ли это предположение, — меняет ли засев овсом ход процесса денитрификации в почве. Микробиологический анализ грунтов при этом способе удобрения показал бы более полно ход превращений азота и правильность именно этого подбора растений. Выращиваемые растения должны не только дать зеленую массу, которая, разлагаясь на дне прудов или

в самих грунтах, обуславливает нарастание бактериальной биомассы, но и вызвать в грунтах такой подбор микроорганизмов, который имел бы положительное значение и после залития прудов.

Известно, что растения являются мощным фактором отбора и накопления микроорганизмов. Благодаря корневым выделениям, а также продуктам распада отмерших корневых волосков, растения создают вокруг корней специфические микробные ассоциации. В зоне корней каждого вида растений развиваются только те формы микробов, которые могут использовать выделения данного вида растения.

Важное значение имеет накопление в ризосфере растений азотобактерий. Азотный баланс прудов — одна из важнейших проблем удобрения. Сельскохозяйственной микробиологией выяснены растения — накопители азотобактерий в их ризосфере. Однако в отношении целого ряда растений существуют разноречивые мнения (например по накоплению овсом азотобактера). Данные по растениям — накопителям азотобактерий — могут быть использованы при подборе растений для засева ложа прудов, но необходимы также сведения о приживаемости азотобактера, о темпах его размножения в условиях водной среды, о выедаемости его бентическими организмами.

Гидробиология почти не располагает материалами по распространению азотобактера и анаэробных фиксаторов азота в рыбоводных прудах различных климатических зон нашей обширной страны. Между тем освещение этого вопроса совершенно необходимо, потому что только по накоплению материала можно будет выяснить закономерности нахождения азотобактера в прудах в зависимости от климатических особенностей района, от характера прудов, грунтов и вносимых удобрений.

Наличие азотобактера в прудах, возможно, явление не столь постоянное, как полагают рыбоводы. Некоторые закономерности, установленные почвенной микробиологией, могут быть здесь приняты во внимание. Так, например, следует учитывать, что целинные почвы, даже такие плодородные, как сероземы и черноземы, содержат азотобактер лишь в исключительных случаях; при обработке же их, как указывает Н. А. Красильников (1945), азотобактер появляется в больших количествах.

Известно, что развитие азотобактера тесно связано с наличием органических веществ, с определенным окислительно-восстановительным потенциалом и с высотой рН среды. Только при наличии органических соединений в зонах определенного окислительно-восстановительного потенциала азотобактер может достигать той численности, которая обеспечивает высокий уровень азотофиксации. Условия для развития и эффективной деятельности азотобактера выяснены почвенной микробиологией для различных почв. Водная же среда отлична от почвенной, а основной принцип мичуринской биологии, что организм и необходимые для его жизни условия представляют единство, полностью приложим к микроорганизмам. Чтобы обеспечить все потребности азотобактера в водной среде, надо знать их, а наши знания по этому вопросу еще очень недостаточны.

Известно, что обогащение почвы органическими веществами стимулирует развитие и азотфиксирующую деятельность азотобактера. Поэтому встает вопрос о том, как действует внесение органических удобрений на развитие азотобактера в прудах, вопрос, требующий самого внимательного изучения. Так, например, в рыбоводных прудах рыбхоза «Дуйга» азотобактер не был обнаружен ни разу ни в воде, ни в грунтах как в неудобренных прудах, так и в прудах, засеянных до их залития

вино-овсяной смесью (анализы Р. С. Головачевой). рН во всех этих прудах колебалось в пределах от 6.8 до 7.4. Не находила азотобактера в неудобренных прудах рыбхоза «Соколово» Новгородской области и Н. В. Гусева (Июффе, 1950). После внесения зеленого удобрения азотобактер появлялся на короткое время, но быстро исчезал. В прудах рыбхоза «Пелчи» Гусева обнаруживала азотобактер, но только в грунтах и в небольших количествах. В прудах утино-карпового хозяйства под Сталинабадом азотобактер был обнаруживаем нами постоянно в течение всего летнего периода как в воде, так и в грунтах и при этом в значительных количествах.

Поскольку внесение органических удобрений повышает азотфиксацию в почвах, следует ожидать аналогичных результатов и в прудах. Однако необходимы, естественно, точные данные.

В почвах интенсивное разрушение микробами органического вещества усиливает и нитрификационную деятельность бактерий. В процессах самоочищения водоемов нитрификаторы играют огромную роль. Мы вправе ожидать, что зеленое удобрение должно усилить и процессы нитрификации. Но опять-таки и в этом вопросе мы не располагаем точными данными.

Вопрос о действии вносимых органических удобрений на процессы, связанные с выделением сероводорода, в частности на ход процесса десульфатизации, не затрагивался в литературе. Между тем для некоторых прудов, находящихся на почвах, богатых сульфатами, он может иметь большое значение.

Микробиология прудов до настоящего времени совершенно не располагает опытом применения бактериоудобрительных препаратов (тогда как почвенная микробиология имеет результаты тысяч опытов применения бактериальных удобрительных препаратов). Метод Гофера, основанный на стимулировании развития азотфиксирующих бактерий путем создания для них «благоприятных» условий, без выяснения этих условий не оправдал себя. В литературе нам не удалось найти данных по применению бактериоудобрительных препаратов в прудовом хозяйстве.

Перед гидробиологией стоит большая задача — внесением различных бактериоудобрительных препаратов, в том числе и препаратов, содержащих азотобактер, направить микробиологические процессы в нужную сторону. Одновременно стоит задача выяснения распространенности азотобактера в прудах различных климатических зон СССР, приживаемости его при различных удобрениях прудов, создания условий, необходимых для его массового развития. Одной из задач водной микробиологии является разработка методов приготовления бактериальных препаратов на основе водных штаммов, приспособленных к определенным экологическим условиям: методы почвенной микробиологии, естественно, не могут быть механически перенесены на удобрение прудов. Задача в отношении азотобактера облегчается тем, что азотобактерии скорее водные организмы, чем почвенные; в почвах они развиваются при определенной влажности, в рисовых чеках их число и активность резко возрастают при увеличении слоя воды. Использование других препаратов, построение которых может быть принципиально сходно с построением подобных препаратов в почвенной микробиологии (но, конечно, также на основе водных штаммов), также должно быть поставлено на очередь.

Таким образом, нам представляется, что очередными задачами микробиологии прудов являются следующие:

- 1) выяснение динамики бактериальных масс в прудах различного характера при их различных удобрениях;
- 2) выяснение длительности действия удобрений по микробиологическим показателям;
- 3) подбор таких удобрений, которые обуславливают высокую биомассу полезных бактерий, давая в то же время такое направление бактериальных процессов, которое повышало бы продуктивность прудов;
- 4) установление минимальных количеств бактерий, необходимых для обеспечения массового развития планктонных и бентических организмов;
- 5) выяснение хода бактериальных процессов при органических и минеральных удобрениях прудов в различных климатических зонах Советского Союза;
- 6) выяснение условий для массового развития азотобактера в различных прудах;
- 7) выяснение хода нитрификационных процессов при удобрении прудов;
- 8) построение бактериальных удобрительных препаратов на основе использования местных водных штаммов, приспособленных к определенным экологическим условиям, разработка методов их применения и изучение их действия.

ЛИТЕРАТУРА

- И о ф ф е Ц. И. 1950. Влияние органических удобрений на развитие кормовой базы в водоеме. Вести. ЛГУ, № 8.
- И с а к о в а - К е о М. М. 1950. Зональный метод выращивания живых кормов и его значение для прудовых хозяйств и рыбоводных заводов. Вести. ЛГУ, № 8.
- К р а с и л ь н и к о в Н. А. 1945. Микробиологические основы бактериальных удобрений. Изд. АН СССР, М.—Л.
- М а н у й л о в а Е. Ф. 1951. Опыт первого года работы по повышению продуктивности водоемов Новгородской области. Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. I.
- Р о д и н а А. Г. 1951. О роли отдельных групп бактерий в продуктивности водоемов. Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. I.
- Х о м ч у к А. А. 1948. Рыбоводно-биологическая эффективность засева выростных прудов вико-овсяной смесью. Тр. Научно-исслед. инст. прудов и озерно-речн. рыбн. хоз., № 5.

М. М. ИСАКОВА-КЕО

ОПЫТЫ ПО УДОБРЕНИЮ ЗОНАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ЗИМОВАЛЬНЫХ И ФОРЕЛЕВЫХ ПРУДОВ

ОПЫТЫ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ ЖИВЫХ КОРМОВ В ЗИМОВАЛАХ РОПШИ

К числу нерешенных вопросов рыбоводства относится вопрос о зимовке карпа. До сих пор еще не ясны причины, вызывающие массовую гибель годовиков карпа в течение зимнего периода. Количество погибающей за зиму рыбы колеблется от 50 до 80, а иногда и до 100%.

В качестве основной причины выдвигают либо недостаток кислорода в зимовале, либо наличие на рыбе паразитов. Но чем же можно объяснить массовый отход годовиков, если кислородный режим зимовала хороший и паразитов на рыбе мало? Такой случай мы имеем на зимовале рыбхоза «Ропша».

Зимовал рыбхоза находится в с. Кипени. Андерсоновский пруд, служащий зимовалом, имеет площадь 1 га. Форма пруда вытянутая, ложе его глинистое, обросшее дерном. Берега зимовала очень отлогие, средняя глубина 1.7 м, максимальная — 4 м. Пруд питается водами мощных ключей, расположенных выше зимовала на 200 м. Из этих ключей берет начало речка, которая проходит через весь зимовал. Водообмен зимовала не поддается регулированию — он происходит за срок от 3.9 до 9 суток. Окисляемость воды около 1 мг O_2 /л.

В течение ряда лет зимовка годовиков карпа в этом зимовале протекает с большими потерями. Из посаженных на зимовку сеголетков карпа 65 000 шт. в 1947/48 г. выжило 16 735, т. е. 25%; из 80 200 шт. в 1948/49 г. выжило 25 900, т. е. 32.3%.

Зимовка до января протекает благополучно. Начиная же с января (данные относятся к зиме 1948/49 г.), ежедневно к решеткам приносило по 15—18 трупиков годовика карпа. Это количество неуклонно росло и к 21 III достигало 100—189 шт. за сутки. На дне зимовала в разных местах были разбросаны трупы карпа годовика, преимущественно крупные экземпляры. Причиной отхода не мог быть недостаток в зимовале кислорода, так как около половины пруда всю зиму не закрывалось льдом; поступающая вода на расстоянии 200—300 м течет открытым, хорошо аэрируемым ручьем. Анализ воды на количество растворенного в ней кислорода от 15 III 1949 показал от 88 до 118% нормального насыщения.

Вскрытие рыб на паразитов, произведенное Паразитологической лабораторией ВНИОРХ'а 5 IV 1949, дало следующие результаты: почти полное (на 80%) заражение годовиков карпа *Dactylogyrus solidus*, но

в количествах, не могущих вызвать гибель рыбы; *Chilodon* не обнаружен; в желудках карпов не обнаружено никакой пищи.

Температура поступающей из ключей в зимовал воды в течение всей зимы колеблется от 5 до 6° С. В самом зимовале температура воды колеблется от 3 до 6°, и только изредка она ниже 2.5° С.

Карпы в течение всей зимы продолжают двигаться. На притоке и у выходного монаха всегда можно видеть стайки большей или меньшей величины. Этому способствует довольно высокая температура поступающей в зимовал воды; в результате карпы расходуют больше энергии, чем в зимовалах с более низкими температурами, быстрее истощаются, и менее упитанные особи скорее начинают погибать.

Исходя из предположения, что массовый отход годовиков обусловлен специфическими условиями зимовала, питающегося ключевыми водами, где основной причиной гибели карпов является их истощение, мы решили обогатить зимовал живыми кормами.

В середине августа 1949 г. зимовал был залит. Трава, которая выросла в заболоченной части, была обкошена и сложена валиком в прибрежной полосе. Вся береговая линия зимовала была удобрена зональным методом ветками ольхи, которая растет в изобилии вокруг зимовала. Ветки ольхи были сложены вениками перпендикулярно береговой линии. Веники для скрепления были накрыты целыми деревьями ольхи. Толщина слоя веников была от 60 до 70 см, ширина удобренной полосы 6—7 м; длина всей удобренной береговой линии 972 м. Слой воды над удобрением был 10—15 см. Неудобренной оставалась 4-метровая полоса с обеих сторон притока и оттока.

В зимовале, в прибрежной зоне, постепенно развивался планктон и бентос, чему способствовала температура воды, которая в связи с тем, что берега зимовала очень отлоги, достигала в солнечные дни у самого берега 17—19°. Окисляемость воды в удобренной зоне доходила до 18—23 мг O₂/л. Постепенно в значительных количествах развивались *Chydorus*, *Simoserphalus* и циклопы, ряд коловраток; появлялись личинки тендипедид, поденок и ручейников.

В середине сентября нами были отмечены куколки тендипедид и вылет комара, который успел еще отложить яйца. На листьях и стеблях ольхи нами были отмечены в больших количествах личинки только что вылупившихся из яиц тендипедид, на отдельных листьях в количестве от 6 до 16—18 штук.

За несколько дней до зарыбления зимовала все ветки, уже лишённые листьев, были вытащены на берег. В одном заливе они были оставлены на всю зиму.

20 X 1949 зимовал был зарыблен. В него было посажено сеголетков карпа стандартного веса 43 000 шт., нестандартного веса 8 500 шт. и сеголетков серебристого карася 18 000 шт.

После посадки в зимовал в течение второй половины октября были подобраны трупы сеголетков карпа, сильно травмированных при облове и перевозке. В ноябре трупы карпов не были обнаружены; в декабре было снято с решетки 2 трупика, в январе — 4, в феврале — 2, в марте — 94 (повидимому, здесь имели значение талые воды). Все снятые трупы относились к категории мелких (нестандартных) экземпляров. Таким образом, в противоположность зиме 1948/49 г., зимой 1949/50 г. гибель карпа имела незначительные размеры (рис. 1, стр. 109).

Причину большей гибели карпов зимой 1948/49 г. мы склонны объяснить главным образом голодным режимом пруда. Карпы, вскры-

тые весной 1949 г., имели пустые желудки и кишечники. Желудки карпов, вскрытых весной 1950 г., были полны личинок тендипедид, рачков и олигохет. Данные анализа этих карпов (рыбхоз «Ропша»), произведенного химической лабораторией ВНИРО, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Название пробы	Влага, в %	Жир, в %	Общий азот, в %	Белок, в %	Зола, в %	Перечисление на сухое вещество, в %		
						жир	белок	зола
Карп чешуйчатый	75.98	7.11	2.15	13.43	2.86	29.60	65.91	11.90
Карп зеркальный	76.53	6.40	2.18	13.62	2.98	27.26	58.03	12.09

Целый ряд авторов считает, что сеголетки карпа, идущие в зимовал, должны иметь жира 2—3%; наши же годовики вышли из зимовала с 6.4—7% жира.

Зимовал был спущен в период 17 IV—7 V; из него было выловлено 40 800 годовиков карпа. Цифра эта не точна, так как она соответствует количеству посаженного в нагульные пруды годовиков. В отход за счет зимовки вошли годовики, погибшие во время облова, хранения в коше-лях до перевозки в нагульные пруды, во время перевозки на машинах и лошадях на дальние расстояния (пос. Ропша, с. Гостилицы, с. Бельведер).

Интересно отметить, что в зимовал осенью было посажено в значительном количестве 4- и 5-граммовые сеголетки карпа. Эти сеголетки прекрасно перезимовали и вышли из зимовала с набитыми живым кормом желудком и кишечником.

Какая-то часть сеголеток была съедена форелью, так как при облове было обнаружено в зимовале более 20 двух- и трехгодовиков форели, хорошо упитанных.

Удобрение оказало на зимовал благотворное воздействие. После спуска в мелких лужиках было обнаружено большое количество рачков *Chydorus*, *Simosera*, циклопов, личинок тендипедид. Месгами в почве были в значительных количествах личинки *Tendipes plumosus* — от 280 до 1850 шт., и моллюски — от 320 до 1265 шт. на 1 м². Много было личинок ручейников. В значительном количестве встречались бокоплавцы разных возрастов.

ОПЫТЫ УДОБРЕНИЯ ЗИМОВАЛЬНЫХ ПРУДОВ ПРИОЗЕРСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА

Пруды Приозерского рыбоводного завода относятся к сильно фильтрующим. Ложе прудов песчаное, без какой-либо примеси глины.

Пруд № 1 площадью 0.17 га, прямоугольной формы, с дном, постепенно понижающимся к середине пруда, с глубиной от 20—25 см в начале пруда и до 1.5—1.7 м к его середине. Берега пруда отлогие. Вода, поступающая в пруды, дистрофная.

20 IX 1948, после облова пруда и наполнения его под зимовал, пруд был удобрен в наиболее его мелкой части. Вдоль берега была сложена

навозная гряда шириной 30—40 см, толщиной 20—25 см, длиной 18 м. Вдоль навозной гряды была сложена картофельная ботва и стебли еще цветущего гороха. Длина травяного валика была равна 25 м, толщина 30—40 см, ширина 1—1.5 м. Слой воды над удобрением составлял 20—25 см.

Весной, когда еще пруд был под льдом, были взяты анализы около самого удобрения.

18 IV — температура воды 5.5°C , окисляемость воды в зоне удобрения 12—14 мг $\text{O}_2/\text{л}$, кислорода 40—50% нормального насыщения; в воде диатомеи, евглени, инфузории: *Stentor polymorphus*, *S. coeruleus* и *Bursaria*, коловратки, среди которых преобладают *Euchlanis* и *Anuraea*, циклопы, отдельные *Simoscephalus*, *Ceriodaphnia*, *Alona*.

5 V — температура у берега (ледяной покров сошел) около места удобрения от 6.5 до 8.5° , а в очень мелких местах у самого берега 12°C ; окисляемость от 12 до 20 мг $\text{O}_2/\text{л}$, кислорода 46—54%, нормального насыщения; планктон: *Daphnia magna*, *Euryceus*, *Simoscephalus*, *Ceriodaphnia*, *Polyphemus*, *Alona*, *Bosmina*, *Stentor coeruleus*, *Halteria*, *Didinium*, *Pandorina* и евглени.

9 V. После спуска и облова рыбы, которая хорошо вынесла зимовку, дно пруда представляло следующую картину.

Все дно было покрыто зеленовато-коричневым илом, у самого удобрения слой ила толщиной в 10—8 см, на расстоянии 2 м от удобрения — 8—6 см, дальше — 4—2 см. Совершенно лишена ила середина пруда (вся та часть, через которую протекала водоспускная канава). Ил рыхлый, легко взмучивающийся и легко уносимый потоком. При спуске пруда ил толстым слоем покрыл водоотводящую канаву за пределами пруда.

На дне пруда и в ловчей сетке для рыб были обнаружены в больших количествах личинки стрекоз *Cordulia* и *Lestes*, мелкие греблики и гладыши.

В самой навозной гряде, в стороне, соприкасающейся с берегом, найдены в большом количестве дождевые черви разного размера, от очень маленьких до очень больших. В навозной гряде и среди остатков растений обнаружено также много личинок *Tendipes plumosus*. В лужах, образовавшихся после спуска воды, благодаря неровности дна, в большом количестве находились рачки: *Daphnia magna*, *Simoscephalus*, *Euryceus*, *Polyphemus*, *Bosmina*. В более мелких лужах можно было видеть тубифексов.

В желудках выловленной рыбы были найдены — у осетра (вскрыт один): 2 личинки *Cordulia*, 1 греблик, 4 гладыша (небольших), 1 маска коромысла, 18 тендипедид, 1 *Physa*; у лосося: 2 маленьких гладыша, 1 личинка *Culicoides*, 6 тендипедид, 2 ручейника, 5 циклопов, 1 *Euryceus*; у сига: 3 личинки поденок, 12 дафний, 16 циклопов.

Исходя из вышензложенного, мы считаем целесообразным производить удобрение зимовала зональным методом, так как это дает следующий эффект.

1. Рыба, поступающая в зимовал, может продолжать питаться до того, как она переходит в неподвижное состояние. Ранней весной, при потеплении воды в зимовале, рыба может возобновить питание, что предохраняет ее от истощения.

2. Удобрение зональным методом не нарушает кислородного режима в придонных слоях, так как все бактериальные процессы протекают в прибрежной полосе зимовала. Окисляемость воды в зимовале, на его

дне, как показали наблюдения наши и И. В. Баранова, в течение зимнего периода не поднималась выше 3 мг O_2 /л.

В результате удобрения зимовалов, как это явствует из отчета технорука рыбхоза, «по выходу годовиков карпа из зимовала в 1949 г. перевыполнен план на 20% от норматива и на 58.1% от плана рыбхоза. По плану рыбхоз предусматривал завоз посадочного материала из других хозяйств в количестве 25 000 шт., но ввиду успешной зимовки рыбхоз обошелся своим посадочным материалом».

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ЖИВЫХ КОРМОВ МЕТОДОМ ЗОНАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ МАЛЬКОВЫХ ФОРЕЛЕВЫХ ПРУДОВ

В течение 1949 и 1950 гг. нами проводилось выращивание живых кормов в мальковых форелевых прудах рыбхоза «Ропша».

Под опытом были 5 прудов (промежуточные №№ 1, 2, 3, 5 и 6), образованные из бывшей речки путем перегораживания ее ложа дамбами. Ложе прудов глинистое. Питаются все пруды ключевой водой, которая поступает из распределительного пруда в пруд № 1, оттуда в № 2 и т. д.

Пруды отличаются друг от друга размерами и расположением водоспускных канав. В прудах №№ 1, 3 и 6 канавы проходят посередине. Берега отлогие с постепенным понижением к центру пруда. Дно пруда № 2 плоское. Канав 3, одна из них проходит по середине пруда, а две — вдоль берегов. Поэтому прибрежная полоса пруда глубже, чем более отдаленные от берега участки. Такого типа пруды очень неудобны для удобрения зональным методом, так как даже при сравнительно слабой проточности из-под удобрения все время вымывается часть распадающихся органических веществ, необходимых для развития бактерий. Кроме того, током воды из пруда выносятся и сами развивающиеся кормовые организмы.

Все пруды в течение лета зарастают харой, которой особенно много в пруде № 2; плоское дно этого пруда покрывается равномерно зарослями хары, вышиной до 40—50 см, поднимающимися почти к поверхности воды. Хара не может служить удобрением, так как после отмирания она не гниет, а рассыпается, образуя мало продуктивный ил.

Условия выращивания живых кормов в 1949 и 1950 гг. сильно различаются. В 1950 г. температура воды в прудах была значительно ниже, чем в 1949 г. Низкие температуры тормозили разложение вводимой в пруды травы, развитие бактерий и кормовых организмов. В пруде № 7 выращивались годовики форели на искусственных кормах. Во избежание загнивания воды в этом пруде (от разлагающихся жмыхов, костной муки и других продуктов кормления) приходилось держать все пруды под большой проточностью. Посадка мальков форели в 1950 г. по сравнению с 1949 г. была более сгущенной (табл. 2).

Первое удобрение (конский навоз) было внесено в пруд № 1 за 3 дня до посадки мальков, в пруды №№ 2, 3 и 5 — в первые дни после посадки мальков; в июне пруды удобрялись слабо, в июле очень хорошо, в августе был длительный перерыв, вызванный хозяйственными неполадками. В конце августа было внесено последнее удобрение.

Все данные по удобрению прудов сведены в табл. 3.

Результаты выращивания мальков форели в промежуточных прудах за 1950 г. даны в табл. 4.

Таблица 2

№ пруда	Год	Количество малька	
		всего	на 1 м²
1	1949	4000	4.6
	1950	6500	7.5
2	1949	15000	6.2
	1950	18000	6.3
3	1949	8500	3.9
	1950	15000	6.8
5	1949	3000	5.6
	1950	4500	8.5

Таблица 3

№ пруда	Время удобрения		Время посадки мальков	Вид удобрения	Длина удобрительной зоны, в м	Толщина удобрительной зоны, в м	Ширина удобрительной зоны, в м	Вес травы, в мг	Примечание
1	7	V	10 V	Конский навоз, перепревшая трава	25	20—25	20—25	—	Трава была использована негодная на сено.
	6	VI		То же	25			160	
	8	VII		"	80	35—40	1—1.5	500	
	15	VII		"	80	35—40	1—1.5	500	
	25	VIII		"	80	35—40	1—1.5	400	
2	18	V	12 V	Навоз	25	—	—	—	
	8	VI		Трава	50	30—40	1—1.5	240	
	15	VII		Ольха	50	—	—	—	
	23	VII		Трава	190	35—40	1.5—2	1000	
	28	VIII		"	100	35—40	1.5—2	450	
3	18	VI	15 V	1 воз навоза	25	—	—	—	
	20	VI		Трава	20	20—25	1—1.2	160	
	3	VII		Крапива	20	20—25	1—1.2	160	
	8	VII		"	10	20—25	1—1.2	80	
	1	VIII		"	10	20—25	1—1.2	90	
	7	VIII		"	25	20—25	1—1.2	192	
	9	VIII		"	20	20—25	1—1.2	160	
5	20	V	12 V	1 воз навоза	—	—	—	—	
	25	VI		Трава	25	—	—	175	
	9	VII		"	100	—	—	480	
	28	VII		"	80	—	—	400	

Примечание. По пруду № 1 имеются подробные данные: окисляемость по-добавилась от 86 мг O₂/л в зоне удобрения до 8 мг у зоны; лафий, циклопов, диапто-мусов от 2 до 5.5 тыс./л; личинок Culex в поверхностных слоях воды от 63.7 до 6.4 тыс./л; стрекоз и жуков от 23 до 88/м³; геденнелия от 650 до 4 тыс./м³, много-олигодет, ручейников; маллюсков после спуска прудов от 2 до 6.4 тыс./м³

Из табл. 4 видно, что наилучшие результаты получены по пруду № 1: выход с 1 м² зеркала пруда по 5.6 малька. Рыбопродукция при пересчете с 1 гектара составляет 366.5 кг (табл. 5).

Таблица 4

№ пруда	Площадь, в га	Посажено экземпляров		Выловлено экземпляров		% выхода	Средний вес, в г	Общий вес, в кг	Рыбопродукция, в кг/га
		всего	на 1 м ²	всего	с 1 м ²				
1	0.087	6500	7.5	4832	5.6	74	6.6	31.9	366.5
2	0.284	18000	6.3	7400	2.6	41	7.7	56.98	206
3	0.219	15000	6.8	8075	3.6	53	6	48.5	221
5	0.053	4500	8.5	1242	2.3	30	9	11.2	210

Таблица 5

Результаты выращивания мальков форели в промежуточном пруде № 1 площадью 0.087 га (рыбхоз «Ропша»)

Год	Посажено экземпляров		Выловлено экземпляров		% выхода сеголетков	Средний вес, в г	Общий вес, в кг	Продукция, в кг/га	Удобрения
	всего	на 1 м ²	всего	с 1 м ²					
1934	1100	1.2	390	0.4	35.5	10	3.9	43	Суперфосфат 20 VII 10 кг, 9 VIII 10 кг.
1935	1910	2.2	768	0.8	39	10	7.7	76	
1936	2176	2.5	2061	2.4	94.7	6.1	12.5	143	
1937	5655	6.5	686	0.8	12	11	7.5	65	Суперфосфат 6 VII и 3 VIII 16 кг, калийная соль 6 VII и 3 VIII 14 кг.
1938	4100	4.7	106	0.1	5.2	5	0.5	5.7	
1939	3100	3.6	1113	1.3	46	9	10	115	
1940	3000	3.5	459	0.5	11	9	4	47	Фосфорная мука, конский навоз 110 кг, затем 2 воза.
1949	4000	4.6	2800	3.2	70	6.3	17.6	202	
1950	6500	7.5	4832	5.5	74.3	6.6	31.8	366.5	

В этом пруде к моменту выпуска малька около навозной гряды был уже небольшой корм, который развивался быстрее, чем мальки могли его выедать. Кроме того, этот пруд удобрялся до середины июля нормально. После этого наступил длительный перерыв в удобрении. И только 25 VIII еще раз пруд был удобрен. Длительный перерыв в нормальном обеспечении мальков живыми кормами сказался на их росте и весе. Вес мальков колебался от 4.5 до 25 г. Позднее удобрение не могло уже в полной мере восстановить прерванную кормовую базу, тем более, что пруд № 1 наиболее холодный, так как он ближе других расположен к источнику водоснабжения.

Пруд № 2 удобрялся в тех же количествах, как и в 1949 г., но ввиду большой проточности результаты 1950 г. ниже предыдущего года, когда проточность была очень слабая (в 1949 г. с 1 м² зеркала пруда было получено 3.2 малька).

Повышенная посадка малька, при ухудшенных условиях выращивания живых кормов, оказала свое влияние на процент выхода малька и рыбопродукцию с 1 гектара площади (рис. 1): в 1949 г. из 15 000 выжило 60%.

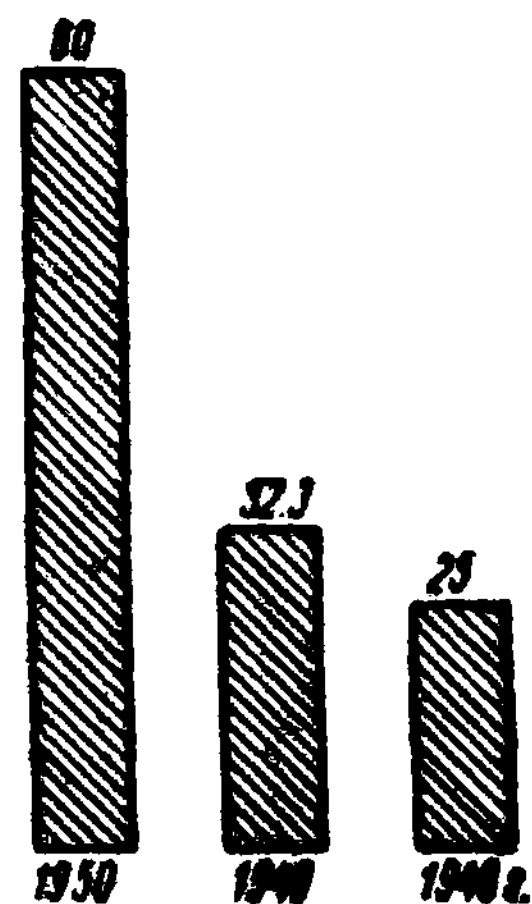


Рис. 1. Процент выхода карпов после зимовки в Андерсеновском зимовале (площадь 1 га).

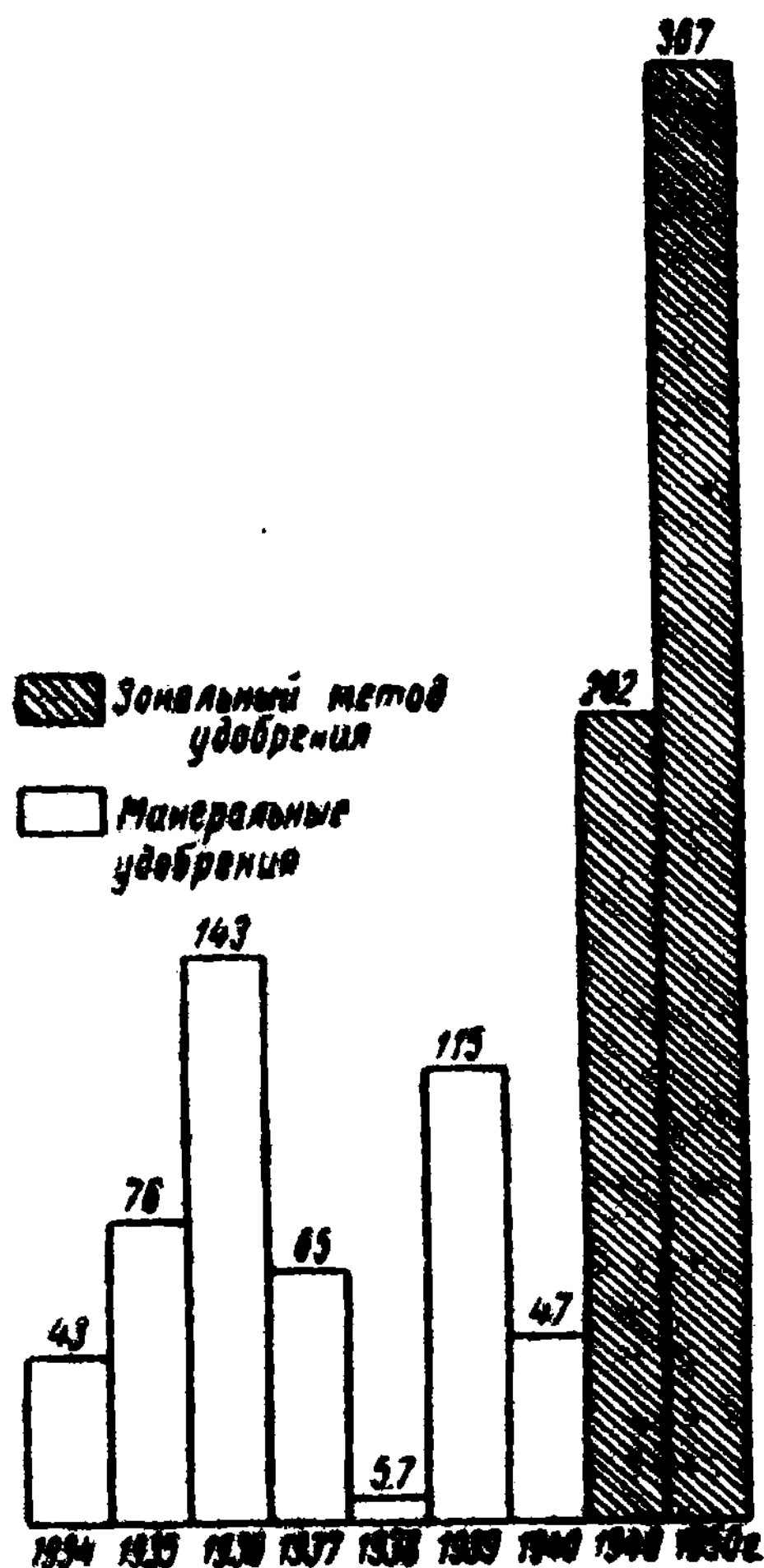


Рис. 2. Продуктивность промежуточного пруда № 1 за ряд лет (в кг/га).

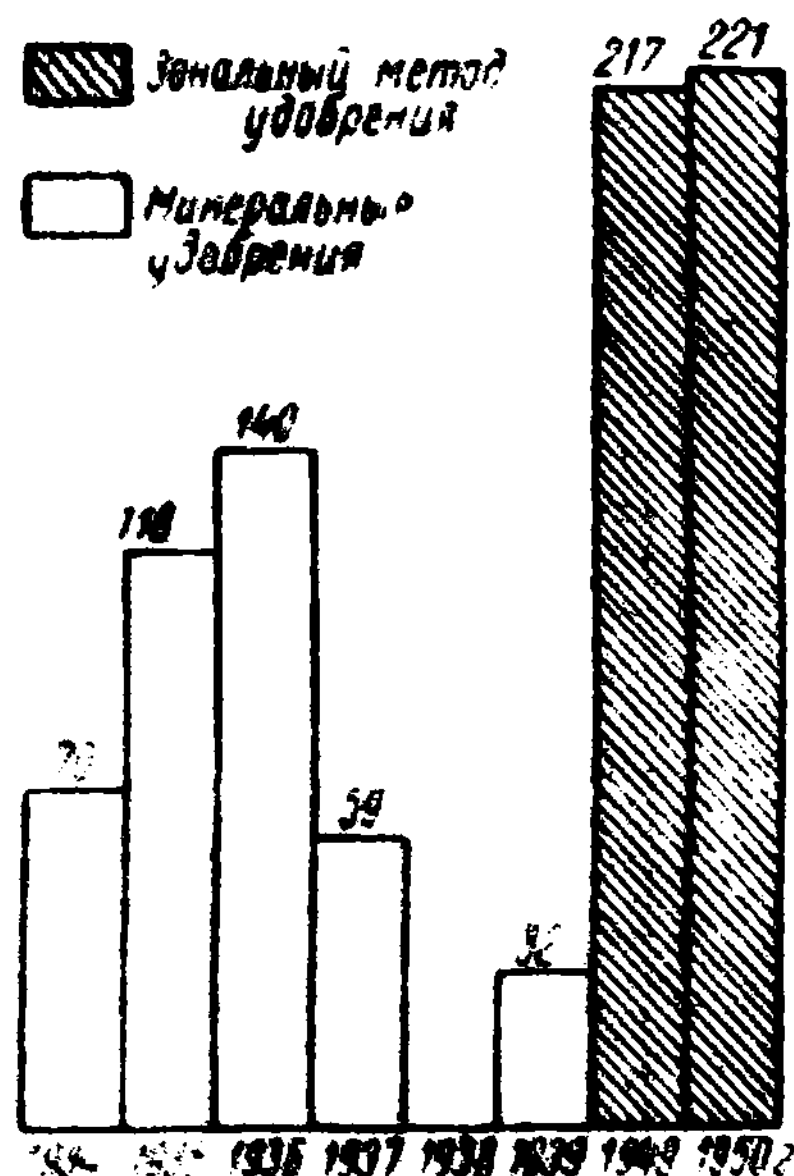


Рис. 3. Продуктивность промежуточного пруда № 3 за ряд лет (в кг/га).

в 1950 г. из 18 000 — 41%; общая рыбопродукция в 1949 г. с площади пруда составляла 80.1 кг, при пересчете на 1 га — 282 кг; в 1950 г. с площади пруда — 56.98 кг, при пересчете на 1 га — 206 кг.

Интересные результаты получены по пруду № 3, который менее других прудов был охвачен проточностью: почти 2/3 пруда не охватывались течением.

Условия в 1950 г. создались близкие к таковым 1949 г. Пруд удобрялся в те же сроки и тем же количеством травы, как и в 1949 г. Только в самом начале (через 3 дня после посадки мальков) пруд, в отличие от предыдущего года, был удобрен конским навозом (1 воз).

Повидимому, то обстоятельство, что мальки довольно рано начали питаться, позволило выжить большему количеству особей при явно завышенной для данного типа прудов посадке (табл. 6).

Аналогичные результаты нами получены и по пруду № 5.

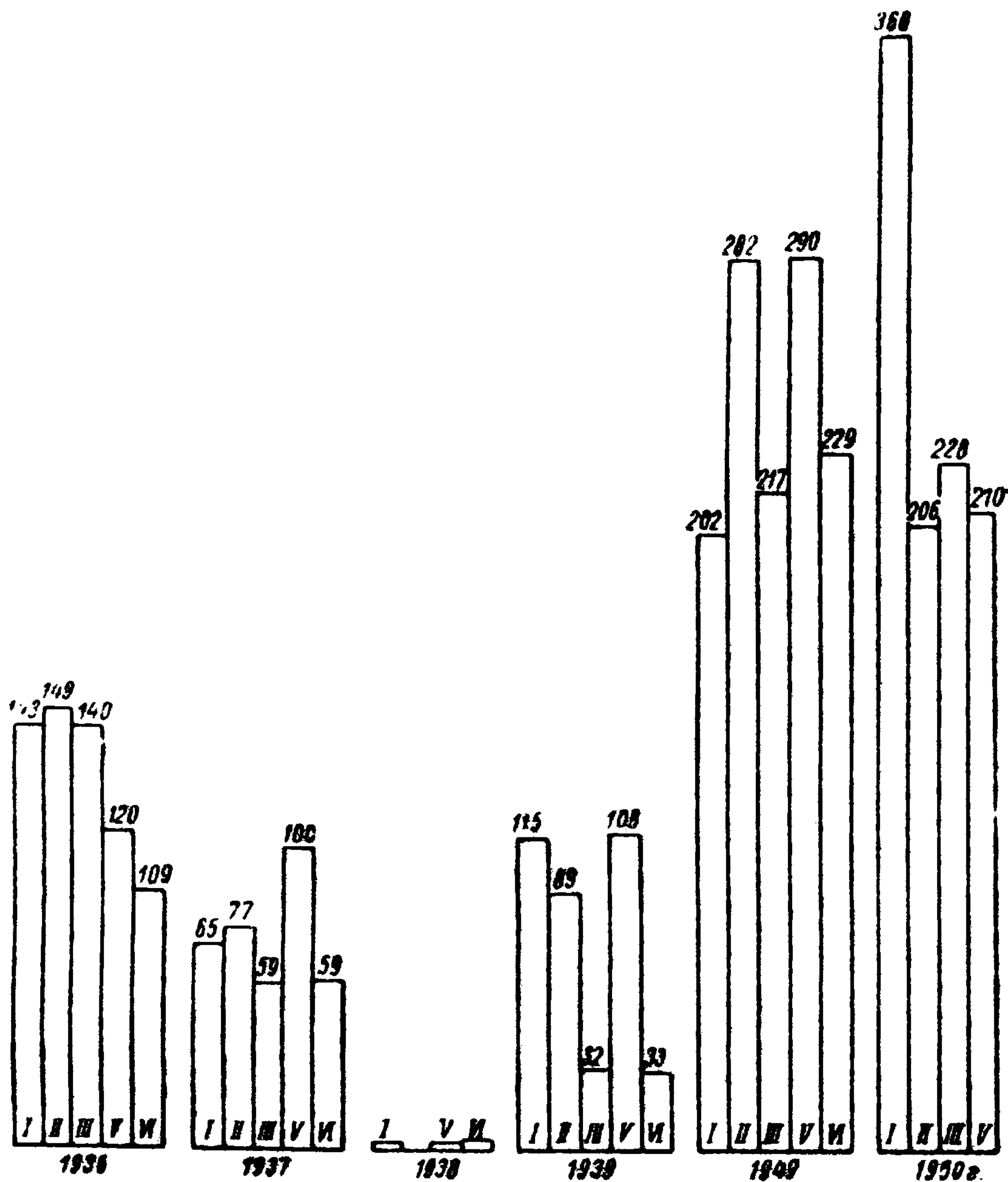


Рис. 4. Продуктивность промежуточных прудов рыбного хозяйства «Ропша» за ряд лет по мальку форели (в кг/га). (В 1949—1950 гг. удобрение зональным методом).

Рыбкины цифры обозначены номерами прудов.

При сравнении наших результатов с полученными рыбхозом при применении им минерального и навозного удобрений мы можем указать, что зональный метод удобрения травой (даже не пригодной на сено) дает значительно более высокие результаты (табл. 7; рис. 2—4).

Из табл. 7 видно, что еще ни разу в рыбхозе «Ропша» не были получены результаты, аналогичные нашим в 1949 и 1950 гг., как по выживаемости мальков во время выращивания, так и по получению рыбопродукции в кг с 1 га.

Таблица 6

Год	Посажено экземпляров		Выловлено экземпляров		Средний вес, в г	Рыбопро- дукция, в кг/га
	всего	на 1 м ²	всего	с 1 м ²		
1949	8500	3.9	4200	1.9	11.8	217
1950	15000	6.8	8075	3.6	6	221

Таблица 7

№ пруда	Год	Посажено экземпляров		Выловлено экземпляров		% выхода	Общая про- дукция с площади пруда, в кг	Рыбопро- дукция с 1 га, в кг	Удобрения
		всего	на 1 м ²	всего	с 1 м ²				
1	1937	5655	6.5	686	0.8	12	7.5	65	Минеральные соли. Без удобрения. Зональный метод.
	1938	4100	4.7	106	0.1	5	0.5	5.7	
	1950	6500	7.5	4832	5.6	74.3	31.9	366.6	
2	1937	18460	6.5	1920	0.6	11.5	21.8	77	Минеральные соли. Зональный метод. То же.
	1949	15000	5.2	9100	3.2	60	10.1	282	
	1950	18000	6.3	7400	2.6	41	56.98	206	
3	1937	13780	6.3	2493	1.1	18.2	12.5	69	— Зональный метод.
	1950	15000	6.8	8075	3.6	53	48.5	221	

Применяя зональный метод удобрения, мы повысили выход малька форели на 351%. Метод зонального удобрения вошел в практику рыбхоза, и рабочие сами его применяют на всех прудах как нерестовниках, так и выростных и нагульных в рыбхозах «Ропша», «Гостилицы» и «Бельведер». Рыбхоз «Ропша» в 1949 и 1950 гг. перевыполнил план выращивания малька форели.

Ц. И. ИОФФЕ

ПОВЫШЕНИЕ КОРМОВОЙ БАЗЫ ПРУДОВ ОРГАНИЧЕСКИМИ УДОБРЕНИЯМИ

Одним из важнейших факторов среды, благоприятствующих интенсивному воспроизводству рыб, является обеспеченность водоема кормовыми ресурсами.

Основываясь на результатах работ М. М. Исаковой-Кео по применению удобрений, мы в своих работах ставили задачей, во-первых, вскрыть закономерности в процессах изменения отдельных пищевых звеньев и их взаимоотношения между собой и, во-вторых, выявить степень эффективного воздействия отдельных видов удобрений на развитие отдельных кормовых объектов с тем, чтобы дать промышленности обоснованные рекомендации по вопросу повышения кормности водоемов.

Исследования проводились нами в экспериментальном порядке, в прудовых и аквариальных условиях.

Работа выполнялась в 1950 г. на базе прудов рыбзавода «Пелчи» Латрыбвода бригадой научных сотрудников ВНИОРХ'а в составе: Ц. И. Иоффе (руководитель работ; раздел бентоса и биологии *Tendipes*), Н. А. Мосевича и В. И. Антоновой (раздел гидрохимии), Н. В. Гусевой (раздел микробиологии), Е. И. Киселевой (раздел фитопланктона и питание *Tendipes* и ракообразных), М. Ф. Соколовой (раздел зоопланктона в прудах и аквариумах и биология планктонных ракообразных). В настоящем сообщении приводятся лишь основные выводы по их данным.

Для экспериментальных работ была использована серия небольших прудов, площадью каждый около 100 м², расположенных параллельно друг другу. Пруды имели прямоугольную форму с берегами, обложенными булыжником, дно песчаное, средняя глубина 60—70 см.

Водоснабжение общее, из одного источника, но легко регулируемое в связи с тем, что каждый пруд имеет самостоятельную водоналивную и водоспускную системы. Вода прудов до начала удобрений характеризовалась рН = 7.5, незначительной окисляемостью (2.6 мг О₂/л), хорошим кислородным режимом, высокой минерализацией и небольшим содержанием биогенных элементов.

В четыре пруда вносились удобрения, пятый был контрольный. В качестве удобрений были использованы конский навоз, ветки ольхи, сборная водная растительность, состоящая из тростника, вира, рогоза и хвоща, и сборные сорные травы — крапива, лопух, зонтичные.

С середины августа под наблюдение был взят дополнительно еще один пруд, в который был заложен компост, заготовленный в начале лета. Удобрения закладывались сплошной полосой во всю ширину пруда.

было водоподающего монаха. Разовая норма — 6 кг навоза или 12 кг других видов удобрений на 1 м береговой линии. Повторные внесения удобрений определялись анализом окисляемости и количеством микроорганизмов.

Все примененные в ходе опытов удобрения оказали в большей или меньшей степени активизирующее воздействие на водную среду, начиная от физико-химических свойств последней и последовательно распространяясь на всю длину пищевой цепи (бактерии, фито- и зоопланктон и бентос).

Наиболее глубокие изменения физико-химических свойств воды, по данным В. И. Антоновой, происходят под влиянием ольхового удобрения. Выражаются эти изменения в приобретении водой цветности, падении кислорода до нуля, повышении окисляемости до 18.41 мг O_2 /л, в некотором сдвиге реакции среды в кислую сторону, резком увеличении солевого аммиака (до 55 мг/л) и повышении содержания железа до 1.75 мг/л. Почти столь же глубокие изменения наблюдаются и при удобрении сорными травами, а именно: значительное падение прозрачности воды, повышение окисляемости до 14.4 мг O_2 /л, снижение кислорода до нуля, увеличение солевого аммиака до 20 мг/л, чрезвычайно резкое увеличение содержания железа до 4.5 мг/л.

Слабее выражено было изменение физико-химических свойств воды при навозном удобрении: окисляемость повышалась до 11 мг O_2 /л, содержание кислорода не падало ниже 37.3% насыщения, содержание железа не превышало 0.7 мг/л. Наиболее слабое изменение отмечалось при удобрении макрофитами: максимальная окисляемость 7.96 мг O_2 /л, падение содержания кислорода до 41% насыщения, максимальное содержание железа 0.6 мг/л.

Повышение окисляемости в начале опытов было незначительное, оно сильно возрастало после второго внесения ольхи — до 18.51 мг, после третьего — до 15.52 мг O_2 /л.

Следует отметить, что пики окисляемости при удобрении ольхой и сорными травами в начальный период опытов (май—июнь), как правило, наступали после закладки удобрений через более продолжительное время, чем при закладке в июле—августе. То же самое наблюдалось и в опытах 1949 г. Это находится в связи с изменением содержания водорастворимых органических веществ в листьях и ветвях ольхи в течение вегетационного периода и с повышением температуры.

В отличие от указанных видов удобрений, кривая окисляемости при удобрении макрофитами характеризуется плавным повышением (до одного месяца). Объясняется это большим количеством в составе макрофитов трудно растворимых веществ, что тормозит развитие биохимических процессов.

При удобрении навозом максимум окисляемости наблюдался на 2—3-й день после закладки, а затем сразу же шел на снижение, в связи с чем потребовалось более частое внесение удобрения, чтобы поддержать окисляемость на сравнительно высоком уровне. Окисляемость в контрольном пруду, за исключением начала июня, когда в результате интенсивной минерализации органических веществ под влиянием высокой температуры она достигала 6.53 мг O_2 /л, не превышала 4.7 мг.

Вызываемые удобрениями легко растворимых органических веществ опрощаются интенсивным развитием бактерий. Наибольшее относительное увеличение бактерий (в 126 раз против исходного), по данным Н. В. Гусевой, отмечено в среде, удобренной сорными травами. Боль-

шое увеличение бактерий отмечалось также при удобрении макрофитами — максимум около 111 раз.

Значительной, но меньшей, чем сорные травы и макрофиты, эффективностью отличается навозное удобрение (увеличение в 72 раза). Вспышка в развитии бактерий наступает спустя 2—4 дня по внесении удобрений, после чего происходит довольно резкий спад.

Наименее эффективным в условиях проведенного опыта оказалось ольховое удобрение — по темпам развития на уровне контрольного пруда. Очевидно, слабое развитие бактерий связано с содержанием в ольхе большого количества экстрагируемых веществ (дубильных, красящих и др.), выделение которых приводит к замедлению, как бы затуханию, биохимических процессов.

В контрольном пруду, на протяжении большей части вегетационного периода, общее количество бактерий было весьма незначительно: 1.5—2-кратное увеличение против исходного количества.

Из всех групп бактерий наиболее быстро реагируют на внесение удобрений сапрофитные бактерии, причем особенно интенсивно они развиваются, как найдено Н. В. Гусевой, при навозном удобрении.

Довольно значительное развитие сапрофитов отмечается также при удобрении сорными травами, гораздо слабее — при ольховом удобрении, при этом пики развития совпадают с периодами значительного улучшения кислородного режима в пруду.

Не наблюдалось развития сапрофитов в пруду, удобренном макрофитами, уступая в этом отношении даже контрольному пруду (лишь в одном случае из 33 наблюдений отмечено их увеличение на 76% против исходного количества). Это может быть объяснено тем, что макрофиты содержат в себе большое количество трудно растворимых веществ.

Анализ других физиологических групп микроорганизмов в воде, проведенный Н. В. Гусевой, показал, что при удобрении ольхой и сорными травами имеет место чрезвычайно большое развитие железобактерий, вряд ли имеющих большое кормовое значение. Повышение железобактерий связано с увеличением содержания железа в воде. Определение пищевого значения железобактерий стоит в программе наших будущих работ.

Внесение удобрений стимулировало развитие процессов нитрификации II фазы, что в неудобренной среде совсем не наблюдалось. Значительно возрастало количество целлюлозных бактерий, особенно при удобрении ольхой и сорными травами. Внесение удобрений влияло также и на микробиологические процессы, протекающие в грунтах. Под влиянием всех видов удобрений, кроме ольхового, активно протекала нитрификация II фазы; при ольховом удобрении нитрификация II фазы по мере вноса повторных закладок постепенно задерживалась, а затем полностью прекратилась. Возможно, торможение было также вызвано выделением ольхой экстрагируемых веществ и их накоплением. Под влиянием внесенных удобрений в грунтах, как правило, увеличивались анаэробные фиксаторы азота, возрастало количество азотобактера, увеличивались и целлюлозные бактерии.

Количественное развитие фитопланктона, по данным Е. И. Киселевой, стимулировалось в прудах двумя видами удобрений — навозом (увеличение в 8 раз) и макрофитами (увеличение в 14 раз). Увеличение фитопланктона при удобрении макрофитами характеризуется преимущественно одновременной вспышкой эвгленовых водорослей, относящихся к формам обрастаний, в результате механического их заноса вместе

с удобрением. Остальные виды удобрений оказались неэффективными; более того, ольховое удобрение и сорные травы, закладываемые в указанных выше количествах, способствуя повышению содержания железа в воде и отчасти резкому увеличению солевого аммиака, создали среду, затормаживающую развитие фитопланктона.

Что касается качественных изменений фитопланктона, то они, согласно Е. И. Киселевой, проявляются следующим образом. Навозное удобрение, как это было выяснено и опытами 1949 г., благоприятствует развитию хризомонад: продукция их в июне увеличилась в 700 раз, между тем как в контроле она дала лишь двукратное увеличение. Удобрение навозом благоприятно сказывалось и на развитии вольвоксовых, количество которых возрастало в различные периоды от 10 до 2500 раз; с середины июня, когда подавляется развитие хризомонад, они становятся руководящей группой. Значительного увеличения достигают диатомовые и протококковые. Последние заслуживают особенного внимания по своей кормовой ценности. Макрофитное удобрение стимулировало развитие вольвоксовых, донных форм и форм обрастаний, как диатомовых, зигнемовых, синезеленых; ольховое — протококковых, нитчатых (эдогониевых, зигнемовых); сорные травы — вольвоксовых, форм обрастаний (диатомовых и евгленид).

Следует отметить чрезвычайно положительное влияние на развитие фитопланктона удобрения компостом — максимальное увеличение 1312, среднее — 363 раз по отношению к исходному количеству.

Наибольший эффект в развитии зоопланктона, по данным М. Ф. Соколовой, дает навозное удобрение (в среднем 130-кратное увеличение), за ним следуют макрофитное удобрение (17-кратное), ольховое (12-кратное) и сорные травы (7-кратное). По сравнению с контролем единственно эффективным по общему развитию зоопланктона в прудовых условиях оказался навоз, что обуславливается благоприятными условиями среды, ростом фитопланктона и развитием полезных в кормовом отношении бактерий.

Небольшое увеличение зоопланктона под влиянием сорных трав и ольхи объясняется: 1) слабым развитием фитопланктона, 2) низкой пищевой ценностью бактерий, изобилующих большим количеством железобактерий, 3) неблагоприятным газовым режимом — падение содержания кислорода до нуля, и 4) появлением при этих видах удобрений в больших количествах личинок *Culex*, являющихся хищниками планктонных организмов.

Развитие зоопланктона в пруду, удобряемом навозом, имело устойчивый характер — среднее увеличение в разные периоды составляло 116—134—145 раз к исходному количеству. Резкое увеличение зоопланктона при удобрении навозом началось спустя 7—10 дней после внесения удобрений (что связано с характером развития бактерий) и на высоких значениях с некоторыми колебаниями держалось в течение всего лета.

Зависимость зоопланктона от предшествующих ему звеньев — бактериального и фитопланктона — чрезвычайно ярко и отчетливо обнаружилось 7 VII 1950, когда единственный раз за весь период исследований наблюдалось резкое его снижение — с 199 до 50 тыс./м³. Это снижение совпало со снижением количества бактерий с 1115.6 до 87—110 тыс./мл и фитопланктона с 13.8 до 1.4 млн клеток/м³. С внесением 9 VII 1950 новой закладки удобрений наметился резкий подъем всех звеньев, при этом рост зоопланктона превысил максимальный его уровень, который наблюдался до снижения.

Таким образом, систематическое внесение навозного удобрения поддерживало пищевые звенья, необходимые для роста зоопланктона на высоком уровне, что обеспечило, при прочих благоприятных факторах среды, высокий уровень зоопланктона без заметных колебаний в сторону уменьшения. Спад зоопланктона наметился к середине сентября, когда стала уже понижаться температура воды. Состав зоопланктона в пруду, удобряемом навозом, характеризовался в течение всего периода наблюдений большим удельным весом кладоцер, в других прудах в первую половину лета кладоцера и копеподы находились примерно в равных соотношениях, за исключением единовременной вспышки в контроле и в пруду, удобренном ольхой; со второй половины лета наблюдалось резкое преобладание копепод.

Что касается отдельных кормовых объектов, то развитие дафний, по М. Ф. Соколовой, стимулировалось в большей степени навозным удобрением, затем сорными травами, в меньшей степени — макрофитами, ольхой оно подавлялось; развитие босмин стимулировалось ольхой; симоцефалусов — макрофитами и частично ольхой; циклопов — макрофитами и в меньшей степени ольхой и навозом.

В отличие от зоопланктона, развитие которого было эффективным лишь под влиянием навозного удобрения, бентос достигал высокой степени развития во всех удобряемых прудах. Наиболее эффективное воздействие на развитие бентоса оказало макрофитное удобрение; немногим уступал макрофитам навоз. Сорные травы заняли третье место, наименьшие результаты получены по ольховому удобрению.

Как при макрофитном, так и при навозном удобрениях рост биомассы в самый первый период наблюдений был незначительный. Резкий подъем наметился с конца июня, после чего биомасса устойчиво держалась на высоком уровне.

Бентос до конца июля был представлен почти исключительно крупными личинками тендипедид (*Tendipes plumosus*), биомасса которых доходила до 88% общего веса бентоса. С конца июля, в связи с массовым вылетом тендипедид, их биомасса резко снизилась. Однако это не отразилось на общей биомассе бентоса, так как к этому времени началось усиленное размножение моллюсков. Интересно отметить, что вначале в бентосе моллюски были представлены главным образом *Pisidium*, которые в дальнейшем были подавлены, и руководящей формой при удобрении макрофитами стали *Planorbis contortus*, при удобрении навозом — *Musculium lacustre*.

Развитие бентоса при удобрении сорными травами и ольхой определялось также в основном личинками *Tendipes plumosus*, при этом развитие тендипедид на дне пруда с ольховым удобрением протекало менее интенсивно, чем при удобрении сорными травами. Характерно, что подъемы тендипедид были приурочены к моменту отработки удобрений — опаданию листьев. Обычно подъемы были непродолжительными, после чего наступали резкие спады, обусловленные либо вылетом, либо гибелью личинок вследствие нулевого содержания кислорода (в пробе обнаружены мертвые личинки).

Характерными моментами при удобрении ольхой и сорными травами являются: 1) подавление моллюсков, что, надо полагать, явилось следствием повышенного содержания в них железа, и 2) массовое развитие личинок *Culex*, не наблюдавшееся в других прудах, что ярко иллюстрирует различную требовательность отдельных организмов к факторам среды.

Интересно отметить, что в то время как в бентосе удобряемых прудов господствовали личинки тендипедид, в контрольном пруду в течение всего лета преобладали моллюски. Наличие тендипедид было крайне ничтожно и не превышало 1.12 г/м^2 или 3-кратного увеличения исходного количества, между тем как в удобряемых прудах биомасса тендипедид увеличилась в пределах от 18 до 220 раз. Объясняется это тем, что в этом пруду развивались лишь мелкие формы, свойственные заросшим или песчано-илистым биотопам, крупные же личинки *Tendipes plumosus* не получили развития, хотя в отдельные периоды были отмечены их молодые формы. Нахождение молоди *Tendipes* указывает, что яйца в этом пруду также откладывались и имел место выход личинок из кладок, но в дальнейшем развитие их лимитировалось отсутствием достаточных иловых отложений, необходимых для нормального их развития в естественных условиях; в удобренных прудах недостаток иловых отложений компенсировался бактериальной пищей.

Анализируя данные по развитию бентоса, можно установить зависимость его от изменений среды, происходивших под влиянием удобрений.

Так, слабое сравнительно развитие бентоса в прудах, удобряемых ольхой и сорными травами, определялось замедленным процессом распада углеродистых соединений в грунтах и наименьшим количеством целлюлозных бактерий и азотобактера; последний, как известно, является одной из наиболее усвояемых донными организмами форм бактерий.

В прудах, удобряемых навозом и макрофитами, наблюдалась обратная картина — уменьшение в грунтах показателя C/N , увеличение целлюлозных и нитрифицирующих бактерий и большее количество азотобактера — отсюда и больший рост биомассы. Несомненно, что интенсивному росту бентоса в прудах с макрофитным и навозным удобрениями, помимо бактерий, способствовал также и фитопланктон, в частности нитчатки, которые при отмирании, оседая на дно, являются весьма распространенным объектом питания личинок тендипедид и моллюсков.

Помимо непосредственного влияния на увеличение бентоса, на дне водоема «зеленые» удобрения в то же время создают как бы второй ярус дна, на котором интенсивно развиваются донные организмы, что значительно повышает кормовую продуктивность водоема: на макрофитах биомасса бентоса составляла 800 г, на ольхе — до 600 г, на сорных травах — до 340 г/м². Отличительной особенностью бентоса, развивающегося на удобрениях, являются большой удельный вес моллюсков и массовое развитие личинок *Tendipes plumosus*, отличающихся более быстрым ростом, чем на дне пруда.

Таким образом, опытами, проведенными в прудовых условиях, удалось выяснить степень эффективности отдельных видов удобрений. Этим, однако, задача не исчерпывается, так как эффективность каждого вида удобрений зависит также от того, в каком количестве оно применяется. В прудах мы имели возможность применить для каждого вида удобрения одну норму закладки, так как для постановки опытов с различными нормами прудовая база была недостаточна и едва ли опыты в таком объеме были бы доступны в течение одного сезона.

В связи с этим опыты по выяснению эффективности различных норм удобрений были поставлены в аквариумах. В этих целях применены были те же удобрения, что и в прудах, но каждое в трех разных дозировках, одна из которых соответствовала нормам, вносимым в пруды. Одновременно были проведены опыты с применением комбинированных удобрений и с отдельными компонентами, входящими в состав макро-

фитов (тростник, хвощ, рогоз) и сорных трав (крапива, лопух, зонтичные).

Развитие планктонных организмов во всех опытных аквариумах изучалось М. Ф. Соколовой. Для сорных трав оптимальной нормой, по ее данным, является 4 г/л; при этой норме общее количество организмов в аквариуме достигало максимального обилия — 11 000 экз., что дает увеличение к числу посаженных организмов в 786 раз против 78-кратного увеличения в контроле. Увеличение происходит главным образом за счет дафний, возросших численно в 1745 раз (в контроле в 66 раз).

Норма в 2 г/л оказалась значительно менее эффективной (5175 экз.) вследствие более слабого развития бактерий и протококковых, в частности *Amphirodesmus*, являющихся наилучшим питательным объектом для дафний.

При норме в 6 г/л (соответствующей норме в опытном пруду) наблюдалось резко выраженное подавление зоопланктона (386 экз. против 1086 в контроле). Угнетающими факторами при этом явились чрезвычайно высокая окисляемость (57 мг O_2 /л) и падение кислорода до нуля. То же самое наблюдалось и в опытах, поставленных в прудах.

Опыты с отдельными компонентами, входящими в состав сорных трав, показали, что наиболее эффективным компонентом является крапива.

В опытах с макрофитами оптимальной также оказалась норма в 4 г/л. При этой норме количество зоопланктона достигло 8850 экз., или увеличилось в 600 раз против исходного количества, между тем как при норме в 6 г/л наблюдалось увеличение в 453 раза, а при норме в 2 г/л — в 325 раз. Малая эффективность при концентрации 6 г/л является результатом резко возросшего количества циклопов, которые являются хищниками. По данным Н. С. Гаевской, один циклоп может в сутки съесть 14 *Daphnia magna*, имеющей значительно большие размеры, чем *Daphnia longispina*. Из отдельных компонентов, входящих в состав макрофитного удобрения, наиболее эффективным оказался тростник — увеличение в 873 раза (из 14 организмов развилось 12 225).

В опытах с навозным удобрением (при вносе удобрения 1 раз в месяц) наблюдалась прямая зависимость степени эффективности от величины концентрации: при норме 1 г/л — 2125 экз., 2 г/л — 4300, 4 г/л — 4625 экз. В варианте с внесением удобрений через 2 недели получена иная картина — высокая эффективность при наиболее низкой и наиболее высокой норме и провал при средней норме. Отсутствие такой закономерности следует объяснить тем, что при средней норме появились остракоды, являющиеся хищниками (в аквариумах с другими нормами их не было). По данным Липеровской, ракушковые рачки охотно поедают *Daphnia*, не говоря о возможности их травмирования.

Опыты с ольхой при всех концентрациях оказались мало эффективными, а при дозировке в 4 г/л (примерно соответствующей количеству ольхи, вносимому в опытный пруд) развитие зоопланктона совсем затормозилось. Причиной этого явились полное отсутствие кислорода и протококковых водорослей и, повидимому, наличие железобактерий, как это отмечено было и в пруду. Столь же мало эффективной оказалась и комбинация ольхи с навозом. Сравнительно хорошие результаты получались при постановке опыта с комбинированным удобрением в виде сорных трав с суперфосфатом.

Рассчитав биомассу развивавшихся в аквариумах организмов, можно было установить, что из удобрений, применявшихся в прудах, наиболее

эффективные результаты по увеличению биомассы планктонных организмов в аквариальных условиях дало навозное удобрение: при норме внесения 4 г/л каждые 2 недели — увеличение в 219 раз. Сорные травы и макрофиты при той же норме в 4 г/л дали увеличение: первые в 180, вторые в 171 раз.

Как известно, основными биологическими факторами, определяющими численность кормовых животных, являются их рост и размножение. Поэтому в поставленных опытах с различными видами удобрений, направленных на увеличение численности и биомассы кормовых объектов, велись также наблюдения над биологией некоторых из них, имеющих важное значение: по планктону — над дафнией, симоцефалусом и сидой (опыты М. Ф. Соколовой), по бентосу — над тендипедидами. Опыты проводились по принципу монокультур. Средой для подопытных животных являлась вода, взятая из специальных аквариумов, в которые были внесены различные виды удобрений. Характер и дозировка примененных удобрений были следующие (в г/л):

Конский навоз	4	Макрофиты	4
Сорные травы	2	Ольха и навоз	2 + 2
Ольха	1	Контроль	—

Не останавливаясь на показателях среды, которыми характеризовалась каждая удобренная среда, перейду непосредственно к их влиянию на биологию отдельных кормовых объектов.

Как видно из таблицы, где представлено влияние удобрений на жизненный цикл *Cladocera*, в процессе опытов за два месяца получено от культивируемых самок от 5 до 8 поколений: 8 в среде, удобряемой сорными травами, 7 — навозом и макрофитами, 6 — ольхой и ольхой + + навоз, 5 — в контроле.

Наибольшей продолжительностью жизни отличались дафнии в среде, удобряемой сорными травами и макрофитами; столь же длительно жила дафния и в контроле. Удобрение свежим навозом, как чистым, так и в комбинации, ведет к сокращению продолжительности жизни, что, возможно, связано с непосредственным влиянием на дафний продуктов неполного распада белков. У последующих поколений наблюдается уже лучшая приспособляемость к среде — продолжительность жизни увеличивается.

Наибольшее количество пометов и потомков наблюдалось также у дафний, развивающихся в среде с сорными травами, несколько меньшей плодовитостью отличались дафнии, культивируемые в среде, удобряемой навозом и макрофитами, наименьшей — в среде с ольхой и ольхой + навоз. В контроле, при сравнительно значительном количестве приплодов (5), количество потомков в каждом помете было крайне незначительно — в среднем 6.

По количеству пометов одной самки в течение одного месяца преимущество имеют среды с навозом и с макрофитами. Анализ размножения показал, что частота следования пометов при удобрении навозом обычно не превышала 2 дней, между тем как при других видах удобрений интервал между отдельными пометами составлял чаще 3 суток; в контроле скорость размножения оказалась заторможенной.

Большее количество пометов у дафний при удобрении навозом по сравнению с другими видами удобрений характеризовалось меньшим числом потомков в каждом помете. Так, при удобрении навозом дафнии давали 10 пометов за 1 месяц при среднем количестве потомков

Влияние органических удобрений на жизненный цикл *Glabosoma*
(по данным М. Ф. Сополовой)

Удобрения	Число поколений за период I VI - 10 VIII	Продолжительность жизни ♀ 1-го поко- ления	Количество потом- ков от ♀ 1-го поко- ления за время ее жизни	Количество поме- тов от ♀ 1-го поко- ления за 1 месяц	Количество потомков от 1 ♀		Длина ♀, в мм	Примечание
					колебания	среднее		

Daphnia longipinna								
Навоз	7	28	10	10	7- 12	11	2.431	На 25-й день после рождения.
Макрофиты	7	> 60	14	10		11	2.38	
Ольха	6	43	12	8	3- 10	7	2.04	
Сорные травы	8	> 60	17	8	8- 20	15	2.72	
Ольха + навоз	6	19	6	6	6- 10	8	2.227	
Контроль	5	> 60	10	5	2- 6	4	1.68	

Simoscephalus vetulus								
Навоз	5	> 50	14	9	2- 9	6	1.67	На 19-й день после рождения.
Макрофиты	6	58	13	9	1- 16	8	2.16	
Ольха	5	48	8	6	1- 5	3	1.7	
Сорные травы			Погибли					
Ольха + навоз	6	24	5	5	2- 10	5	1.8	
Контроль	4	44	2	2	1- 2	1	1.46	

Sida crystallina								
Навоз	4	60	11	6	1- 5	3	2.72	На 25-й день после рождения.
Макрофиты			Погибли					
Ольха	4	33	4	3	3- 4	3	2.363	
Сорные травы			Погибли					
Ольха + навоз								
Контроль	2	32	3	3	1- 3	2	2.108	

в одном помете — 11, при удобрении сорными травами — соответственно 8 и 15.

Чрезвычайно различным был и темп роста дафний. В контроле длина дафний на 25-й день достигала 1.68 мм; наилучшим темпом роста отличались дафнии при удобрении сорными травами (длина самки на 25-й день после рождения равна 2.72 мм), затем при навозном удобрении (2.431 мм), значительно медленнее шел рост при удобрении макрофитами (2.38 мм), ольхой + навоз (2.227 мм) и наиболее медленно — при удобрении ольхой (2.04 мм).

Для *Simoscephalus vetulus* наилучшие результаты по темпу роста, продолжительности жизни получены при удобрении макрофитами; навоз, ольха и комбинация ольхи с навозом также повышают интенсивность жизненных процессов, но в значительно более ослабленной степени по сравнению с макрофитами. Сорные травы вызывают гибель симоцефалус.

Для *Sida crystallina* наилучшие темпы роста и размножения отмечаются в среде, удобряемой навозом; при удобрении макрофитами, сорными травами и ольхой они погибают.

Наличие у тендипедид имагинальной стадии в виде насекомого, не связанной с обитанием в водной среде, определило направление опытов с ними лишь в отношении скорости роста.

Наибольшей скоростью роста, как весового, так и линейного, отличаются личинки *Tendipes plumosus*, культивируемые в макрофитной среде. Среда с сорными травами оказывает несколько меньшее влияние на скорость развития тендипедид, еще более слабое — среда с навозом. Еще меньшая скорость роста *Tendipes* наблюдалась в среде, удобренной ольхой + навоз, и наименьшая — в ольховой среде. В контроле скорость роста *Tendipes* была сильно заторможена и ниже, чем в ольховой среде.

Эти различия проявляются еще более наглядно, если сравнить размеры и вес личинок *Tendipes plumosus* в разных средах, приуроченных к одному периоду наблюдений.

У личинок, только что вышедших из яйца, происходят, как известно, три быстро следующие одна за другой линьки. Последняя (3-я) происходила тогда, когда личинки достигали 7—10 мм. Впервые она была отмечена у личинок, культивируемых в макрофитной среде, затем в последовательном порядке — в среде с сорными травами, с навозом и с ольхой + навоз. В ольховой среде и в контроле, если третья линька и имела место, то она была чрезвычайно неясно выражена и, повидимому, наступала много позднее, чем в других средах.

Дальнейший метаморфоз проходил в разных средах также не в одно время. Первое закукливание и вылет отмечены были в макрофитной среде 30 VII, в среде с навозом — 5 VIII, с сорными травами и ольхой + навоз — 8 VIII; закукливание личинок, культивируемых в ольховой среде и в контроле, в течение опыта (2 мес. 5 дней) не отмечено. Как в ольхе, так и в контроле отмечалась гибель личинок.

На основании проведенных работ по влиянию различных видов удобрений на кормовую базу в целом и на биологию отдельных наиболее важных кормовых объектов, а также на основании опытов с различными концентрациями удобрений сотрудниками ВНИОРХ'а дана методика применения удобрений для повышения планктона и бентоса в прудах, которая в ближайшее время будет применена в производственных условиях.

Г. Б. МЕЛЬНИКОВ и А. Ф. СТОЯНОВСКИЙ

САНИТАРНО-ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРУДОВ ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Настоящая работа посвящена всестороннему комплексному изучению прудов Днепропетровской области с целью разработки мероприятий по более эффективной их эксплуатации и ликвидации отрицательных сторон, связанных с этой эксплуатацией.

Исследования прудов Днепропетровской области велись в 1950 г. научными работниками днепропетровских институтов гидробиологии, медицинского, эпидемиологии и микробиологии, сельскохозяйственного и областной малярийной станции; исследование было комплексным и велось в санитарно-гидробиологическом и рыбохозяйственном направлениях. Руководство гидробиологическими и рыбохозяйственными исследованиями осуществлялось проф. Г. Б. Мельниковым, санитарно-биологическими — проф. А. Ф. Стояновским.

Исследования были проведены путем одноразового забора проб во время маршрутного экспедиционного рейса в июне 1950 г. в 45 прудах 15 районов Днепропетровской области. Кроме того, на нескольких прудах по сезонам продолжают вестись стационарные наблюдения.

Исследование проведено в прудах различного возраста, начиная от новых, недавно построенных, до прудов 30—40-летнего возраста.

Большинство прудов Днепропетровской области построено после 1917 г., и по крайней мере 25% из них являются новыми прудами, построенными в 1947—1950 гг.

Все исследованные пруды, за исключением «Сурского моря», расположены на сухих балках и питаются главным образом за счет талых и дождевых вод и, частично, за счет родников.

Плотины большинства исследованных прудов земляные; в ряде случаев при их строительстве применялись навоз и солома.

Только небольшая часть прудов (15—20%) имеет донные водоспуски, остальные являются неспускными. Это значит, что водообмен в прудах не обеспечивается, летование и промораживание их невозможно, пруды годами не освежаются, режим их из года в год ухудшается и в связи с этим снижаются их санитарное состояние и рыбохозяйственная ценность.

На случай пропуска паводковых вод большинство прудов имеет водосливы.

По характеру водосборной площади исследованные пруды могут быть разделены на 2 типа: 1) пруды, расположенные в пределах населенных пунктов, водосборная площадь которых включает главным образом огороды и приусадебные участки с расположенными на них построй-

ками для скота и птицы, и 2) пруды, расположенные за пределами населенных пунктов, водосборная площадь которых состоит отчасти из целинных степных участков, а преимущественно из пашни и посевов различных сельскохозяйственных культур.

Оба типа прудов получают с водосборной площади вместе с потоками снеговой и дождевой воды большое количество органических, биогенных веществ, но, как будет показано ниже, их больше поступает в пруды, расположенные в пределах населенных пунктов.

Фактическая площадь большинства прудов невелика, в среднем от 1 до 4—5 га, за исключением «Сурского моря», имеющего площадь 300 га. Средние фактические глубины прудов составляют 1—1.5, реже 2 м, а площади и глубины их при нормальном проектном горизонте (НПГ) в 1.5—2 раза больше. Это значит, что в летний период пруды Днепропетровской области сильно подсыхают и площадь их уменьшается, как правило, в 2 раза. Это обстоятельство следует иметь в виду при зарыблении, рассчитывая посадочный материал не на площадь при НПГ, а на летнюю площадь пруда.

В летний период температура воды прудов равна в среднем 23—24, нередко 27° С. Прозрачность воды в прудах в общем довольно низкая, летом в среднем от 5 до 15—20 см, в редких случаях — до 35 и очень редко до 55 см. Вода в прудах мутная от взвешенных органических и неорганических частиц и от цветения. Берега большинства прудов сложены глиной, прикрытой сверху черноземом.

Дно большинства прудов заилено; толщина ила в ряде случаев достигает до 1—1.5 м и больше, что создает неблагоприятные условия для развития донной пищевой для рыб фауны. Многие, особенно старые пруды 20—30-летнего возраста требуют обязательной чистки.

Площадь мелководья большинства прудов нередко составляет 0.5—2 га, что при общей небольшой площади является значительной частью последней и опасной, как будет показано ниже, в отношении развития личинок малярийных комаров, особенно, если учесть то обстоятельство, что в мелководной верхней части пруды зарастают камышом и тростником, а также мягкой подводной растительностью — рдестами, роголистником и др. Нередко в верховьях прудов образуются заболоченные участки.

Зеленой полосы вокруг большинства прудов нет, а это способствует тому, что вода из прудов, особенно летом, сильно испаряется, объем и площадь прудов резко сокращаются. Сливаемые с водосборной площади органические и неорганические вещества и частицы попадают в пруды и перегружают их.

Цветение воды наблюдается летом в 80% прудов

В комплексном использовании прудов совершенно недостаточно уделено внимания рыборазведению и поддержанию рыбопродуктивных качеств прудов; некоторые пруды в 1950 г. остались совершенно незарыбленными. Большинство прудов нормально не облавливается, и поэтому зарыбление их совершается один раз в 3—4 года. Рыбное хозяйство в исследованных прудах в значительной степени носит стихийный характер, выращивание карпа по существу не производится. Половина прудов Днепропетровской области являются заморными в зимний период.

По данным Л. Н. Парсенюк и Р. С. Ровинской, прозрачность воды прудов (по шрифту Свеллена) низкая, особенно прудов, расположенных в зоне населенных пунктов. Разумеется, что на показатель прозрачности

оказывает влияние не только загрязнение, взмучивание и образование почвенной взвеси, но и цветение воды.

Водородный показатель исследованных прудов (pH) находится в пределах 7.4—8.65.

Окисляемость воды прудов колеблется в значительных размерах — от 7.2 до 45.9 мг O_2 /л и зависит от местоположения пруда. Пруды, расположенные в районе населенных пунктов, имеют большую величину окисляемости, чем пруды, расположенные вне населенных пунктов.

Азотсодержащие вещества в воде прудов, являющиеся показателями органического загрязнения, имеются в следующих количествах: азот аммиачный — от 0.08 до 2.0 мг, азот нитритов — от следов до 0.4 мг/л. Пруды, находящиеся в пределах населенных пунктов, обладают большим показателем азотсодержащих веществ.

Содержание кислорода в исследованных прудах колеблется от 5.4 до 17.6 мг/л, или в процентах насыщения — от 62.2 до 219%. Пруды, расположенные в населенных пунктах, имеют даже летом более низкие показатели содержания кислорода (5.43—6.48 мг/л). В соответствии с этим находится и БПК, дающее в этих случаях стопроцентную поглощаемость.

Содержание хлоридов в воде прудов колеблется в очень широких пределах — от 6.0 до 2278 мг/л и в связи с возрастом прудов, повидимому, не находится, а зависит от степени загрязнения, от количества хлоридов в почве и от испарения с водной поверхности. В 1950 г. наблюдалось увеличение хлоридов в тех прудах, в которых не было родникового питания, и вследствие испарения площадь этих прудов сильно сокращалась; там же, где испарение компенсировалось притоком родниковой воды, содержание хлоридов оставалось на одном уровне. Так, в «Сурском море» в мае хлоридов было 67.7, а в августе 292.7 мг/л, в пруду «Хлебороб» — соответственно 40.64 и 146.3. Эти пруды не имеют родников. В пруду колхоза «Чонгарец», где есть родники, в мае хлоридов было 21.3, а в августе 25.4 мг/л; в пруду колхоза им. Хрущева — соответственно 5.8 и 5.6 мг/л.

Та же закономерность наблюдается и в отношении общей минерализации. Общее содержание солей колеблется от 451 до 5748 мг/л. Пруды, не имеющие родников, содержат к концу лета больше солей, чем пруды, питающиеся в какой-то мере родниками. Однако с возрастом засоление не связано; очевидно, каждой весной паводковые воды в значительной степени разбавляют воду. В ряде случаев вымывание солей весной может происходить неполностью, и в таких прудах, по общению Д. С. Кашель, имеет место прогрессирующее накопление солей.

Гидробиологическая характеристика прудов имеет своей целью осветить главным образом вопросы кормовой базы для рыб, т. е. по существу дать рыбохозяйственную оценку прудам, а также наметить некоторые мероприятия по эффективной эксплуатации прудов на основе комплексной интенсификации прудового рыбного хозяйства, разработанной проф. В. А. Мовчаном.

По исследованиям А. В. Евдушенко, в фитопланктоне прудов Днепропетровской области первое место по числу видов занимают протококковые водоросли, второе — эвгленовые и диатомовые, третье — сине-зеленые, четвертое — десмидиевые, вольвоксовые и динофлагеллаты. Доминирующее положение в фитопланктоне летом занимают *Ankistrodesmus falcatus*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Coelastrum vesiculosum*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Ceratium hirundinella*.

Исследования показали, что как старые, так и новые пруды подвержены летом цветению за счет массового развития главным образом синезеленых водорослей: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Coelosphaerium dubium*, *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aquae*, *Anabaenopsis Elenkini*, *Oscillatoria planetonica*, *Anabaena flos-aquae*, иногда *Ceratium*.

Явление цветения, как указывалось выше, крайне нежелательно, так как оно может вести к летним заморам. Поэтому в настоящее время весьма остро стоит проблема борьбы с цветением. К сожалению, эффективных мероприятий борьбы еще не разработано, а существующий химический метод купоросования водоемов потребовал в условиях Днепропетровской области доработки. По нашему предложению, научные сотрудники В. А. Цымбалюк и А. В. Евдушенко и студенты-гидробиологи Днепропетровского университета Р. Баюн и О. Маслова экспериментально проверили установленные для борьбы с цветением дозировки медного купороса и убедились, что в условиях несколько осолоненных прудов юго-востока УССР эти дозировки требуется повышать до 1 мг/л. Эта доза вызывает отмирание водорослей и не является смертельной для зоопланктона и рыб. Все же химический метод борьбы с цветением в прудах следует применять только в случаях крайней необходимости.

В отношении фитобентоса прудов, по данным В. А. Цымбалюк, на первом месте стоят диатомовые, на втором — синезеленые; существенную роль играют улотриксые, вегетирующие иногда в массе; в некоторых прудах наблюдается скопление нитчаток.

Среди диатомовых имеется немало показателей осолонения. Особенно ярко комплекс солоноводных форм выражен в прудах колхозов им. Сталина Солонянского района, «Червоний трудовик» Васильковского района и совхоза «Авангард» Синельниковского района. Порядочно солоноводных форм имеется в прудах колхозов «Путиловец» и «Прогресс» Софиевского района, «Комбайн» и им. Ленина Криворожского района, «Вильний» Апостоловского района, «Визволення» Новопокровского района, колхозов им. Ворошилова, им. Молотова и им. Ленина Синельниковского района, им. Горького Васильковского района, «Ленинский шлях» Петропавловского района, «Червоний переможець» Павлоградского района.

Комплекс солоноватоводных форм — *Achnanthes brevipes*, *Amphiprota alata*, *Bacillaria paradoxa*, *Gyrosigma macrum*, *Synedra affinis*, *Synedra pulchella* — ярче выражен в старых прудах, чем в новых. Летом доминирующее положение в фитобентосе прудов занимают *Oedogonium*, *Stigeoclonium*, *Cladophora fracta*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula gracilis*, *Nitzschia Kützingeriana*, *Rhoicosphenia curvata*, *Synedra affinis*, *Synedra pulchella*, *Synedra vaucheriae*.

В отношении зоопланктона, по данным К. И. Бенько и Г. Б. Мельникова, можно сказать, что большинство прудов являются богатыми, имея в среднем 200—400 тыс. зоопланктеров в 1 м³ воды, причем доминирующую роль среди них во многих прудах играют ценные в пищевом отношении для молодежи рыб веслоногие и ветвистоусые раки. Биомасса зоопланктона в большинстве прудов большая, несмотря на то, что он выедается многими сорными рыбами, и в частности окунем.

Судя по составу зоопланктона, значительно осолоненными являются пруды колхозов «Вильний» и «Пролетар» Апостоловского района, так как здесь найдены галофилы *Brachionus plicatilis*, *Pedalion oxypne*.

Какой-либо зависимости количественного развития зоопланктона от возраста прудов не наблюдается; имеются случаи, когда старые и новые пруды одинаково богаты или бедны зоопланктоном.

Доминирующее положение в зоопланктоне летом занимают *Polyarthra platyptera*, *Brachionus angularis*, *Brachionus pala*, *Cyclops vernalis*, *Diaptomus bacillifer*, *Paradiaptomus allaudi*, *Daphnia longispina*, *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Bosmina longirostris*, *Moina rectirostris*.

Биомасса зообентоса большинства прудов, по данным И. А. Федько, бедная и составляет от 1 до 80 кг на 1 га, и только два пруда Павлоградского района оказались более богатыми и имели биомассу 221—412 кг/га. Руководящими формами в зообентосе являются: *Tendipes plumosus*, *Tendipes semireductus*, *Tanypus*, *Cryptochironomus*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Limnodrilus udekemianus*.

Относительная бедность зообентоса как в старых, так и в новых прудах объясняется выеданием его рыбами, а в молодых прудах, кроме того, недонаселенностью вследствие несформирования пруда. В общем как старые, так и новые пруды требуют усиления пищевых для рыб ресурсов в виде зообентоса путем интродукции или акклиматизации новых видов, — работу, которую успешно ведет П. А. Журавель и начал вести И. А. Федько.

Наблюдения И. А. Федько показывают, что более заиленные пруды имеют меньше видов донных животных. В донной фауне старых прудов ведущей группой являются олигохеты, моллюсков почти нет, и вообще в старых прудах оксифильные виды донных животных не встречаются.

В некоторых прудах в изобилии найден речной рак. Особенно много раков имеется в прудах колхозов «Вильный» Апостоловского района и им. Жданова Сталинского района, периодически в пруду колхоза «Червоный боец» Щорского района и меньше в колхозе «Визволення» Новопокровского района. Рыбное население прудов, по данным С. П. Федий, представлено в своей массе сорной рыбой — овсянкой, пескарем, горчаком, колюшкой и тугорослой формой карася, являющихся сильными конкурентами карпа, поэтому годовики карпа во многих прудах к середине лета достигают веса всего лишь 2—16 г.

Культурное рыбное хозяйство в исследованных прудах оставляет еще желать лучшего; оно требует к себе внимания общественности, внимания ученых-биологов и прежде всего внимания самих колхозов. При надлежащей постановке прудовое рыбное хозяйство можно сделать весьма эффективным.

В 1950 г. при нашем участии и под руководством проф. В. А. Мовчина научные сотрудники А. М. Чаплина и К. И. Бенько занимались опытами по интенсификации роста молоди карпа. Опыты проводились в Софиевском рыбопитомнике Днепропетровской области и сводились к тому, что для молоди карпа специальными методами разводился живой корм, которым и подкармливались карпы в нерестовых и выростных прудах.

В нерестовых прудах закладывались так называемые планктонные очаги с целью массового разведения низших ракообразных, а для выростных прудов разводился дафния в дафниевых ямах и хирономиды в хирономидных двориках.

Планктонные очаги в нерестовых прудах закладывались следующим образом. В двух углах пруда в виде подковы были выкопаны ямы глубиной до 50 см, шириной 1.5 м; извлеченный из ям грунт плотно укладывался в виде бордюра около ям. На дно ямы погружались светящиеся

привяленной наземной растительности — пырея, молочая, кустики ивы, бузины, терна. Кроме того, один раз в нерестовые пруды вносилось органическое удобрение из расчета 2 кг конского навоза и навоза рогатого скота на 1 м³ воды.

Такие очаги, отделенные земляными дамбочками, «заряжались» зоопланктоном, состоящим из низших ракообразных, взятых из подопытного нерестовика. В очагах в массовом количестве развивались низшие ракообразные, которые, поступая в нерестовый пруд, служили пищей для молоди карпа.

При разведении дафний поступающая в дафниевые ямы вода проходила через навозные дамбочки, чем обеспечивался постоянный приток органических веществ.

Хирономидные дворики устраивались следующим образом. Наземную растительность — пырей, молочай и ветви лозы — складывали в погреб и подвяливали на протяжении 6 дней при температуре 10—14°С. После этого растительность укладывалась в вершине пруда слоем 25—30 см и покрывалась слоем чернозема толщиной 25—30 см и слоем навоза толщиной 5—10 см, затем укладывались следующие слои растительности, чернозема, навоза и т. д. в несколько слоев. Верхние слои такого дворика поливались водой во избежание подсыхания. Длина дворика обычно составляла 1—1.5 м, ширина 50—75 см. В этих двориках в массе развивались хирономиды, которые вымывались токами воды и служили пищей для молоди карпа.

Молодь карпа при подкормке живым кормом выращивалась до 1—2 г весом сначала в нерестовых прудах, а затем в выростных.

В выростной пруд № 11, площадью 0.1 га, глубиной 35 см, было посажено 1000 шт. мальков карпа. В пруду применялся более или менее полный комплекс интенсификации в смысле разведения живого корма — планктонные очаги, дафниевые ямы и хирономидные дворики. В контрольном пруду, площадью 0.07 га, глубиной 0.5 м, было посажено также 1000 шт. мальков карпа, но в этом пруду никаких мероприятий по интенсификации не проводилось. Результаты опыта даны в таблице.

Возраст карпов, в днях	Вес карпов в контрольном выростном пруду (без интенсификационных мероприятий), в г	Вес карпов в выростном пруду № 11 (применен более или менее полный комплекс интенсификации), в г
20	2	35
26	3	45
30	4	70
35	9	100
40	16	120—130

Из приведенной таблицы видно, что в выростном пруду № 11, где применялись разные способы выращивания живого корма, прирост карпа составил за 26 дней 118—128 г, а в контрольном пруду, где мероприятия по интенсификации не проводились, прирост выражался в 14 г.

В заключение небезынтересно отметить наблюдения А. М. Чаплиной и К. И. Бенько в том отношении, что в нерестовых и выростных прудах конский щавель, залитый и отмирающий при наполнении пруда водой,

подкисляет воду, снижает значение рН до 6.7—6.9 и угнетает развитие зоопланктона, служащего основной пищей для молоди карпа. Исходя из этого, следует настоятельно рекомендовать удаление из нерестовых и выростных прудов конского щавеля.

Для улучшения рыбоводно-биологических качеств и эффективной рыбохозяйственной эксплуатации прудов Днепропетровской области представляется необходимым провести следующие мероприятия:

1) освободить все пруды от сорной рыбы либо путем уничтожения, либо (что возможно в прудах с большой площадью) путем пуска в них взрослых судаков, которые будут питаться за счет сорной рыбы (но в таком случае пруды должны быть зарыблены годовиками карпа);

2) освободить пруды от тугорослого карася путем сплошного облова или спуском воды на зимний период;

3) зарыбить пруды культурными породами карпа;

4) не допускать в нерестовых и выростных прудах развития конского щавеля;

5) рыбопитомникам необходимо выращивать крупный упитанный зарыбок культурного карпа, для чего надо использовать достижения советской науки, особенно методы В. А. Мовчана по интенсификации роста карпа и, в частности, данные опыта Днепропетровского института гидробиологии по интенсификации роста сеголетков карпов, проведенного в Софиевском рыбопитомнике;

6) настоятельно рекомендовать однолетнее прудовое карповое хозяйство по методу В. А. Мовчана, которое более доступно и рентабельно, чем хозяйство с двухлетним оборотом;

7) пруды освободить от жесткой водной растительности;

8) заиленные пруды либо подвергать очистке, либо, по меньшей мере, промораживанию в зимний период;

9) новые пруды надо по возможности делать спусковыми.

Санитарное состояние прудов. По данным А. В. Титовой и М. С. Александровского, имеются основания утверждать, что при строительстве и эксплуатации прудов отмечается нарушение как технических, так и санитарных правил. Ложе большинства прудов не спланировано и залито водой без предварительной подготовки; на дне нередко остаются кустарники, унавоженные пастбища и огороды.

Накопление ила в прудах и идущие в них восстановительные процессы приводят к снижению кислорода и выделению в воду продуктов восстановления — метана, угольной кислоты, сероводорода, что может быть причиной вторичного загрязнения пруда.

Обеднение воды кислородом замедляет процессы самоочищения, в результате чего ухудшается качество воды, которая приобретает неприятные привкусы и запахи, становясь непригодной не только для питья, но в некоторых случаях и для купанья. Такие отрицательные качества воды были отмечены в большей или меньшей степени во всех исследованных прудах Днепропетровской области.

Площади мелководья зарастают водной растительностью и становятся благоприятными для развития личинок малярийного комара. Этому же способствует изрезанная береговая линия. Мелкие небольшие пруды к осени превращаются в болота.

Наиболее интенсивное развитие растительности имеет место в прудах, расположенных на речках, особенно в первые годы существования этих прудов. Пруды на балках являются менее заросшими.

На берегу многих прудов имеются животноводческие фермы и птице-

фермы, с расстоянием от берега менее 200 м. Санитарное состояние таких прудов крайне неудовлетворительно.

Другим фактором загрязнения, относящимся ко всем прудам, является водопой и купание скота.

Бактериологические исследования прудов проведены в период май-август 1950 г. И. М. Ярцевой. Исследования состояли из определения в воде титра кишечной палочки и общего количества микробов в 1 мл воды. Пробы брались с поверхности, а также в глубоких местах и у дна.

Бактериальное загрязнение в исследованных прудах велико и наиболее интенсивно проявляется в августе; так, в мае титр кишечной палочки колебался от 11.1 до 0.0004, а в августе — от 0.4 до 0.0004, снижаясь довольно часто до 0.0004; то же можно сказать и о количестве микробов в 1 мл воды: в мае — 650—1200, в августе — до 45 000 и больше.

По данным В. В. Горицкой и М. К. Шевчук, установлен ряд нарушений противомаларийных требований на прудах.

Почти у всех прудов плотины и водозадерживающие щиты фильтруют воду и ниже плотины образуются замкнутые водоемы, благоприятные для выплода малярийных комаров.

Во многих случаях пруды интенсивно зарастают погруженной и полупогруженной водной растительностью. В «Сурском море» заросли тростника занимают 10 га, и вообще этот пруд зарос разной растительностью почти на 50%. Грущевский пруд на $\frac{9}{10}$ покрыт растительностью. Наличие растительности и мелководья создают условия для выплода малярийных комаров. Многие пруды поэтому являются анофелогенными, причем анофелогенные площади в них составляют от 10 до 100%. Пруды, не отвечающие санитарно-противомаларийным требованиям, должны быть упорядочены в соответствии с указаниями органов здравоохранения.

Изучение загрязнения прудов и их прибрежной зоны яйцами гельминтов, произведенное В. Л. Гербильским, В. Ф. Матусевич и др., обнаружило в отдельных случаях явное неблагополучие. При однократном экспедиционном обследовании в донных отложениях 14 прудов (из 41 обследованного) были отмечены яйца различных гельминтов. Наиболее часто встречались яйца аскарид, власоглава, трематод, стронгилид и др. Значительно загрязненной яйцами гельминтов является почва берегов, особенно на участках наиболее частого пребывания животных (водопой, купание).

Изложенное свидетельствует о крайней необходимости проведения широких санитарных мероприятий при строительстве и эксплуатации прудов, особенно в постоянной охране как самих прудов, так и всей прибрежной зоны от возможных загрязнений отбросами животных и человека.

Н. Н. ХАРИН, В. Н. ШУТЕНКО и В. Г. МУШЕНКО

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА ПРУДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В Ростовской области, значительная часть которой относится к засушливой зоне, проводятся большие работы по строительству новых прудов. Число их вместе с имеющимися старыми прудами достигнет трех тысяч.

Одной из существенных задач хозяйственного использования прудов является освоение их под рыбоводство, в области которого сделано сейчас еще явно недостаточно.

В 1949 г. было начато комплексное изучение прудов Ростовской области, которое проводилось совместно несколькими организациями. Нами исследовались преимущественно зоопланктон и зообентос прудов с целью изучения их основных биологических особенностей.

Сборы зоопланктона проводились в 107 прудах, расположенных большей частью в южных и юго-восточных районах области. Из них 103 пруда обследовались рекогносцировочно, на трех прудах эпизодически брались пробы повторно и на одном (№ 1) проводились исследования в течение года. Для характеристики количественного состава зообентоса мы располагаем сборами с 10 прудов и сезонными сборами, проводимыми на одном пруду; для характеристики качественного состава — сборами с 24 прудов.

Большая часть прудов является овражными прудами, получающими воду главным образом за счет весеннего стока; большое значение имеют также летние осадки, и только немногие пруды обладают родниковым питанием.

Площадь прудов различна — от 0,3 до 25 га, редко больше, а чаще 0,5—3 га (около 75% обследованных прудов). Глубина в большинстве прудов 1,5—3 м, в отдельных прудах максимальные глубины доходят у плотин до 7—8 м.

Из гидрохимических особенностей обследованных прудов надо отметить значительное разнообразие минерализации воды, которая по хлору варьирует от 11 до 17 700 мг/л (все приводимые гидрохимические данные любезно предоставлены нам Гидрохимическим институтом АН СССР).

Большинство прудов имеет надводную жесткую растительность (тростник, камыш, осока), и реже встречается подводная растительность (уруть, рдест и др.).

Необходимо обратить внимание на особенно неблагоприятные засушливые условия 1960 г., которые вызвали сильное, а нередко и полное высыхание прудов.

В составе зоопланктона изучаемых прудов нами найдено около 100 видов и форм (систематическая обработка полностью еще не закончена), относящихся к трем группам: коловраткам (54), ветвистоусым (28) и веслоногим (18, без Naupacticoidea). 42 формы встречались как доминирующие и массовые организмы, причем 11 из них в массовых количествах находились только по одному разу.

Ряд видов, как, например: *Daphnia magna*, *D. pulex*, *Cyclops strenuus*, *C. vicinus*, *Acanthocyclops vernalis*, *Brachionus angularis*, *B. urceolaris*, *B. rubens*, *Keratella quadrata*, являются обычными и широко распространенными обитателями прудов; они преобладают и создают впечатление однообразного состава прудового зоопланктона. Однако отдельные пруды резко отличаются наличием редких видов, например только в одном пруду найдена *Tetramastix opoliensis* (в значительных количествах). Ряд прудов характеризуется наличием видов *Diaptomus*: *D. denticornis*, *D. dentifer*, *D. pectinicornis*, *D. bacillifer* (раздельно и совместно). Значительно реже встречаются *D. acutilobatus*, *D. salinus*, обычно с *Brachionus plicatilis*, *B. asplanchnoides*, а один раз совместно с ними была найдена *Lecane ichtyurga*. Эти компоненты планктона характерны для прудов с относительно высокой минерализацией; последний вид найден при содержании хлора 4950 мг/л, а первые три — до 17 700 мг/л.

Из коловраток, которые имели доминирующее значение или размножались в массовых количествах, наиболее часто встречались *Brachionus angularis* (всего в 28 прудах, преимущественно летом), затем *Keratella quadrata*, далее (в порядке уменьшения частоты нахождения) *Pedalia mira* (летом), *Brachionus calyciflorus* typ., *Filinia longiseta*, *Polyarthra trigla*, *Brachionus plicatilis*, *B. urceolaris*, *B. rubens*, *B. calyciflorus* f. *amphiceros*, *Keratella valga* f. *tropica* и еще 10 видов, встречающихся в массовых количествах в 1—3 прудах.

Из веслоногих в весенний период (а также и осенью) в массовых количествах обычны *Cyclops vicinus* и *C. strenuus*. В летнем планктоне ведущее значение имели широко распространенный и часто встречающийся *Acanthocyclops vernalis*, в 9 прудах — *Mesocyclops oithonoides* и относительно редко (в 3 прудах) доминирующая роль оставалась за *Cyclops vicinus*.

В прудах, в которых встречаются *Diaptomus*, они чаще всего и являются преобладающими в составе планктона.

Из ветвистоусых массовыми видами были *Moina rectirostris*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia magna*, *D. pulex* и реже в летнем планктоне — *Moina dubia*, *M. macrocarpa*, *Daphnia cucullata* f. *apicata*, f. *berolinensis*.

Таблица 1

В майском планктоне прудов (74% прудов) по количеству организмов преобладают ракообразные, а в летнем (июль—август) соотношение ракообразных и коловраток почти равно: в 50.8% прудов преобладают ракообразные и в 49.2% — коловратки. Количество прудов (в %), в которых та или иная группа организмов составляет более 50% биомассы зоопланктона, приводится в табл. 1.

	Май	Июль—август
Коловратки	13.3	29
Веслоногие	33.4	30
Ветвистоусые	53.3	21

Из приведенных данных видно, что как по количеству организмов, так и по биомассе значение коловраток летом возрастает по сравнению с майским планктоном, летом увеличивается значение веслоногих и снижается роль ветвистоусых.

Биомасса зоопланктона в среднем по прудам была: в мае (30 прудов) — 10.1 г/м³, в июле (41 пруд) — 4.7 г, в августе (35 прудов) — 6.5 г; максимальная в мае — 43.5 г, в июле — 26.6 г, в августе — 39.3 г/м³. По биомассе зоопланктона пруды можно разделить на 3 группы (табл. 2).

Таблица 2

	Процент от общего количества прудов		
	май	июль	август
Пруды с биомассой:			
от 0.1 до 1 г/м ³	16.7	26.8	29
от 1 до 5 г/м ³	36.7	51.2	26
от 5 г/м ³ и больше	46.6	22	45

Нами было предпринято изучение сезонной динамики зоопланктона в отдельных прудах; наиболее полно оно было проведено в пруду по балке Сухая Кадамовка. Планктон этого пруда характеризуется преимущественным значением веслоногих в его составе. Приводимый рисунок (стр. 136) дает представление об изменениях биомассы в целом и по отдельным группам организмов по месяцам.

Кратко охарактеризуем сезонные изменения качественного состава планктона. В подледный период основной формой является *Cyclops strenuus*, единично встречаются *Brachionus angularis* и *Keratella quadrata*; весной (март—апрель) развивается в значительных количествах *Brachionus calyciflorus*, который позже опять замещается указанными выше двумя коловратками. С апреля начинается развитие *Daphnia magna* и *D. longispina*, из которых первая в мае—июне играет в планктоне существенную роль. В июле—августе доминирующей формой является *Acanthocyclops vernalis*, сменяющийся постепенно осенью (резко в октябре) *C. strenuus*. В сентябре и особенно в октябре вторично увеличивается размножение *Daphnia magna*, а в ноябре она исчезает из состава зоопланктона. Такой ход сезонной смены форм и изменений биомассы является, пожалуй, наиболее типичным и присущим зоопланктону значительной части прудов. Однако он не является общим, что мы и рассмотрим ниже.

В конце декабря 1950 г.—начале января 1951 г. имела место резко выраженная вспышка в развитии *Cyclops strenuus*. В этот момент в пруду было мало воды (глубина 0.5—0.8 м). Затем наступил период дождей, приведший к большому стоку воды в пруд, вследствие чего глубина увеличилась до 3.5 м. В связи с сильным притоком дождевой воды, обусловившим «разбавление» воды в пруду, резко уменьшилось количество зоопланктона, как выражение известного уменьшения его плотности.

Представляют интерес данные об изменениях зоопланктона во вновь образованном пруду в балке Мишкиной (табл. 3).

Основной формой была *Daphnia magna*, которая сохранялась с весны в течение всего лета до октября. В отличие от старых прудов здесь не

Таблица 3

	Май	Июль	Сентябрь	Октябрь
Количество организмов, в тыс./м ³	387.6	213.3	751.0	144.8
Биомасса, в г/м ³	7.0	39.8	55.6	3.2

наблюдалось весеннего максимума биомассы зоопланктона, а отмечалось постепенное увеличение ее от весны к осени.

В известной степени аналогичное явление мы наблюдали в одном старом пруду в балке Сенной (Сальский район). В планктоне этого пруда в 1949 г. в августе наблюдалось сильное цветение *Microcystis aeruginosa*. Из животных организмов встречались (приводятся в порядке убывающего количества) *Mesocyclops oithonoides*, *Brachionus calyciflorus*, *Daphnia cucullata* f. *apicata*, *Moina dubia*, *Bosmina* и др. (всего 12 видов) со средней биомассой 2.2 г/м³. В 1950 г. основные формы зоопланктона те же, вновь отмечены *Acanthocyclops vernalis*, *Rotpholux complanata*, но резко изменились количество и состав фитопланктона. Нет синезеленых, а наблюдается развитие протококковых и динофлагеллят, в частности *Scenedesmus quadricauda* и *Ceratium*. Изменилась и сезонная динамика развития зоопланктона — не было весеннего (майского) максимума (табл. 4).

Таблица 4

	Май	Июль	Август
Количество Cl, в мг/л	115.4	21.1	26.1
Количество организмов, в тыс./м ³	241.8	898.6	1202.5
Биомасса, в г/м ³	1.2	11.1	19.6

Наблюдавшиеся биологические изменения были обусловлены своеобразными гидрологическими условиями и изменениями химизма воды. В 1949 г. этот пруд имел биологические свойства, присущие старому пруду — заиленному, с небольшим притоком воды весной, частичным усыханием и повышенном минерализации к осени. Условия осени 1949 г. и весны 1950 г. без осадков и отсутствие весеннего паводка привели к значительной минерализации воды и, в совокупности с другими условиями, вызвали в мае 1950 г. угнетение в развитии зоопланктона. Прошедшие в июле сильные ливни обусловили полную смену воды, пруд был промыт. Это прежде всего подавило развитие синезеленых водорослей и создало благоприятные условия для развития зоопланктона; в августе 1950 г. его биомасса была увеличена почти в 9 раз по сравнению с августом 1949 г.

Отмеченные изменения химизма существенно проявились в составе и соотношении солей в воде, что видно из следующих данных (основные соли сульфатные, данные в мг/л):

	Mg ⁺⁺	Ca	Na	K
14 V 1950	91.3	184.7	459.2	10.5
28 VI 1950	9.8	63.6	56.2	4.0

Приведенные данные наглядно подтверждают влияние проточности (промываемости) пруда на биологический цикл, проходящий в нем, и указывают на пути возможного регулирования последним через гидрологический режим.

В летнем зоопланктоне, главным образом по соотношению количества различных групп организмов, можно выделить три группировки, а именно: одну с преобладанием коловраток и циклопов, вторую — с преобладанием ветвистоусых и третью, характеризующуюся развитием *Diaptomus*. Если третьей группировке присущи специфические качественные особенности состава зоопланктона, то две первые группировки различаются не столько по качественному, сколько по количественному составу.

Среди обследованных прудов в летний период (июль—август) мы не имели таких, в планктоне которых коловратки или циклопы встречались бы как единичные организмы или при подсчете не были бы отмечены, но констатировано около 30% прудов, при количественном анализе планктона которых ветвистоусые не были отмечены или отмечались как единичные организмы. Однако мы не видим основания считать эти различия, как характерные биоценотические, и полагаем, что они являются временными, переходящими состояниями одного, в сущности, биоценоза. Во-первых, потому, что все основные виды зоопланктона прудов встречаются в самых различных видовых и количественных сочетаниях, во-вторых, сезонно изменяются и переходят одни в другие и, в-третьих, существуют более длительные годовые переходные состояния. Так, например, *Pedalia nigra* (а также *Brachionus angularis* и некоторые другие коловратки) в иных прудах имеет доминирующее положение по количеству организмов и при отсутствии в июльском планктоне значительных количеств ветвистоусых совместно с другими коловратками составляет основную биомассу зоопланктона.

В то же время в других прудах при развитии *Daphnia* или *Moina*, несмотря на массовое нахождение *Pedalia*, ее значение в биомассе очень мало.

Иллюстрацией к вы сказанному являются наблюдения, ведущиеся второй год на пруду Сухая Кадамовка. В зоопланктоне 1949 г. ветвистоусые встречались единично и не имели значения в его биомассе; в 1950 г. весной и осенью они составляли иногда до 50% биомассы. Такое же явление, но с меньшей амплитудой изменений, наблюдалось и в пруду на балке Сенной.

Зоопланктон с преобладанием в биомассе коловраток имеет весной меньшие величины, чем копепоидный, а летом наоборот. Наиболее высокие числа биомассы наблюдаются при развитии ветвистоусых. В табл. 5 приводятся средние данные по зоопланктону прудов с различными группами доминирующих по биомассе организмов (в г/м³).

Таблица 5

	Май	Июль	Август
Коловратки	0.7	5.3	2.3
Веслоногие	3.6	3.0	8.6
Ветвистоусые	16.0	8.0	8.9

За исключением небольшого числа прудов, зоопланктон которых характеризуется наличием специфических и относительно редких видов, как *Tetramastix*, *Daphnia carinata*, *Diaptomus salinus*, состав зоопланктона большей части прудов не позволяет обнаружить качественно отличных группировок. Большинство компонентов прудового планктона является эврибионтными видами, например: *Cyclops vicinus*, *Acanthocyclops vernalis*, *Daphnia magna*, *D. pulex*, *Filinia*, *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus* и др. Попытки понять преобладание той или иной формы из сопоставления учитываемых факторов среды и выявления факторов, ограничивающих размножение того или иного вида, не вскрывают сущности явления. Например, как правило, размножение *Cyclops vicinus* имеет количественный максимум весной и осенью, а в июле—августе он замещается *Acanthocyclops vernalis*; *Daphnia magna* имеет также весенний и осенний максимум, замещаясь в большинстве случаев летом видами *Moina* (*M. rectirostris*, *M. dubia*, *M. macrocarpa*). Однако нередко летом они находятся одновременно почти в равных количествах, или даже *Cyclops vicinus* или *Daphnia* в течение лета остаются массовыми формами планктона.

Учитывая всю сложность взаимоотношений организмов между собой и с факторами среды, с одной стороны, как необходимые условия для размножения и развития организмов, а с другой, как условия, ограничивающие и подавляющие их (например наличие пищевых организмов, межвидовой конкуренции и борьбы), мы полагаем, что необходимо учитывать и динамику факторов среды как условия, стимулирующие размножение и развитие организмов. Поэтому при известном сходстве состава прудового зоопланктона, в зависимости от различий динамики факторов среды, наблюдается чрезвычайно пестрая картина в количественном развитии организмов.

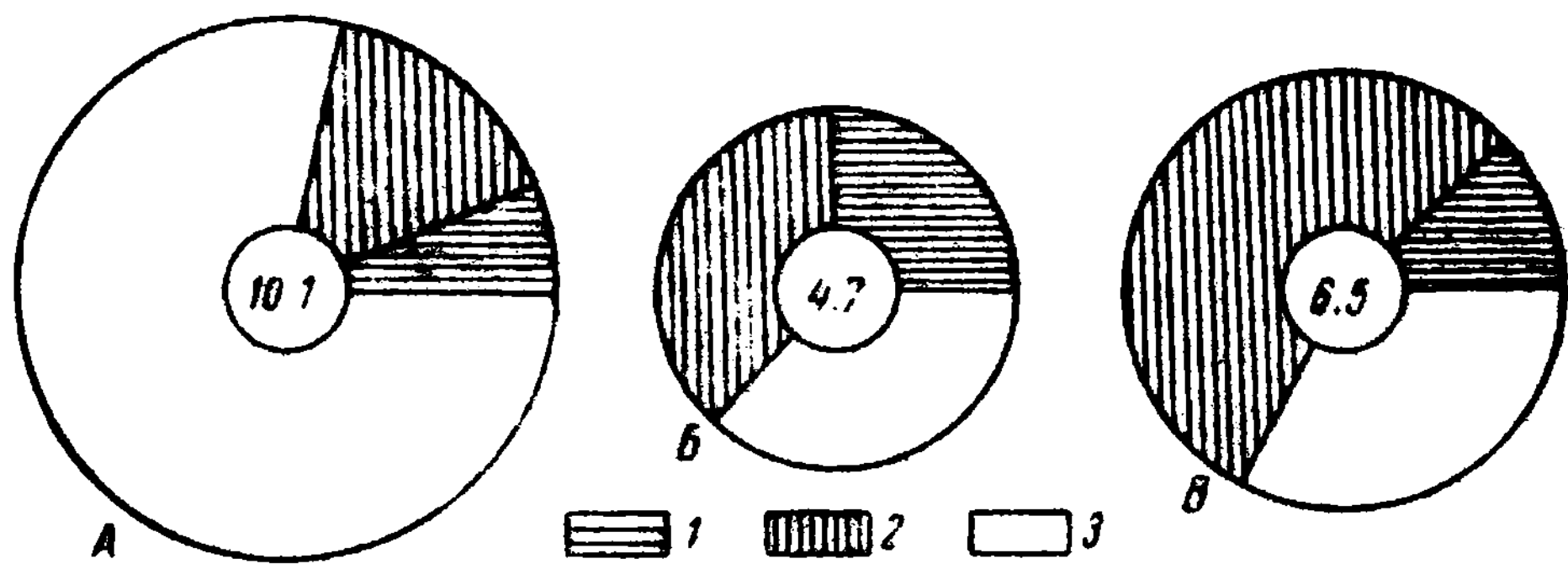
Существенное влияние на развитие зоопланктона оказывают рыбы, которое в отдельных случаях проявляется особенно резко. Г. В. Никольский (Зоологический журнал, т. XXIX, № 3, 1950) указывает, что сазан и карп даже на поздних этапах развития используют как пищевые организмы ракообразных зоопланктона, что в известной степени может быть и вынужденным в силу недостаточности донных организмов.

В одном из прудов, в который ранее (1948 г.) были выпущены мальки сазана, осенью 1949 г. нам пришлось констатировать чрезвычайно бедный бентос и относительно богатый планктон (12 г/м^3), который состоял только из мелких форм — коловраток и *Bosmina*. Здесь же в большом количестве обнаружен сазанчик с явно угнетенным развитием, имевший длину 16—20 см. Превалирование в планктоне мелких форм явилось, очевидно, следствием выедания сазанчиком более крупных его представителей.

Сборы зообентоса, имеющиеся у нас, и в особенности количественные данные еще не достаточны для полной характеристики прудов Ростовской области, однако некоторое общее представление они дают.

Основной группой зообентоса являются личинки тендипедид, которые составляют в среднем 63% биомассы, затем олигохеты — 35% и остальные организмы — около 2%. Обращает внимание редкое распространение моллюсков (в 27% прудов) и обычно в небольших количествах. Надо отметить, что приводимые данные относятся в основном к центральной части прудов и не отражают полностью фауны участков с растениями.

Наиболее распространенной и доминирующей формой зообентоса является *Tendipes* f. l. *semireductus* (70% встречаемости), затем *Tendipes* f. l. *plumosus*, *Cryptochironomus* гр. *defectus*, *Cryptochironomus* гр. *conjugens*, *Procladius*, *Pelopia punctipennis*, *Glyptotendipes polytomus* и др. — всего 21 форма; из личинок прочих насекомых — *Coenagrion*, *Berosus*, поденки; из пиявок — *Helobdella stagnalis* и *Piscicola*. Реже встречается *Syzicus* и часто в прудах восточной части области — жаб-ровоги.



Биомасса зоопланктона (в г/м³) в пруду Сухая Кадамовка.
А — в мае, Б — в июне, В — в августе; 1 — Rotatoria, 2 — Copepoda, 3 — Cladocera.

О динамике сезонных изменений биомассы зообентоса (наблюдения продолжаются) дают представление следующие данные по пруду Сухая Кадамовка (табл. 6).

Таблица 6

	Июнь	Июль	6 IX	2 X	29 X	Ноябрь
Биомасса, в г/м²	52.8	3.8	13.4	71.9	34.3	57.4
Количество организмов . .	5200	1170	3520	6140	1920	2860

В небольших пресноводных водоемах летом обычно наблюдается уменьшение зообентоса, свойственное группировкам с преобладанием тендипедид. Резкое снижение биомассы в октябре тоже связано с циклом развития *Tendipes*, вылет которого происходит в этом месяце. Биомасса бентоса прудов в мае колебалась от 2 до 11 г/м², составляя в среднем 6.9 г; в августе — от 22.8 до 77.1, в среднем 45.2 г/м². Наши данные относятся к прудам как имеющим, так и не имеющим рыб. Они выше, чем величины биомассы бентоса надпойменных прудов смежной Сталинградской области, которые приводит Г. В. Никольский, — 305.66 кг/га для прудов, не содержащих рыб.

Величины биомассы зоопланктона и зообентоса, являющиеся показателями для оценки кормовых ресурсов для рыб, в большинстве прудов надо признать высокими. Так, например, средняя биомасса личинок хирономид (28.7 г/м²) для августа в прудах Ростовской области значительно больше, чем таковая для прудов Орловской области (от 0.4 до 15 г/м²), которую приводит Б. И. Черфас (Рыбное хозяйство, вып. 6, 1950). Это позволяет рассчитывать на возможность получения высокой

рыбной продукции при правильном использовании прудов под нагул рыбы.

В изучении биологии прудов Ростовской области не участвовали ихтиологи, что не позволяет в ряде случаев делать известные обобщения. Большая часть обследованных нами прудов не используется под рыбоводство, а в используемых эксплуатация их проводится часто неудовлетворительно. Пруды в основном не имеют водоспусков, облов рыбы, за редкими исключениями, полностью не производится.

По биологическому состоянию прудов и гидрологическим условиям большая часть их может быть использована как нагульные пруды для сазана и карпа. Некоторые старые пруды без проведения соответствующих мелиоративных мероприятий могут быть использованы только под выращивание и нагул серебряного или золотого карасей.

Засушливые условия большей части Ростовской области, недостаток воды не позволяют механически перенести в практику и в развитие рыбоводства опыт и достижения из областей, находящихся в иных географических зонах, и требуют разработки специальных методов и техники использования прудов в условиях засушливой зоны.

Г. Л. ШКОРБАТОВ

О КОРМОВОЙ БАЗЕ ДЛЯ РЫБ В МАЛЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОДОЕМАХ

В связи с главной особенностью гидрологического режима малых оросительных водоемов, сводящейся к быстрому падению горизонта воды в поливной период, достигающему в некоторых случаях до полного высыхания, задачи рыборазведения в этих водоемах, естественно, усложняются.

Основной формой рыборазведения в малых оросительных водоемах должно быть однолетнее нагульное хозяйство. По расчетам, произведенным Черфасом, в оросительных водоемах с наиболее интенсивно расходуемым запасом воды период выращивания рыбы сократится до 2—2.5 месяцев. Но и здесь «при посадке в пруды годовиков карпа среднего веса в 15 г можно рассчитывать к середине июля иметь товарную рыбу в 200—300 г» (Черфас, 1950).

Кроме гидрологического режима, который будет обусловлен в первую очередь источниками водного питания и расходом воды, а также особенностями грунта и профиля дна создаваемых водоемов, рыбоводство в них будет зависеть от наличия естественной кормовой базы. Для успешного решения вопросов рыбопродуктивности оросительных водоемов в первую очередь необходим количественный учет и изучение биологии тех групп беспозвоночных животных, которые являются основным кормовым ресурсом намечаемых здесь для разведения карпа, сазана и серебряного карася.

Если пока еще нет непосредственных исследований динамики пищевой фауны оросительных прудов, то имеются некоторые наблюдения, проведенные на водоемах, близких к ним по своим гидрологическим особенностям.

Мы имеем в виду естественные временные водоемы, повсеместно распространенные в лесостепной и степной зонах. Можно полагать, что картина развития жизни в них поможет выяснить особенности фауны и ее динамики в искусственных оросительных водоемах. Кроме того, многие из естественных временных водоемов, путем углубления их ложа и устройства запруд, превращаются в пруды, используемые для орошения и рыборазведения. Следовательно, обитающая здесь фауна является тем исходным материалом, за счет которого формируется население этих оросительных водоемов.

Кафедрой гидробиологии Харьковского Государственного университета в период с 1946 по 1949 г. была исследована фауна более 70 различных временных водоемов. Среди них были и дождевые лужи, существующие всего по нескольку дней, и бассейны, сохраняющие воды от 2

до 7—8 месяцев в году, и водоемы, высыхающие частично или не каждый год. Местоположение исследованных водоемов также весьма различно: часть их расположена на пойменных лугах, часть — на сухих лугах вне поймы, часть — в степи, а часть — в лиственных и сосновых лесах.

Как было установлено в результате этих исследований, большинство временных водоемов населены не только качественно своеобразной, но и количественно богатой фауной. Особенно важным является то, что обнаруженные во временных водоемах массовые формы являются превосходным кормовым ресурсом для рыб (листоногие, ветвистоусые, веслоногие и ракушковые раки, мелкие виды моллюсков, личинки тен-дипедид и др.).

Таблица 1

Массовые формы временных водоемов

Форма	Месяцы, в которые наблюдалось массовое развитие	Форма	Месяцы, в которые наблюдалось массовое развитие
Phyllopoda		Cyclops strenuus	IV
<i>Lyceus brachyurus</i> . . .	IV, V	<i>Acanthocyclops vernalis</i>	IV, V
<i>Pristisephalus josephinae</i>	IV, V	<i>A. viridis</i>	V, VI, VII
Cladocera		Ostracoda	
<i>Daphnia pulex</i>	V, VI	<i>Cypris pubera</i>	V
<i>D. longispina</i>	V, VI, VII	<i>Eucypris virens</i>	IV, V
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> .	VI	Mollusca	
<i>Simoccephalus vetulus</i> . .	V	<i>Galba palustris</i> var. <i>tur-</i>	
<i>S. expinosus</i>	V, VI	<i>ricula</i>	V, VI, VII
<i>Molna rectirostris</i>	VII	<i>Planorbis planorbis</i> . . .	V, VI, VII
<i>M. macrocopa</i>	VII	<i>Segmentina nitida</i>	V, VI, VII
<i>M. brachiata</i>	VII, VIII	Diptera	
<i>Chydorus sphaericus</i> . . .	IV, V, VI	<i>Tendipes gryus thummi</i>	IV, V, VI, VIII
Copepoda		<i>Aedes vexans</i> и др. виды	IV, V
<i>Diaptomus amblyodon</i> . .	IV, V	<i>Chaoborus</i> sp.	IV—VIII
<i>D. coeruleus</i>	VI, VII		

В результате обработки материала, произведенной В. В. Дукной (веслоногие раки), Н. В. Дубовским (ракушковые раки), А. Д. Масловским (моллюски и насекомые), Г. Л. Шкорбатовым (листоногие и ветвистоусые раки), можно привести список видов, дающих массовое развитие в различных временных водоемах и могущих быть ценной кормовой базой для рыб (табл. 1).

В приведенный список включены только наиболее массовые формы; кроме них можно было бы указать еще ряд видов, развивающихся во временных водоемах в больших количествах и играющих важную роль в биомассе планктона и бентоса этих водоемов (Шкорбатов, 1950б).

Если характеризовать главные особенности фауны временных водоемов, то к таковым в первую очередь относятся различные приспособления к длительному безводному периоду существования и способность при наполнении водоема водой быстро переходить к состоянию актив-

ной жизнедеятельности. Другой общей чертой, характерной для фауны многих временных водоемов, является, отмеченная еще Воронковым и Корсунским (1910) последовательность в развитии различных групп зоопланктона (простейшие—коловратки—ракообразные), повторяющаяся ежегодно при наполнении водоемов водой. По имеющимся у нас наблюдениям, есть отклонения от этой закономерности в отношении сроков развития некоторых листоногих и веслоногих раков, развивающихся в массовых количествах в период ранней весны. В остальном же эту закономерность можно считать общей для очень многих временных водоемов.

О том, насколько специфичной может быть фауна временных водоемов, говорят следующие наблюдения. Часто приходится отмечать, что фауна различных по местоположению, характеру грунта, срокам существования и химическому режиму периодически высыхающих водоемов

Таблица 2

Низшие ракообразные постоянного и временного водоемов по данным одновременного сбора, произведенного 19 IV 1948¹

Постоянный водоем		Временный водоем	
виды	встречаемость	виды	встречаемость
<i>Simoscephalus vetulus</i>	Редко	<i>Chirocephalopsis birostratus</i>	Часто
<i>Eucyclops macrurus</i>	Часто	<i>Pristicephalus josephinae</i>	Редко
Науплиусы <i>E. macrurus</i>		<i>Diaptomus amblyodon</i>	Массовая
Науплиусы и копепоиды		<i>Cyclops strenuus</i>	"
<i>Harpacticoida</i>		Науплиусы <i>C. strenuus</i>	"
		<i>Cypris pubera</i>	

ближе по своему составу, чем фауна расположенных рядом постоянных и временных водоемов. Для иллюстрации того, насколько резко может отличаться фауна близлежащих временных и постоянных водоемов, приводим результаты одновременных сборов планктонных ракообразных в двух водоемах, расположенных в пойме р. Лопань (табл. 2). Постоянный водоем представляет собой глубокую старицу реки, а временный — небольшое углубление почвы, находящееся в 8—10 м от старицы; в половодье оба водоема соединяются.

Кроме поразительного качественного различия в фауне этих водоемов, расположенных буквально в нескольких шагах один от другого, бросается в глаза массовость развития низших раков в временном водоеме в период ранней весны, чего в постоянном водоеме не наблюдается.

Среди массовых форм, специфичных для временных водоемов, в первую очередь надо отметить листоногих ракообразных и *Diaptomus amblyodon* из веслоногих, которые обитают только в этих условиях, совершенно не встречаясь даже в близлежащих постоянных водоемах. В отношении же приуроченности исследованных нами видов листоногих к временным водоемам определенного типа какой-либо закономерности не наблюдалось. Большинство этих нектобентических ракообразных

¹ Личиночные стадии *Copepoda* определены В. В. Дукновой.

обитает в пойменных и непойменных временных водоемах, в лесных и луговых пересыхающих болотах, в степных «блюдцах» и т. д. Особенно неприхотливы в этом отношении *Pristicephalus josephinae*, *Chirocephalopsis birostratus*, *Lynceus brachyurus* и *Lepidurus productus*. Так, например, *L. productus* был обнаружен нами в пересыхающих засоленных болотах, где сухой остаток равнялся 1282 мг/л при $\text{pH} = 18.0$, в поемных лужах (сухой остаток = 412.6 мг/л, $\text{pH} = 7.4$) и в степных «блюдцах», питающихся снеговыми водами (сухой остаток = 64.0 мг/л, $\text{pH} = 6.4$)

Важной особенностью ряда видов низших ракообразных, населяющих временные водоемы, являются, как уже отмечалось, ранние сроки развития. В то время как в постоянных водоемах, еще не прогретых солнцем, жизнь только начинает развиваться, во временных водоемах мы уже наблюдаем бурное развитие ряда форм. Так, например, *Lepidurus productus*, *Chirocephalopsis birostratus* и *Tanymastix lacunae* из листоногих и *Diaptomus amblyodon* из веслоногих раков в апреле уже развиваются в половозрелых особей и к концу апреля—началу мая уже заканчивают свой цикл развития. В мае их сменяют такие массовые формы, как *Lynceus brachyurus* и *Cyzicus tetracerus* из листоногих, различные виды *Daphnia*, *Ceriodaphnia*, *Simoccephalus*, *Chydorus sphaericus* из ветвистоусых и др. Типично летними формами, часто встречающимися в мелких дождевых лужах, являются *Branchipus stagnalis* и *Streptocephalus torvicornis* из листоногих и ряд видов *Moina* из ветвистоусых рачков.

Следующей отличительной чертой низших ракообразных, населяющих временные водоемы, являются их относительно крупные размеры по сравнению с обитателями постоянных водоемов. В этом отношении прежде всего нужно отметить опять-таки листоногих раков, которые, как известно, представляют собой самых крупных пресноводных представителей подкласса низших ракообразных. Так, например, взрослые особи *Lepidurus productus* имеют среднюю длину тела (без фурки) около 30—35 мм, длина тела многих *Anostraca* колеблется от 20 до 30 мм. Наиболее крупный пресноводный представитель веслоногих — *Diaptomus amblyodon*, имеющий длину тела до 5 мм, — также обитает исключительно во временных водоемах. Из ракушковых раков здесь дает массовое развитие крупная форма *Cypris rubra* и т. п.

Очень показательным является сравнение биомассы (в сыром весе) планктонных ракообразных постоянного и временного водоемов, проведенное А. Г. Тимошпольской. Для сравнения были взяты небольшой временный водоем, расположенный на лугу в пойме р. Лопань у ст. Лоповеньки, пересыхающий в середине или конце июня, и выростной пруд Ракитянского рыбопоямника Н.-Водолажского района Харьковской области. Из обоих водоемов регулярно брались количественные пробы прибрежного планктона (50 л). Учет биомассы производился путем взвешивания всех или определенной части ракообразных, содержащихся в пробе. Отобранные ракообразные взвешивались в широких закрытых бюксах на аналитических весах после предварительной обсушки. Обсушивание производилось в тех же бюксах до исчезновения водяной пленки вокруг тела рачков; наблюдение за обсушкой велось под биноклем. Для проверки точности метода производились контрольные трехкратные взвешивания с размачиванием и обсушкой ряда проб. Во всех случаях результаты были получены очень близкие.

Биомасса ракообразных во временном водоеме возрастает необычайно быстро и превышает таковую в постоянном водоеме в 6—7 раз. Это объясняется очень крупными размерами и массовостью развития типичных для временных водоемов форм, а также сокращением объема воды при высыхании. В данном случае основным компонентом планктона временного водоема был *Diaptomus amblyodon*, а в постоянном водоеме доминирующими формами были *Daphnia pulex*, *D. longispina*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina* sp., *Mesocyclops oithonoides*, науплиусы и копепоиды циклопов и диаптомусов.

Последнее определение биомассы во временном водоеме было проведено 10 V 1949, когда размеры его еще равнялись $\frac{1}{3}$ первоначальной площади. Дальнейшие сборы были прерваны ввиду засушливого периода, приведшего водоем к быстрому преждевременному высыханию, но и полученные результаты можно считать достаточно показательными. Конечно, не во всех временных водоемах развивается богатая фауна, представляющая интерес в качестве источника питания рыб, но в общем полезная биомасса как планктонных, так и бентических организмов в них, очевидно, будет не ниже, чем в большинстве постоянных водоемов.

На основании приведенных данных можно указать, что фауна низших ракообразных временных водоемов имеет следующие важные в практическом отношении признаки: 1) ранние сроки развития, 2) массовость развития, 3) крупные размеры типичных форм, 4) высокую, быстро нарастающую биомассу.

Указанные особенности, а также факты массового развития таких форм, как тендипиды, моллюски и др., создают благоприятные условия для рыбохозяйственного использования временных водоемов. На основании изложенных данных и ряда других соображений Масловским (1950) было предложено использовать временные водоемы для выращивания годовиков карпа, инкубирования икры и выращивания молоди рыб до более стойких стадий. Можно также сослаться на данные Гурьяновой (1946), которая, описывая временные водоемы поймы нижнего Поволжья (полон), указывает, что многие из них являются излюбленным местом нереста сазана и могут быть названы настоящими инкубаторами молоди этой рыбы. Нужно, однако, отметить, что большинство выведшихся в полоях мальков погибает при высыхании этих водоемов и вопрос о их рыбохозяйственном использовании еще далеко не решен.

Сравнивая гидрологические условия естественных временных водоемов с основными чертами мелких оросительных водоемов, строящихся в степной и лесостепной зонах, мы видим, что для них должны быть общими по крайней мере две особенности: температурный режим и частичное или полное высыхание в наиболее засушливый период года. Эти особенности обуславливают во временных водоемах развитие богатой и своеобразной фауны, могущей служить превосходным источником питания для рыб. Есть основания полагать, что аналогичные условия оросительных водоемов также будут благоприятствовать развитию в них комплекса планктонных и бентических организмов, для которых высыхание водоема не влечет губельных последствий. Более того, для основных обитателей временных водоемов это явление, очевидно, служит необходимым условием их развития. Так, по данным опытов Чувакина (1929), весенние яйца *Aruis saproformis* развиваются только после высыхания или промораживания. Наблюдения, проведенные в природе, также подтверждают это. Так, например, нам ни разу не удавалось наблюдать повторного развития во временных водоемах ранних весен-

них форм листоногих раков, если водоем благодаря дождливому лету не высыхал до осени. Однако в случаях вторичного наполнения водой после летнего пересыхания, мы дважды наблюдали развитие осенних генераций таких организмов, как *Lynceus brachyurus* и *Tanymastix laciapae*.

Нужно отметить, что полное высыхание водоема совершенно не обязательно для развития в нем типичных представителей фауны временных водоемов. Важно только, чтобы ежегодно высыхала определенная часть такого водоема, т. е. чтобы отложенные на мелководье яйца этих животных подвергались высыханию.

Интересно отметить, что изучение динамики биомассы оросительных водоемов представляет интерес не только в связи с их рыбохозяйственным использованием, но также имея в виду их основное назначение. Органическое вещество планктона, вносимое в почву во время полива, должна играть определенную роль как своеобразное удобрение. Вопрос этот требует конкретного разрешения, в зависимости от условий оросительных систем. При этом надо учесть, что не всегда влияние водных организмов может быть положительным. Так, в условиях рисовых чеков, как указывает Жадин (1949б), водоросли могут конкурировать с возделываемой культурой, отбирая из воды биогенные элементы.

Очень существенным является вопрос о формировании состава фауны во вновь создаваемых водоемах. Согласно данным Воронкова, Новикова и Удальцова (1907), Свиренко (1922), Сент-Илера (1935), Широковой (1936) и других во впервые заливаемых прудах на первых этапах их существования развивается комплекс характерных для луж организмов. Это явление, очевидно, находится в связи с одинаковым способом заселения тех и других водоемов. В ряде случаев при этом наблюдается обильное развитие кормовых для рыб организмов, особенно кладоцер (Широкова, 1936), но общим правилом это не является. Очевидно, что путь ожидания того времени, когда водоем сам заселится организмами, дающими в достаточном количестве полезную биомассу, будет совершенно неверным, особенно если водоем питается только атмосферными и грунтовыми водами. Для быстрого создания кормовых запасов для рыб в оросительных водоемах необходимо внесение в них наиболее подходящих для данных условий кормовых организмов.

Если в отношении обогащения кормности крупных водохранилищ уже проведены большие работы, в частности Институтом гидробиологии АН УССР и Институтом гидробиологии Днепропетровского университета, то в подборе наиболее продуктивной фауны для малых оросительных водоемов сделано еще очень мало. Первые наброски в этом отношении были сделаны Жадиным (1949а) два года тому назад: «Сложной задачей является обеспечение водоемов беспозвоночными животными, служащими пищей для рыб. В больших водоемах, сохраняющих воду в течение всего года, возможно введение в фауну таких животных, как рачки-бокоплавы, некоторые виды моллюсков и малощетинковых червей. В небольших прудах, спускаемых нацело зимой, господствовать будут личинки двукрылых тенетидид (хирономид), развивающихся в такого рода водоемах в громадном количестве».

Для оросительных водоемов, очевидно, подходящими объектами для внесения будут также различные виды низших ракообразных и моллюсков из временных водоемов (табл. 1). Способность к длительному безводному существованию, свойственная этим животным, значительно облегчит осуществление работ по внесению их в водоемы (сбор, сохра

нение, доставку). При осуществлении этих работ необходимо проявлять очень большую осторожность, чтобы не внести в водоем переносчиков заболеваний человека и животных (в первую очередь моллюсков *Galba truncatula* и *Bithynia leachi*)

Кроме частичного или полного высыхания оросительных водоемов, другим важным фактором, влияющим на развитие фауны в них, является характер кислородного режима. В мелких оросительных водоемах типа непроточных прудов количество растворенного в воде кислорода всегда будет меньшим, чем в проточных водоемах, не говоря уже о первом периоде, непосредственно после заполнения пруда водой, когда кислородный дефицит, как известно, бывает выражен особенно сильно. Это обстоятельство необходимо строго учитывать при подборе компонентов кормовой фауны: неприхотливость в отношении кислородного режима — одно из важнейших свойств, которым должны обладать вносимые сюда организмы.

При решении этих вопросов нельзя ориентироваться на какие-либо виды в целом, а нужно подбирать конкретные популяции водных животных, обитающие в условиях, наиболее сходных с теми, в которых предполагается их разведение.

Исследования физиологических свойств близких форм водных животных (Базикалова, 1941; Жадин, 1950) ясно показывают, что различные популяции одного и того же вида животных (червей, моллюсков, ракообразных) могут очень сильно различаться по интенсивности дыхания и ряду других признаков, в зависимости от кислородного режима их мест обитания.

Полученные нами данные об интенсивности дыхания ветвистоусых ракообразных и скорости сердечных сокращений у моллюсков из проточных и стоячих водоемов подтверждают эту закономерность. Сравнивая выживаемость в бескислородной среде *Simoscephalus vetulus* из проточных и стоячих водоемов, мы обнаружили, что особи, взятые из стоячих водоемов, дают максимальную выживаемость в 110—115 мин., в то время как рачки этого вида, взятые из реки, не выносят более 30—40 мин. Интересно отметить, что эти различия двух популяций имеют, очевидно, наследственный характер, так как они сохранились при выращивании в течение двух поколений в одинаковых условиях в лаборатории.

В табл. 3 приведены различия в интенсивности сердцебиений у катушки *Anisus vortex*, взятой из проточного водоема (река) и непро-

Таблица 3

Частота сердцебиения у *Anisus vortex* из водоемов различного типа

Местообитание	Количество экз.	t°	Диаметр раковин, в мм	Среднее количество сердцебиений в 1 мин.
Непроточный водоем (озеро) {	22	28.5	6.5—8.0	58.1
	19	27.0	7.0—8.5	62.6
Проточный водоем (река) {	22	23.5	6.5—8.0	67.0
	19	27.0	7.0—8.5	83.8

точного (поемное лесное озеро). Здесь так же четко выступают эколого-физиологические особенности разных популяций одного и того же вида.

Следовательно, интенсивность обмена веществ у обитателей проточных, богатых кислородом водоемов значительно выше, чем у особей тех же видов, обитающих в стоячих водоемах с пониженным содержанием кислорода. Эти особенности различных популяций необходимо учитывать при внесении в водоемы кормовых объектов для рыб. В непроточные оросительные водоемы типа прудов организмы должны вноситься из сходных условий, приспособившиеся к недостатку кислорода в воде.

То же самое можно сказать о «засухоустойчивости» ряда водных животных. Мы привели список видов, являющихся массовыми формами во временных водоемах; некоторые из этих видов и даже подвидов (например *Galba palustris* var. *turricula*) обитают также в постоянных водоемах, но для внесения в оросительные водоемы с сильно колеблющимся уровнем воды особи из постоянных водоемов совершенно непригодны, так как не обладают приспособлениями для перенесения высыхания (Шкорбатов, 1950а). Приведенное положение иллюстрируют данные следующих опытов. Нами определялась выживаемость без воды представителей различных популяций одного и того же вида моллюсков из постоянных и пересыхающих водоемов.

Оказалось, что популяции из постоянных и временных водоемов очень сильно различаются между собой по этому признаку, что, очевидно, говорит о существовании различных экотипов внутри этого вида моллюсков.

Эти данные подтверждают мнение о том, что при выборе объектов для внесения в водоем с целью повышения его кормности необходимо учитывать не только видовые признаки, но и особенности данной популяции, возникающие под влиянием конкретных условий существования.

Таковы те, пока немногочисленные данные, которые могут быть использованы при решении вопросов создания кормовой базы для рыб в мелких оросительных водоемах с резко колеблющимся уровнем воды.

Для правильной организации рыборазведения в водоемах этого типа необходимо проведение специальных исследований, в которых изучение условий существования основных компонентов питания рыб в оросительных водоемах должно сыграть очень важную роль. Эту работу гидробиологи должны осуществить в тесном контакте с практикой колхозных рыбоводных хозяйств, организуемых на новых водоемах, чтобы своевременно направлять свои исследования на решение основных вопросов рыбоводства в водоемах оросительных систем.

ЛИТЕРАТУРА

- Бавиналова А. Я. 1941. Поглощение кислорода байкальскими амфиподами. Изв. АН СССР, № 6.
- Воронков Н., А. Новиков и А. Удадьцов. 1907. Очерк прудов окрестностей Глубокого озера. Тр. Гидробиолог. ст. на Глубоком оз., т. II.
- Воронков Н. и Д. Корсунский. 1910. К биологии мелких водоемов. Тр. Гидробиолог. ст. на Глубоком оз., т. III.
- Гурьянова Е. Ф. 1946. К вопросу о принципах классификации континентальных водоемов и типологии пойменных озер. Тр. Юбил. сесс. ЛГУ.
- Жадин В. И. 1949а. Задачи гидробиологического освоения новых прудов и водоемов. Природа, № 5.
- Жадин В. И. 1949б. Гидробиология водоемов оросительных систем. Природа, № 9.
- Жадин В. И. 1950. Общие вопросы, основные понятия и задачи гидробиологии пресных вод. Жизнь пресных вод СССР, т. III.
- 10 Труды совещаний, вып. II

- Масловский А. Д. 1950. Данные к характеристике пересыхающих водоемов. Тр. Инст. биол. Харьковск. Гос. ун-в., т. 14—15.
- Свиренко Д. О. 1922. Микрофлора стоячих водоемов. Ч. II. Процесс заселения стоячих водоемов. Харьков.
- Сент-Илер К. К. 1935. Опыт изучения развития фауны впервые заливаемых прудов в условиях Воронежской области. Тр. Воронежск. отд. Инст. прудов. рыбн. хоз., т. I.
- Черкас Б. И. 1950. Задачи рыбоводства в районах лесных поймаемых зон. Тр. Всес. Гидробиол. общ., т. II.
- Чувакин Б. К. 1929. К биологии *Apis sacrisformis* Schaff. Зад. Биол. ст. в Бел-шево, вып. 3.
- Ширкова В. И. 1936. К биологии впервые заливаемых рыбохоз. прудов. Тр. Воронежск. отд. Инст. прудов. рыбн. хоз., т. II.
- Шкорбатов Ю. Л. 1950а. Влияние условий среды на физиологические особенности близких форм пресноводных моллюсков. Докл. АН СССР, т. 70, № 6.
- Шкорбатов Ю. Л. 1950б. Очерк фауны жаброногих ракообразных временных водоемов. Тр. Инст. биол. Харьковск. Гос. ун-в., т. 14—15.

В. И. БУХАЛОВА

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ПРУДАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Кафедра зоологии беспозвоночных Воронежского Государственного университета включилась в работу по изучению прудов Воронежской области с целью помочь их рыбохозяйственному освоению.

В качестве объектов для составления гидробиологической характеристики вновь залитых водоемов были взяты: водохранилище, площадью 45 га, образованное в 1949 г. в долине небольшой пересыхающей речки Сухая Хворостань в Каширском районе, и пруд Новый, площадью 5 га, в Таловском районе. В первый год существования вода прудов отличалась большой минерализацией, особенно в водохранилище Сухая Хворостань (общая жесткость 15.94° и 13.44°; сухой остаток 882 мг и 870 мг на 1 л). Параллельно этому отмечено цветение воды и в том и в другом пруду; в первом причиной цветения были эвгленовые, во втором — синезеленые. Во втором пруду наблюдалось также массовое развитие *Daphnia magna* (1 400 000 в 1 м³).

В водохранилище Сухая Хворостань зоопланктон развит слабее, чем в пруду Новом, — планктонных ракообразных там было 43 400 в 1 м³. Это можно поставить в связь с различием в состоянии ложа прудов перед их заливом. Водоохранилище Сухая Хворостань образовано на месте двух старых прудов и огородов, а пруд Новый — на луговой траве, которая подверглась разложению и обогатила воду бактериями и органическим веществом. Прозрачность воды в водохранилище 15—25 см, в пруде Новом — 45 см. Бентос в водохранилище Сухая Хворостань был хорошо развит лишь на месте старых прудов, дно которых имело илистый грунт — в среднем тендипедид 500 экз., олигохет 53 экз. на 1 м². На вновь залитой площади с твердым грунтом олигохет совсем не обнаружено, а тендипедид всего в среднем 90 на 1 м².

В пруду Новом (залитом в 1950 г.) бентос развит значительно лучше, количество тендипедид составляет 830 на 1 м² с биомассой 10 г. Олигохеты дали 1850 экз. на 1 м². И в том и в другом пруду была рыба.

Большое развитие *Cladocera* в пруду Новом делает возможной посадку планктоноядных рыб. Отрицательным свойством такого пруда является неблагоприятный кислородный режим. Признаки скопления органического вещества отмечались летом в виде повышенной окисляемости воды (по данным рыбоводной станции 16.8 мг O₂/л), в виде присутствия мезосапробных организмов в обрастаниях (*Rotaria vulgaris*, *Rotifer neptunius*, *Philodina citrina*, *Euglena viridis*), отмечался запах

гниющих водорослей. По нашему мнению, это создает неблагоприятные условия для зимовки рыбы в пруду Новом, так же как и в водохранилище Сухая Хворостань, в котором летом тоже происходит мощное цветение.

Далее, мы работали на пруду Анненского района, где опытная зональная рыбная станция закладывала опыт с подкормкой карпа. Пруд имеет фактическую площадь в 4.5 га со средней глубиной 1 м. Дно заиленное, водопитание происходит за счет атмосферных вод. Берега отлогие, зарослей мало. Загрязнение бытовыми сточными водами умеренное. Пруд спускной.

Подкормка производилась кормандровым шротом и мукой из куколок тутового шелкопряда регулярно до 20 VII на столиках. Применена пятикратная посадка.

Гидробиологические пробы брались около кормушек и в пунктах, более или менее удаленных от кормушек, в период от 10 VI до 25 VII. Среднее количество бентических организмов выразилось в следующих величинах. В июне около кормушек было 385 тендипедид на 1 м² с биомассой 4.840 г. За тот же срок вдали от кормушек было 1480 тендипедид с биомассой 14.680 г/м². В июле у кормушек в среднем было 65 тендипедид на 1 м² с биомассой 0.274 г, а в отдалении от кормушек 225 экз. с биомассой 1.024 г/м².

Таким образом, несомненно, что тендипедида в первую очередь выедаются у кормушек, в июле число их вообще сильно падает. Зато прибавляется запас олигохет. В июне олигохеты попадались единично; в июле их было в среднем 120 экз./м² у кормушек и 527 — вдали от кормушек; биомасса их на 1 м² составляла 0.396 г (в отдалении).

С 20 VII, когда кормление карпа производилось одним шротом, и с 18 VIII по 6 IX, когда корм не давался совсем, произошло выедание бентоса. Единичные тендипедида и олигохеты сохранились до конца августа.

Планктон в Анненском пруду довольно разнообразен, цветения не наблюдалось. Фитопланктон (от 6000 до 20 000 в 1 л) состоит из протококковых и эвгленовых; зоопланктон представлен коловратками (*Brachionus* и *Filinia* — 128 000 экз. в 1 м³ в среднем) и ракообразными (*Diaptomus*, *Bosmina longirostris*). Ракообразные планктона сохраняют свою численность почти неизменной на протяжении июня и июля. Так, босмины в июне составляют 203 000 экз. в 1 м³, в июле — 280 000. Хотя босмины держатся стайками и их распределение неравномерное, однако можно заметить, что у кормушек их несколько больше, чем в отдалении (318 000 и 266 000 в 1 м³).

Таким образом, донная кормовая база типичного хорошо продуктивного Анненского пруда достаточно велика, чтобы доставлять естественный корм карпу при искусственном кормлении и даже поддерживать его существование во время перебоев с кормлением при пятикратной посадке.

Что касается планктона, то, как мы видели, он остается неиспользованным. Органические вещества, вносимые при кормлении, повидимому, способствуют размножению босмин в связи с развитием бактерий, так как около кормушек их встречается больше. Меньше всего босмин у водоспуска.

Повидимому, можно рекомендовать комбинированную посадку бентосоядного карпа с планктоноядной ряпушкой и при искусственном подкорме карпа при отсутствии загрязнения.

Здесь мы подходим к вопросу о степени загрязнения пруда органическими веществами, поступающими в него с остатками искусственных кормов.

Окисляемость воды в июле большая — 16.7 мг у кормушек и 4.1 мг O_2 /л посередине. Количество кислорода падает в начале июля при интенсивном кормлении до 74% насыщения. Прозрачность воды в июне 12—20 см, а в июле 11—17 см; P_2O_5 — 0.14—0.15 мг/л (данные рыбной станции).

Все это создает, казалось бы, неблагоприятную картину. Однако определение категории сапробности организмов планктона и обрастаний дало несколько иную оценку.

Наиболее распространенные организмы относятся к категории олиго— β -мезосапробов. В обрастаниях субстрат составляет *Stigeoclonium*, сапробность которого довольно широка. Возможно, что загрязнение не перешло дозволенных границ, вследствие того что кормление прекратилось раньше намеченного срока.

В результате работы на прудах Воронежской области можно сделать следующие выводы:

1) вновь образованные водоемы Воронежской области, особенно водоемы на луговой траве, в первый год существования по кормовой базе пригодны для разведения планктоноядных и бентосоядных рыб, но обилие в таких водоемах органических веществ создает угрозу дефицита кислорода в зимнее время;

2) пятикратная посадка карпа с подкормкой в спускном пруду высоко продуктивного типа поддерживается естественным кормом; загрязнение воды в условиях подкорма не переходило границу, дозволенную для жизни рыб;

3) повидимому, есть возможность использовать планктон прудов, где производится подкормка карпа, для одновременного выращивания планктоноядных рыб (ряпушки).

Н. А. МОСЕВИЧ

К ИЗУЧЕНИЮ КРУГОВОРОТА ФОСФОРА В ВОДОЕМАХ

Всесоюзный Научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ВНИОРХ) в своих гидрохимических исследованиях обращает особенное внимание на круговорот биогенных элементов в водоемах. В настоящем сообщении рассматриваются некоторые результаты исследований автора, касающихся вопросов, связанных с круговоротом фосфора в озерных водоемах.

Основное, на чем мы остановимся, — это содержание фосфорных соединений в донных отложениях и некоторые положения, касающиеся участия этих отложений в круговороте фосфора в озере.

Как известно, фосфорные соединения находятся в водоемах как в самой водной толще, так и в донных отложениях. Пользуясь данными по содержанию фосфора, приведенными О. Е. Фатчинной (1948), мы подсчитали порядок соотношения количества фосфорных соединений в 1 м³ воды и в 1 м³ грунта озера; это соотношение получилось равным около 1 : 1500, т. е. в 1 м³ грунта фосфорных соединений содержится в 1500 раз больше, чем в 1 м³ воды.

В литературе имеется мало данных о содержании фосфорных соединений в грунтах различных водоемов и особенно мало о содержании различных форм соединений фосфора.

В лаборатории ВНИОРХ^а было подвергнуто анализу значительное число образцов грунта из многих водоемов: из малых озер Новгородской и Великолукской областей (Велье, Пестово, Уклеиное, Городенское, Жижицкое, Кодосно и др.), из различных районов Ладожского озера и из разных частей Рыбинского водохранилища.

В пробах грунтов определялось содержание общего и неорганического фосфора (по методу Хейфеца), содержание органического фосфора (по разности между содержанием общего и неорганического), фосфора легкогидролизуемого (по методу Кирсанова) и в ряде случаев воднорастворимого.

Результаты анализов показали (рис. 1), что донные отложения малых озер содержат значительно большие количества общего фосфора, чем донные отложения Ладожского озера и грунты Рыбинского водохранилища. Соответственно они содержат большие количества минерального и органического фосфора. Большее содержание органических фосфорных соединений в донных отложениях малых озер хорошо согласуется со значительно большим содержанием в них органических веществ. В то же время грунты Рыбинского водохранилища при большем содержании в них органических веществ, по сравнению с грунтами Ладожского озера, содержат меньшие количества органического фосфора.

Сравнительное богатство грунтов Ладожского озера органическим фосфором хорошо видно не только в процентном содержании его в общем фосфоре, но и в процентном содержании его в гумусе. В то время как в гумусе исследованных нами грунтов малых озер содержание органического фосфора составило в среднем 0.2%, в грунтах Рыбинского водохранилища 0.6, в грунтах Ладожского озера оно в среднем составило 3.4%.

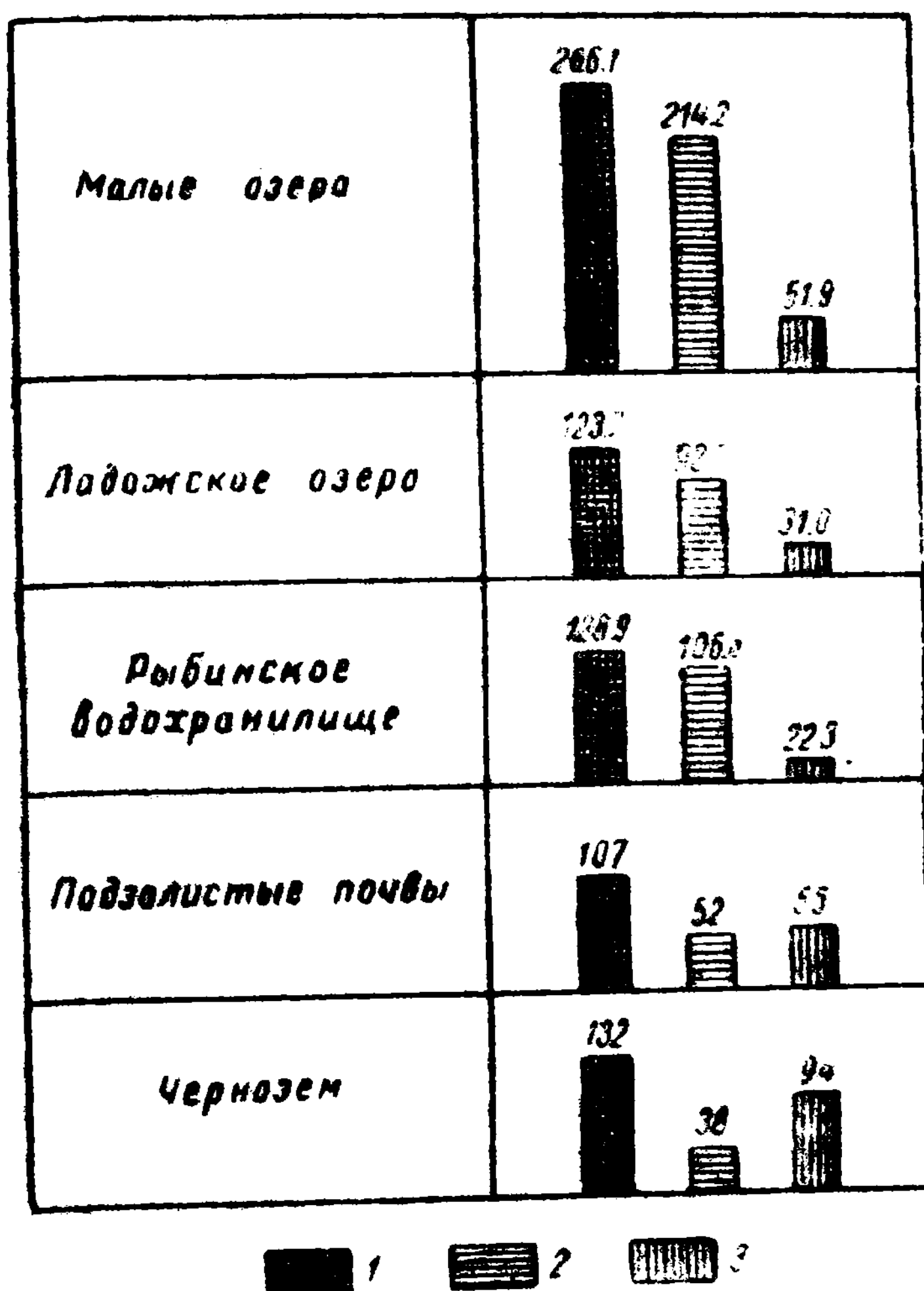


Рис. 1. Среднее содержание фосфора в донных отложениях водоемов и в почвах (в мг на 100 г сухого грунта).

1 — общий P_2O_5 2 — минеральный P_2O_5 3 — органический P_2O_5 .

Повышенное содержание органического фосфора в грунтах Ладожского озера следует объяснить замедленными процессами минерализации органического вещества в его донных отложениях, что в свою очередь должно быть поставлено в связь с постоянными низкими температурами в глубинных районах озера.

Общим почти для всех исследованных нами образцов донных отложений является значительное преобладание минерального фосфора над органическим, которое в донных отложениях достигает 60, 70, 80% и выше от общего его содержания.

Высокий процент содержания неорганических соединений фосфора в общем фосфоре весьма заметно отличает донные отложения озер от почв. Даже грунты Рыбинского водохранилища, еще недавно бывшие

почвами, уже приобрели эту черту, сближающую их в этом отношении с донными отложениями озер.

В то время как исследованные нами образцы донных отложений содержали, как правило, минеральный фосфор в количествах от 60 до 80% и выше от общего, количество минерального фосфора в почвах составляет также, как правило, ниже 50% общего его содержания.

Таким образом, в донных отложениях водоемов идет накопление нерастворимых неорганических соединений фосфора. Повидимому, процессы мобилизации фосфорной кислоты, для которых характерен перевод нерастворимых минеральных соединений фосфора в растворимые, и соответственно расход фосфатов на создание первичной продукции в донных отложениях идут менее интенсивно, чем в почвах, что и приводит к накоплению в донных отложениях минеральных фосфорных соединений.

К накоплению в донных отложениях водоемов минеральных фосфорных соединений приводят и процессы образования нерастворимых фосфорных соединений Ca и Mg и полуторных окислов (железа и алюминия). Именно эти соединения и извлекаются в процессе анализа соляной и аммиачной вытяжками.

По аналогии с почвами мы можем сказать, что среди нерастворимых фосфорных соединений в донных отложениях озер преобладают две группы минеральных соединений фосфора, играющие большую роль в фосфатном равновесии: соли щелочно-земельных металлов Ca и Mg и соли полуторных окислов Al_2O_3 и Fe_2O_3 .

Соединения первой группы фосфатов наиболее устойчивы к переходу в растворимые формы в условиях слабощелочной реакции или реакции, близкой к нейтральной; переход в раствор P_2O_5 из этих соединений растет по мере подкисления среды; из этой группы фосфорных соединений менее устойчивы фосфаты типа ди- и трикальциевого фосфата. Это легкогидролизуемые фосфаты.

Соединения второй группы нерастворимых неорганических соединений фосфора, наоборот, более устойчивы в условиях кислой реакции; переход в раствор P_2O_5 из этих соединений возрастает при подщелачивании среды; из этой группы соединений менее устойчивы соединения менее основного характера.

По составу неорганического комплекса фосфорных соединений исследованные образцы донных отложений из различных водоемов близки друг другу. В основном это фосфорнокислые соли щелочно-земельных металлов и в значительно меньшей части — соли полуторных окислов. В солянокислую вытяжку переходят в среднем из грунтов — малых озер 76%, Ладожского озера 64.4 и Рыбинского водохранилища 76% общего содержания фосфора. В аммиачную вытяжку переходят в среднем из грунтов — малых озер 4.5%, Ладожского озера 10.5 и Рыбинского водохранилища 6.7%.

Что касается органического комплекса нерастворимых фосфорных соединений, то также, по аналогии с почвами, можно сказать, что в солянокислую вытяжку переходят главным образом фосфорно-органические соединения, представляющие собой смесь кальциево-магниевых солей, являющихся сложными эфирами спирта инозита и фосфорной кислоты (тип фитина), а в аммиачную вытяжку — фосфорно-органические соединения типа нуклеиновых кислот.

Как по составу неорганического комплекса, так и по составу органического комплекса нерастворимых фосфорных соединений исследован-

ные образцы донных отложений довольно близки друг к другу. Наибольшее количество нерастворимых в воде органических фосфорных соединений из всех образцов переходит в солянокислую вытяжку, а наименьшее — в аммиачную. В солянокислую вытяжку переходят в среднем из грунтов — малых озер 15.6%, Ладожского озера 21.5 и Рыбинского водохранилища 13.9% общего содержания фосфора. В аммиачную вытяжку переходят в среднем из грунтов — малых озер 3.9%, Ладожского озера 3.6 и Рыбинского водохранилища 3.4%.

Таким образом, образцы грунтов из Ладожского озера отличаются от грунтов малых озер и Рыбинского водохранилища тем, что они содержат большее количество неорганических фосфорных соединений типа полуторных окислов и органических фосфорных соединений типа фитина.

Выше было указано на то, что в группе нерастворимых неорганических соединений фосфора имеются и более и менее устойчивые к переходу в растворимые формы соединения, т. е. переходящие в раствор при большем или меньшем подкислении. Содержание таких менее устойчивых, т. е. легкогидролизующихся, фосфатов нами также определено во всех изученных образцах донных отложений.

Количество легкогидролизующихся соединений фосфора в разных озерах и в различных грунтах одного и того же озера неодинаково и колеблется в значительных пределах.

В грунтах малых озер их содержание колебалось от 6.3 до 20.0 мг P_2O_5 в 100 г сухого грунта, составив в среднем 11.3 мг, или 4.3% общего содержания фосфорных соединений. В донных отложениях Ладожского озера оно варьировало в пределах 5.0—20.0 мг, составив в среднем 10.3 мг, или 8.5% общего содержания фосфора. В грунтах Рыбинского водохранилища содержание легкогидролизующихся фосфатов исчислялось 6—15 мг и составило в среднем 9.5 мг P_2O_5 в 100 г сухого грунта, или 7.4% общего содержания фосфора.

Содержание легкогидролизующегося фосфора в почвах является как раз той величиной, которая в агрохимической практике принимается в качестве критерия при суждении о продукционной способности почвы, о нуждаемости ее в подвижном фосфоре. Практика показала, что почвы, содержащие менее 10 мг легкогидролизующейся P_2O_5 , сильно нуждаются в фосфорных удобрениях; у почв, содержащих от 10 до 20 мг P_2O_5 , такая нуждаемость средняя, а у почв, содержащих свыше 20 мг P_2O_5 , нуждаемость в фосфорных удобрениях слабая или отсутствует.

Сейчас имеются все основания полагать, что содержание легкогидролизующегося фосфора в грунтах озер может являться в известной степени показателем характера круговорота фосфорных соединений в озерах и биопродуктивности тех озер, где влияние биохимических процессов, происходящих в активном слое их донных отложений, на химизм их водной массы велико, т. е. малых озер.

Кроме вышеуказанных малых озер, в грунтах которых было определено содержание легкогидролизующегося фосфора, в лаборатории ВНИОРХ'a содержание его было определено еще в образцах грунтов из 75 озер Ленинградской и Псковской областей и из района Валдайской возвышенности.

Из этих 75 озер в грунтах 44 содержание легкогидролизующегося фосфора оказалось равным 5 мг P_2O_5 и ниже в 100 г сухого грунта (в среднем 2.4 мг). И именно в этой группе находилось наибольшее число малопродуктивных озер — карасевых и окуневых-плотичных (до 58%)

Среди озер, в грунтах которых содержание легкогидролизуемого фосфора было от 5 до 10 мг и от 10 до 20 мг и выше, не было ни одного карасевого озера; процент окунево-плотичных озер также оказался значительно ниже (32%). Дальнейшие исследования в этом отношении безусловно должны дать важный и интересный материал.

На содержании легкогидролизуемых фосфатов как критерии фосфорного режима озера мы еще остановимся. Сейчас лишь укажем на фактическое содержание различных соединений фосфора в грунтах озер. Дело в том, что процентное содержание фосфора в 100 г сухого грунта еще не говорит об его фактическом содержании в донных отложениях озера, и сравнение его в таком пересчете с почвами может создать неверное представление, что дно озер богаче фосфором, чем поле. На самом же деле дно озер как угодно значительно беднее фосфором, чем поле. В этом мы можем убедиться на результатах пересчета процентного содержания фосфора в сухом грунте на содержание его при естественной влажности донных отложений. Естественную влажность илов малых озер принимаем за 90%, а естественную влажность более плотных грунтов (Ладожского озера, Рыбинского водохранилища) — за 85%. Фактическое содержание фосфорных соединений определяем в активном слое донных отложений в килограммах на 1 гектар площади дна. В качестве активного слоя принимаем, пока условно, слой донных отложений в 10 см, исходя из следующих соображений.

Данные О. Е. Фатчихиной (1948) показывают, что содержание фосфорных соединений в илах озер с глубиной не только не падает, но даже увеличивается.¹ Так, содержание фосфорных соединений в слое ила 15—20 см за весь период наблюдений было выше, чем в слое 0—2 см. Это позволяет полагать, что накопление фосфорных соединений начинается уже в слое, близком к 15 см. Основываясь на данных Фатчихиной, при расчетах принимаем, что активным слоем является слой донных отложений толщиной 10 см. Это тот слой, химические процессы в котором активно влияют на продуктивность водной массы озера. В нем идет расход фосфатов на создание первичной продукции не только дна, но и воды озера. О накоплении фосфорных соединений в илах озер на глубине 45 см свидетельствуют данные Казакова и Товбина (1939).

Приняв вес 0.1 м³ влажного ила (масса ила, имеющая площадь 1 м² и толщину 10 см) за 110 кг, а также исходя из указанного выше среднего процента содержания Р₂О₅ и принятой влажности ила, находим среднее содержание фосфорных соединений в 0.1 м³ влажного ила равным 29.7 г. Это значит, что среднее фактическое содержание Р₂О₅ на 1 га площади дна малого озера составляет 29.7 кг.

Ввиду большей плотности грунтов Ладожского озера и Рыбинского водохранилища для расчетов принимаем вес 0.1 м³ влажного слоя их донных отложений толщиной 10 см за 120 кг и влажность, как указывалось выше, за 85%.

Произведя соответствующие расчеты, находим фактическое содержание фосфорных соединений в грунтах Ладожского озера в среднем 202, а для Рыбинского водохранилища — 219 кг/га.

Соответственно тому, как это сделано для донных отложений, содержание фосфора для подзолистых и черноземных почв рассчитано для слоя 10 см. Содержание фосфорных соединений в подзолистых почвах составляет около 1417, а в черноземах — 1716 кг/га.

¹ Исследования эти автором производились до глубины 85 см.

Итак, мы видим, что хотя процентное содержание фосфорных соединений в сухих донных отложениях и выше, чем в сухих почвах, однако фактическое содержание общего фосфора и соответственно минерального и органического в донных отложениях меньше, чем в почвах (рис. 2).

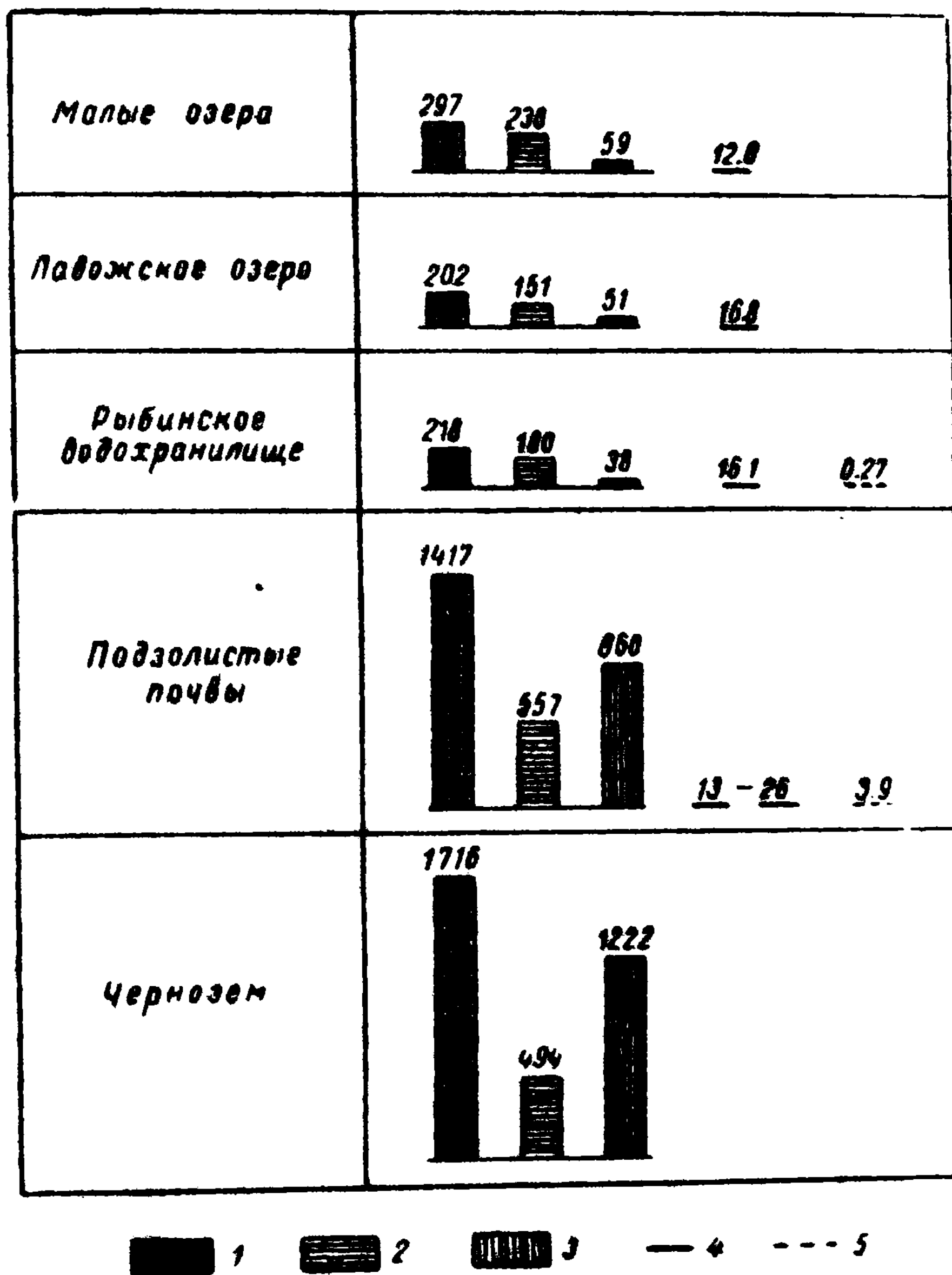


Рис. 2. Среднее содержание фосфорных соединений во пляжных грунтах озер и в сухих почвах (в кг/га).

1 — общий P_2O_5 , 2 — минеральный P_2O_5 , 3 — органический P_2O_5 , 4 — легкогидролизуемый P_2O_5 , 5 — воднорастворимый P_2O_5 .

Следует обратить внимание на то, что среднее фактическое содержание легкогидролизуемого (подвижного) фосфора в донных отложениях озер соответствует содержанию его в почвах, которое указывает на потребность последних в фосфорных удобрениях.

Следует также отметить, что донные отложения обладают в вегетационный период значительно меньшим фактическим содержанием воднорастворимых (доступных) фосфатов, чем подзолистые почвы. Например, грунты Рыбинского водохранилища содержат воднорастворимые фосфаты в количестве 0.27, а подзолистые почвы — 3.9 кг/га (Драчев, 1928).

Можно ли на основании этих данных говорить о том, что донные отложения озер бедны фосфорными соединениями, в частности легкогидролизруемыми и воднорастворимыми фосфатами, и нуждаются во введении в них фосфорных удобрений?

Для того чтобы осветить этот вопрос, обратимся к данным расхода растворимых фосфатов в водоеме на создание первичной продукции. Ниже сопоставляются расчеты, которые мы сделали на основании данных П. П. Воронкова по среднему суточному потреблению фосфора и по среднему его содержанию в Рыбинском водохранилище, с нашими данными по содержанию фосфора в грунтах водохранилища.

Среднее суточное потребление фосфатов в Рыбинском водохранилище в период наиболее высокого развития фитопланктона составляет (по наблюдениям за два года) в верхнем (0—2 м) слое 0.11 мг P_2O_5 /л, что составляет 2.2 кг/га. Это то количество фосфатов, которое в течение суток вступает в круговорот фосфора.

Средняя концентрация растворимых фосфатов за июль и август составляет в водохранилище 0.13 мг P_2O_5 /л или в 2-метровом слое 2.6 кг/га. Последняя величина на 0.4 кг превышает величину суточного потребления фосфатов из этого слоя. Этот остаточный фосфор мы и находим в водохранилище. Таким образом, содержание растворенного фосфора в воде Рыбинского водохранилища вполне обеспечивает его суточную потребность на создание первичной продукции.

Суточный расход растворенных фосфатов в верхнем (0—2 м) слое обеспечивается поступлением их из нижних слоев, куда они в свою очередь поступают из донных отложений. Каково же участие последних в пополнении суточного расхода растворенных фосфатов?

Наряду с определением легкогидролизруемых фосфатов в грунтах Рыбинского водохранилища нами было определено и содержание в них воднорастворимого фосфора, которое в различных образцах грунтов колебалось в пределах 0.05—0.45 мг P_2O_5 в 100 г сухого грунта.

Среднее содержание воднорастворимых фосфатов в слое 1—10 см на площадь 1 га в грунтах Рыбинского водохранилища составляет в вегетационный период величину порядка 0.27 кг/га. Такое среднее содержание воднорастворимого P_2O_5 в активном слое донных отложений Рыбинского водохранилища не может, повидимому, обеспечить всей суточной потребности в растворенных фосфатах наиболее активного слоя его водной массы — 2.2 кг, и составляет лишь 12.7% этой потребности.

Остальное количество фосфатов пополняется в течение суток в результате процессов минерализации фосфорных соединений и мобилизации фосфорной кислоты. Первое приближенное представление о скорости этих процессов в озерных донных отложениях дает нам пересчет потребного количества растворенных фосфатов в час, которое составляет 0.092 кг/га.

Отсюда можно сделать заключение, что определенное в донных отложениях Рыбинского водохранилища среднее количество растворенных фосфатов (0.27 кг/га) соответствует 2—3 часам продолжительности процессов минерализации и мобилизации фосфатов в донных отложениях озерного водоема типа Рыбинского водохранилища.

Если мы теперь рассчитаем среднюю концентрацию воднорастворимых фосфатов в грунтовом растворе, то найдем, что она составляет 0.26 мг P_2O_5 /л, т. е. в два раза выше среднего содержания растворенных фосфатов в водах Рыбинского водохранилища, которое составляло в июле и августе 0.13 мг/л.

Это и есть та разница в концентрациях растворенных фосфатов в грунтовом растворе и в водных массах, которая обеспечивает поступление их из грунтов в воду. Повышенное содержание растворенных фосфатов в придонных слоях озер, в частности Рыбинского водохранилища, неоднократно наблюдалось нами, а также другими исследователями.

На основании сказанного о расходе и круговороте растворенных фосфатов в Рыбинском водохранилище делаем вывод, что по содержанию легкогидролизующихся и воднорастворимых фосфатов в грунтах водоемов еще нельзя сделать заключения о бедности водоема доступными соединениями фосфора и о нуждаемости этого водоема во введении в него легкогидролизующихся, или растворимых, фосфатов.

Таким химическим показателем является, прежде всего, содержание растворимых доступных фосфатов в воде водоема в период наибольшего развития в нем первичной продукции — фитопланктона. Если в этот период содержание фосфатов в водной массе озера как в поверхностных, так и в придонных слоях не падает до аналитического нуля и остается в известном избытке, то круговорот фосфора в таком водоеме обеспечивает наивысшее возможное в условиях данного водоема развитие первичной продукции. Следует ли говорить о нуждаемости в фосфорных удобрениях таких озер, где в вегетационный период, в частности в период цветения, в содержании растворимых фосфатов обнаруживается аналитический нуль?

Прежде чем ответить на этот вопрос, обратим внимание на источники фосфорных соединений в озере и на их потери последним. Здесь мы можем высказать лишь следующие соображения. Фосфор, который озеро в различных формах (растворенный, нерастворенный, неорганический, органический, последний, в частности, в виде планктона) получает с водосборной площади, в основном фиксируется донными отложениями озера.

Исследования ВНИОРХ'а на Ладожском озере показали, что повышенное содержание фосфорных соединений в его грунтах находится как раз вблизи берегов, островов, в районах впадения рек и т. д. (М. М. Алферовская).

О размерах потери фосфорных соединений озером, опять-таки в виде тех форм, которые оно получает с водосборной площади, а также в виде уходящей из него после нагула рыбы и вылета насекомых, мы не имеем данных. Можно лишь высказать предположение, что они вряд ли превышают размер поступающих в озеро фосфорных соединений. В этом направлении, конечно, необходимы специальные исследования.

Что касается промысла, то он уносит из озера вместе с рыбой сравнительно мало фосфора. Если мы примем как одну из наиболее высоких величин ихтиопродуктивности озера 200 кг выловленной рыбы с 1 га (оз. Шарташ, по данным УралВНИОРХ'а) и одно из наиболее высоких известных в литературе содержаний P_2O_5 в рыбе — 2.7%, то количество фосфора, которое ежегодно теряет такое озеро в результате вылова из него рыбы, составит всего лишь 5.4 кг/га. Для Рыбинского водохранилища это составляет в вегетационный период в среднем лишь трехдневную потребность в растворимых фосфатах для создания первичной продукции.

Интересно отметить, что с урожаем пшеницы с 1 га поля снимается 53 кг P_2O_5 . Это количество в несколько раз превосходит содержание легкогидролизующихся фосфатов в почвах, нуждающихся во введении в них

фосфорных удобрений, если считать для более удобного сравнения активным слоем почвы, как и в озере, слой в 10 см. С наивысшим же урожаем рыбы уносится из озера, как мы видели, 5.4 кг фосфора с 1 га. Эта величина ниже среднего содержания легкогидролизуемого фосфора, которое составляет для малых озер 12.6 кг/га. Таким образом, запасы фосфора в озерах промыслом истощаются сравнительно мало. Поступление фосфора (в разных озерах в разной степени), повидимому, покрывает эти потери.

Обратим теперь внимание на следующее обстоятельство.

В Жижицком озере, где исследованиями ВНИОРХ'а в вегетационный период 1948 г. содержание воднорастворимых фосфатов определялось аналитическим нулем (Н. И. Семенова), содержание в грунтах легкогидролизуемого фосфора составляло 12.8 мг в 100 г сухого грунта. Эта величина превышает среднюю величину содержания легкогидролизуемого фосфора в грунтах Рыбинского водохранилища — 9.5 мг P_2O_5 в 100 г грунта. Между тем в Рыбинском водохранилище содержание воднорастворимых фосфатов в вегетационный период ни разу не определялось аналитическим нулем.

Таким образом, озера, обладая значительными количествами общего фосфора, главным образом в донных отложениях, в отношении своего фосфорного режима отличаются друг от друга тем, что они содержат в круговороте разные количества воднорастворимого фосфора, т. е. доступных для первичной продукции фосфатов. Падение содержания в озере в вегетационный период растворимых фосфатов до аналитического нуля еще не говорит о недостатке в нем фосфора вообще и легкогидролизуемого в частности, но безусловно свидетельствует о торможении в озере процессов минерализации содержащих фосфор соединений и мобилизации фосфорной кислоты. Введение в озеро, где содержание воднорастворимого фосфора в вегетационный период падает до аналитического нуля, неорганического фосфорного удобрения может дать вспышку первичной продукции, но основной эффект ограничится лишь увеличением в нем общего содержания фосфора; содержание же находящегося в круговороте воды растворимого фосфора может остаться тем же. Поставленные нами аквариальные эксперименты показали (М. В. Мосевич и В. М. Данилевич), что наиболее радикальной мерой увеличения первичной продукции в тех озерах, где ее максимум не обеспечивается круговоротом фосфора, является усиление этого круговорота.

Те образцы грунтов, в которых определялось содержание фосфорных соединений, были подвергнуты микробиологическому анализу на присутствие в них бактерий (М. В. Мосевич), переводящих нерастворимые неорганические фосфорные соединения в растворимые. Такие бактерии были найдены почти во всех образцах грунтов; в отдельных случаях их количество достигало 11 000 в 1 г сухого грунта. В этих же образцах грунтов были определены денитрификаторы и фиксаторы азота. Было отмечено, что количество бактерий, растворяющих фосфаты, согласуется с бактериальной активностью грунта в отношении бактерий круговорота азота. Было также отмечено, что количество бактерий, переводящих труднорастворимые соединения фосфора в растворимые, согласуется с наличием легкогидролизуемого фосфора и с достаточным количеством органических веществ.

Поставленные нами аквариальные эксперименты имели целью показать, насколько введение тех или иных неорганических питательных солей фосфора, азота и железа (как в отдельных добавках, так и в ком-

бинации друг с другом) сказывается на направлении микробиологических процессов в воде и грунтах аквариумов. Параллельно ставились две серии аквариумов. В одной изменение микробиологических процессов прослеживалось в присутствии минимального содержания органических веществ, в другой — при их большом содержании. Ряд аквариумов ставился с грунтом и ряд без грунта.

Добавление в опытные аквариумы неорганических питательных веществ влечет за собой интенсификацию биохимических процессов в опытных аквариумах, но не изменяет сколько-нибудь существенно их соотношения друг с другом. Такие полезные процессы, как мобилизация фосфорной кислоты, фиксация свободного азота, остаются в опытных аквариумах, как и в контрольных, в подчиненном соотношении к другим процессам, например к процессам денитрификации.

Наиболее благоприятный и длительный эффект был получен при добавлении в аквариумы окультуренной земли. Добавление окультуренной земли к озерному грунту активизирует в той или иной степени все полезные биохимические процессы, протекающие в воде и грунте. Идет интенсификация процессов перевода нерастворимых фосфатов в растворимые, процессов фиксации азота и процессов аммонификации.

Вместе с окультуренной землей в опытные аквариумы вносятся и продолжает свою жизнедеятельность еще одна полезная группа бактерий, часто отсутствующая в озерных грунтах, — группа аэробных фиксаторов азота — азотобактер. Азотобактер, который был введен в грунт, где его до этого не было, развивался в них до конца опыта, в течение четырех месяцев.

Важно отметить, что интенсификация жизнедеятельности аммонифицирующей группы бактерий в случае введения окультуренной земли не ухудшает гидрохимического режима опытных аквариумов. Режим опытных аквариумов, в которые была введена окультуренная земля, был лучше режима контрольных аквариумов.

Интенсификация полезных процессов, в том числе и процессов перевода нерастворимых фосфатов в растворимые, имела место именно в тех случаях, когда огородная земля лишь добавлялась к озерному грунту, а не при замене озерного грунта окультуренной землей. Здесь можно сделать следующее предположение: в данных случаях имеет место интенсификация жизнедеятельности бактерий озерного грунта и воды, т. е. специфичной микрофлоры водоема, под влиянием жизнедеятельности окультуренной почвы и тех веществ, которые с нею вносятся.

Введение окультуренной земли является мероприятием, представляющим собой применение удобрения типа бактериальных удобрений. Окультуренная земля содержит в активном состоянии комплекс микроорганизмов круговорота азота, фосфора и углерода и отличается от обычной неводеланной почвы тем, что именно этот комплекс представлен несравненно большим числом экземпляров, причем преобладающими в этом комплексе являются представители полезных процессов, в том числе фиксаторы азота и минерализаторы фосфорных соединений.

В агрономической практике введение в почвы данного комплекса организмов уже имеет место. Н. М. Лазаревым и его сотрудниками предложен такой препарат, который представляет собой в активном и численно высоком состоянии именно эту группировку микроорганизмов, так называемую автохтонную микрофлору Б или АМБ.

На основании наших экспериментов мы считаем, что подобная же бактериализация водоемов вполне возможна. Мы, конечно, не считаем воз-

можно механически переносить опыт агрономической практики, агрохимии, на водоемы, и подготовляемые в этом году работы на прудах ведем с учетом всех физических, химических и биохимических особенностей водоемов как в отношении их водной среды, так и в отношении донных отложений.

ЛИТЕРАТУРА

- Драчев С. М. 1928. К изучению лабильности фосфатов почвы. Научно-агрон. журн., № 9.
- Казakov Е. И. и Б. А. Товбни. 1939. Химический состав пелогена и сапропеля озер Белого и Коломня. Тр. Лабор. генез. сапропеля, вып. I.
- Фатчихина О. Е. 1948. Динамика содержания фосфора и железа в Черном озере. Гидрохим. мат., т. XVI.
-

С. В. ГЕРД

БИОЦЕНОЗЫ НИЖНЕЙ ЛИТОРАЛИ ОЗЕР КАРЕЛИИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПИТАНИИ РЫБ

Не так давно мы были свидетелями выступления известного ихтиолога Г. В. Никольского, утверждавшего, что гидробиологические исследования не приносят пользы рыбному хозяйству. Он считает, что ихтиолог может довольствоваться консультацией зоолога-систематика при анализе кормовых ресурсов водоема, не нуждаясь в тех обобщениях биологических условий водоема, которые представляют предмет гидробиологии. Постараемся на конкретном примере показать тесную связь гидробиологических исследований с задачами рыбного хозяйства и обязательность комплексирования работ ихтиолога с гидробиологическим изучением водоема.

Гидробиология ставит перед собой задачи многостороннего изучения закономерностей жизни в водоеме, в применении к весьма разнообразным направлениям использования природных ресурсов водоема в интересах социалистического строительства. Рыбохозяйственное освоение водоема представляет собой один из важнейших (хотя далеко не единственный) случаев применения на практике данных, полученных в результате гидробиологического изучения водоема.

Рассматривая гидробиологию как крупнейший раздел науки экологии, мы считаем особенно существенным для полноценного использования наших водных богатств познание биологического облика стоячих и текучих вод различных лимнологических областей нашей обширной родины и анализ населяющих их биоценозов.

При рыбохозяйственном изучении водоема основной промысловый объект его — рыба — должен изучаться как член биоценозов водной среды, в ее пищевых и иных связях с донной фауной, планктоном и растительностью.

Водоемы Карело-Финской ССР, известной обилием своих озер, в числе которых свыше 300 крупных (площадью более 5 км²), за последние десятилетия подверглись интенсивному изучению. Около 17% больших озер Карелии охвачено полным комплексом гидрологических, гидробиологических и ихтиологических исследований.

В результате работ Карело-Финского филиала Академии Наук СССР и Карело-Финского университета установлено 5 лимнобиологических типов озер по бентосу. Выявлены три типовые группы озерных плесов, различающихся по комплексу зоопланктона. Мы знаем уже более 20 характерных для Карелии биоценозов донной фауны озер; часть этих биоценозов, вероятно, является общей с биоценозами озер Русской равнины до южных грани лесной зоны.

В результате массовой обработки проб питания, произведенной лабораториями гидробиологии Карело-Финского отделения ВНИОРХ'а и Карело-Финского филиала Академии Наук СССР, выявляются основные характерные типы питания рыб донной фауной, планктоном, а также рыб-ихтиофагов. Так, для 20 видов рыб-бентофагов известно теперь 22 типа питания донной фауной озер, например для окуня — 13 типов, для леща — 11, сига-лудогги — 8, ерша — 7 и т. д. Каждый тип питания связан с использованием рыбой доминирующих компонентов того или иного биоценоза донной фауны, и, следовательно, зона нагула легко определяется по биономическому анализу состава пищи в кишечнике рыбы.

Составляя биономические карты озера с нанесением на них не только распределения биомассы, но и распространения важнейших биоценозов, мы можем конкретно указать наиболее ценные для промысла участки озера, где рыба концентрируется в целях нагула.

Комплексное изучение биоценозов водоема как ихтиологом, так и гидробиологом не только дает основу для использования его ресурсов в интересах развития рыболовства, но, несомненно, позволяет наметить пути активной перестройки природы водоема в духе мичуринской советской биологии, в целях повышения кормовых ресурсов и акклиматизации новых видов рыб.

Нижняя литораль в озерах Карелии начинается сразу за зоной тростника, на глубине 1.5—2 м, как область распространения погруженных растений, преимущественно рдестов, и простирается до предела водной растительности, до глубины 6—8 м, гранича здесь с верхней профундалью озера.

Во всех типах озер Карелии нижняя литораль является зоной наиболее высокой биологической продукции дна. Глубже число бионтов и особенно бентоса резко убывает в связи с понижением трофики водной среды, ее более низкой температурой, уменьшением освещенности, отсутствием растительности. Выше, к урезу воды, развитие жизни ограничивается во многих местах литорали прибойностью, препятствующей развитию лимнофильных форм.

Например в Сямозере на глубине 2 м (верхняя литораль) насчитывается 168 бионтов на 1 м², на глубине 5.5 м (нижняя литораль) плотность населения достигает 386 орг. на 1 м² и уже с глубины 7 м населенность падает до 154 бионтов с дальнейшим понижением в глубь озера.

Фауна рыб также дает в нижней литорали озер Карелии наиболее высокую концентрацию. Здесь лежат кормовые участки многих промысловых рыб (окунь, ерш, лещ, язь, плотва, щука, сиги и др.) и расположены нерестилища некоторых рыб; в том числе важнейших для промысла — ряпушки и корюшки.

Не случайно, что нижняя литораль является в промысловом отношении исконной, исторически сложившейся зоной наиболее интенсивного в больших озерах севера рыболовства (сетный, мережный, неводный лов).

Хотя теперь совершенно рационально прилагаются большие усилия к выводу активного государственного и колхозного лова на глубины озер, но свое рыбопромысловое значение нижняя литораль не утрачивает и в настоящее время.

Экологически нижняя литораль сочетает черты, присущие мелководью (освещенность, повышенная термика, наличие растительности).

с чертами профундали (заиленность грунта, нередкое проникновение глубинных вод). Этим обуславливается разнообразие фаунистического состава нижней литорали. Мы находим здесь как формы, получающие именно в нижней литорали озер свое преимущественное развитие (*Ephemera vulgata*, *Ordella*, *Mollanna palpata*, *Oxyethira distinctella*, *Cygnus flavidus*, *Valvata piscinalis*, *Helobdella stagnalis* и др.), так и вторженцев из верхней литорали (*Asellus*, *Limnaea ovata*, *Eurycercus lamellatus* и др.) и, наконец, выходцев из верхней профундали (*Pallasea*, *Mysis*, *Lamprodrilus isoporus*).

Из общего числа биоценозов, устанавливаемых нами для донной фауны озер Карелии, нижнелиторальной зоне свойственны четыре биоценоза:

1) биоценоз зарослей рдестов (*Ephemera* + *Valvata*), 2) биоценоз открытой нижней литорали (*Ordella* + *L. ovata*), 3) биоценоз луд, лежащих недалеко от берега (*Leptocerus* + *Valvata*), 4) биоценоз мелководья слабокислых озер (*Leptocerus* + *Sphaerium*). Дальнейшие исследования, несомненно, позволят детализировать биоценотические группировки нижнелиторальной фауны.

Биоценозы бентоса нижней литорали характеризуются как общей высокой популяцией, значительно превышающей плотность фауны в верхней литорали и профундали, так и наличием ряда высокоценных в кормовом отношении организмов (*Ephemera*, *Ordella*, личинки ручейников, моллюски *Valvata*, прудовик овальный, *Sphaerium*, личинки тендипедид). Большое значение в питании молоди рыб имеет здесь и микробентос из низших ракообразных. В связи с обилием корма нижняя литораль привлекает значительное число рыб, концентрирующихся здесь в целях нагула. Все это заставляет со значительным вниманием отнестись к задаче изучения биоценозов нижней литорали.

Мы не будем здесь останавливаться на биоценозе каменистых луд, так как этот биотоп довольно специфичен для озер Карелии и не имеет широкого распространения в озерах других лимнологических областей. Биоценозы же зарослей рдестов и открытой нижней литорали свойственны многим озерам различных районов нашей страны.

Биоценоз *Ephemera vulgata* + *Valvata piscinalis* связан с зарослевой нижней литоралью, которая располагается в озерах на глубине от 1.5—2 до 5—6 м, преимущественно у затишных или полузатишных берегов, часто в заливах и междуостровных проливах. Здесь, в сравнительно спокойной, хорошо освещенной и прогреваемой воде (летом у дна 19—20°), развиваются значительные для бедных растительностью карельских озер заросли подводных растений, подводные луга, состоящие преимущественно из рдестов (*Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus* и другие виды), к которым присоединяются местами *Sagittaria frisei* и *Ranunculus aquaticus*. Нижний ярус этой ассоциации, хорошо описанной для ряда озер Г. К. Лепиловой, образуют *Isoetes lacustris* и глубже *Chara strigosa*, местами отдельные куртины *Myriophyllum* и *Ceratophyllum demersum*. У нижнего края полоса чистого насаждения *Potamogeton compressus*, затем идут водные мхи и начинается лишенная растений профундаль.

Грунт под зарослями илесто-песчаный, со значительной среди рдестов примесью грубого растительного детрита. В озерах с развитым оруденением на глубине 3—5 м уже встречается черный песок или горошинный оолитовой руды.

В условиях данного биотопа получает развитие сложный комплекс животных организмов, насчитывающий свыше 100 видов (без коловраток и простейших), в том числе 11 видов червей, 16 — моллюсков, 7 — ракообразных, не менее 10 видов гидрахнелл, 2 вида поденок, 14 — ручейников и около 30 видов тендипедид.

Биоценоз Эфемера + Вальвата, как по наиболее характерным и легко в полевых условиях различаемым его членам, автор называл сложным комплексом, состоящим из трех более заметных групп биоценозентов: 1) фитофилов, населяющих стебли и листья рдестов и других растений, 2) эпифауны грунта, открыто передвигающейся по дну, и 3) роющейся в грунте инфауны, преимущественно пелофилов.

Пищевые связи членов этого биоценоза еще не вскрыты в полной мере. Среди фитофилов многие питаются тканью растений, например *Limnaea*, некоторые личинки ручейников, минирующие мушки (*Hydrellia*) и часть тендипедид. Из числа последних *Cricotopus algarum* и *Glyptotendipes griekoveni*, а также, вероятно, и другие формы играют крупную роль в деструкции растительности, превращая листья рдестов уже к августу в буреющие, разорванные лохмотья. Им принадлежит видная роль в накоплении растительного детрита. Хищниками являются пиявка *Helobdella stagnalis*, очень типичная для биоценоза, некоторые нематоды и тендипедиды (как *Procladius*).

Большую часть членов биоценоза Эфемера + Вальвата представляют детритоядные формы-пелофаги (олигохеты, *Valvata*, *Sphaerium*, многие ручейники, *Ephemerella*, большинство личинок тендипедид, живущих в илу).

Значительный интерес представляет сезонная динамика этого ценоза, прослеженная нами на различных озерах.

В наибольшей полноте весь комплекс организмов биоценоза представлен осенью перед ледоставом. С похолоданием воды нижняя литораль пополняется, с одной стороны, за счет верхнелиторальных форм, мигрирующих сюда на зиму: *Acellus*, *Sialis*, часть поденок и тендипедид перемещаются в это время вглубь. С другой стороны, в нижнюю литораль проникают осенью и зимой некоторые профундальные формы; так, в мелководной губе Возрице Онежского озера автор встречал в конце ноября интенсивное питание ерша мизидами (*Mysis relicta*), которых летом в этой прогреваемой до 20° у дна губе никогда не бывает. Увеличивается зимой в нижней литорали популяция понтопорей и, вероятно, *Pallasea*.

В итоге в зимнее время как численность организмов, так и биомасса дна нижней литорали возрастают в 1.5—2.5 раза против летних показателей.

Со вскрытием озера биоценозы нижней литорали начинают терять часть своих обитателей. Заканчивая свое превращение, одни за другими покидают воду личинки насекомых, начиная с некоторых рано летящих форм тендипедид и ручейников; позднее, с конца июня — начала июля, разворачивается вылет эфемеры и большинства лептоцерид, а несколько позже — массовый лет *Ordella*. Тендипедиды вылетают вплоть до конца июля.

В итоге в середине июля биоценоз крайне обедняется живыми организмами. Множество пустых куколочных чехликов *Oxyethira*, лептоцерид и тендипедид уселяют в это время дно.

Однако летнее обеднение фауны затрагивает не только личинок насекомых, но и моллюсков, червей и даже гидрахнелл. Это следует отнести как за счет частичного естественного отмирания некоторых форм,

так главным образом и за счет выедания рыбами, усиливающегося в летнее время.

В итоге биомасса дна нижней литорали к середине лета резко снижается. Тем не менее даже в это время биоценоз Эфемера + Вальвата остается одним из наиболее населенных в озерах Карелии. Так, в Нюкозере в июле при средней для всего озера биомассе дна 1 г/м^2 в биоценозе Эфемера + Вальвата показатель биомассы дна составляет от 2.6 до 6.0 г/м^2 . Плотность популяции этого биоценоза летом в Нюкозере и других озерах свыше 2 тыс. организмов на 1 м^2 , что для озер Карелии является очень высокой цифрой. Летнее снижение лишь очень медленно восполняется появлением нового поколения вылупляющихся из яиц личинок поденок, ручейников и тендипедид. Увеличение популяции идет в это время значительно быстрее, чем рост биомассы.

В конце лета—начале осени фауна биоценоза снова достигает своей полноты. В это время начинается распад и гибель растительности и интенсивное накопление ее остатков на дне. Таковы общие контуры сезонной динамики этого ценоза.

В составе фауны рыб происходят изменения в связи с осенним нерестом ряпушки, которая появляется на участках открытой литорали целыми массами, откладывая здесь свою икру. Вслед за ней эта зона привлекает и потребителей икры ряпушки, преимущественно сига, лудугу и проходного. Сиги держатся на нерестилищах ряпушки, питаясь ее икрой вплоть до середины зимы, как показали наблюдения Л. О. Паллона на Сегозере. В нерестовый период к скоплениям ряпушки стягиваются налим, окунь и другие хищники, питающиеся ряпушкой.

Аналогичная картина имеет место весной в тех местах нижней литорали, где протекает нерест корюшки. Здесь также появляются сиг-«корюшник», а также значительное количество крупных хищных рыб.

Биоценоз Эфемера + Вальвата наиболее типичен для многих участков нижней литорали озер Карелии и с наибольшей полнотой отражает комплекс форм, населяющих эту зону озера. Другие биоценозы складываются под действием внешних факторов, в первую очередь таких, которые препятствуют развитию водной растительности и вместе с ней исключают из биоценоза значительное число фитофильных форм. Из числа абиотических факторов, влияющих в этом направлении на биоценозы, мы можем пока отметить: 1) значение прибойности берегов и 2) значение кислотности водной среды.

У каменистых или песчаных берегов, где прибой наиболее силен, водная растительность подвергается регрессу, и это сказывается не только на растительных зонах верхней, но и нижней литорали. В больших озерах с сильной прибойностью берегов пояс рдестов прерывается против открытых побережий, образуя открытую нижнюю литораль.

Общая сумма экологических условий среды в этом биотопе существенно иная, чем в описанном выше биотопе нижнелиторальных зарослей. Отсутствие растительности не только резко снижает трофические условия (илисто-песчаный грунт открытой литорали менее насыщен органическими остатками), но вызывает и большую динамичность водной массы, которая легче подвергается вторжениям глубинных вод. Отсюда меньшая устойчивость термики, попеременное охлаждение и нагревание в летнее время вод открытой литорали.

Этот биотоп гораздо беднее фауной: здесь полностью выпадают фитофильные формы, меняется несколько и состав пелофилов, например

микробентос открытой литорали много беднее, чем в зарослях. Изменения настолько значительны, что дают право говорить об особом биоценозе: Орделла + Лимнеа овата.

При большом числе общих с биоценозом Эфемера + Вальвата форм как пиявка *Helobdella*, олигохеты грунта, клещи, ручейники, среди которых особенно заметны лептоцериды, часть бионтов в этом биоценозе образует меньшие популяции, *Ephemera vulgata* еще довольно обычна, но гораздо чаще встречается более мелкая поденка *Ordella hogaria*. Почти исчезает *Valvata piscinalis*, из гастропод наиболее заметным становится овальный прудовик, *Limnaea ovata*, иногда же *L. lagotis*. Усиливаются профундальные элементы как *Pisidium conventus*, *Pallasea*, *Pontoporeia affinis*.

В целом как численность бионтов на 1 м², так и биомасса дна в этом биоценозе заметно ниже, чем в зарослях рдестов.

Второй фактор внешней среды, влияние которого на нижнелиторальные биоценозы отчетливо выявилось нами за последние годы, особенно во время работ в западных районах К-ФССР, — это воздействие на озеро болотных вод его водосбора. Вода приобретает коричневатую окраску, рН снижается от присутствия гуминовых кислот до 6.5—6.7, повышена кислотность.

Присутствие гуминовых кислот прежде всего отражается угнетающим образом на растительности. Приходится пожалеть, что ботаники пока мало уделяют внимания экологическим спектрам отдельных форм водной растительности. По нашим наблюдениям, наиболее чувствительны к кислой реакции воды рдесты, за исключением *Potamogeton natans*, также харовые и *Myriophyllum*. Более стойким в этих условиях оказывается, повидимому, ежеголовник (*Sparganium frisei*). Однако его развитие не возмещает исчезания рдестов, и нижняя литораль, даже в затишных участках озера, являет картину почти полного отсутствия высших растений.

Существенные изменения претерпевает и состав фауны. При повышении кислотности воды деградируют моллюски. Вальвата исчезает совершенно, повидимому уже при рН = 6.7, резко сокращается число лимнеид, уменьшается развитие *Sphaerium*. Из видов рода *Pisidium* наиболее устойчива в этих условиях *P. lilljeborgi*. Очень чувствительны к гуминовым болотным водам ракообразные. *Gammarus* и даже *Asellus* исчезают совсем, реликтовых форм нет, слабее развивается микробентос. В свое время Е. Ф. Мануйлова хорошо проследила угнетающее влияние дистрофикации водоема на кладоцер зоопланктона, которые в темных ламбах Карелии представлены карликовыми формами. Известно также, как сильно влияет болотная вода на замедление темпа роста рыб и как обедняется в этих условиях состав ихтиофауны. Наиболее вынослив окунь, затем плотва и щука.

В итоге, вблизи впадения притоков, несущих болотные воды, а иногда и по озеру в целом, в нижней литорали наблюдается сильно обедненный биоценоз, близкий к Орделла + Лимнеа, но со слабым развитием лимнеид. Этот биоценоз мы обозначим *Leptocerus cinereus* + *Sphaerium cognatum*. Как популяции, так и биомасса этого биоценоза низки, хотя всё же значительно превышают показатели профундали данного озера.

В табл. 1 приводятся показатели популяции и биомассы дна Нюк-озера (бассейн р. Чирка-Келль) в различных биоценозах нижней литорали и профундали.

Таблица 1

Таблица 1

Биоценоз	Биомасса, в г на 1 м ² дна	Плотность бионтов на 1 м ² дна	Примечание
Нижняя литораль:			
Эфемера + Вальвата	1—6	500—3725	Заросли рдестов Вблизи болотистых при- токов.
Лептоцерус + Сфернум	1—2	1000—1406	
Профундаль:			
Ортокладнус + Пизидиум	0.1—0.5	50—700	Серо-оливковый ил. Участки с оруденевшим грунтом.
Пелосколекс + Пизидиум	0.1—0.3	20—175	

Наиболее ценным кормовым ресурсом для рыб в нижней литорали слабо кислых озер становятся ручейники-лептоцериды.

Описанные нами три биоценоза нижней литорали, несомненно, имеют широкое распространение и в озерах, лежащих за пределами Карело-Кольской лимнологической области.

Значение нижней литорали в питании рыб очень велико. В зарослевых ее участках постоянно держатся плотва, язь, уклея, щука, окунь (рыбаки в Карелии рдесты называют «окуневой травой»), заходят сюда из профундали проходной сиг и хариус. Из верхней литорали нередко спускаются сюда щиповка, голец (*Nemachilus*), девятниглая колюшка. Открытые участки нижней литорали — основной биотоп ерша, леща, ельца; здесь охотно кормятся сиги, проходной и лудога, заходят стайки ряпушки.

Для всех этих рыб нижняя литораль является зоной интенсивного нагула, и кишечника их в летнее время дают высокий индекс наполнения. Питание разнообразно и включает преимущественно основных представителей — наиболее массовые формы описанных выше биоценозов. В отличие от профундальных типов питания тех же рыб, нижнелиторальные типы питания характеризуются малым удельным весом высших ракообразных и преобладанием личинок насекомых и моллюсков.

Обработка проб питания в лаборатории гидробиологии Карело-Финского филиала ВНИОРХ'а ведется общепринятым методом со взвешиванием содержимого кишечника и определением по пищевым фрагментам состава пищи, но не довольствуясь этим, мы анализируем компоненты пищевой массы биоценозически, увязывая типы питания (по доминирующим компонентам) с определенными биоценозами водоема.

Для озер Карелии нам известно всего около 20 типов питания рыб-бентофагов. В нижней литорали 16 видов рыб дают 9 типов питания за счет организмов бентоса.

В табл. 2 приводятся сравнительные признаки нижнелиторальных типов питания рыб в озерах Карелии.

Моллюсками вальвата и лимнея питаются сиги, хариус, лещ, язь, голец и другие рыбы, при этом в зарослях рдестов преобладает вальватидное, а в открытой литорали — лимнейное питание.

Личинки паденов эфемер (орделла играет меньшую роль) и ручейников-лептоцерид и бесчехликовых полицентропид — важнейший кормовой ресурс нижней литорали. Особенно велика роль этих беспозвоночных в тех озерах, где под влиянием болотных вод наступает депрессия

Питание рыб бентосом

Типы питания	Доминирующие формы	Обычные примеси	Цвет и структура пищевой массы
Лимнейное . . .	<i>Limnaea ovata</i> <i>L. lagotis</i> .	Тендипедиды, ручейники.	Черноватая, слизистая, с целыми и битыми раковинами.
Вальватидное . .	<i>Valvata piscinalis</i> .	<i>V. cristata</i> , <i>V. pulchella</i> , <i>Limnaea ovata</i> , эфемера, ручейники.	Черноватая слизь, грубо-зернистая, целые, реже раздробленные раковины.
Сферидное . . .	<i>Sphaerium</i> сог- пеит, <i>Pisidium</i> (<i>P. amicum</i> и другие виды).	Тендипедиды, орделла, моланна, лептоцериды, песок.	Желтовато-белая, битая ракушка, целые створки, песок.
Микробентическое	<i>Eurycerus lamellatus</i> , <i>Acyrocerus</i> .	Хидориды и макротрициды, гарпактициды, клещи, чехлики <i>Oxuechira</i> , коконы турбеллярий; детрит.	Коричневая, замлистая от массы детрита, кладоцерный хитин.
Эфемеридное . .	<i>Ephemera vulgata</i> .	Орделла, лептоцериды, тендипедиды, вальвата.	Лидовато(жабры)-коричневая масса довольно крупных фрагментов инсектарного хитина.
Лептоцеридное .	<i>Leptocerus</i> , <i>Oecetis</i> , <i>Mystacides</i> , <i>Cyrtus</i> .	Тендипедиды, моланна, пизидиум.	Желтовато-серая масса песчаных чехликов, инсектарный хитин, песок.
Тендипедидное .	Смешанный состав литоральных форм: <i>Pelopia</i> , <i>Cryptochironomus</i> , <i>Pseudocladus</i> и др.	Пизидиум, хидориды, острикоды, чехлики охсипетры, детрит.	Зеленовато-бурая «вермишельная» масса остатков личинок, детрит.
Водно-воздушное	Нимфы поденок, куколки ручейников и тендипедид.	Зоопланктон.	Буроватая рыхлая, инсектарный хитин.
Питание икрой .	Икра ряпушки (осень) и корюшки (весна).	Микробентос, тендипедиды и грунт.	Оранжевая или желтоватая зернистая масса икры.

моллюсков, а вальвата и совсем исчезает. В Глинском озере на отдельных участках, занимаемых биоценозом эфемеры, на долю *E. vulgata* приходится до 86% общего веса биомассы дна. Эфемеридное (в зарослях) и лептоцеридное (чаще в открытой литорали) питание свойственно сигам, хариусу, окуню, лещу, язю, плотве и ельцу.

В период вылета этих насекомых из воды (в начале июля в особенности), когда куколки ручейников и нимфы поденок всплывают к поверхности для последней линьки, они жадно заглатываются рыбами в самой толще воды. Водно-воздушное (как его можно назвать, в отли-

Таблица 2

в нижней литорали

Опознавательные фрагменты	Биоценозы	Биотоп	Основные виды рыб, питающихся бентосом	Всего видов рыб
Обломки раковин, вершины завитка.	Эфемера + Вальвата, Орделла + Лимнея.	Заросли нижней литорали, открытая нижняя литораль.	Сиг (проходной, лудога), хариус, окунь, лещ, елец, голец, бычок, налим (мол.).	9
Целые раковины, круглые крышечки раковин.	Эфемера + Вальвата.	Заросли нижней литорали.	Сиги, хариус, окунь, язь, плотва.	7
Целые створки, верхушки раковин.	Орделла + Лимнея, Лептоцерус + Сфернум.	Открытая нижняя литораль.	Сиг (проходной, лудога), ерш, лещ, голец.	5
Створки панцирей эврицерус и акроперус.	Эфемера + Вальвата, Лептоцерус + Сфернум, Орделла + Лимнея.	Заросли нижней литорали, открытая нижняя литораль.	Сиг проходной, ерш, лещ, плотва, язь, голец, шиповка, колюшка, бычок.	9
Фрагменты головы первой пары ножек и хвостовые церки.	Эфемера + Вальвата, Лептоцерус + Сфернум.	Заросли нижней литорали, открытая нижняя литораль (реже).	Сиги, хариус, лещ, окунь, язь, плотва, елец.	8
Целые чехлики, лобные щитки и фрагменты ножек личинок.	Орделла + Лимнея, Лептоцерус + Сфернум.	Открытая нижняя литораль.	Сиги, хариус, ерш, окунь, лещ, язь, плотва, елец.	9
Головные капсулы и фрагменты тела личинок.	Эфемера + Вальвата, Орделла + Лимнея, Лептоцерус + Сфернум.	Заросли нижней литорали, открытая нижняя литораль.	Сиг проходной, корюшка, окунь, ерш, лещ, плотва, язь, уклей, голец, колюшка.	10
Фрагменты головы, ножек и крыльев ручейников; то же и церки поденок.	—	У поверхности воды.	Сиги, корюшка, хариус, окунь, язь, плотва, елец, уклей, колюшка.	11
Икринки рыб.	—	Открытая нижняя литораль.	Сиг (проходной, лудога), ерш, бычки, колюшка.	5

чие от воздушно-водного питания тонущими в воде насекомыми лесов и полей) питание становится для большинства рыб нижнелиторальной зоны в это время основным. Оно возвращает в круговорот вещества водоема немалое количество органического белка, углеводов и жиров, которые, таким образом, не полностью утрачиваются при вылете насекомых.

Ифауна грунта нижней литорали — личинки тендипедид, моллюски *Sphaerium* и *Pisidium* — занимает в общем рационе рыб, кормящихся в нижней литорали, более скромное место. Главные потребители тенди-

педид и сфериндных моллюсков — лещ и ерш; частично кормится ими и проходной сиг. Всплывающие для последней линьки перед метаморфозом куколки тендипедид составляют один из существенных элементов водно-воздушного питания и поедаются более мелкими рыбами, для которых нимфы поденок и куколки ручейников слишком крупны: плотвой, уклейей, ряпушкой, мелким окунем, колюшкой в массовом количестве.

Как уже говорилось, кормовое значение высших ракообразных в описываемых биоценозах нижней литорали невелико; вторженцы из верхней литорали — *Gammarus* и *Asellus* — и из нижней профундали — *Pallasea* и *Pontoporeia* — здесь немногочисленны и играют в пище рыб роль примеси. Мизиды, появляющиеся в открытой нижней литорали поздней осенью, лишь временно замещают тендипедид и поденок в пище ерша и окуня. Тем значительнее роль низших микробентических ракообразных, в первую очередь Chydoridae, из которых наиболее крупный *Eugyrgiscus lamellatus*, также *Ascoregus*, *Pleuroxus*, некоторые Macrothricidae (как *Hioscryptus*), ряд донных циклопов и гарпактицид. Остракоды скудно представлены в донной микрофауне озер Карелии, в более южных областях на их роль в питании рыб следует обратить внимание. Все эти рачки образуют в грубодетритном илу, среди стеблей растений нижней литорали, густые популяции и жадно поедаются рыбами. Лещ и проходной сиг (рыбы-илососы) кормятся ими во все возрасты, но преимущественно в ранней стадии. Мальки и молодь многих карповых рыб, а также ерши, гольцы, шиповки, колюшки предпочитают этот корм более крупным и грубым личинкам насекомых.

Роль кладоцерного микробентоса в питании рыб, несомненно, гораздо более значительна, чем это принято думать. Нам кажется, что у таких рыб, как лещ, язь, ерш, первичное планктонное питание, описываемое в ихтиологической литературе, не имеет в карельских озерах места, и рыбы эти всю жизнь являются бентофагами. Следовало бы обратить более серьезное внимание на разграничение микробентического и планктонного питания молоди рыб. Может быть хидориды являются ценным объектом в проблеме искусственного повышения кормности водоемов, где внимание сосредоточивается пока только на дафнии и мoinie.

Таким образом, роль биоценозов нижней литорали озерных рыб Карелии очень значительна. Многие вопросы требуют еще дополнительного, более углубленного изучения, но и сейчас очевидно, что, идя по этому пути, мы можем оказать реальную помощь рационализации рыболовства.

В тех озерах, где профундальные ресурсы корма низки, что является для больших озер Карелии обычным явлением, нижняя литораль выступает как главная зона нагульных концентраций рыб. При этом различные ее биотопы дают различные спектры питания одних и тех же видов рыб. Так, проходной сиг кормится в зарослевой нижней литорали преимущественно эфемерой и вальватой, в открытой литорали его кишечник наполнен лептоцеридами и лимнисидами.

Если в озерах с нейтральной реакцией воды роль поденок в пище рыб выступает на первое место, то в кислых озерах важнейшим кормом рыб становятся мелкие ручейники лептоцериды и полицентропиды.

Отмечая на биономической карте озера местоположение основных биоценозов, мы тем самым получаем и довольно отчетливую картину размещения кормовых участков рыб. Несомненно, питание рыб в каждой литорали должно иметь определенную смену аспекта в течение года.

Так, эфемеридное и лептоцеридное питание характеризует первую половину лета, перед вылетом насекомых. Затем, после кратковременного периода интенсивного водно-воздушного питания рыб, они снова возвращаются к питанию на дне. Можно думать, что вторая половина лета должна дать усиление питания моллюсками, тендипедидами и особенно микробентосом, который в это время достигает своего расцвета. Для осени характерно питание многих рыб икрой на нерестилищах ряпушки. Зимнее питание карповых рыб сильно ослаблено низкой температурой, но окунь, ерш, сига продолжают питаться и зимой. В это время кормовые ресурсы нижней литорали представлены наиболее полноценно и обогащены миграцией в нес организмов из смежных зон. К сожалению, мы имеем еще мало материала по отдельным видам рыб, который давал бы анализ их питания в разрезе годовой динамики кормовых ресурсов.

А. Г. РОДИНА

БАКТЕРИИ В ПРОДУКТИВНОСТИ КАМЕНИСТОЙ ЛИТОРАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Вдоль открытых скалистых берегов западного побережья оз. Байкал на сотни километров тянется полоса каменистых грунтов. Ширина этой каменистой литорали колеблется довольно сильно: местами она не превышает 20—30 м, а местами достигает 1—2 км. Каменистая литораль, как указывают все исследователи Байкала (Кожов, 1931, 1947; Верещагин, 1947; Гаврилов, 1950, и др.), является одной из продуктивнейших зон озера.

Каменистая литораль Байкала сложена из камней разной величины и различных пород. У берегов камни обычно невелики: это булыжники различных размеров, однако уже на глубине 1 м и более каменистая литораль образована сглаженными водой глыбами различных пород и их обломками, далее же она переходит в сплошные поверхности подводных скал. Породы камней, слагающих литораль, большей частью соответствуют породам, из которых сложены береговые скалы и горные кряжи, гряды отходящие от Байкала.

Среди камней литорали расположены различной величины площадки песков, минеральный состав которых тесно связан с породами камней, слагающих берега и литораль в данном районе. Камни литорали покрыты сверху и с боков различными водорослями, образующими на них отдельные пятна или покрывающими камни сплошь. Лишь у самого уреза воды полоса обкатанного булыжника до глубины 0.5 м бедна растительностью, глубже водоросли образуют отдельные зеленые площадки, переходящие постепенно в сплошные зеленые заросли. У берегов камни покрыты *Ulothrix zonata* в сообществе с диатомовыми водорослями, с глубины 1.5—2.5 м появляются заросли *Tetraspora cylindrica* (рис. 1). Далее идет пояс ковров темнозеленого цвета, образованных зарослями видов *Draparnaldia*. Повсюду на камнях встречаются сине-зеленые водоросли *Sphaeroplastos coeruleum*, часто сплошь покрывающие камни. На песчаных площадках водорослей значительно меньше; здесь попадаются единичные экземпляры или скопления макрофита *Myriophyllum spicatum*.

Фауна каменистой литорали на глубинах от 1 до 10 м исключительно богата. На камнях живет множество моллюсков, ресничных червей и гаммарид; на них обитают байкальские пиявки, личинки тендипедд и ручейников, губки, мшанки и другие представители байкальской бентофауны (рис. 2 и 3). Г. Б. Гаврилов (1950) на каменистой литорали Байкала обнаружил представителей 162 видов фауны. Такое скопление донных организмов привлекает на каменистую литораль рыбу: камени-

стые банки литорали являются излюбленными местами обитания хариусов (Кожов, 1947); на камнях постоянно встречаются бычки. Рыбы находят на каменистой литорали такое количество организмов, пригодных для пищи, что выедают лишь небольшую часть их (Гаврилов, 1950).

Биомасса организмов, обитающих на каменистой литорали, очень высока. Г. Б. Гаврилов (1950) оценивает ее (при определении рамой Денъгиной) в 615.5 кг на 1 га. М. М. Кожов (1947) для биомассы каменистых банок литорали, покрытых водорослями и губкой, дает еще более высокую цифру — 1000 кг на 1 га.



Рис. 1. Начало пояса *Tetraspora cylindrica*. Отдельные кусты водоросли на глубине 3 м.

Как известно, распределение животных в водоеме тесно связано с условиями среды. Каменистая литораль, являющаяся столь благоприятной средой для развития такой массы донных животных, характеризуется благоприятным сочетанием химических, гидрологических и биологических факторов: здесь относительно более высокая температура воды, благоприятный газовый режим, свет проникает до дна, действие прибоя меньше, чем у самого берега, и здесь сосредоточено большое количество пищи, которую могут использовать донные животные.

Пищевые ресурсы литорали для жизни донных животных, населяющих ее, являются одним из существенных факторов. Вопрос о том, чем обеспечивается питание этой массы донных животных на каменистой литорали, должен быть рассмотрен. «Нет сомнения, что весь процесс развития... зависит от источника жизни — питания. Живое, некогда происшедшее из неживого, и теперь своими корнями упирается в неживое, строя себя за счет последнего» (Лысенко, 1948).

Животное население связано с неживой средой сложными взаимоотношениями, получая исходные биогенные элементы среды через посредство зеленых растений и автотрофных бактерий, являющихся пер-

вым звеном в пищевых цепях. Животное население каменистой литорали не использует в своем питании и мертвое органическое вещество как происходящее в итоге отмирания растений и животных, проходящих все этапы своей жизни в этой зоне, так и внесенное с берегов. Это органическое вещество используется непосредственно и через клетки метатрофных бактерий, строящих полноценные в биологическом отношении белки своих тел из того же органического детрита и из растворенных органических веществ. Последние в большинстве своем представляют соединения, мало пригодные для непосредственного использования их водными

животными, к тому же концентрации их в Байкале настолько невелики, что эффективное использование их животными трудно предполагать.

Роль зеленых растений, массовое развитие которых, как уже указывалось, характерно для этой зоны Байкала, освещена в работах М. М. Кожова (1931, 1947). Совершенно отсутствуют данные об использовании донными животными (в их питании) микробов, о содержании последних на камнях, роли их в процессах круговорота веществ на каменистой литорали и о значении этих микроорганизмов для развития растительности этой зоны.

Значение микроорганизмов для круговорота веществ в озерах показано многочисленными работами отечественных ученых для различных водоемов. Этот вопрос в отношении оз. Байкал — единственного

Рис. 2. Камень, покрытый моллюсками, личинками ручейников и водорослью *Sphaerionostoc coeruleum*

в мире по своим природным особенностям водоема — представляет большой научный интерес. Работы последнего времени с убедительностью говорят и о значении микробов как трофического звена, как фактора, повышающего продуктивность водоемов (Салимовская-Родина, 1940; Родина, 1949а, 1950б). По своему составу клетки микробов представляют высококачественный в пищевом отношении для водных животных материал; они состоят из полноценных белков, жиров и углеводов (белок микробов сходен с белками других организмов; он состоит из тех же аминокислот). Процессы биосинтеза, осуществляемые микробами, приводят к накоплению в их клетках витаминов, необходимых для нормального роста и размножения водных животных. Бактерии используют для построения своих тел вещества, находящиеся в растворе даже в незначительных концентрациях, и этим служат промежуточным звеном между неживой природой и населяющими ее животными. С этой точки зрения вопрос использования донными животными бактерий в качестве питания имеет значение для понимания продуктивности водоема.

Вопрос же использования в пищу бактерий эндемичными представителями древней фауны Байкала, обитающих в своеобразных физико-химических условиях, имеет более широкое значение.

Бактериальная флора Байкала, ее содержание, распределение и состав являются до настоящего времени почти неизученными. В то время как по гидрологии, фауне и флоре Байкала имеются многочисленные исследования, систематически проводящиеся и в настоящее время Лимнологической станцией Академии Наук СССР и Биологической станцией



Рис. 3. Камень, покрытый личинками ручейников и водорослью *Sphaeromonas coeruleum*.

Иркутского университета, находящимися на самом озере, исследования бактериальной флоры были единичными и носили ориентировочный характер. Впервые содержание в воде озера сапрофитных бактерий пытался изучить Б. Бланков в 1927 г. (Яеницкий, Бланков и Гортиков, 1927).

Однако, ставя своей целью определение вертикального распределения бактерий на одной станции в бухте Большие Коты, Б. Бланков выращивал посевы при 37°C и тем самым не дал даже определений содержания сапрофитных микробов, естественно, адаптированных к жизни при более низких температурах, характерных для этого холодноводного бассейна (средняя температура воды в южном Байкале за самый теплый месяц — август — обычно не превышает 12°C , максимальная достигает 16°).

Исследования грунтов, собранных с различных глубин в южном Байкале, в районе Маритуя, проведенные Н. Б. Нечаевой и А. Г. Салимовской-Родиной (1935), показали богатство грунтов Байкала различными физиологическими группами бактерий. Работа С. И. Кузнецова (1951) касалась содержания бактерий только в поверхностном слое воды оз. Байкал.

Настоящая статья имеет целью выяснить содержание и биомассу микробов на каменистой литорали, распределение и биомассу бактерий в воде южного Байкала, значение бактерий в питании некоторых эндемичных форм донной фауны каменистой литорали и связанность развития бактерий и бентических водорослей.

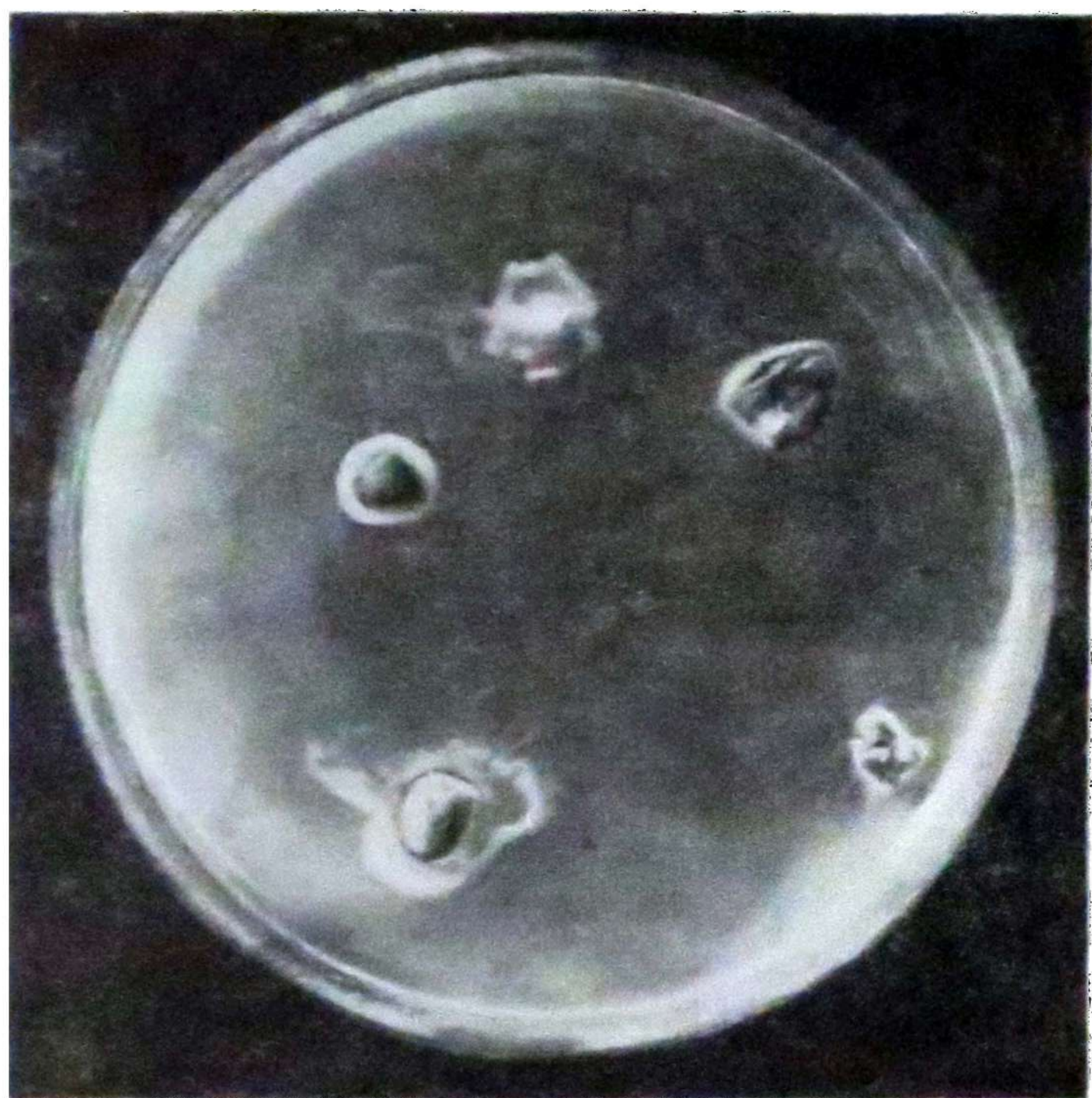


Рис. 4. Рост бактерий на мясо-пептонном агаре вокруг гальки.

Работа проводилась летом 1949 и 1950 гг. на различных участках западного побережья южного Байкала (район мыса Сытого и Пещер, бухта Большие Коты от пади Глубокой до мыса Соболева включительно, район мысов Большого и Малого Кадильных, бухт Песчаной, Бабушки и Сенной за мысом Колокольным).

Берега в указанных районах имеют характерный для западного побережья озера вид. Горные кряжи прорезаны узкими глубокими падами, по которым текут ручьи и стекают в Байкал дождевые и снеговые воды. Состав пород горных

кряжей различен, соответственно этому неодинаков и состав камней литорали. Так, в районе Больших Котов, мыса Соболева, мыса Сытого каменистая литораль сложена обломками среднезернистых и аплитовидных гранитов, аплита, нормальных и эпидотизированных сиенитов, эпидозита, ортофира и глыбами жильного кварца. В районе мысов Большого и Малого Кадильных состав слагающих литораль камней уже совсем иной: здесь развиты породы туфогеновой свиты — эффузивы типа порфирита, туфогенные песчаники и сланцы (слюдистые и глинисто-хлоритовые); встречаются также глыбы жильного кварца. В бухте Сенной (за мысом Колокольным) каменистая литораль сложена из различной величины глыб жильного кварца и разнообразных изверженных пород диоритовой группы: крупнозернистых кварцевых и слюдяно-кварцевых диоритов, собственно диоритов и порфиритов.¹

Соответственно тому материалу, на основе разрушения которого они образовались, пески имеют различный состав, о котором подробнее будет сказано ниже.

¹ Камни, галька и состав песков были микроскопически рассмотрены и определены Е. Н. Дьяконовой-Савельевой, за что приношу ей искреннюю благодарность.

Пробы с камней брались с поверхности 1 см², для чего на камень накладывалась тщательно обожженная пламенем спиртового тампона пластинка, имеющая око в 1 см². В большинстве случаев с одного камня брались несколько проб с участков с различным покрытием. Вода бралась в стерилизованные склянки с притертыми пробками специальным прибором, а в открытом озере — в стерилизованные стеклянные с выкаченным воздухом баллоны прибором Исаченко. Пробы песка брались или дночерпателем, или прибором типа желонки и переносились немедленно в стерильные стеклянные банки.

Все посе́вы, как и вся другая обработка проб, проводились в лаборатории немедленно после возвращения на берег.

Общее содержание бактерий определялось в воде методом ультрафильтрации, в грунтах в 1949 г. — методом С. Н. Виноградского в модификации М. Л. Степановой, а в 1950 г. — методом ультрафильтрации, разработанным Е. В. Дзидовой и А. А. Ворошиловой, но с некоторыми изменениями. Посевы производились на определение содержания гнилостных сапрофитов, бактерий, разжижающих мясо-пептонную желатину, спороносных сапрофитов, на содержание дрожжевых грибов, на наличие нитрифицирующих бактерий, азотобактерий (азотобактера и *Clostridium Pasteurianum*). Отдельно были произведены посе́вы на определение наличия денитрифицирующих бактерий.

Период, в который проводились исследования (июль и август), характеризуется постепенным возрастанием температуры воды с 5.6 до 15.5°С и последующим ее падением, начиная с половины августа. В 1949 г. прогрев воды начался раньше, и уже к середине июля температура воды на литорали достигала 14°.

Большое количество проб, взятых с камней литорали в 1949 и 1950 гг. на различных участках западного побережья южного Байкала, позволяет вывести некоторые закономерности. Прежде всего должно быть отмечено, что бактерии образуют покрытие на камнях. Содержание бактерий на камнях в какой-то степени связано и с породой камня (специфичность влияния ионов химических элементов на водные организмы установлена Виноградовым (1949)), но значение биологических факторов на развитие микробов выявилось более резко. Микроорганизмы участвуют в гальмиролизе (подводном разрушении пород), это участие обусловлено их численностью и высокой активностью. Несомненно, что микроорганизмы, развиваясь на камнях различных пород, могут использовать некоторые минеральные элементы.¹ В литературе имеются многочисленные данные, показывающие способность бактерий в условиях воздушной и водной среды извлекать из минералов необходимые им элементы, разрушая минералы. Работа В. Л. Омелянского (1927) показала значение биологических факторов в разрушении горных пород.

Ю. А. Равич-Щербо (1928) своими лабораторными опытами показал, что углекислые минералы — малахит, кальцит, арагонит, доломит и сидерит — подвергаются растворению различными микроорганизмами. Бассалик (Bassalick, 1913) обнаружил бактерий, разлагающие ортоклаз с освобождением калия и кремнезема; Новороссова, Ремезова и Сушкова (1947) — бактерии, способные разрушать алюмосиликаты и сили-

¹ Камни различных пород очень разнообразны по составу элементов и их количеству. Так, наиболее распространенные граниты содержат значительные количества К, Rb, Cs (Li), Ba и др. Породы осевые и средние — ба-зальты и диориты — богаты Fe, Ti, V, Cu. Ультраосевые породы содержат много щелочей и щелочные металлы: Sr, Ni, Co (Виноградов, 1949).

каты. О разрушении горных пород, в том числе и гранита, бактериями свидетельствуют работы Н. А. Красильникова (1949), М. А. Глазовской (1950) и др. Несомненно, что, развиваясь на камнях литорали в огромном количестве, бактерии участвуют в разрушении этих пород и в круговороте отдельных элементов, в том числе и кремния, что имеет большое значение для понимания развития в Байкале губок. А. П. Виноградов в своей работе ярко показал приуроченность развития растений и животных к содержанию в среде отдельных элементов.

Развитие микроорганизмов, их качественный состав, несомненно, не могут быть не связаны с породой камня, с их минеральным составом. Однако выявление характера этих связей требует специальных исследований.

На большое значение для развития микробов на камнях литорали растительной и животной жизни указывают материалы настоящего исследования. Бактерии покрывают камни сплошной пленкой. Даже постоянно омываемые прибойной волной обкатанные камешки-галшки покрыты бактериями, плотно прикрепившимися к ним. Помещение таких камешков, взятых в различных местах побережья с соблюдением условий стерильности, на поверхность мясо-пептонного агара в чашки Петри неизменно давало сплошной рост бактерий вокруг камешков. Эти камешки проводились через 5 сосудов со стерильной водой, в каждом из которых они некоторое время встряхивались. Но даже и после такого отторжения бактерий камешки, помещенные на поверхность агара (в чашки Петри), обрастали бактериями (рис. 4).

В табл. 1 показано, как изменяются биомасса и содержание микроорганизмов на поверхности одних и тех же камней в зависимости от развития на отдельных участках их животной и растительной жизни. В то же время следует указать, что почти во всех случаях (за очень немногими исключениями) на участках камней, лишенных видимого покрытия, вместе с микробами были обнаружены и мелкие водоросли (главным образом диатомовые). Наличие водорослей неизменно оказывалось связанным с более высокими числами бактерий. Еще более увеличивалось количество бактерий на камнях в местах прикрепления бентических водорослей, в местах нахождения на камнях наилок и наносов песка, в местах, покрытых губками. В табл. 1 приводятся типичные данные по содержанию бактерий на различных участках камней.

На всех камнях — снените, жильном кварце, аплитовидном граните, аплите, порфирите и кварцевом диорите — могла быть отмечена одна общая закономерность: участки камней, лишенные растительной и животной жизни, оказались беднее микроорганизмами, чем участки с растениями и животными. Так, например, как видно из табл. 1, на местах прикрепления бентических водорослей число и биомасса бактерий значительно выше, чем на соседних участках без бентических водорослей.

Содержание бактерий на участках, лишенных видимого покрытия, на разных камнях колеблется очень сильно. Так, на эпидозите оно равно 7.4 млн на 1 см² поверхности, на жильном кварце — 13.4 млн, на аплите — 45.2 млн. Однако, как уже указывалось, нельзя связать это различие в содержании бактерий только с породой камня; в большей степени оно зависит от наличия на этих участках мелких одноклеточных водорослей.

Вследствие ведущего значения для развития бактерий таких биологических факторов, как животная и растительная жизнь, все материалы по содержанию бактерий, их биомассе и наличию отдельных групп

Таблица 1

Содержание бактерий на участках разных камней с различным покрытием

Порода и участок камня		Биомасса микробов. в г на 1 м ²	Количество микробов на 1 см ² поверхности				Наличие физиологиче- ских групп бактерий		
			методом прямого счета, в млн	методом разливов			Нитрифициру- ющие	Азото- бактерии	
				на МПА, в тыс.	разжижаю- щие МПЖ в тыс.	брожжевые грибки		Azotobacter	Clostridium Pasteuria- num
Сне- жит	лишенный видимого по- крытия	1.035	35	45	0.4	50	+	+	—
	покрытый губкой Swart- schewskia papiracea	1.336	62	103	3.4	5	+	+	+
	место прикрепления Draparnaldia	2.30	79.9	87	24	120	—	+	+
Жиль- ный кварц	лишенный видимого по- крытия	0.54	13.4	0.5	0.35	50	+	+	—
	покрытый желтоватым налетом (мелкие во- доросли)	0.75	22.2	2.9	0.9	100	—	+	+
	место прикрепления Tetraspora cylindrica	0.91	33.7	18	0.5	65	—	+	+
Эпи- доант	лишенный видимого по- крытия	0.32	7.4	18.5	3.1	50	+	—	—
	место прикрепления Draparnaldia	0.52	16.8	39	3.4	150	—	+	+
Алли- то- вид- ный гра- нит	лишенный видимого по- крытия	0.47	19.8	0.5	0.3	50	+	+	—
	покрытый песком	0.96	58	38	1.2	10	+	+	+
	покрытый корковидной губкой Lubomirskia baicalensis	2.6	191	807	1.1	—	—	—	+
Квар- цевый ди- орит	лишенный видимого по- крытия	0.77	27.9	1.3	0.48	100	+	+	+
	покрытый губкой Swart- schewskia papiracea	1.16	79.0	16.5	0.9	10	—	+	+
	место прикрепления Draparnaldia	2.96	68.1	74.0	1.3	20	+	+	+
Пор- фирит	лишенный видимого по- крытия	0.31	17.2	1.0	0.02	5	+	+	—
	под ручейниками	0.76	52.2	6.0	0.9	100	—	—	+
	покрытый губкой Swart- schewskia papiracea	0.50	34.3	14.0	0.4	20	—	—	—
Аллит	лишенный видимого по- крытия	0.69	45.2	6.2	0.8	100	+	+	+
	покрытый корковидной губкой Lubomirskia baicalensis	2.03	563.0	111.5	1.5	10	—	+	+
	покрытый песком	1.26	93.9	153.0	4.2	10	+	+	+

Таблица 2

Содержание бактерий на различных участках камней литорали

Участки камней	Биомасса микро- бов, в г/м ²	Количество микробов на 1 см ² поверхности				Наличие физиологических групп (% посевов давших рост)		
		методом прямого счета, в млн	методом разливов			нитрифи- цирую- щие	фиксаторы азота	
			на МПА, в тыс.	споро- носные	разжи- жающие МПЖ		азото- бактер	Clostridium Pa- steuria- pium
Покрываемые корковидной губкой <i>Lubomirskia baicalensis</i>	1.16—8.03	79—563	127—365	80—280	220—500	5—10	86	100
Покрываемые губкой <i>Swarczewskia parvula</i>	0.50—1.29	34.3—79.9	24—87	15—24	300—400	60—80	30	100
Под молодыми поселениями губок	0.26—1.03	17.5—70.0	14—80	15—20	40—2400	5—20	65	10
Места прикрепления <i>Clothrix zonata</i>	0.34—0.97	22.9—66.0	11—49	20—26	200—2000	0—30	50	100
Места прикрепления <i>Diplopaludis</i>	0.26—2.07	18.1—146	24—74	10—15	1000—3400	0—50	90	80
Места прикрепления <i>Tetraspora sub- inadris</i>	0.27—0.55	18.7—33.7	18—75	8—22	380—500	0—10	65	100
Покрываемые микроскопическими во- дорослями	0.94—3.32	61.6—217.2	3.2—45.4	120—380	500—24000	10—200	100	100
Покрываемые наносами песков с низа- ми	0.39—2.21	28.0—152.9	26.8—310	60—480	900—20000	10—120	90	100
Лишенные внешнего покрытия	0.05—0.695	4.4—35.2	0.5—47	16—40	50—400	10—100	90	100

микробов сведены в табл. 2 по соответствующим участкам камней, а не по их породам.

Высоко содержание бактерий на участках, покрытых корковидными зелеными губками *Lubomirskia baicalensis* и *Baicalospongia*. В тканях этих губок живет множество микроскопических водорослей «зоохлорелл», наличием которых и обуславливается окраска губки. Оказывается, есть третий компонент этого «сообщества» — разнообразные бактерии. Общее число их доходило, по данным прямого счета, до 563 млн на 1 см². Значительные колебания числа бактерий на участках, покрытых губками, связаны с толщиной корки, ими образуемой. Содержание гнилостных сапрофитов в самой массе губок колебалось от 127 до 315 тыс. на 1 см², число споросных было весьма низким — от 80 до 280 на 1 см², что составляет 0.06—0.08% от общего числа бактерий, растущих на мясопептонных средах. Столь небольшое содержание споросных видов говорит о том, что внутри колоний этих губок не скапливаются трудно разлагаемые органические соединения. С другой стороны, бактерии, способные развиваться на органических средах, состав-

ляют 0.007—0.3% от общего числа бактерий. Следовательно, здесь в большом числе находятся микроорганизмы других физиологических групп. Следует отметить, что группа нитрифицирующих бактерий не развивалась в посевах из губок. Отжимы из тканей губок содержали азотфиксирующие бактерии: характерные клетки азотобактера постоянно встречались в виде больших скоплений в препаратах, приготовленных из этого материала, а обе группы вырастали в посевах. Постоянно встречались в небольшом количестве дрожжевые грибки.

Огромное количество бактерий, находящееся в тканях губок, показывает на благоприятные условия для их развития, которые имеют место внутри тела этих водных организмов. Заслуживает внимания и изучения вопрос о взаимоотношениях губки, водорослей-«зоохлорелл» и бактерий. С одной стороны, все имеющиеся данные позволяют считать, что бактерии, как и водоросли, являются для губок пищей. С другой стороны, можно предполагать сложные взаимоотношения между всеми тремя компонентами сообщества. Возможно, что бактерии играют определенную роль в разложении продуктов, выделяемых клетками губок в процессах их жизнедеятельности, и непереваренных остатков пищи. Не исключена возможность, что бактерии попадают в ткани губок с током воды, и так как количество воды, которое пропускает за сутки каждая весовая единица тела губки, весьма значительно, то и число бактерий, задерживаемых тканью губок, также велико. С этой точки зрения объяснимо и наличие различных физиологических групп бактерий в тканях губок и соотношение между этими группами, близкое к соотношению этих групп в придонной воде. Несомненно, что все эти бактерии используются губками в их питании. Огромные заросли губок, которые наблюдаются на литорали Байкала, несомненно, оказывают влияние на содержание бактерий в окружающей их воде. Можно полагать, что без использования в пищу бактерий вряд ли могло иметь место такое массовое развитие губок.

Участки камней, на которых находятся мелкие колонии бесцветной губки *Swartschewskia parvulacea*, беднее микроорганизмами, что стоит в связи с меньшей высотой обрастаний камней этими губками. Но и эти губки содержат в своих тканях большое количество бактерий. Значительным оказывается содержание бактерий на участках камней под губками. Молодая колония губок в этом случае снималась скальпелем, и с этого участка бралась проба, как обычно, с поверхности в 1 см². Точно так же участки камней под домиками ручейников оказались содержащими от 52.5 до 97 млн микробов на 1 см² поверхности камня.

Высоко содержание бактерий на камнях в местах прикрепления бентических водорослей *Ulothrix zonata*, *Tetraspora cylindrica*, *Sphaeroplastos coetuleum* и видов *Draparnaldia*. Эти участки по сравнению с участками, лишенными видимого покрытия, содержат бактерий в несколько раз больше. В местах прикрепления бентических водорослей относительно невелико количество бактерий, развивающихся на органических средах: число спороносных форм, можно сказать, мало. На этих участках были постоянно обнаруживаемы дрожжевые грибки. Следует отметить, что и при взятии проб в 1949 г дрожжевые грибки на этих участках камней были находимы в 100% проб и в количестве, значительно превышающем количество, обнаруженное в 1950 г. В местах прикрепления бентических водорослей нитрифицирующие бактерии были находимы у *Ulothrix zonata* в 100% проб, в местах прикрепления видов *Draparnaldia* в 50%, в местах прикрепления *Tetraspora cylindrica* в 30% проб. Азотфикси-

рующие бактерии на этих участках сильно распространены. Азотобактер был обнаружен в местах прикрепления *Ulothrix* в 50%, *Draparnaldia* в 90%, в местах прикрепления *Tetraspora* — в 65% взятых проб. Еще более широко распространен *Clostridium Pasteurianum*, который был обнаружен в 80–100% проб.

Богаты микроорганизмами участки камней с наносами песков и илками. Пески образуют в неровностях камней покрытия различной толщины, поэтому количество песка, приходящееся на 1 см², сильно варьирует. Различно и содержание органических веществ в песках, хотя оно очень невелико. На этих участках камней содержание микроорганизмов меняется в зависимости от степени промытости песка, т. е. от содержания в песке иловатых частиц. Здесь мы встречаем большие колебания в содержании и биомассе микробов — от 28 до 152.9 млн на 1 см².

Микробное население на этих участках самое разнообразное. Дрожжевые грибки были найдены на камнях в наносах песка в 100% проб, в количестве от 10 до 120 на 1 г при определении методом посевов и в количестве от 5600 до 120 000 при определении методом прямого счета. Высоко содержание нитрифицирующих бактерий, обнаруженных в 95% проб, и азотфиксирующих организмов.

Весь полученный материал показывает, что содержание микробов на каменистой литорали огромно. Биомасса микробов достигает 8 г на 1 м². Эти цифры невелики по сравнению с биомассой других организмов, но надо принимать во внимание высокую продуктивность бактерий, не имеющую себе равной среди других водных организмов. Эти огромные количества микроорганизмов обнаружены на камнях самых различных пород при взятии проб на большом участке, протяжением около 85 км, западного побережья южного Байкала. Отсюда можно сделать заключение, что обрастание микроорганизмами камней на Байкале представляет устойчивое явление.

Огромные количества микроорганизмов, покрывающих камни, должны играть значительную роль не только в круговороте веществ, но и в питании водных животных, что и было выяснено, как будет изложено ниже, специальными опытами и вскрытиями кишечника моллюсков. Можно предполагать, что развитие микроорганизмов на камнях имеет значение и для развития бентических водорослей.

На поверхности камней распределение микроорганизмов носит определенный ясно выраженный характер: микроорганизмы образуют большей частью скопления разной величины вокруг различных более крупных частиц: остатков растительности, скорлупок диатомовых или живых водорослей. Скопления эти чаще представляют собой микроколонии одного вида (рис. 5). Реже наблюдаются сложные группировки двух или нескольких видов, где клетки одного вида образуют опять-таки массивные скопления, более или менее плотно прилегающие к скоплениям другого вида. Такое распределение микроорганизмов наблюдается постоянно при просмотре препаратов, приготовленных из обрастаний камней, несмотря на то, что при приготовлении препаратов чрезвычайно легко разрушить эти микробные комплексы (в силу необходимости

Рис. 5. Природные колонии микроорганизмов на поверхности камней.

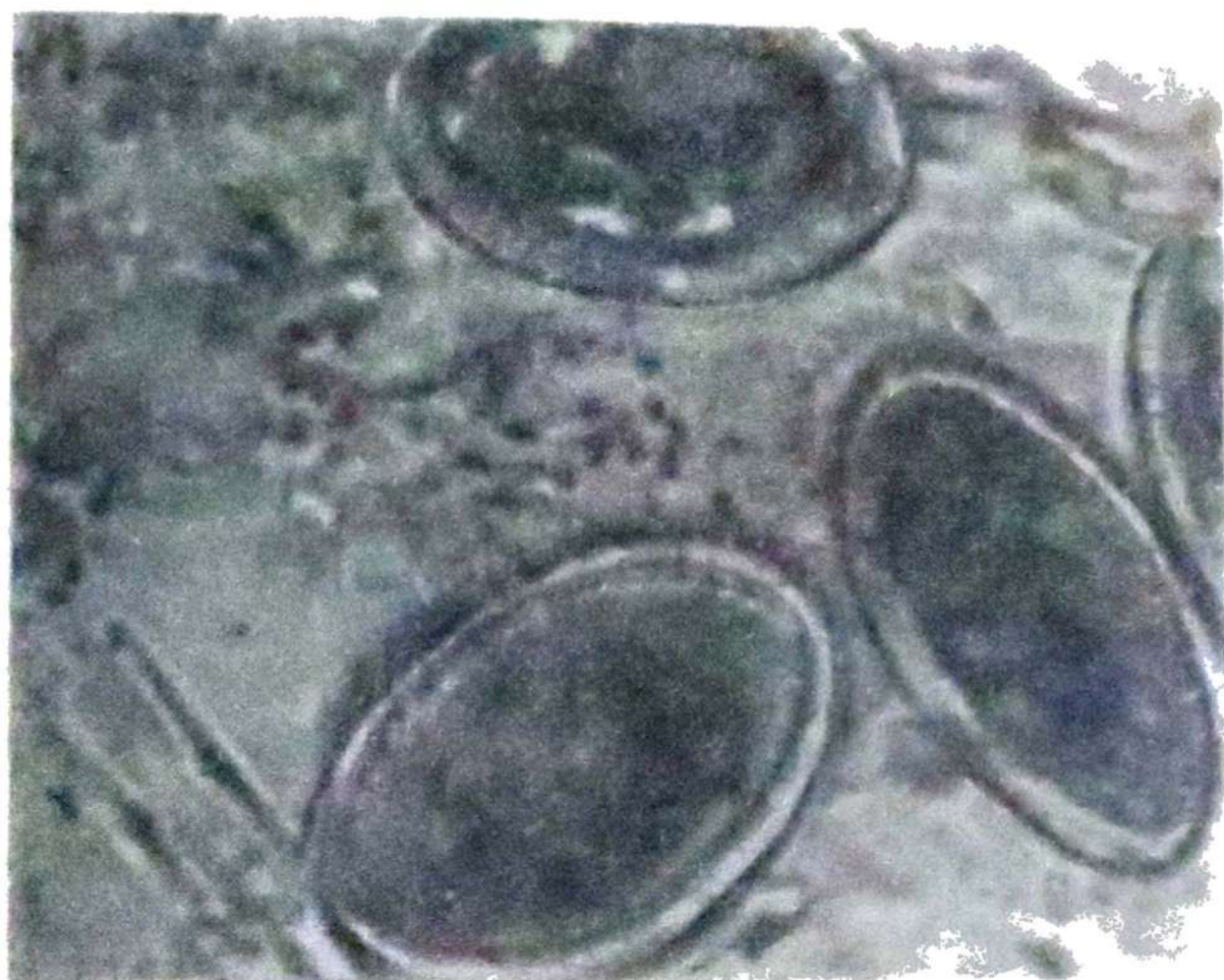
1–2 — колонии дрожжевых грибков, $\times 650$; 3 — колонии азотобактероподобных клеток около клеток диатомовых, $\times 650$; 4 — колонии азотобактероподобных клеток на поверхности частиц литрита, $\times 650$; 5 — колонии азотобактероподобных клеток, $\times 650$; 6 — скопления азотобактероподобных клеток около остатков диатомовой водоросли, $\times 650$; 7 — скопления азотобактероподобных клеток около остатков водорослей, $\times 650$; 8–9 — рост палочек по коду грибка, $\times 650$; 10 — колония палочек, $\times 650$.



1



2



3



4



5



6



7



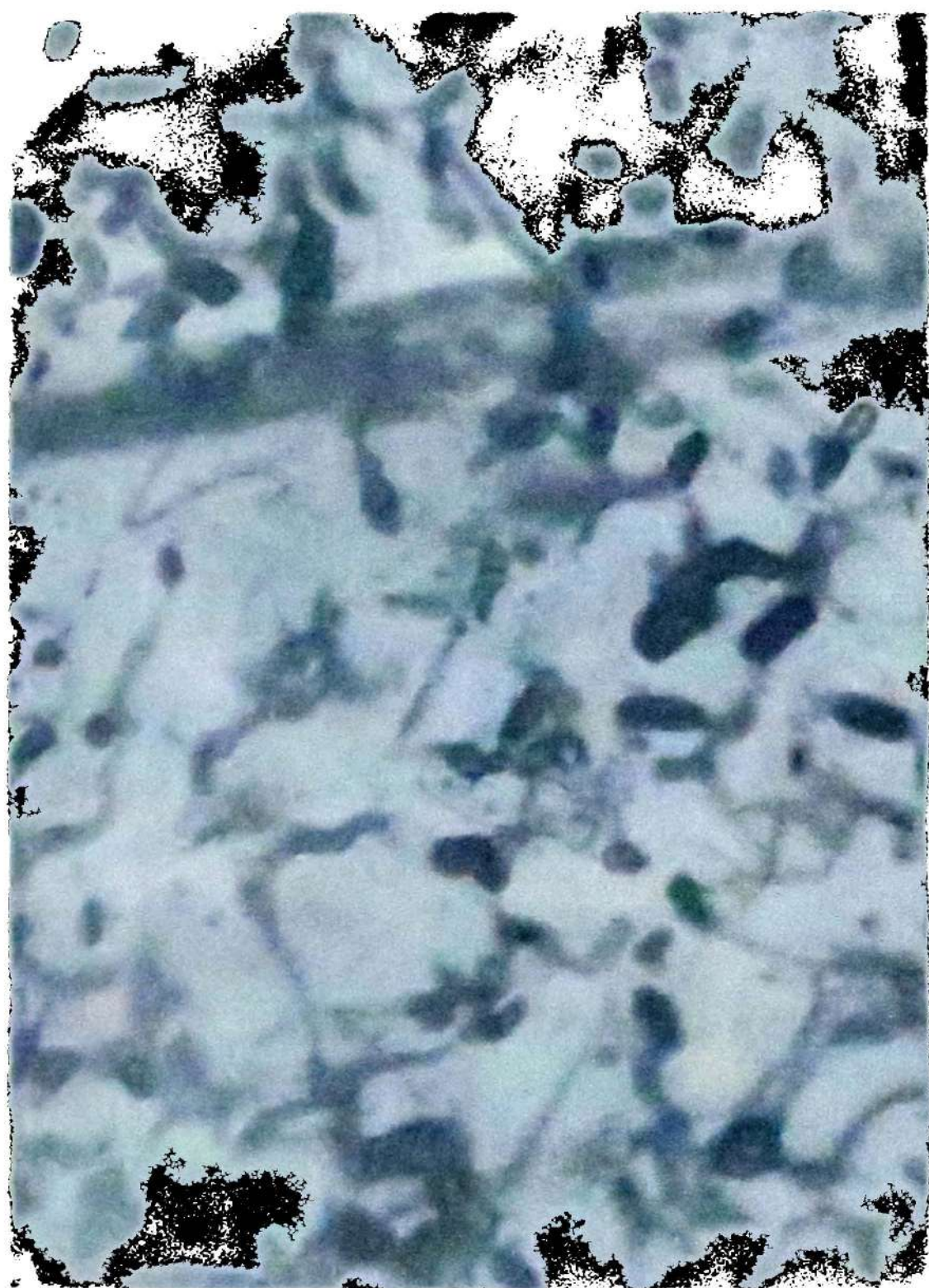
8



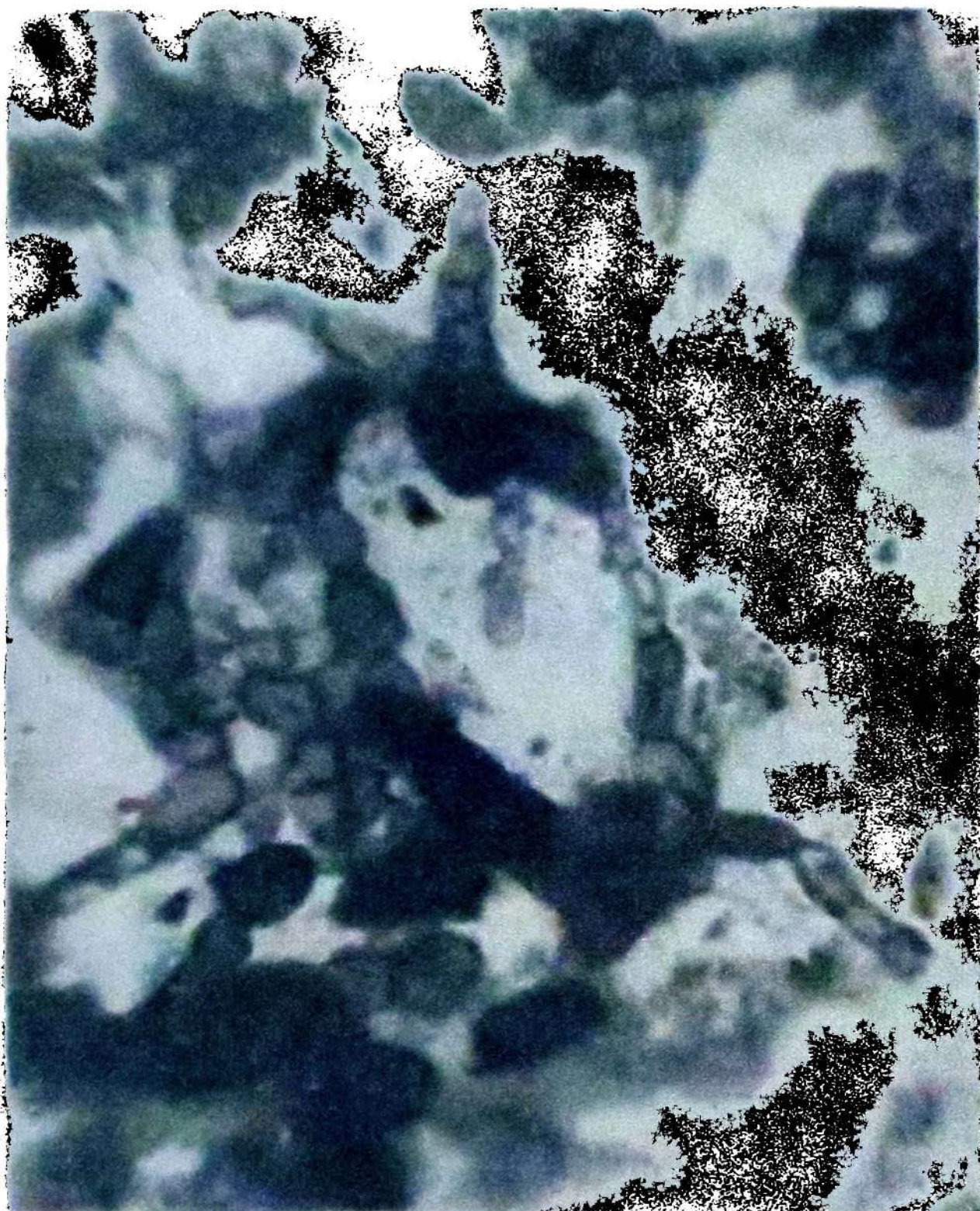
9



прибегать к разведению водой). Рост грибов (дрожжевых и дрожжеподобных) носит тот же характер. Образование дрожжевыми грибами скоплений различной величины в естественных условиях их обитания было обнаружено нами при изучении их распространения в озерах средней полосы СССР (Родина, 1950а) и здесь, на Байкале, получило новое подтверждение. На одном из препаратов была обнаружена огромная колония одного из черных дрожжеподобных грибов. На рис. 6, 1 показан один из участков этой колонии, представляющий собой ничтожную часть развившегося грибка. Можно сказать, что рост по своему харак-



1



2

Рис. 6 Рост дрожжеподобного грибка на поверхности камня.

1 — увел. 105, 2 — увел. 800.

теру был аналогичным тому, который наблюдается в искусственных оптимальных для этих микроорганизмов средах. Густая сеть нитей, огромное количество бластоспор свидетельствуют о том, что грибок на камнях имел все условия для проведения полного цикла развития. Рассмотрение препарата при больших увеличениях (рис. 6, 2) показало, что здесь имело место развитие одного вида.

Развитие колоний микробов вероятнее всего продолжается до тех пор, пока данный вид микробов имеет достаточно питательных и энергетических веществ для своего развития, пока ему благоприятствуют и другие условия среды или пока колония микробов не будет использована в пищу животными-потребителями.

Распределение микроорганизмов в природных условиях микроколониями, повидимому, есть основная закономерность, обеспечивающая существование данного вида среди массы других видов.

И в водной среде, как показали пластинки обрастания, поставленные в литоральной зоне Байкала (бухта Большие Коты), рост бактерий носит тот же характер. На пластинках обрастаний микробы развивались,

в большинстве случаев образуя колонии отдельных видов (рис. 7). Этот характер роста наблюдался нами и ранее на пластинках обрастания при работе на озерах Ленинградской области.

При развитии микробов, взаимоотношения которых могут быть охарактеризованы как симбиотические, группы клеток этих видов тесно прилегают одна к другой.

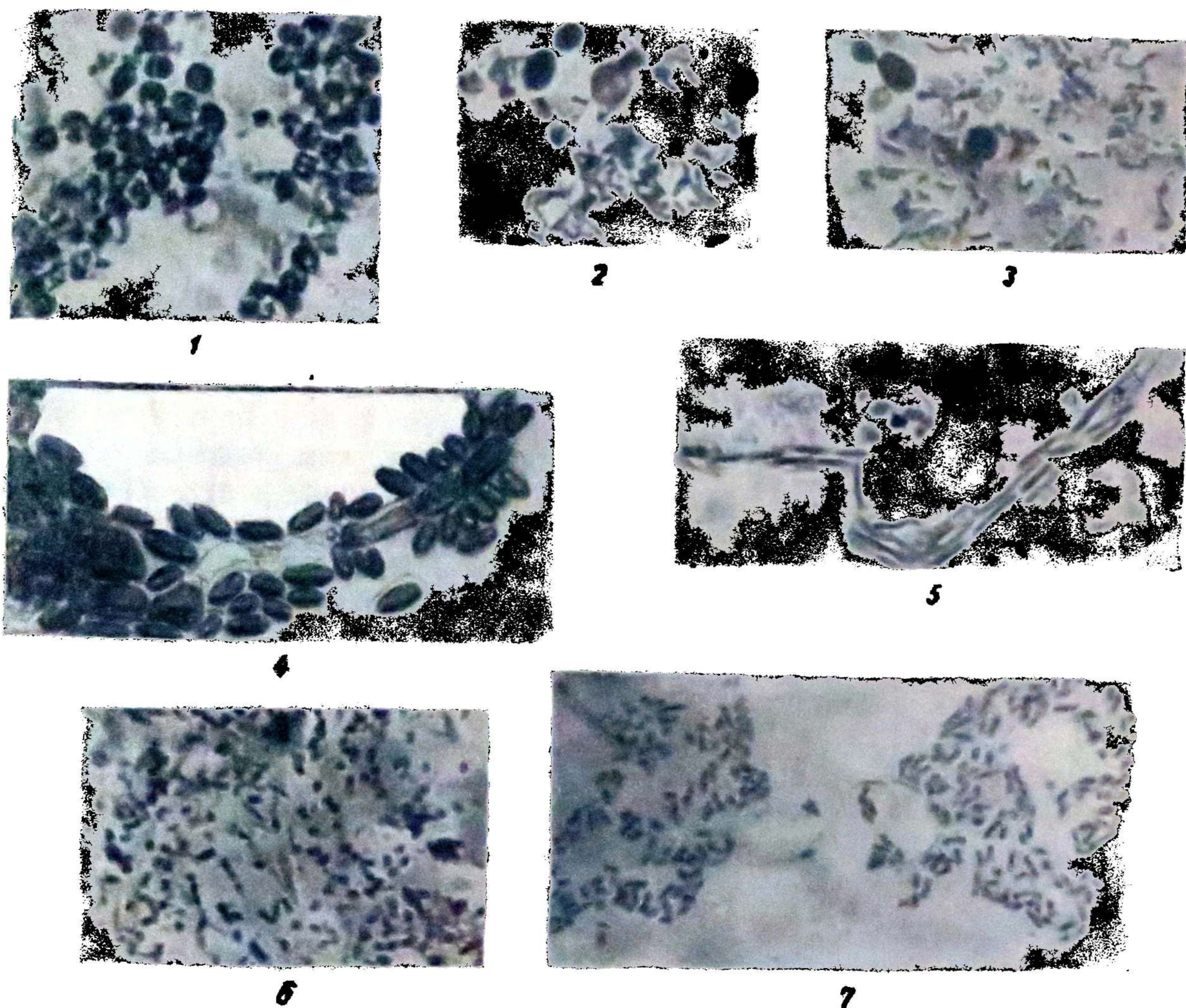


Рис. 7 Колонии микробов на пластинках обрастания в воде литорали.

1 — скопление автобактериоподобных клеток, $\times 750$; 2—3 — палочки в дрожжевом грибок, $\times 600$; 4 — дрожжеподобный грибок, $\times 600$; 5—7 — различные палочки, $\times 600$.

На каменистой литорали, как уже указывалось, каменистые банки перемежаются с площадками песков. Фауна песков беднее как по количеству видов, так и по числу особей, чем фауна камней.

Пески в различных участках побережья Байкала на указанном выше протяжении различны по своему составу в соответствии с породами гор, из которых сложены берега, и камней, слагающих каменистую литораль. В районе мыса Сытого и бухты Большие Коты пески носят аркозовый характер и выражены разностями различной крупности зерен. В районе мысов Б. и М. Кадильных площадки сложены из темноцветных, почти черных полимиктовых песков, состоящих из различной величины зерен роговой обманки, пироксена, хлорита и небольшой примеси кварца и полевого шпата. В бухте Песчаной пески — сильно перемытые, кварцевые и слюдяно-кварцевые, но имеются и полимиктовые разности.

В бухте Сенной (за мысом Колокольным) каменные банки перемежаются с площадками кварцевых и полимиктовых песков.

Содержание бактерий в этих песках колеблется в значительных пределах (табл. 3). В распределении бактерий в песках можно было отметить две закономерности: 1) связанность общего содержания бактерий и сапрофитных форм с содержанием органического вещества в песках, 2) связанность величины биомассы микробов с крупностью песка.

Содержание бактерий в песках как однородных по своему составу, так и различных колеблется весьма сильно, в зависимости от содержания детрита в песке. Чем богаче песок органическим веществом, тем обильнее в нем микроорганизмы. Однако в общем все пески Байкала (в районе исследований) бедны органическим веществом, и их можно характеризовать и как бедные микроорганизмами. Наивысшее содержание бактерий было обнаружено в тонких полимиктовых черноокрашенных песках района мысов Б. и М. Кадильных — 62 млн на 1 г. Самыми бедными бактериями были хорошо промытые тончайшие кварцевые пески бухты Бабушки.

Внутри однородной группы песков могла быть установлена связь между крупностью зерен песка и содержанием в нем бактерий. Чем

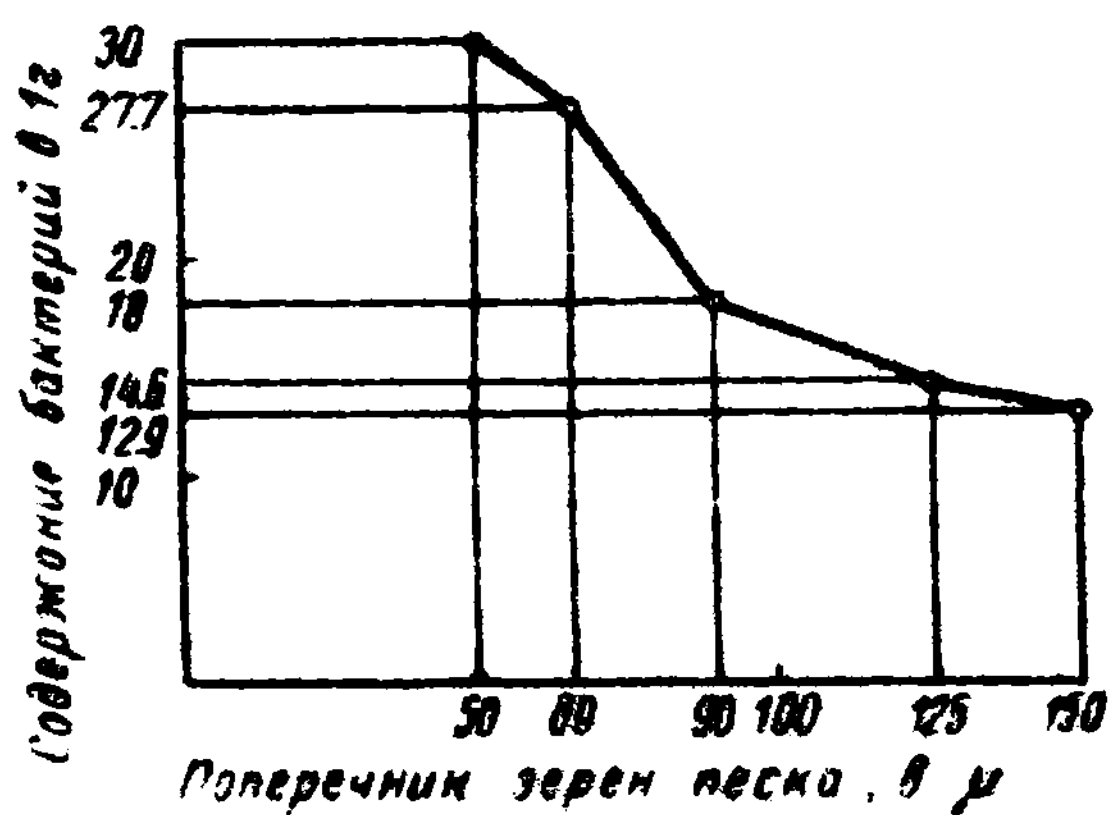


Рис. 8. Содержание бактерий в однородных песках различной крупности.

крупнее песок, чем больше в нем гальки, тем меньше в нем микроорганизмов. Эта зависимость совершенно понятна, так как бактерии обрастают поверхность зернышек песка, и их меньше там, где эта поверхность меньше, что имеет место у более крупнозернистых песков. Эту зависимость показывает рис. 8.

Таким образом, биомасса бактерий значительно выше на камнях по сравнению с песчаными площадками, перемежающимися с каменными банками литорали. Соответственно бедности песков органическим веществом в них невелико и

количество бактерий, способных расти на органических средах; оно не превышало 117 тыс. на 1 г. Однако для песчаных грунтов, как и для камней, характерно небольшое количество спорозоных форм (от 60 до 830 в 1 г). Содержание бациллярных клеток в песках составляет всего 0.15—2.6% от числа бактерий, растущих на органических средах. Это обстоятельство указывает на высокую энергию процессов минерализации органического вещества в Байкале. Высокой энергии процессов минерализации содействует и кислородный режим прибрежной полосы, благоприятствующий развитию аэробных процессов. На высокую степень минерализации органических веществ указывают и сравнительно высокие числа бактерий, обладающих протеолитическими ферментами.

Дрожжевые грибки в песчаных грунтах каменистой литорали были обнаружены в 1949 г. в 100% проб, а в 1950 г. — в 80%. Содержание дрожжевых грибков также было выше в 1949 г. — в количестве от 2 до 140 на 1 г (методом разливов), а в 1950 г. число обнаруживаемых грибков не превышало 20 на 1 г.

Песчаные грунты представляют благоприятную среду для развития нитрифицирующих бактерий, которые были найдены в подавляющем

Содержание бактерий в песчаных грунтах каменистой литорали оз. Байкал (на глубинах от 1.5 до 4.5 м)

Район взятия проб	Характер песчаных грунтов	Биомасса бактерий, в мг/г	Количество микробов в 1 г					Наличие отдельных физиологических групп (% посевов, лавный рост)		
			методом прямого счета, в млн	методом разливов			нитри- фици- рующие	азото- бактер	фиксаторы азота	Clostrid- ium Расте- лание
				на МПА, в тыс.	споро- носные	разжи- жаю- щие МПЖ				
Мыс Сныль бухта Б. Коты- ныс Соболева.	Аргозовые пески раз- личной крупности.	0.0173 - 0.0392	12.9 - 30.0	39 - 86	80 - 700	750 - 18700	100	80	80	
Мысы Б. и М. Кадильные.	Черноокрашенные поли- миктовые пески, со- стоящие из зерен ро- говой обманки, флюри- тов, линоксена с не- большой примесью зерен кварца и по- лого шпата.	0.040 - 0.0812	31 - 62	28.4 - 34	90 - 830	400 - 6000	70	70	100	
Бухта Бабушка.	Тончайшие кварцевые пески.	0.01 - 0.0296	7.75 - 21	24 - 30	60 - 80	900 - 1800	100	100	70	
Бухта Песчаная.	Полимиктовые, слюди- стые и кварцевые пески, сильно пере- мытые.	0.040 - 0.05	31 - 35	42 - 50	62 - 340	900 - 16500	90	100	90	
Бухта Сенная (за мысом Колокольным).	Полимиктовые и квар- цевые пески различ- ной крупности.	0.041 - 0.0668	28.3 - 44.7	14 - 117	60 - 640	900 - 1600	100	100	70	

большинстве проб: в отдельных группах песков — в 100%, в других — в 70 и 90%.

Высоко содержание в песчаных грунтах Байкала азотфиксирующих бактерий как аэробов, так и анаэробов.

Плотная заселенность камней прибрежной полосы Байкала бактериями должна быть сопоставлена с количеством бактерий и их биомассой в воде литорали, особенно придонных ее слоев.

Вода литорали значительно беднее микроорганизмами по сравнению с поверхностью камней. Количество гнилостных сапрофитов в ней в штилевую погоду колебалось в пределах от 141 до 1300 на 1 мл. Общее же количество бактерий в воде литорали в устойчивую погоду обычно выражалось величинами менее 0.5 млн на 1 мл и значительно реже было выше (до 581 тыс.). Количества бактерий в пробах, взятых в различных районах, удаленных один от другого, оказались довольно близкими.

Таблица 4

Содержание бактерий в придонном слое воды на каменистой литорали Байкала в штилевую погоду

Район взятия проб	Год исследования	Биомасса бактерий, в мг/л	Содержание бактерий в 1 мл воды (пределы колебаний)	
			методом прямого счета, в тыс.	методом разливки на МПА
Бухта Большие Коты	1949	0.38—0.68	260—445	190—710
	1950	0.34—0.84	220—581	152—1300
У мыса Соболева	1950	0.38—0.7	282—480	150—290
У пещер (в районе мыса Ситого)	1949	0.43—0.68	302—440	153—290
Бухта Бабушка	1950	0.45—0.52	325—360	
Бухта Сенина (за мысом Колокольным)	1950	0.47—0.56	334—384	
Бухта Песчаная	1950	0.68—0.72	435—502	

Следовательно, такое содержание бактерий является довольно устойчивым на литорали и представляет собой (в незагрязняемых районах озера) закономерное явление.

Соответственно бедности бактериями воды литорали и биомасса их здесь выражается небольшими величинами — от 0.34 до 0.84 мг/л (табл. 4).

Вертикальное распределение бактерий в воде литорали в тихую устойчивую погоду в период наблюдений было всегда одинаковым: наибольшие величины наблюдались в придонном слое, что, несомненно, должно быть связано как с высоким содержанием бактерий на камнях и на поверхности бентических водорослей, так и с влиянием дна. Однако следует заметить, что различие это не было особенно резким, и количества бактерий в поверхностном и придонном слоях были близки.

Содержание бактерий в воде литорали может испытывать довольно сильные колебания в зависимости от состояния погоды и направления ветра. Сильная волна должна вызывать обогащение воды микроорганизмами, так как такая волна срывает бентические водоросли, может сдирать с камней их покрытие. Могло быть отмечено сильное изме-

ние в содержании микробов после длительного ветра, пригнавшего воду одного из притоков Байкала, богатую микроорганизмами и планктонными водорослями. В это время прозрачность воды в Байкале резко снижалась, менялось вертикальное распределение бактерий на литорали, — наиболее богатыми бактериями становился поверхностный слой, в котором число сапрофитов достигало 10 500, общее же число микроорганизмов доходило до 2 млн на 1 мл воды. В табл. 5 приведены данные по содержанию и вертикальному распределению бактерий в штилевую погоду до штормовой погоды и после нее.

Таблица 5

Изменение содержания бактерий в воде литорали после нагона воды штормовым ветром

Место взятия проб	Год и месяц исследования	Горизонт	Состояние озера	Содержание бактерий в 1 мл воды	
				методом прямого счета	методом разливов на МПА
Бухта Большие Коты, глуби- на 3.6 м.	Август 1950 г.	Поверхность.	Штиль.	248000	141
		Придонный.		290000	151
		Поверхность.	Штиль после нагона воды штормовым ветром.	2010000	10500
		Придонный.		826000	820

В 1949 г. был взят ряд станций для выяснения содержания бактерий и вертикального их распределения в воде открытой части оз. Байкал. 6 станций были взяты на разном расстоянии от берега (от 1 до 7 км) в районе мысов Березового и Сытого на глубинах до 500 м (пробы брались до глубины 300 м), 1 станция — в районе Больших Котов (против бухты) и 1 станция — в зоне максимальных глубин. Станция против бухты Большие Коты была повторена в 1950 г. Полученные данные (табл. 6) показывают, что наивысшие количества бактерий наблюдаются в поверхностных слоях, колеблясь в пределах от 260 до 448 тыс. на 1 мл (методом прямого счета). Лишь незначительная часть всей массы бактерий представлена формами, способными развиваться на органических средах, — всего от 124 до 228 на 1 мл воды, что составляет 0.05% от общего количества микробов. Биомасса микробов в поверхностных слоях воды открытого Байкала достигает до 0.65 мг/л. С глубиной содержание и биомасса бактерий падают. Резкое снижение наблюдается уже в слое 25—50 м от поверхности; дальше же число бактерий снижается еще более, и на глубине 300 м вода оз. Байкал бедна микроорганизмами, — их не более 90—94 тыс. на 1 мл (методом прямого счета). И совсем ничтожная часть этого количества бактерий — обитателей больших глубин — представлена формами, растущими на органических средах; число гнилостных сапрофитов колеблется от 4 до 7 на 1 мл, что составляет тысячные доли процента от общего числа бактерий.

Вертикальное распределение бактерий в водной массе Байкала соответствует распределению ряда физико-химических факторов: температуры, количества растворенных органических веществ, величины pH. Соответственно это проявляется в разной степени. Так, биомасса бактерий падает параллельно снижению температуры и значительно быстрее по-

Таблица 6

Вертикальное распределение бактерий в воде оз. Байкал (район мысов Березового и Сытого)¹

Глубина, в м	Темпера- тура, в °С	pH	O ₂ , в мг/л	CO ₂ , в мг/л	NO ₃ , в мг/л	Окисле- мость, в мг O ₂ /л	Биомасса бактерий, в мг/л	Содержание бактерий в 1 мл	
								методом прямого счета, в тыс.	методом разливов
Поверх- ность	10.18—14.18	8.10	11.17—11.64	0.43 1.74	0.024—0.024	1.72—1.96	0.36—0.65	260—448	124—228
5	8.65—9.93	7.9—8.1	11.96—12.02	0.96—1.74	0.024—0.044	1.58—1.63	0.33—0.52	220—340	25—54
10	6.40—9.16	7.7—7.9	12.15—13.08	1.16—1.73	0.044—0.068	1.58—1.63	0.27—0.52	203—342	23—32
25	4.31—4.58	7.45—7.59	11.93—12.13	1.65—2.40	0.072—0.072	1.40—1.53	0.22—0.28	162—178	16—36
50	4.3—4.5	7.43—7.59	11.88—11.93	1.92—2.61	0.088—0.088	1.40—1.48	0.20—0.23	136—140	14—24
100	4.17—4.18	7.33—7.50	11.93—12.03	1.92—3.10	0.100—0.100	1.24—1.35	0.15—0.20	102—124	12—18
200	3.95—3.98	7.33—7.43	11.11—12.03	1.44—4.45	0.100—0.100	1.14—1.23	0.14—0.16	90—101	4—7
300	3.75—3.85	7.33—7.43	11.45—12.01	2.90—3.36	0.100—0.100	1.14—1.23	0.14	90—94	4—7

¹ Данные по химизму воды А. П. Толмачевой.

сравнению с изменением содержания растворенных органических веществ; следовательно, низкие величины гнилостных на больших глубинах Байкала вызываются не бедностью этих слоев растворенными органическими веществами, а другими факторами.

Станция, взятая в районе мыса Большие Коты, показала те же закономерности в распределении бактерий (табл. 7) и близость величин, полученных в 1949 и 1950 гг. Содержание гнилостных в этом районе было еще ниже, — оно не превышало 90 на 1 мл воды. На мясо-пептонной желатине вырастало еще меньше бактерий (до 74 на 1 мл), разжижающих же желатину было совсем мало (максимально 11). С глубиной число разжижающих желатину микробов быстро снижается, и на больших глубинах микробы этой группы совсем не были обнаружены.

Ту же закономерность в вертикальном распределении микроорганизмов в водной толще Байкала показывает и станция, взятая в области максимальных глубин (табл. 8). Содержание микроорганизмов падает с глубиной, достигает малых величин на глубине 200 м — 98 000 в 1 мл (методом прямого счета); дальнейшее снижение идет очень медленно: на глубине 300 м — общее число микробов — 92 000, на глубине 700 м — 82 000 и на глубине 1000 м — 71 000 в 1 мл.

Соответственно общему содержанию микробов и биомассы их на больших глубинах Байкала меняется очень

Таблица 7

Вертикальное распределение бактерий в воде открытой части Байкала
(район Больших Котлов)

Глубина, в м	1949 г.					1950 г.				
	биомасса, в мг/л	содержание бактерий в 1 мл воды				биомасса, в мг/л	содержание бактерий в 1 мл воды			
		методом прямого счета, в тыс.	методом разливов				методом прямого счета, в тыс.	методом разливов		
			на МПА	на МПЖ	разжи- жающие МПЖ			на МПА	на МПЖ	разжи- жающие МПЖ
По- верхн.	0.545	380	83	70	11	0.505	353	90	74	9
5	0.506	350	18	7	1					
10	0.498	339	19	5	1	0.548	391	35	19	6
25	0.34	238	16	8	3	0.505	353	30	16	4
50	0.325	212	19	5	1	0.46	308	35	12	3
100	0.235	162	5	2	—	0.35	240	6	5	1
150	0.16	103	12	7	—					
200	0.15	95	17	1	—					
250	0.14	90	8	1	—	0.16	102	7	1	—
300	0.13	81	6	1	—					
350						0.13	82	4	1	—

мало — от 0.16 мг/л на глубине 200 м до 0.115 мг/л на глубине 1000 м.

Количество гнилостных сапрофитов на больших глубинах оз. Байкал ничтожно и составляет тысячные доли процента (0.004—0.005%) от общего числа микробов.

Трудно сравнивать количество и распределение микробов в водной толще Байкала с массой и распределением их в других озерах, потому что водоемов, подобных Байкалу по его особенностям, глубинам и размерам, нет на земном шаре. Если все же провести такое сопоставление с крупным олиготрофным Онежским озером,¹ по которому имеются эти данные (Салимовская-Родина, 1932), то увидим, что общее содержание микроорганизмов в обоих водоемах довольно близко, но все же в Байкале оно несколько выше (в Онежском озере максимальное количество микробов не превышало 270 000 на 1 мл). Количество гнилостных сапрофитов выше в Онежском озере.

В вертикальном распределении микробов отмечается в общем одна и та же закономерность — снижение с глубиной, но максимальные количества микробов в Онежском озере чаще наблюдались на некоторой глубине; в воде оз. Байкал самым богатым микроорганизмами был поверхностный слой, хотя и в Онежском озере на отдельных станциях наивысшие количества микробов были отмечены в поверхностном слое.

Что же касается горизонтального распределения микроорганизмов в том и в другом озере, то наблюдается общая закономерность — количество микробов меньше в открытом озере и больше в прибрежной части. В Онежском озере это явление постоянное, в Байкале же оно зависит от направления ветров, вызывающих нагон воды из притоков.

¹ Следует отметить, что прямой счет в Онежском озере и на Байкале был проведен разными методами: на первом — методом Исаенко, на втором — методом ультрафильтрации.

Нагон воды при ветрах некоторых направлений может изменить горизонтальное распределение микроорганизмов в поверхностном слое, а на литорали этими изменениями может быть охвачена и водная толща. При этом сильно изменяется и содержание микробов (табл. 5).

Частые и сильные прибои, наблюдающиеся на Байкале, приводят к отрыву от камней кустиков бентических водорослей, которые перекачиваются прибоем к самому урезу воды, а частично выкидываются на берег. Эти отмирающие водоросли обогащают воду литорали как самими микроорганизмами, так и материалом для их развития. Но и без отрыва водорослей богатое развитие микробной флоры, наблюдаемое на камнях литорали, имеет следствием обогащение придонных слоев литорали микроорганизмами и биогенными веществами в результате деятельности этих микроорганизмов.

Сравнение количеств микроорганизмов в водной массе открытой части оз. Байкал, в воде литорали и на поверхности камней показывает, что самой богатой бактериями зоной является каменистая литораль и в ней поверхность камней.

Огромное содержание микробов на поверхности камней литорали не может не иметь значения для животных, обитающих в массовых, как указывалось выше, количествах на камнях. Часть из этих животных является хищниками, часть растительноядными, но немалая часть из живущих на камнях животных использует в своем питании бактерии, покрывающие камни.

Вопрос об использовании бактерий в питании массовых форм байкальских моллюсков был предметом нашего специального изучения. Работа велась в 1949 г. с тремя видами эндемичных байкальских моллюсков: 1) *Baicalia herderiana* — типичный представитель самой многочисленной из коренных байкальских моллюсков группы — семейства *Baicaliidae*, 2) *Choanophthalmus maacki*, весьма густо заселяющий прибрежные камни и пески, 3) *Valvata baicalensis* — также один из распространенных на каменистой литорали видов. В 1950 г. было произведено вскрытие нескольких экземпляров крупной *Benedictia baicalensis*.

М. М. Кожов (1947) отмечает «весьма существенную роль, которую моллюски играют в биологических процессах в прибрежной полосе Байкала», — поедаемость большинства видов рыбами, водоплавающей птицей, поедаемость трупов моллюсков гаммаридами, которые являются компонентами в пищевом режиме рыб. Поэтому изучение питания моллюсков и роли бактерий в этом питании имеет значение для понимания пищевых связей на литорали Байкала.

Все три названных вида моллюсков питаются одним и тем же способом, соскабливая покрытие, находящееся на поверхности камней.

Для исследования роли микробов в питании моллюсков последние собирались с камней, извлекаемых на поверхность камнешупом Рубцова, и помещались в воду, заранее профильтрованную через мембранный фильтр. По возвращении на берег в лабораторию моллюски немедленно вскрывались. Из содержимого передних отделов кишечника делались высевы на ряд питательных сред и готовились препараты, которые просматривались при больших увеличениях микроскопа в окрашенном и неокрашенном виде. Вскрытие моллюсков производилось по методу М. М. Кожова. Для взятия материала из кишечника моллюсков был применен следующий прием: по вскрытии моллюска в передний отдел его кишечника вводилась игла специального маленького простерилизованного шприца, которой набиралось небольшое количество

Таблица 8

Вертикальное распределение бактерий в воде открытой части оз. Байкал
(станции в области максимальных глубин)

Глубина, в м	Биомасса бактерий, в мг/л	Содержание бактерий в 1 мл воды			
		методом прямого счета, в тыс.	методом разливов		
			на МПА	разжижаю- щие МПЖ	дрожжевые грибки
Поверхность	0.39	291	210	4	4
5	0.31	210	25	3	3
10	0.38	264	28	3	3
25	0.24	158	26	1	—
50	0.21	132	15	1	—
100	0.168	116	12	1	2
200	0.16	98	14	3	—
300	0.145	92	4	—	1
700	0.13	82	4	—	—
1000	0.115	71	3	—	—

содержимого кишечника. Это содержимое выжималось затем из шприца в стерильную воду, откуда уже делались высевы на питательные среды. Следует отметить, что этот способ получения материала из кишечника не позволял захватывать значительное количество его содержимого.

Часть моллюсков отсаживалась в колбы с байкальской водой, профильтрованной через мембранный фильтр № 2, и первые экскременты, выделенные животными, немедленно подвергались анализу.

Кроме того, был поставлен ряд серий опытов по экспериментальному кормлению моллюсков микробами, выделенными из воды оз. Байкал.

Вскрытие значительного количества моллюсков (по 20 экз. каждого вида) показало, что все они имели в общем одинаковое содержимое кишечника, что и естественно, так как они обитают в одних и тех же условиях и питаются одним и тем же способом. В содержимом кишечника обычно были находимы в большом числе скопления микробов, в меньшем — мелкие водоросли, простейшие и небольшие количества детрита. Простейшие являлись постоянным компонентом содержимого кишечника байкальских моллюсков, живущих на каменистой литорали. Часто встречались дрожжевые клетки.

При посевах содержимого из передних отделов кишечника моллюсков на питательных средах развивались многочисленные колонии разнообразных микробов, при этом тех самых форм, которые вырастали в посевах материалом, взятым с камней. Среди бактерий, образующих покрытие на камнях, было значительное количество различных пигментных форм: розовых, розово-красных, желтых (различных оттенков этого цвета). Все эти пигментные формы могли быть использованы как показательные организмы для решения вопроса о заглатывании моллюсками бактерий с поверхности камней. В посевах из содержимого передних отделов кишечника постоянно развивались те же самые пигментные формы, которые обнаруживались в посевах материалом, взятым с камней. На камнях постоянно были находимы разнообразные дрожжевые грибки — виды родов *Rhodotorula* и *Torulopsis* и эти дрожжевые грибки развивались на сусло-агаре в посевах на него содержимого кишечника. На поверхности камней часто встречались виды гриба *Fusarium*, и

характерные конидии этого грибка были обнаружены несколько раз в содержимом кишечника; прорастали они и в посевах содержимого последних.

Все эти данные являются, по нашему мнению, неопровержимым доказательством использования моллюсками в пищу микробов, покрывающих камни, на которых они живут.

Вскрытие *Benedictia baicalensis*, собиравшихся в 1950 г. в бухте Большие Коты, т. е. в 20 км от того места, где в 1949 г. собирались другие моллюски, явилось подтверждением данных, полученных ранее, а именно широкого использования бактерий в пищу.

Экскременты моллюсков содержали большие количества микробов, но состав этих микроорганизмов был иной по сравнению с составом микроорганизмов переднего отдела кишечника. В посевах из экскрементов изредка были обнаруживаемы и пигментные виды. Дрожжевые клетки встречались весьма редко. Основная масса микробов, развивающихся в посевах из экскрементов, была представлена бесцветными формами. Прохождение через кишечник пигментных форм показывало, что моллюски не переваривают всего того количества микробов, которое они заглатывают. Проходят кишечник, не перевариваясь, и многие водоросли, в том числе и диатомовые.

Количество детрита в содержимом кишечника моллюсков в период исследования было очень невелико, что, конечно, стояло в связи с небольшим содержанием детрита на камнях в этот период лета (июль—август). В данное время года количество автохтонного детрита не может быть велико, так как донная растительность Байкала находится в расцвете, а аллохтонный детрит вносится в озеро ручьями и речками, главным образом весной и осенью, при этом, как указывает М. М. Кожов, скопления детрита, наблюдаемые обычно вблизи устья рек (реже дальше от них) быстро оттесняются с мелких мест в более глубокие — в ямки и западины дна и далее за платформу. Количество детрита на камнях в период работ было совершенно ничтожным. Отложения песка в это время года были также бедны детритом. Это объясняет и ничтожные количества детрита, обнаруженные в кишечниках моллюсков.

Таким образом, все полученные данные показывают, что байкальские эндемичные моллюски, в массовых количествах населяющие каменистую литораль, широко используют в пищу бактерии, покрывающие камни. Развитие бактерий на камнях скоплениями способствует этому использованию. В летнее время года бактерии, несомненно, составляют важную часть пищи моллюсков. Они являются источником питания моллюсков и через простейших, так как значительные количества простейших, находящиеся на камнях, питаются, без сомнения, почти исключительно микробами, которые таким образом используются в пищу другими гидробионтами литорали и через простейших.

Возможность существования байкальских моллюсков на исключительно бактериальном питании была выяснена следующими специально проведенными экспериментами.

Моллюски, собранные в озере, рассаживались по одному в воду, лишенную бактерий фильтрованием через мембранный фильтр, и выдерживались без пищи в течение двух суток. Смена воды при этом производилась через 2—3 часа. После этого моллюскам в пищу давались только микробы — эмульсия того или иного вида. Для кормления моллюсков были использованы следующие виды: азотобактер (*Azotobacter*

chloococcum) и три вида дрожжей, выделенные с каменистой литорали Байкала — бесцветные (*Togulopsis* sp.), розовые (*Rhodotorula* sp.) и черные (*Togula nigra*). После дачи корма в воде определялось методом прямого счета количество клеток микробов. Через сутки проводилось определение непоглощенных моллюсками клеток, после чего производилась смена воды и дача новых порций корма, опять при определении числа введенных клеток.

Моллюски выдерживались на питании микроорганизмами от 10 до 30 суток. За этот срок в каждом опыте проводилось много раз определение поглощаемых за сутки моллюсками клеток. В некоторых случаях колебания в количестве потребляемых за сутки клеток были весьма значительными (например в одном опыте у *Valvata baicalensis* от 23.5 до 118.5 млн), но эти колебания имели одну общую закономерность — в первые дни пребывания в искусственных условиях поглощение микробов моллюсками было более интенсивным, чем в конце опыта (лишь несколько экземпляров не дали этого различия). Следует отметить, что байкальские моллюски очень плохо переносят жизнь вне озера, и многие из них погибали через различные сроки, несмотря на принятые меры к сохранению низких температур в воде.

Получая в пищу только клетки микробов, моллюски в большинстве опытов прибавили в весе. Они не переваривали всего заглоченного ими количества клеток, и довольно много живых клеток микробов выделялось в экскрементах.

Итоги экспериментального кормления моллюсков бактериями подтверждают вывод, вытекающий из вскрытий моллюсков: все указанные виды моллюсков широко используют микробов в питании. Следовательно, роль микробов каменистой литорали в питании моллюсков, заселяющих эту литораль, должна быть признана значительной.

Несомненно, что бактерии используются не только моллюсками, но и многими из тех групп водных животных, которые населяют каменистую литораль.

Бактерии имеют значение не только для жизни фауны литорали, но и для ее флоры. В своем развитии на каменистой литорали бактерии связаны с растущими здесь водорослями. Количество микроорганизмов, как уже указывалось, значительно выше на камнях в местах прикрепления бентических водорослей, нежели на рядом расположенных участках, лишенных водорослей. Наблюдаемое постоянство этого явления не оставляет сомнений в том, что существует закономерная связь между развитием водорослей и бактерий. При просмотре многочисленных препаратов, приготовленных из обрастаний тех участков камней, на которых было развитие диатомовых и других микроскопических водорослей, почти всегда можно было наблюдать прикрепление бактерий к живым клеткам водорослей. На пластинках обрастания диатомовые в подавляющем большинстве случаев были окружены бактериями. С бентическими водорослями бактерии связаны не только в местах прикрепления водорослей к камням. Поверхность водорослей покрыта прикрепившимися к ней различными бактериями. Прямой микроскопический просмотр кусочков водорослей, проведенный немедленно после вытятия их на озере, обнаруживает на поверхности водорослей значительные количества различных палочковидных форм, азотобактероподобных клеток и клеток дрожжей, и при этом часто скоплениями. Можно предполагать или тесные благоприятствующие взаимоотношения, или же, что менее вероятно, что водоросли являются лишь местом при-

крепления для бактерий, предпочитающих эпифитный образ жизни, подобно тому, как местом прикрепления служат стекла (пластинки обрастания), опущенные в водную среду. Для решения этого вопроса была проведена специальная работа, выполненная под моим руководством студенткой V курса Ленинградского Государственного университета Н. М. Барбашевой.

При механическом прикреплении бактерий к поверхности водорослей на них должны оседать и прикрепляться самые разнообразные формы, обитающие в воде, при взаимодействии же между водорослями и бактериями на поверхности водорослей должна находиться постоянно более

ограниченная группа видов.

При выделении водорослями каких-либо антибиотических веществ, как это предполагает для водорослей А. С. Разумов (1948), бактерий, живущих на поверхности водорослей, или не могло быть вообще, или же там могли быть какие-то единичные формы, приспособившиеся к воздействию этих антибиотиков.

В работе, проведенной Н. М. Барбашевой в отношении наличия на бентических водорослях и связанности роста с ними гетеротрофных микроорганизмов и азотобактерий (*Asotobacter* и *Clostridium Pasteurianum*), прежде всего было выяснено, что бактерии в огромных количествах находятся на поверхности бентических водорослей и плотно при-



Рис. 9. Рост бактерий на мясо-пептонном агаре вокруг *Sphaeroplastoc coeruleum*.

1 - при проведении водоросли через стерильную воду;
2 - через стерильную воду.

креплены к ним. Большое количество посевов, много раз проведенный непосредственным микроскопический просмотр кусочков водорослей показали это. Для выяснения были взяты все основные бентические водоросли, растущие в массовых количествах на каменистой литорали: виды *Draparnaldia*, *Ulothrix zonata*, *Tetraspora cylindrica*, *Sphaeroplastoc coeruleum* и, кроме того, макрофит *Myriophyllum spicatum*.

Водоросль или снималась с камня целиком и с соблюдением условий стерильности переносилась в стерильную воду, или от нее отделялась часть, которая помещалась в стерильную воду. По возвращении на берег, в лабораторию на что требовались доли часа, кусочек водоросли помещался на поверхность мясо-пептонного агара в чашку Петри. Во всех без исключения чашках вокруг водорослей вырастали сплошным ковром бактерии. Этот рост происходил и при проведении водорослей через 5 сосудов со стерильной водой, в каждом из которых водоросль встряхивалась с водой для отделения бактерий. И тем не менее характер роста оставался неизменным у всех 4 видов и у *Myriophyllum spicatum* (рис. 9--10). Большое количество проведенных посевов

(более 200), неизменность результатов в течение всего периода наблюдений (июль и август) показывают, что нахождение бактерий на поверхности бентических водорослей Байкала — не случайное, а закономерное явление. Это позволяет думать, что между водорослями и бактериями существуют тесные взаимоотношения. Вся проведенная работа показала, что указанные бентические водоросли не выделяют в процессах своей жизнедеятельности каких-либо антибиотических веществ. К выводу, что водоросли в массе не выделяют в водоемах антибиотических веществ, пришла и К. А. Гусева на основании проведенных ею опытов и наблюдений на водоеме (Гусева, 1951). Хотя имеются данные о том, что способность образования антибиотических веществ варьирует не только у отдельных видов, но и у различных форм одного и того же вида (Стрешинский, 1950), в данном случае нельзя предполагать, что даже отдельные формы обладали такой способностью (вследствие постоянства полученных нами результатов).

Из сплошного налета бактерий, выраставших чехлом вокруг водорослей, было проведено выделение чистых культур. Параллельно чистые культуры были выделены из придонного слоя воды литорали и произведено сравнение выделенных видов. Это сравнение показало, что существует определенная группа

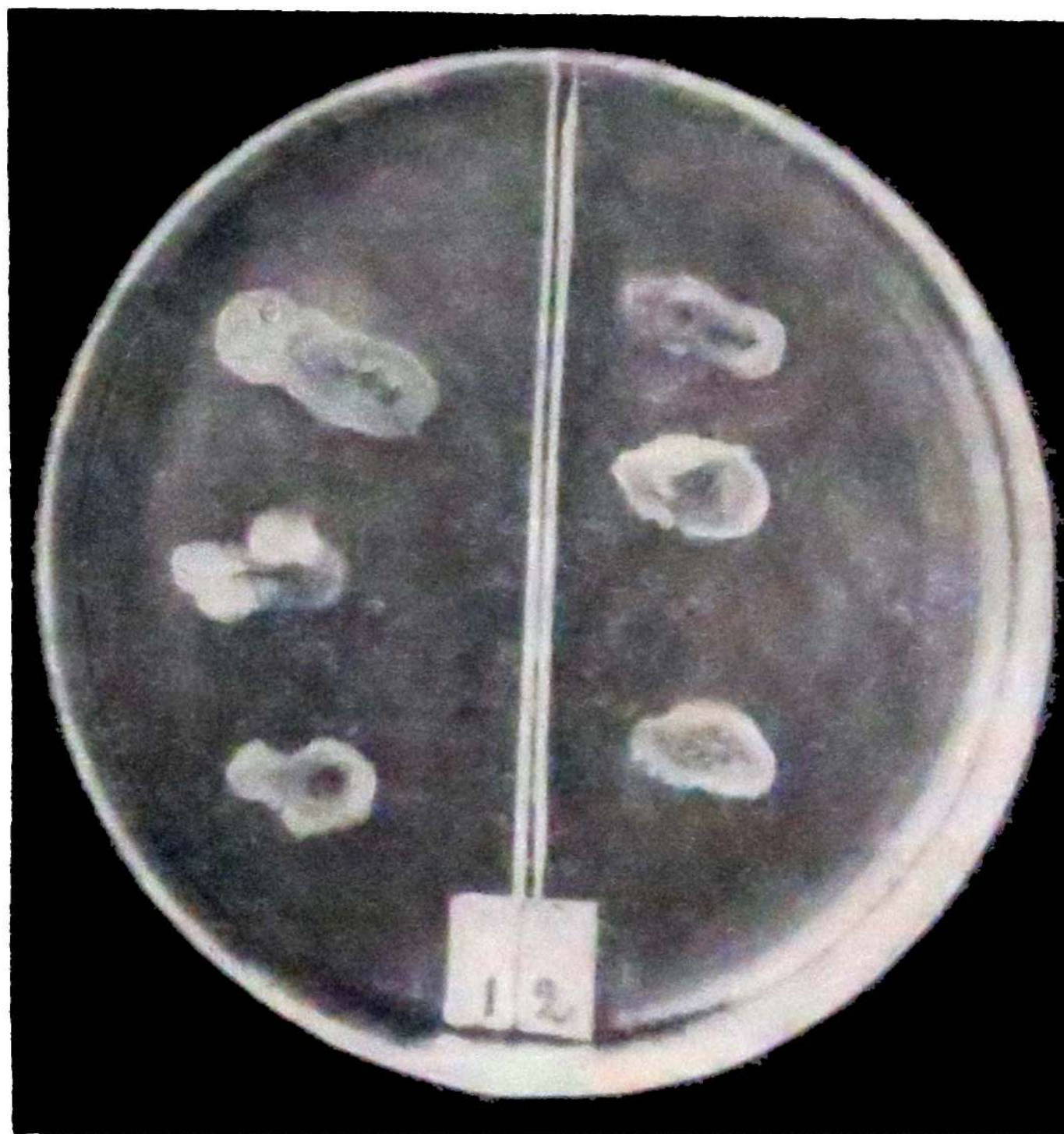


Рис. 10. Рост бактерий вокруг кусочков *Draparnalia*

1 — при выделении водоросли через 1 стерильную воду
2 — при выделении водоросли через 5 стерильных вод

гетеротрофных микробов, тесно связанная с водорослями и редко встречающаяся в воде. Эта группа представлена мелкими неспороносными, грамтрицательными палочками, не разжижающими желатину, не восстанавливающими нитраты, на мясо-пептонных средах дающими хороший рост в виде налетов различных оттенков бежевого цвета.¹

На водорослях всегда были обнаруживаемы и формы, постоянно находящиеся в воде литорали: пигментные кокки, неспороносные палочки и в очень незначительном числе спороносные палочки. Однако указанная выше группа микробов всегда присутствовала на поверхности водорослей, в то время как различные виды водных микробов встречались каждый в отдельных случаях.

Наличие немногочисленной группы гетеротрофных бактерий, постоянно встречающихся на водорослях, позволяет думать, что они в своем развитии связаны с этими водорослями. Как показали работы

¹ Подробное описание их будет дано Н. М. Барбашевой

Б. С. Алеева (1933, 1936) и С. В. Горюновой (1950), многие водоросли выделяют в процессах своей жизнедеятельности различные органические вещества в окружающую их среду, вещества, имеющие весьма сложный состав. Нет сомнения в том, что эти выделяемые здоровыми клетками и тканями растений органические вещества используются микробами для питания. Ввиду специфичности этих выделений и микрофлора, развивающаяся на водорослях, имеет более или менее определенный состав.

С другой стороны, постепенно в литературе накапливается все больше данных о необходимости продуктов жизнедеятельности разнообразных микробов для пышного развития водных растений и для высоких темпов их размножения. В отношении ряски это доказано экспериментальным путем многочисленными опытами с бактериологически стерильными растениями (Clark and Roller, 1931, и др). Вероятнее всего, что и для того массового развития бентических водорослей, какое имеет место на каменистой литорали Байкала, бактерии необходимы и что они также используют продукты жизнедеятельности развивающихся на их поверхности микробов.

На поверхности водорослей находятся не только сапрофиты-гетеротрофы, но и другие группы микробов, и среди них имеющие столь большое значение для продуктивности водоемов как азотобактер и *Clostridium Pasteurianum*. Посевы смывами с поверхности водорослей и прямой микроскопический просмотр эпифитной бактериальной флоры показали, что обе группы азотобактерий в огромных количествах находятся на поверхности всех исследованных видов: различных видов *Draparnaldia*, *Tetraspora cylindrica*, *Ulothrix zonata*, *Sphaeroplastoc coeruleum*, а также макрофита *Myriophyllum spicatum*.

Данные по развитию азотобактерий в посевах, произведенных смывами с растений, приведены в табл. 9.

Таблица 9

Нахождение азотобактерий на поверхности водорослей и макрофитов каменистой литорали

Растение	Количество проб	% посевов, давших рост	
		азотобактер	<i>Clostridium Pasteurianum</i>
Виды <i>Draparnaldia</i>	31	100	100
<i>Tetraspora cylindrica</i>	31	100	50
<i>Ulothrix zonata</i>	28	100	80
<i>Sphaeroplastoc coeruleum</i>	31	80	50
<i>Myriophyllum spicatum</i>	28	100	80

Таким образом, азотобактер находится не только в местах прикрепления бентических водорослей к камням, но и на самой поверхности их, и в количествах весьма значительных. Эта связанность развития азотобактера с бентическими водорослями несомненна. Азотобактер, как известно, нуждается в органических веществах для своего развития, и эти необходимые ему органические вещества он и получает из прижизненных выделений водорослей. Водоросли снабжают азотобактер не только источником углеродного питания, но, как это доказано работами

последнего времени, и стимулируют его жизнедеятельность — фиксацию азота, растворенного в воде. Обилие доступного углеродного питания, благоприятный газовый режим на литорали, рН окружающей среды — все это обуславливает размеры фиксации азотобактером азота. Заросли водорослей, которые развиваются на каменистой литорали Байкала, требуют больших количеств азота в усвояемой форме. Содержание нитратов в воде Байкала на этих глубинах не превышает 0.9 мг/л (данные А. П. Толмачевой). Деятельность азотобактерий, несомненно, является тем фактором, который покрывает какую-то часть, и может быть большую, этой потребности водорослей в азоте. Влияние азотобактера на развитие водорослей связано с его численностью на литорали.

На факт нахождения азотобактера на поверхности морских водорослей и на симбиотический характер взаимоотношений между этими организмами указывали Б. Л. Исаченко (1914) и ряд других авторов. В пресных водоемах азотобактер в массовых количествах находится на поверхности макрофитов (Салимовская-Родина, 1939). Нахождение азотобактера на поверхности бентических водорослей и на макрофитах Байкала является новым подтверждением связанности азотобактера с растительностью водоемов.

В природных условиях на поверхности водорослей и на поверхности камней жизнедеятельность азотобактера и других бактерий протекает в тесном взаимодействии с другими видами и группами микробов. Постоянно вместе с азотобактером встречаются дрожжевые грибки. Они довольно часто развивались вместе с азотобактером на средах для него. В микробных ассоциациях повышаются жизнедеятельность и темпы размножения отдельных групп. В отношении азотобактера и дрожжевых грибков это доказано работой А. К. Паносян и В. Г. Туманян (1947). Содержание клеток дрожжевых грибков на каменистой литорали Байкала выше, чем в других исследованных в этом отношении водоемах: богат Байкал и видами дрожжевых грибков: за время работы был выделен 81 штамм, и несомненно, что еще много видов можно будет выделить при специальном изучении этой группы.

В ы в о д ы

1. Каменистая литораль Байкала — продуктивнейшая зона озера, богатая растительной и животной жизнью, — насыщена микроорганизмами, покрывающими камни.

2. Бактерии образуют на поверхности камней скопления отдельных видов — микроколонии. Сложные скопления различных видов состоят из более или менее массивных групп отдельных видов.

3. Развитие бактериальной жизни на камнях связано с развитием здесь растительной и животной жизни: на одних и тех же камнях содержание микробов значительно выше на тех участках, где имеется растительная или животная жизнь.

4. Микробное население на камнях разнообразно; были обнаружены гнилостные, нитрифицирующие, азотфиксирующие (обе группы) бактерии и дрожжевые грибки. Должно быть отмечено высокое содержание на поверхности камней нитрифицирующих и азотфиксирующих бактерий, значительное содержание дрожжевых грибков и малое количество денитрифицирующих бактерий.

5. Бактерии, развивающиеся в массовых количествах на поверхности камней литорали, играют большую роль в превращении веществ, в том

числе и биогенных элементов. Должна быть отмечена высокая степень минерализации органических веществ. Массовое развитие азотфиксирующих и нитрифицирующих бактерий и ничтожное количество денитрифицирующих обуславливают направленность процессов круговорота азота на возобновление используемого растениями азота.

Бактерии участвуют в гальмиролизе (подводном выветривании), извлекая из камней необходимые им элементы.

6. Бактерии играют немалую роль в питании бентических животных, населяющих в огромных количествах камни литорали. Это было выяснено в отношении ряда эндемичных видов байкальских моллюсков как вскрытиями кишечника, так и специально проведенными экспериментами.

7. Бактерии являются третьим компонентом сообщества эндемичных байкальских губок: *Lubomirskia baicalensis*, *Baicalospongia* и *Swartschewskia parutacea*. Содержание бактерий в теле корковидных губок достигает 563 млн на 1 см.² Бактерии, несомненно, используются губками в пищу.

8. Бактерии связаны в своем развитии с бентическими водорослями Байкала. Связь эта, повидимому, носит симбиотический характер: бактерии развиваются, используя прижизненно выделяемые водорослями органические вещества, продукты жизнедеятельности бактерий стимулируют развитие водорослей. Связанность азотобактерий с водорослями позволяет считать значительной роль этих бактерий в снабжении водорослей азотом.

9. Содержание бактерий в песках, площадки которых перемежаются с каменистыми банками, значительно ниже, чем на камнях. Количество микроорганизмов в песках связано с наличием в них органических веществ и с крупностью зерен: чем мельче зерна песка, чем больше в нем органических веществ, тем выше в нем содержание микробов.

Направление процессов в песках то же, что и на камнях — в круговороте азота превалируют процессы возобновления соединений азота.

10. Содержание микробов в воде литорали относительно невелико и связано с состоянием погоды. Устойчивое в тихую штилевую погоду, оно может меняться при различных направлениях ветра.

11. В поверхностных слоях воды открытой части оз. Байкал общее содержание микробов колеблется в пределах от 260 000 до 448 000 на 1 мл. Содержание гнилостных сапрофитов составляет доли процента от общего числа микробов. Содержание бактерий падает с глубиной.

ЛИТЕРАТУРА

- Алеев Б. С. 1933. Выделение водорослями органических веществ в окружающую среду. Научно-исслед. инст. водослабж. и санит. техн., М.
- Алеев Б. С. 1936. К вопросу о механизме выделения водорослями органических веществ. Биохимия, т. I, вып. I.
- Верещагин Г. Ю. 1947. Байкал. Огиз, Иркутск.
- Виноградов А. П. 1949. Биогеохимические провинции. Тр. Юбил. сесс., посвящ. столетию со дня рожд. В. В. Докучаева, М.
- Гаврилов Г. Б. 1950. Богатство фауны прибрежной зоны Байкала. Природа, № 9.
- Глазовская М. А. 1950. Влияние микроорганизмов на процессы выветривания первичных минералов. Изв. АН КазССР, серия почвовед., вып. 6.
- Горюнова С. В. 1950. Химический состав и прижизненные выделения синезеленой водоросли *Oscillatoria splendida*. Изв. АН СССР, М.—Л.
- Гусева К. А. 1961. Взаимоотношения фитопланктона и сапрофитных бактерий в водоеме. Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. I.
- Исаченко Б. Л. 1914. Исследования над бактериями Северного Ледовитого океана. Прг.

- Кожов М. М. 1931. К познанию фауны Байкала, ее распределения и условий обитания. Изв. Биол.-геогр. инст. при Иркутск. ун-в., т. V, вып. I.
- Кожов М. М. 1947. Животный мир оз. Байкал. Огиз, Иркутск.
- Красильников Н. А. 1949. Роль микроорганизмов в выветривании горных пород. Микробиология, т. XVIII, № 4.
- Кузнецов С. И. 1951. Биомасса бактерий и фитопланктона Среднего Байкала. Тр. Байкальск. лимнолог. ст., т. XIII.
- Лысенко Т. Д. 1948. О путях управления растительными организмами. Сб. «Вопр. мичур. биологии», Учпедгиз.
- Мейер К. И. 1930. Введение во флору водорослей оз. Байкал. Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., отд. биол., т. 39, вып. 3—4.
- Нечаева Н. Б. и А. Г. Салимовская-Родина. 1935. Микробиологический анализ донных отложений Байкала. Тр. Байкальск. лимнолог. ст., т. VI.
- Новороссова А. Е., Н. П. Ремезова и Н. Н. Сушкина. 1947. Разрушение алюмосиликатов почвенными бактериями. ДАН СССР, т. 58, № 4.
- Омелянский В. Л. 1927. Роль микроорганизмов в выветривании горных пород. Юбил. сб., посвящ. И. П. Бородину.
- Паносян А. К. и В. Г. Туманян. 1947. Симбиоз между дрожжами и азотобактериями. ДАН АрмССР, т. 7, вып. 2.
- Равич-Щербо Ю. А. 1928. О роли микроорганизмов в выветривании горных пород. Архив биол. наук, т. 28, вып. 3.
- Разумов А. С. 1948. Взаимоотношения между сапрофитными бактериями и планктонными водорослями. Сб. «Вопр. санит. бактериол.», Изд. Акад. мед. наук СССР, М.
- Родина А. Г. 1948. Бактерии как пища для пресноводных моллюсков. Микробиология, т. XVII, вып. 3.
- Родина А. Г. 1949а. Бактерии как пища водных животных. Природа, № 10.
- Родина А. Г. 1949б. Роль бактерий в питании личинок тенетипедид. ДАН СССР, т. 67, вып. 6.
- Родина А. Г. 1950а. Распределение дрожжевых и дрожжеподобных грибов в озерах. Микробиология, т. XIX, вып. 1.
- Родина А. Г. 1950б. Экспериментальное исследование питания дафний. Тр. Всес. Гидробиол. общ., т. II.
- Салимовская-Родина А. Г. 1932. Микробиологические исследования Онежского озера в 1930 и 1931 гг. Иссл. озер СССР, вып. I.
- Салимовская-Родина А. Г. 1939. Местонахождение азотобактера в пресных водоемах. ДАН СССР, т. 25, № 5.
- Салимовская-Родина А. Г. 1940. Бактерии и дрожжевые грибки как пища для Cladocera. ДАН СССР, т. XXIX, № 3.
- Стрешинский М. О. 1950. Об условиях возникновения антагонистических свойств микроорганизмов. ДАН СССР, т. 75, № 2.
- Ясницкий В., Б. Бланков и В. Гортиков. 1927. Отчет о работе Байкальской биологической станции. Изв. Биол.-геогр. научно-исслед. инст. при Иркутском ун-в., т. III, вып. 3.
- Vassalick. 1913. Über Silicatzersetzung durch Bodenbakterien Ztschr. f. Gärungsphysiologie, B. 3.
- Clark N. a. E. Roller. 1931. The stimulation of Lemna major by organic matter under sterile and non sterile conditions. Soil Sc., v. 31.

С. И. КУЗНЕЦОВ

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ СООТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДОЕМЕ И БИОМАССОЙ БАКТЕРИЙ

Проблема изучения продуктивности водоемов является одной из основных проблем в гидробиологии. В комплексное изучение этой проблемы включился целый ряд институтов Академии Наук СССР. В частности, в план работ Института микробиологии входит изучение первых этапов превращения органического вещества, от момента синтезирования его фитопланктоном до использования бактериями.

Таким образом, конкретной задачей настоящего сообщения является:

1) привести данные, характеризующие величину первичной продукции органического вещества в водоеме;

2) сформулировать современные взгляды на взаимоотношения между фитопланктоном и бактериальным населением в водоеме;

3) попытаться определить величину бактериальной биомассы для некоторых озер Московской области.

Переходя к изучению количества органического вещества, образовавшегося в водоеме за счет процессов фотосинтеза, необходимо в первую очередь выбрать правильный метод учета.

Физиологи растений давно уже занимаются вопросом учета образования органического вещества высшим растением.

Еще Сессюр в 1804 г., позднее Бусенго в 1869 г. установили соответствие между объемом поглощенной углекислоты и объемом выделенного кислорода. Наконец, работа Вильштеттера и Штоля (Willstätter u. Stoll, 1918) и капитальное исследование Костычева (Kostytschew, 1921) показали, что объем выделенного кислорода при фотосинтезе точно соответствует объему поглощенного углекислого ангидрида. Это дало возможность судить об образовании органического вещества и интенсивности самого процесса фотосинтеза по количеству выделенного кислорода.

Методика эта была применена Костычевым и Солдатенковым (1926), Руттнером (Ruttner, 1926) и целым рядом других авторов для изучения фотосинтеза водных растений.

Измерение интенсивности фотосинтеза образцов воды в целях количественной характеристики процесса образования органического вещества впервые было произведено в 1924 г. Пюттером, однако последний все измерения вел в лабораторных условиях, а не на водоеме. Г. Г. Вильберг (1934, 1935) все эти наблюдения перенес непосредственно на водоем

Применение этого метода к изучению интенсивности фотосинтеза на озерах различного типа показало, как это видно из табл. 1, что в кислых дистрофных водоемах фотосинтез зачастую почти отсутствует, а в эвтрофных озерах достигает 3—4 мг органического вещества, выраженного в глюкозе, на 1 л в сутки. Максимальные цифры из известных по фотосинтезу в водоемах — 40 мгО₂/л — наблюдались В. И. Олифан в очистных прудах на ст. Люблино (Московская область), где процесс этот был связан с массовым развитием зеленых, фотосинтезирующих бактерий.

Таблица 1
Фотосинтез и дыхание планктона в озерах различного типа в летний период в мг О₂ на 1 л воды в сутки (по Винбергу, 1935, 1937)

Озеро	pH воды	Фотосинтез	Дыхание
Белое (ст. Косино)	8.6	3.45	1.81
Глубокое (Калининская обл.)	7.6	2.5	1.0
Белое (Калининская область)	7.6	1.2	1.0
Татное (Калининская область)	5.7	0.1	0.005
Черное (Калининская область)	5.0	0.05	0.2
4-я ступень очистных прудов (ст. Люблино)	10	40	—

Тот же метод дает возможность установить и величину образования органического вещества на весь водоем в целом за вегетационный период и подвести баланс органического вещества за год (Винберг, 1948).

В табл. 2 приведены данные по Белому и Черному озерам в Косине (Московская область), из которых видно, что годовой прирост органического вещества соответствует на Белом озере 1 т/га, а на Черном, площадь которого равна 2.6 га, — около 2 т/га.

Таблица 2
Образование органического вещества за счет процессов фотосинтеза в пересчете на весь водоем, на период вегетации (в тоннах глюкозы)

Озеро	Образование за счет фотосинтеза	Разрушено в процессе дыхания	Осталось
Белое	126.0	99.5	26.5
Черное	26.8	20.2	5.6

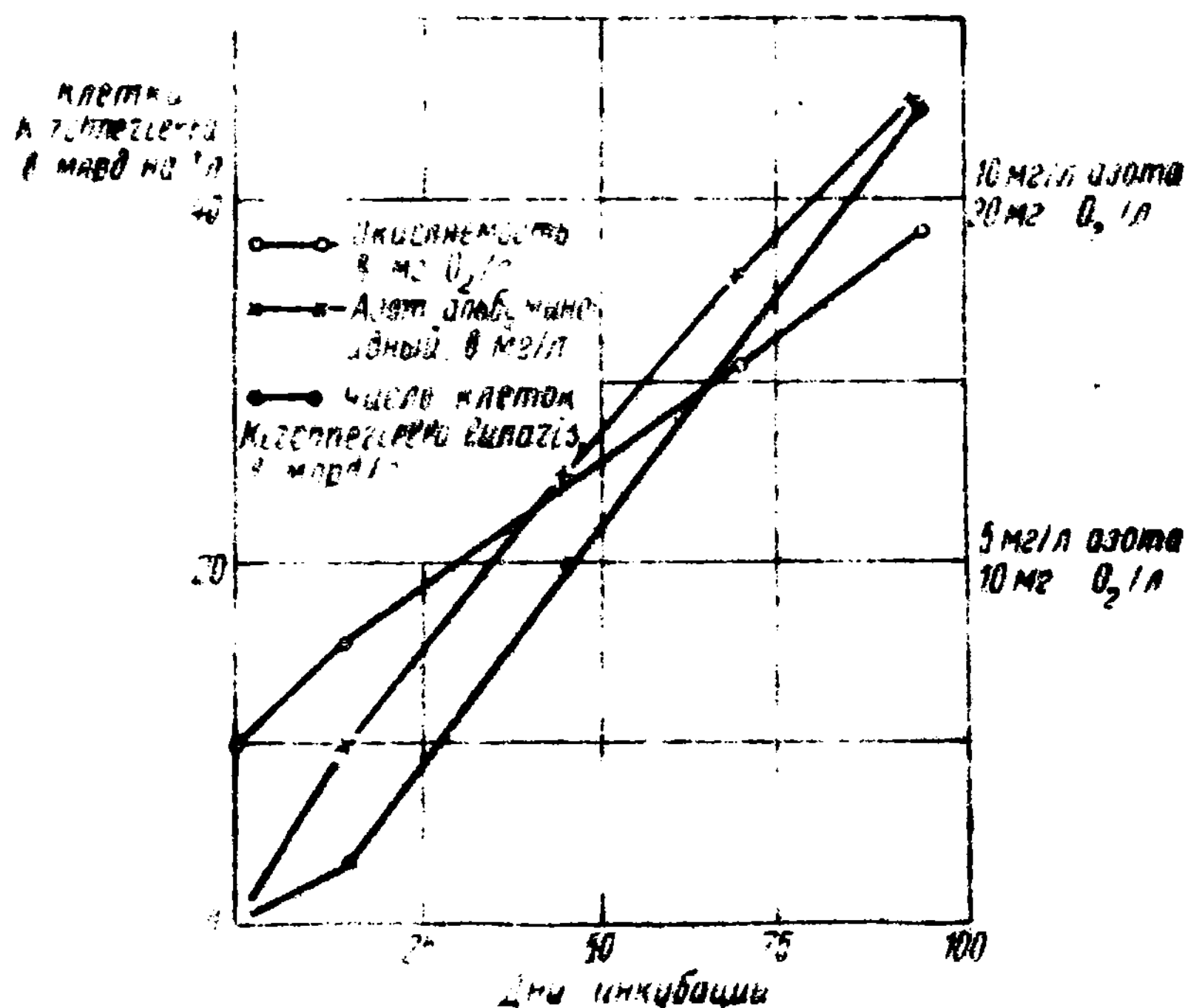
Зная объем озера, можно легко решить, возможна ли здесь «гипер-аккумуляция» органического вещества, в грубом приближении, каков будет анимный режим водоема, возможны ли здесь заморы и т. п. Никакой из методов количественного учета фитопланктона не решит этих вопросов, так как в первом случае, при регулярных наблюдениях на озере, мы учитываем динамику процессов обмена, а во втором, — путем учета планктона, получаем лишь ряд статических моментов.

Поступившее извне и образовавшееся в водоеме органическое вещество, как, например, ряд представителей протококковых водорослей,

может непосредственно служить пищей для зоопланктона. Основная же масса органического вещества как в водной массе, так и в донных отложениях подвергается дальнейшему распаду под воздействием бактериальных форм.

Лабораторные опыты Алеева (1936), Никитинского (1930), Горюновой (1950) показали, что, по мере развития отдельных представителей зеленых и синезеленых водорослей, в культуре накапливаются органические вещества.

Б. С. Алеев наблюдал в культуре *Kirchneriella lunaris* постоянное накопление альбуминоидного азота (см. рисунок) и из этого судил, что



Развитие *Kirchneriella lunaris* в культуре. (По Алееву).

поступление органических веществ в среду идет по мере отмирания клеток водорослей.

Горюнова, работая с культурой *Oscillatoria splendida*, наблюдала накопление в культуре водоросли слизистых органических веществ, лимонной, янтарной, жирных кислот, альдегидов и т. п. Применение метода плазмоллиза показало, что отмершие клетки составляют около 2% от общего числа. Отсюда Горюнова, в противоположность Алееву, заключает, что выделение органических веществ в культурах *Oscillatoria splendida* происходит прижизненно.

Соответствующие данные этих авторов сведены в табл. 3, из которой видно, хотя бы по неполным данным окисляемости, что в окружающую среду при длительных культурах выделяются значительные количества органических веществ. Сделанные нами пересчеты для *Kirchneriella lunaris* и *Oscillatoria splendida* показывают, что для протококковых водорослей в период их развития эта величина в пересчете на углерод равняется 7% от углерода, содержащегося в клетках водорослей, а для синезеленой водоросли достигает 13%.

Переносимые выводы лабораторных работ по изучению образования органического вещества в процессах фотосинтеза непосредственно на водоем, мы должны, очевидно, сделать заключение, что фитопланктон является

Таблица 3

Выделение органических веществ в окружающую среду при развитии культуры водорослей (по Алееву и Горюновой)

Название вида	Длительность опыта, в сут- ках	Окисляемость в мг O ₂ /л	Число клеток, в млн/л	Сухой вес, в мг	Выделилось С по отноше- нию к С ₁ во- доросли, в %
<i>Oscillatoria splendida</i>	120	—	—	—	13
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	75	38.3	10.742	—	—
<i>Kirchneriella lunaris</i>	95	19.4	44.800	450	—
<i>Pediastrum biradiatum</i>	80	14.4	—	—	—
<i>Stichococcus</i> sp.	210	24.0	12.500	—	—
<i>Pediastrum Boryanum</i>	65	12.2	250	—	—

постоянным поставщиком органических веществ, которые в какой-то мере используются бактериями, населяющими водоем.

Изучение взаимоотношений между фитопланктоном и бактериальным населением водоема является чрезвычайно важным, так как без этого трудно судить о механизме самого перехода продуктов фотосинтеза в бактериальные тела. Однако исследования эти подтвердились в основном лишь на примере сапрофитных бактерий.

В настоящее время имеются две точки зрения. Ряд исследователей считает, что живой фитопланктон в своем развитии задерживает размножение сапрофитных бактерий в водоеме за счет выделения в окружающую среду веществ, угнетающих развитие бактерий. Другие исследователи, наоборот, считают, что сапрофитные бактерии в массовом количестве развиваются в воде вокруг планктона, образуя планктоносферу, подобно тому, как это наблюдается вокруг корней высшего растения.

В подтверждение первой точки зрения А. С. Разумов (1948) приводит два факта: во-первых, при высеве сетного планктона на МПА в чашки Петри большая часть планктонных организмов остается стерильной. Колонии сапрофитных бактерий, как правило, образуются в промежутках между представителями фито- или зоопланктона. Во-вторых, удаление планктона из воды резко стимулирует развитие бактерий при дальнейшем хранении воды в лаборатории. Особенно сильно идет развитие бактерий при обработке воды активным углем, когда, по мнению Разумова, из воды удаляются и эти вредные вещества типа фитонцидов. Наоборот, хлороформенная вытяжка из синезеленых водорослей задерживает развитие сапрофитных бактерий. Этой же точки зрения придерживается и Горюнова, показавшая, что такие водоросли, как *Oscillatoria splendida*, выделяют в окружающую среду вещества типа эфирных масел. Однако попытки Гусевой (1951) получить зоны просветления на бактериальном газоне вокруг блоков, засеянных водорослями, не дали положительных результатов. Выделение фитонцидов водорослями она отрицает.

Крисс и Рукина (1949) в подтверждение второй точки зрения приводят тот факт, что при высеве на чашки Петри с питательным агаром проб сетного планктона последний содержит всегда значительно боль-

шее количество бактерий, чем морская вода, взятая с тех же горизонтов. Однако из табл. 4 видно, что наибольшее количество бактерий в планктоносфере Черного моря наблюдается на глубине 100—150 м, где практически планктон отсутствует.

Проведенные нами исследования на Байкале с целью обнаружения планктоносферы показали, что при отборе фитопланктона сеткой вода в стаканчике сетки очень сильно загрязняется сапрофитной микрофлорой, смываемой со стенок сетки, даже если предварительно вся сетка обмывалась спиртом.

Уже при единичном зачерпывании воды сеткой, когда практически планктонные организмы туда не попадают, содержание сапрофитных бактерий в воде, взятой из стаканчика сетки, достигает 700 в 1 см³, в то время как байкальская вода, взятая непосредственно в стерильную посуду, содержит 1—2 клетки сапрофитных бактерий в том же объеме воды.

Таким образом, еще нет достаточных оснований проводить аналогию между живым фитопланктоном и корнями высшего растения.

Соотношения между этими группами организмов яснее можно наблюдать, просматривая микроскопические препараты на мембранных фильтрах, приготовленные для учета бактериального населения водоема.

Таблица 4

Соотношения между количеством сапрофитных бактерий в воде Черного моря и в сборах сетного планктона (по Криссу)

Глубина в м	Количество колоний на агаровых пластинках	
	в см ³ воды, ст. I	в см ³ сетного планктона, ст. IX
0—25	340	9600
25—50	410	6600
50—75	50	2500
75—100	10	7700
100—125	30	14000
125—150	30	10800

Некоторые виды, как ряд диатомовых водорослей, *Anabaena* и др., на своей поверхности почти не содержат бактериальных форм. С другой стороны, и *Aphanizomenon*, *Microcystis* и *Pediastrum* содержат их в значительном количестве. Особенно увеличивается число бактерий при отмирании водорослей. Аналогичная картина может быть отмечена и при отмирании зоопланктона.

Схема взаимоотношений между бактериями и органическим веществом в водоеме, с нашей точки зрения, может быть представлена следующим образом. В период развития фитопланктона в водоем все время поступает органическое вещество, отчасти прижизненно, а также за счет отмирания планктона. Это обуславливает наличие различного количества усвояемого органического вещества в водоеме в растворенной форме и, как это было показано нашими прежними исследованиями (Кузнецов, 1949), различный уровень общего количества бактерий в водоеме различной степени трофии, особенно в период летней стагнации. В моменты массового отмирания планктона развитие бактерий увеличивается, одновременно усиливается их биохимическая деятельность (Кузнецов, 1959).

Второй вопрос нашего сообщения касается учета величины биомассы бактерий в различных водоемах. Основные работы в этом направлении были проведены нами совместно с А. А. Егоровой (Егорова, 1952).

В основу определения биомассы бактерий и фитопланктона был положен учет на мембранных фильтрах.

Было принято, что удельный вес организмов равен единице, объем бактерии равен $1.6 \mu^3$, а в случае фитопланктона объем отдельных форм и ценобий определялся путем расчета на основании измерения их линейчатым микрометром. Данные анализов сведены в табл. 5.

Таблица 5

Биомасса фитопланктона и бактерий в поверхностной воде ряда озер

Озеро	Месяц отбора	Биомасса, в мг сырого веса на 1 л		Отношение биомассы фитопланктона и бактерий
		фитопланктона	бактерий	
Байкал	VIII	0.7	0.16	4.4
Глубокое	VII	1.85	0.97	1.9
Долгое	VI	1.26	1.43	0.9
Круглое	VI	1.36	8.7	0.2
Белое	VI	9.0	1.2	7.6

Как видно из табл. 5, в ряде случаев бактериальная биомасса может достигать 8 мг/л и превышать содержание фитопланктона.

Наиболее подробно эти анализы были проведены на Белом озере, зная распределение бактерий по отдельным горизонтам (табл. 6).

Таблица 6

Биомасса бактерий и фитопланктона в Белом озере в Косинке в 1949 г.

Дата анализа		Биомасса, в кг сырого веса на все озеро			Отношение биомассы фитопланктона и бактерий
		фитопланктона	бактерий	общая	
30	V	5.539	2.444	7.983	2.3
21	VI	2.569	4.169	6.758	0.6
27	VI	5.693	1.901	7.594	3.0
6	VII	3.689	2.146	5.835	1.7
5	VIII	10.245	3.801	14.246	2.7
22	IX	6.914	4.920	11.834	1.4
13	X	4.094	2.768	6.862	1.5

Из табл. 6 видно, что если общая биомасса фитопланктона колеблется от 2 до 10 т на весь водоем, то бактериальная биомасса лишь в 2—3 раза ниже этой величины.

Одна только величина бактериальной биомассы в озере еще не дает возможности судить об ее годовой продукции. Для этого мы должны еще знать время одной генерации бактерий. А. С. Разумов (1948) под-

ходит к определению этой величины для сапрофитных бактерий, учитывая темп прироста бактерий в изолированных пробах фильтрованной воды. Высчитывая время генераций по формуле

$$g = \frac{t \log 2}{\log b - \log B}$$

где B начальное количество бактерий в единице объема, b — число бактерий в том же объеме по истечении времени t , А. С. Разумов нашел, что время генерации колеблется от 7 до 24 часов.

Нам казалось более правильным попытаться определять время генерации бактерий непосредственно в самом водоеме. Удачным объектом для этой цели является Глубокое озеро в Рузском районе Московской области, где расположена Биологическая станция Института морфологии животных АН СССР.

На этой станции ведутся регулярные гидрохимические наблюдения над озером, в частности над содержанием растворенного кислорода. Летом 1949 г. мы также собрали материал по учету общего количества бактерий и распределению кислорода в воде на различных глубинах в озере.

Весенняя циркуляция в озере закончилась в этом году в начале мая, и к 15 V уже наметился резкий температурный скачок на глубину от 2 до 5 м. В это время содержание кислорода в верхней части гипolimниона достигало почти 8 мг/л, а в придонных слоях было около 5 мг/л. В течение лета шло постепенное снижение содержания кислорода в гипolimнионе, и к 7 VIII анализ показал почти полное его отсутствие в глубинных слоях озера. Поскольку морфометрия Глубокого озера хорошо известна, то легко было высчитать и количество кислорода, поглощенного в гипolimнионе озера за срок с 15 V по 17 VII 1949 г. Для этого мы воспользовались методом применения объемной шкалы, которая для Глубокого озера была составлена С. Д. Муравейским (1931).

Как видно из табл. 7, за срок в 65 дней в гипolimнионе с глубины 8 м до дна поглотилось 9097 кг кислорода.

Таблица 7

Определение периода генерации бактерий в гипolimнионе Глубокого озера
(цифры даны на указанный слой всего озера)

Глубина в м	Поглощено O_2 в кг за 65 дней	Выделено CO_2 (теоретически), в кг	Общий С обмена, в кг	С кон- структив- ного обме- на, в кг	С бакте- рий, в кг	Всего ге- нераций за 65 дней	Время ге- ной ге- нерации в сутках
6—8	2750	1780	1030	309	43	7.2	9.1
8—32	9097	12530	3410	1005	115	9	7.1

Кислород этот пошел в основном на процессы окисления органического вещества за счет бактериальных процессов. Поскольку зоопланктона в гипolimнионе Глубокого озера сравнительно очень мало, то величиной его обмена практически можно пренебречь. Тогда можно принять, что потребление кислорода шло на общий и конструктивный обмен бактерий. Как указывает ряд авторов, на конструктивный обмен,

связанный с размножением бактерий, идет около 30% общего обмена; эту же цифру мы и приняли в наших расчетах.

Следовательно, зная количество потребленного кислорода и приняв дыхательный коэффициент за единицу, мы можем высчитать, что количество выделившейся углекислоты соответствовало 12 530 кг, или 3410 кг углерода. Конструктивный обмен, таким образом, составлял 30% от этой величины, или 1005 кг С.

Учет общего количества бактерий дал возможность установить, что сырой вес биомассы бактерий на соответствующий слой озера равнялся 2300 кг. Принимая, что влажность бактерий соответствует 90%, а содержаемое углерода в сухой массе равно 50%, получаем, что сухой вес равнялся 230 кг, или 115 кг углерода.

Путем деления количества углерода, пошедшего на конструктивный обмен бактерий, на углерод бактериальной биомассы мы можем определить число генераций.

Таким образом, как это видно из табл. 7, за 65 дней прошло 9 генераций бактерий, или время одной генерации в среднем при температуре 6—7° равнялось 7 дням. Расчеты для слоя от 6 до 8 м показывают, что время генерации соответствует 9 дням. Эти величины мы не можем, конечно, рассматривать как абсолютно точные, но во всяком случае они получены путем анализа соответствующих компонентов в самом озере и должны быть ближе к действительности, чем величины, полученные в лаборатории. Очевидно, что время генерации зависит от количества усвояемого органического вещества, температуры и, может быть, еще иных факторов. Принимая, что биологические процессы следуют правилу Ван-Гофа, мы должны ожидать в эпилимнионе, где температура воды равна 17°С, уменьшения времени генерации бактерий до 2 дней.

Чрезвычайно большое значение в вопросах выяснения продуктивности водоемов имеет определение бактериальной биомассы донных отложений. В этом отношении в настоящее время накоплен уже достаточно большой материал; правда, в основном имеются лишь спорадические анализы, проведенные на различных водоемах.

В основу определения бактериальной биомассы бентоса мы положили микроскопический метод учета бактерий в модификации Германа, что позволило лучше десорбировать бактерий от частичек самого ила и точнее учесть количество бактерий.

Чтобы перейти от количества бактерий в единице веса сырого ила к их биомассе, мы воспользовались тем же методом, который употребляли Костычев и Шульгина при определении сырого веса бактерий в почве. Принимая, согласно этим авторам (1927), что в среднем в 1 г сырого веса бактерий содержится 2.1×10^{11} клеток, мы могли легко определить сырой вес бактерий в 1 л или 1 кг сырого ила. Данные наших анализов для озер различной степени трофики приводятся в табл. 8.

Из табл. 8 видно, что содержание бактерий в 1 л ила для эвтрофных озер достигает 10 г. Чтобы охарактеризовать бактериальную биомассу на определенной площади водоема, нам казалось необходимым подойти рационально и к мощности учитываемого слоя ила. Как видно из табл. 8, для эвтрофных озер с рыхлыми иловыми отложениями последняя величина, по данным Боруцкого (1939), может быть определена в 15 см. Для самосадочных соленых озер с чрезвычайно плотными глинистыми илами мощность слоя была принята нами в 1 см.

Таблица 8

Биомасса бактерий в поверхностных слоях иловых отложений озер различного типа (сырой вес)

Озеро	Количество бактерий в 1 г сырого ила $\times 10^6$	Биомасса бактерий, в г/л	Толщина слоя ила, в см	Биомасса, в г/м ²	Характер водоема
Белое в Косине	2.83	11.1	15	1660	Эвтрофное.
Б. Медвежье	1.90	9.0	15	1350	"
Круглое	1.11	5.3	10	530	Мезотрофное
Пустынное	0.81	3.9	15	590	"
Габозеро	0.38	1.8	3	54	Олиготрофное
М. Умрешев	0.65	3.1	5	155	Слабо соленое.
Б. Кривое	0.80	3.8	5	190	"
Майбалык	0.91	4.3	3	129	Солоноватое.
Баялашсор	0.33	1.6	1	16	Самосадочное.
Оразтор	0.29	1.4	1	29	Соленое.

Это дало возможность выявить и определенные закономерности между бактериальной биомассой и трофией водоема. Так, для эвтрофных озер эта величина достигает почти 1.5 кг на 1 м² дна озера, а для олиготрофных снижается до 50 г.

Наконец, мы приводим сопоставление между количеством микробентоса в профундали Белого озера в Косине, который подробно изучался Е. В. Боруцким, и биомассой бактерий. Как видно из табл. 9, величина бактериальной биомассы во много раз превосходит величину микробентоса.

Таблица 9

Сравнительная оценка биомассы макробентоса (сито 0.5 мм) и бактерий в профундали Белого озера в Косине

Характеристика организмов	Сухой вес биомассы, в г/м ² (слой ила 0.15 м)
Макробентос	4.6
Бактерии	166.0

Если для микробентоса, как показал Боруцкий на примере Белого озера в Косине, величина продукции составляет 125—180% от мартовской биомассы, то для бактерий бентоса, принимая полученную нами по Глубокому озеру семисуточную величину длительности генерации бактерий при 6° С, годовая продукция раз в 50 будет превосходить биомассу.

Выводы

1. Образование органического вещества в водоеме за счет процессов фотосинтеза является главным источником пополнения водоема усвояемым органическим веществом.

2 В водоеме наблюдается в какой-то мере постоянное поступление органического вещества, как приблизительно, так и в результате ежеднев-

ного отмирания около 5% фитопланктона. Это обуславливает и общий уровень бактериального населения.

3. Смены форм планктона, связанные в основном с его отмиранием, вызывают резкое повышение поступления органических веществ в воду и обуславливают скачкообразное увеличение общего количества бактерий.

4. Бактериальная биомасса в пресных водоемах зависит от характера водоема и времени года. Она может достигать в озере, подобно Белому в Косине, объемом в 1 000 000 м³, 5 т сырого веса.

5. При учете роли бактерий в цепи пищевых взаимоотношений одной из важнейших величин является время одной генерации бактерий. Последняя величина была определена на примере гипolimниона Глубокого озера и при температуре в 6—7° С равняется около 7 суток.

6. Биомасса бактерий бентоса в эвтрофных озерах может выражаться величиной около 1.5 кг на 1 м², а в грунте олиготрофных спускается до 50 г на 1 м².

7. На примере Белого озера в Косине было показано, что в эвтрофных озерах величина бактериальной биомассы во много раз превышает величину биомассы макробентоса в том же слое.

ЛИТЕРАТУРА

- Алеев Б. С. 1936. К вопросу о механизме выделения водорослями органических веществ. Блохирия, т. I.
- Боруцкий Е. В. 1939. Динамика общей биомассы бентоса профундали Белого озера. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, вып. 22.
- Винберг Г. Г. 1934. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. Сообщение I. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, вып. 18.
- Винберг Г. Г. 1937. Некоторые наблюдения на гумусовых озерах (Петровские озера). К вопросу о балансе органического вещества. Сообщение IV. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, вып. 21.
- Винберг Г. Г. 1948. Биотический баланс Черного озера. Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., отд. биологии, т. LIII.
- Винберг Г. Г. и А. И. Иванова. 1935. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания водной массы озера. Сообщение II. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, вып. 20.
- Горюнова С. В. 1950. Слизистые вещества *Oscillatoria*. Изв. АН СССР, сер. биол., № 1.
- Гусева К. А. 1951. Взаимоотношения фитопланктона и сапрофитных бактерий в водоеме. Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. 1.
- Егорова А. А. 1952. Оценка биомассы бактерий и фитопланктона в ряде озер Московской области. Тр. Всес. Гидробиол. общ., 5.
- (Костычев С.) Kostytschew S. 1921. Studien über Photosynthese. Das Verhältnis CO₂/O₂ bei der Kohlensäureassimilation. Ber. d. Deut. Bot. Ges., 39.
- (Костычев С. и С. Салдатенков) Kostytschew S. u. S. Soldatenkov. 1926. Der tägliche Verlauf und die spezifische Intensität der Photosynthese bei Wasserpflanzen. Planta, 2.
- Костычев С. П. и О. Шульгина. 1927. Весовое содержание микроорганизмов в почве. Тр. Отд. с.-х. микробиологии, Инст. опыта, агрономии, т. 2.
- Крисс А. Е. и Е. А. Рукина. 1949. Микробиология Черного моря. Распространение микроорганизмов в водной толще Черного моря. Микробиология, т. 18, вып. 2.
- Кузнецов С. И. 1939. Определение интенсивности поглощения кислорода из водной массы озера за счет бактериологических процессов. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, вып. 22.
- Кузнецов С. И. 1949. Применение микробиологических методов к изучению органического вещества в водоемах. Микробиология, т. 18, вып. 3.
- Муравейский С. Д. 1981. Морфометрия Глубокого озера. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, вып. 13—14.
- Никитинский Я. Я. 1930. *Stigeoclonium tenue*. Физиология, морфология, экология. Тр. Инст. водоснабж.

- Разумов А. С. 1948. Взаимоотношения между сапрофитными бактериями и планктоном в водоемах. Сб. «Вопросы санитарной бактериологии», под ред. А. Н. Смирна, Инст. общ. и коммун. гигиены Акад. мед. наук СССР.
- Разумов А. С. и Л. Е. Захарова. 1948. Бактериальный планктон Клязьминского водохранилища. Сб. «Загрязн. и самоочищ. водоемов», вып. I, Инст. общ. и коммун. гигиены Акад. мед. наук СССР.
- Hutton W. E. and C. E. Zobell. 1949. The occurrence and characteristics of methane-oxidizing bacteria in marine sediments. Journ. of Bact., 58.
- Pütter A. 1924. Der Umfang der Kohlensäurereduktion durch die Planktonalgen. Pflüger's Arch. für gesamt. Physiol., p. 265.
- Ruttner F. 1926. Über den Gaswechsel von Elodea-Sprossen von verschiedenen Tiefenstandorten. Planta, 2.
- Waldstätter R. u. A. Stoll. 1918. Untersuchungen über Assimilation der Kohlensäure. Berlin.

А. И. ЯНКОВСКАЯ

КРАТКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОФАУНЫ В ЗАЛИВЕ ИРХТЫ САРЕЗСКОГО ОЗЕРА

Сарезское озеро расположено в Западном Памире и представляет собой большой водоем, изучение формирования фауны в котором интересно не только с точки зрения ее генезиса, но может быть полезным и для ряда практических выводов в прогнозах освоения аналогичных горных водоемов и искусственных водохранилищ.

Сарезское озеро образовалось в 1911 г. в результате колоссального завала, происшедшего в долине р. Мургаб, когда погибли селения Сарез и Усой и началось затопление сел. Ирхт, на месте которого в настоящее время образовался большой залив того же названия.

В 1948 г. отделом гидробиологии и ихтиологии Института зоологии и паразитологии АН УзССР в этот район была организована экспедиция.

Не ставя себе задачей специального изучения гидробиологии Сарезского озера, мы ограничились небольшими исследованиями в заливе Ирхт, к которому наша группа спустилась по р. Ляйгар. Бурным потоком эта река впадает в залив Ирхт, неся с собой массу ледниковой мути. Дно реки каменистое, у берегов местами имеются песчаные отложения, а на прибрежных камнях отлагается ил. Фауна реки состоит главным образом из личинок двукрылых, в основном тензидид, которые встречаются в иловых налетах. Личинки поденок представлены реофильным родом *Baëtis* разных возрастов. Из мух встречены личинка *Brachyseta* из рода *Trinista* и несколько личинок веснянок и водные клещи. Из ручейников, по данным С. Г. Лепневой, найдена только личинка *Rhyacophila* sp.

Залив Ирхт, являющийся одним из наиболее крупных заливов озера, находится на его южном берегу, близ Усойского завала. Гидрологические особенности Ирхтского залива, начиная с его середины, где затухает влияние впадающей р. Ляйгар, мало отличается от таковых в озере.

Взятые нами пробы воды с поверхности и глубины были обработаны в Ташкенте в химической лаборатории Т. И. Безруковой. Результаты анализов показали, что на поверхности залива солевой состав воды иной, нежели на глубине. В поверхностной воде преобладают гидрокарбонатно-кальциевые соли, и состав воды по своему характеру приближается к водам рр. Мургаб и Ляйгар. На глубине преобладают сульфатно-кальциевые соли. Грунты, добытые лотом Воронкова, светложелтого цвета, мелкозернистые, без запаха сероводорода и без животных и растительных остатков.

Береговая фауна в исследованных нами частях залива отсутствовала, что можно объяснить еще не установившимся уровнем воды в озере.

Организмы, вносимые р. Ляггар, не находят себе подходящих условий для существования. Очень беден в качественном и количественном отношении планктон залива. Основным компонентом является *Diaptomus paulseni* Sars, который в озере не окрашен, *Daphnia longispina* O. F. Müller, *Filinia longiseta* Ehrb., *Asplanchna* sp. и *Ceratium hirundinella* O. F. Müller.

Среди *Diaptomus* преобладали копеподитные стадии, науплиальные были в меньшем количестве. Половозрелые встречены со сперматофорами.

Вертикальный лов планктона показал, что количественно планктон также беден. При пересчете на 1 л найдено всего:

<i>Diaptomus paulseni</i> Sars половозрелые стадии	1.5 орг.
» » » копеподитные стадии	20,7 »
Науплии <i>D. paulseni</i> Sars	5.2 »
<i>Daphnia longispina</i> O. F. Müller	0.6 »
<i>Filinia longiseta</i> (<i>Triarthra longiseta</i> Ehrb.)	3.8 »
<i>Ceratium hirundinella</i> O. F. Müller	2.3 »
<i>Asplanchna</i> sp. (ближе не определена)	3.4 »

Изложенное нами подтверждает данные других авторов об исключительной бедности фауны больших глубоководных водоемов Памира.

Е. Ф. МАНУЙЛОВА

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ДИНАМИКЕ ЧИСЛЕННОСТИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАЧКОВ В ОЗЕРАХ В СВЯЗИ С ТЕРМИЧЕСКИМ И ПИЩЕВЫМ ФАКТОРАМИ

Зависимость количественного развития зоопланктона от внешних условий, из-за слабой изученности биологии отдельных представителей, до сих пор еще недостаточно выяснена.

В связи с большим сходством видового состава Cladoseга по отдельным водоемам и широким географическим распространением очень многих видов, рядом авторов эта группа рассматривается как группа животных, слабо реагирующих на изменение внешних условий. Однако более внимательное изучение позволяет видеть, что динамика численности отдельных видов имеет свои особенности в каждом водоеме. Наблюдения, проведенные нами в течение ряда лет на различных озерах, позволяют привести в настоящем сообщении некоторые данные по динамике численности различных видов ветвистоусых рачков в связи с температурным фактором; по вопросу зависимости их развития от пищевого фактора нами приводятся предварительные данные частичной обработки материала последнего года исследований.

Экспериментальные работы на биостанции в Залучье (Калининская область) показали, что температура воды оказывает влияние на продолжительность формирования зародышей и скорость линек при росте молоди Cladoseга. Так, у *Daphnia cucullata* при средней температуре 14—16° молодь рождается на 3—4-й день, при 18—19° молодь рождается ежедневно. При 14—16° молодь этого вида достигает половозрелости и дает молодь следующего поколения на 15-й день, при 18—19° — на 8-й день. У *Daphnia cristata* от момента рождения молоди до появления молоди следующего поколения при 7° проходит 23—24 дня, при 14—15° — 14 дней. При 6—7° у молоди *D. cristata* период между первой и второй линьками длится 8 дней, между второй и третьей — 5 дней соответствующие сроки при 13° укорачиваются вдвое.

Одновременные наблюдения над развитием этих видов в оз. Коломенском показали, что при температуре от 10 до 18° развитие одного поколения у *D. cucullata* продолжается 8—10 дней, у *D. cristata* — 12—14 дней; при температуре выше 18° оно сокращается примерно вдвое.

В связи с этими обстоятельствами развитие весенних поколений Cladoseга и, тем более, зимних (для круглогодичных форм) происходит более медленно, чем летних. В соответствии с этим у ряда видов (в умеренных широтах) периодом максимального количественного развития является теплая пора — середина или вторая половина лета. К таким видам относятся *Daphnia cucullata*, *D. longispina*, *Diaphanosoma brachy-*

urum, *Leptodora kindtii*, *Chydorus sphaericus* и, повидимому, ряд литоральных *Cladocera*.

Наблюдения, проведенные на Коломенском озере в 1946 и 1947 гг., заметно отличающихся по температурным условиям (табл. 1), показали более сильное количественное развитие *Daphnia cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum* и *Chydorus sphaericus* в год с более высокими летними температурами (табл. 2).

Таблица 1

Колебания поверхностной температуры воды в оз. Коломенском (в° С)

Год	VII	VII	VIII	IX (1-я половина)
1946	16.1—21.4	24.7—26.0	23.0—24.2	21.0—18.2
1947	16.0—23.0	20.0—20.5	20.0—16.0	15.0—12.2

Таблица 2

Количественное развитие *Chydorus sphaericus*, *Diaphanosoma brachyurum* и *Daphnia cucullata* в оз. Коломенском (в тыс. в 1 м³)

Год	<i>C. sphaericus</i>				<i>D. brachyurum</i>				<i>D. cucullata</i>			
	VI	VII	VIII	IX (1-я половина)	VI	VII	VIII	IX	VI	VII	VIII	IX (1-я половина)
1946	36.0	58.0	160.0	21.0	0.4	4.0	7.0	2.0	4.0	12.0	19.0	25.0
1947	19.0	27.0	108.0	10.0	0.3	4.0	2.0	0.1	1.5	7.9	2.0	2.0

Наряду с видами *Cladocera*, у которых максимальное количественное развитие происходит при более высоких температурах (в условиях умеренных широт), имеется ряд форм с максимальной численностью или при температуре около 16—18° (*Daphnia cristata*, *Bosmina crassicornis*, *Limnosedalia frontosa*), или при еще более низких температурах (*Bosmina coregoni*, *B. longirostris similis*, *B. obtusirostris lacustris*). Повышение температуры выше тех, при которых наблюдается наибольшая численность и которые, повидимому, для этих видов являются оптимальными, ведет к заметному сокращению плодовитости у этих видов. Так, по наблюдениям в Коломенском озере, у *Daphnia cristata* в 1948 г. в апреле—мае плодовитость была 9—16 яиц, затем произошло заметное уменьшение плодовитости сначала до 5, затем до 2—4 яиц и, наконец, в более жаркое время при температуре выше 20° большая часть особей, вообще встречающихся крайне редко, оказалась стерильными. Сходное явление имело место у *Bosmina coregoni*. С понижением температуры до 18° у этих видов наблюдалось появление в выводковых камерах 1—2 зародышей и количество их в озере стало возрастать, в связи с чем в развитии их в Коломенском озере можно было наблюдать в 1947—1948 гг. два максимума, из которых осенний был ниже весеннего (табл. 3).

В 1947 г. весенний максимум *D. cristata* имел место в первой половине июня, в 1948 г. в связи с более быстрым прогреванием озера — в первой половине мая.

Табула ?

Среднее количество *Daphnia cristata* в оз. Коломенском в 1947—1948 гг.

Максимальная температура в °С	V		VI		VII	VIII	IX		X		XI	XII	I	II	III	IV		V
	2-я половина	1-я половина	2-я половина	1-я половина			2-я половина	1-я половина	2-я половина	1-я половина						2-я половина		
150	160	215	205	200	150	140	120	80	0.2	0.4	1.4	0.2	0.2	1.4	7.0	15.8	21.0	
1980	13450	9200	2000	110	220	600	1430	880	620	730	160	100	480	480	3100	11870	7200	

Значительное летнее повышение тем

Таблица 4

Развитие *Daphnia cristata* в оз. Валдайском в 1950 г.

	V	VI	VII	VIII	IX	X
Максимальная температура (поверхностная) в °C	11.0	15.8	18.6	16.0	13.0	8.0
Количество в 1 м ³ (в горизонте 0—5 м)	140	3510	21960	12020	9180	2700

пературы вызывает иное явление в биологии *Bosmina obtusirostris lacustris*, которая совершает при этом сезонные вертикальные миграции. Являясь характерной формой олиготрофных озер нашего севера, в озерах Валдайском и Ужии *B. obtusirostris lacustris* наряду с *B. longirostris similis* весной является преобладающей среди *Cladocera*. Однако в поверхностных горизонтах воды *B. obtusirostris lacustris* развивается только весной и не встречается при температуре выше 12—13°, являющейся, видимо, для нее верхним пределом. В летний период *B. obtusirostris lacustris* перемещается в глубинные слои с более низкой температурой и в поверхностных слоях вновь появляется только в октябре. В максимальных количествах *B. obtusirostris lacustris* развивается летом в глубоководных горизонтах (табл. 5).

Таблица 5

Вертикальное распределение *Bosmina obtusirostris lacustris* в озерах Валдайском и Ужии при различной температуре (1950 г.)

Валдайское								Ужии			
Глубина, в м	°C	горизонт, в м	количество в 1 м ³	глубина, в м	°C	горизонт, в м	количество в 1 м ³	глубина, в м	°C	горизонт, в м	количество в 1 м ³
0.5	11.8	5—0	1640	0.5	16.2	5—0	—	0.5	17.5	5—0	—
5	11.5	10—5	320	5	15.7	10—5	18	5	17.0	10—5	—
10	11.1	20—10	16	10	15.0	—	—	10	12.0	20—10	5590
20	8.2	—	—	20	11.0	20—10	18	20	8.0	—	—
30	6.5	30—20	20	30	10.0	30—20	19400	30	7.0	30—20	2130

Перемещение *B. obtusirostris lacustris* не может быть объяснено иным фактором, кроме температурного, так как химические условия остаются сходными, а большее количество бактерий и водорослей как в июне, так и в июле находится в поверхностных слоях (табл. 6).

Таблица 6

Количество бактерий (в тыс. в 1 см²) и водорослей (в тыс. клеток в 1 л) в оз. Валдайском (1950 г.)

Глубина, в м	11 VI		7 VII	
	водоросли	бактерии	водоросли	бактерии
0.5	22.5	445	3.5	715
10	0.03	325	0.04	593

Большое количественное развитие *B. obtusirostris lacustris* летом в глубоководных слоях, по сравнению с поверхностными в весенний период, при одинаковых термических условиях можно, повидимому, объяснить тем, что на больших глубинах, кроме этого вида, встречается очень небольшое количество других планктонных организмов (в июле 3950 в 1 м³, из них *Cladocera* — 550), тогда как весной в поверхностных горизонтах развивается массовое количество коловраток (до 69 тыс. в 1 м³), *Soropoda* (28.6 тыс.) и значительное число других *Cladocera* (4.5 тыс.). Таким образом, при одной и той же температуре и небольшом различии в отношении пищевых условий (повидимому, следует иметь в виду главным образом бактерий, так как преобладающие водоросли *Melosira* — в июне, *Dinobryon* и *Asterionella* — в июле не могут играть роли в питании пелагических *Cladocera*) *B. obtusirostris lacustris* развивается более сильно при отсутствии большого количества конкурентов в питании.

Как известно, партеногенетическое размножение *Cladocera* в озерах осенью сменяется половым, в результате которого численность популяций или сильно сокращается (у круглогодичных форм), или с отложением зимующих яиц развитие вида в планктоне прерывается.

В озерах температурный фактор в наступлении полового размножения играет, несомненно, большую роль. Так, у *Diaphanosoma brachyurum* самцы появляются уже при понижении летней температуры до 18°. В озерах Валдайского района в 1950 г. это имело место в начале августа, в Коломенском озере в 1946 г. — во второй половине августа, а в 1947 г. — в сентябре, в оз. Балхаш половое размножение *D. brachyurum* обычно наступает в конце сентября — начале октября, таким образом, в соответствии с термическими условиями этот моноциклический вид развивается в озерах разных широт различный промежуток времени.

При постепенном осеннем понижении температуры интенсивность полового размножения возрастает и численность популяции заметно сокращается. По наблюдениям в Коломенском озере, в 1947 г. у *Daphnia cucullata* первые самцы были обнаружены при 17.2°, при температуре около 13° партеногенез у *D. cucullata* почти совершенно прекратился (табл. 7).

Таблица 7

Изменение количества *Daphnia cucullata* (в 1 м³) в оз. Коломенском в 1947 г. при различной температуре

	27 VIII	6 IX	15 X	5 X	10 X	23 X
	17.2°	14.6	12.5°	8.4°	6.1°	3.2°
Взрослые самки	3780	3190	3030	1940	1350	860
Самцы	30	400	210	1220	1530	2080
Молодь самок	5210	4460	570	30	30	—

У всех *Boasina*, *Daphnia cristata* половое размножение наступает значительно позднее по сравнению с названными видами и первые самцы появляются осенью при температуре около 8—9°. Обычно у этих форм партеногенез не прекращается и идет наряду с более интенсивным половым размножением, в результате чего незначительная часть особей продолжает существовать и зимой. Большая часть

Cladocera половым размножением заканчивает цикл, и их зимующие яйца при прогревании весной до определенной температуры начинают развиваться. При более низких температурах — около $8-10^{\circ}$ появляются литоральные *Cladocera*; *Bosmina coregoni* (в Коломенском озере) появляется при $9-10^{\circ}$, *Daphnia cucullata* — при $11-12^{\circ}$, *Diaphanosoma brachyurum* и *Leptodora kindtii* — при $15-16^{\circ}$.

Температура, безусловно, не является единственным фактором, регулирующим численность и развитие *Cladocera* в том или ином водоеме. Пищевой фактор должен играть огромную роль. Экспериментальные работы наших советских ученых убедительно доказали значение бактерий и водорослей в питании *Cladocera*. Работы А. Г. Родиной (1948, 1950) показывают неравноценность различного вида пищи, исследования Гаевской (1949) говорят о том, что *Cladocera* не являются пассивными фильтраторами.

Наблюдения в природе по вопросу количественных соотношений между зоопланктоном и водорослями и, особенно, бактериями крайне ограничены.

Наблюдения автора, произведенные в 1950 г., позволяют привести некоторые данные по количественному развитию некоторых видов *Cladocera* в исследованных озерах Валдайского района в связи с развитием водорослей и бактерий. Сравнение численности организмов планктона в мелководном (глубина до 4 м) оз. Короцком, являющемся эвтрофным, с оз. Валдайским, являющимся переходным от олиготрофного к эвтрофному, показывает значительно большее количественное развитие *Cladocera* в первом при более высоком содержании в этом озере бактерий и водорослей (табл. 8).

Таблица 8

Количество водорослей, бактерий и *Cladocera* в озерах Валдайском и Короцком в июле 1950 г.

	Валдайское (7 VI)	Короцкое (6 VI)
Бактерии, в тыс. в 1 см ³	504	1627
Водоросли, в тыс. в 1 л	23.3	96.6
	(преобладают диатомовые)	(преобладают мелкие синезеленые)
<i>Cladocera</i> , в тыс. в 1 м ³	5.2	141.8
	(горизонт 0—5 м)	
<i>Bosmina longirostris</i> , в тыс. в 1 м ³	2.0	21.9
<i>Daphnia cristata</i> , в тыс. в 1 м ³	1.7	28.0

Daphnia cucullata является очень широко распространенной формой в озерах умеренных широт. По биологии ее имеются данные, показывающие, что этот вид достаточно хорошо переносит довольно значительные колебания в озерах ряда химических факторов и заметно избегает лишь кислые дистрофные и соленоватые озера. По данным 1950 г. (наблюдения Л. Ф. Смирновой), небольшие озера в районе Валдая — Середейское, Выходно и несколько меньшее по размерам и глубинам Короцкое — довольно близки между собой по содержанию кальция, нитратов, CO₂, окисляемости и кислородному режиму; оз. Короцкое выделяется более значительным содержанием железа и более щелочной реакцией воды. *D. cucullata* — обычная форма во всех

этих озерах, но количественное развитие ее особенно велико в оз. Короцком, где число бактерий и особенно водорослей значительно больше, чем в остальных озерах (табл. 9). Общий вид для озер Вискодно и Короцкое — *Bosmina coregoni* — также несравненно сильнее развит в последнем.

Таблица 9

Количество бактерий (в тыс. в 1 см³) и водорослей (в тыс. в 1 л), а также *Daphnia cucullata* и *Bosmina coregoni* (в тыс. в 1 м³) в озерах в районе Валдая

	Середейское (26 VI 1950)	Вискодно (29 VI 1950)	Короцкое (5 VII 1950)
Бактерии	710	1112	1685
Водоросли	2.89	1.58	92.9
<i>Daphnia cucullata</i>	4.0	3.6	133.0
<i>Bosmina coregoni</i>	—	0.6	68.2

В оз. Короцком *Cladocera* являются преобладающей группой зоопланктона в течение всего лета и начала осени. Это озеро отличается очень сильным количественным развитием *Cladocera* по сравнению с другими исследованными нами в 1950 г. озерами Вискодно, Середейское, Ельчинское, Валдайское и Ужин. Так, наибольшее количество *Cladocera* в период их максимального развития (в июне—июле) в указанных озерах не превышало 43 тыс. в 1 м³, тогда как в оз. Короцком оно в течение периода июнь—август колебалось от 141 тыс. до 273 тыс. в 1 м³ и только в октябре снизилось до 36.7 тыс. в 1 м³.

По общему количеству бактерий все эти озера отличаются не так резко. Однако следует отметить, что в оз. Короцком в значительном количестве развиты дрожжевые грибки, являющиеся, по данным А. Г. Родиной, прекрасной пищей для *Cladocera*.

Развитие водорослей в названных озерах различно. Во всех, кроме оз. Короцкого, весной 1950 г. преобладали диатомовые водоросли, летом развились в значительных количествах хламидомонадовые, в небольших — синезеленые и крайне слабо — зеленые. В оз. Короцком летом преобладали синезеленые водоросли, из них в июне и июле очень сильно были развиты мелкие *Gloeosoccus*, наряду с которыми в значительных количествах (до 15 тыс. клеток в 1 л) встречалась *Chlorella*, являющаяся, по данным ряда авторов, прекрасной пищей для *Cladocera*: диатомовые в озере размножались лишь в небольших количествах (табл. 10).

Таблица 10

Наименьшие количества бактерий (в тыс. в 1 см³) и водорослей (в тыс. в 1 л) в оз. Короцком в его открытой части в течение лета 1950 г.

	6 VI	5 VII	19 VIII
Бактерии	1653	1685	2496
<i>Gloeosoccus</i> , <i>Chlorella</i>	96.6	48.1	2.0
<i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Microcystis</i>	38.7	11.9	351.7
Диатомовые	6.8	2.2	4.6

В августе в озере имело место очень сильное цветение, вызванное развитием синезеленых, главным образом *Anabaena*, *Aphanizomenon*

и *Microcystis*. Количество *Gloeosococcus* при этом резко сократилось. *Chlorella* почти не встречалась.

Численность *Cladocera* в течение лета в оз. Короцком испытывала большие колебания, причем в августе очень сильно упало количество некоторых видов (табл. 11)

Таблица 11

Изменения количества *Cladocera* (в тыс. в 1 м³) в оз. Короцком в течение лета 1950 г.

Название вида	6 VI	6 VII	19 VIII
<i>Bosmina coregoni</i>	52.5	68.2	19.6
<i>B. longirostris</i>	21.8	—	0.6
<i>Daphnia cristata</i>	28.02	12.7	0.001
<i>D. cucullata</i>	20.5	133.08	10.8
<i>D. longispina</i>	0.2	2.8	0.2
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	15.8	1.2	0.2
<i>Chydorus sphaericus</i>	1.4	53.3	135.0
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.2	1.5	9.7
Всего	140.42	272.78	176.1

В приведенных данных обращает внимание сильное уменьшение численности *Daphnia cristata* и *D. cucullata* в августе, тогда как в других исследованных в 1950 г. озерах количество *D. cucullata* в это время возросло, а количество *D. cristata* не падало ниже 12 тыс. в 1 м³. Повидимому, падение численности этих видов в оз. Короцком связано с отрицательным действием цветения. Возможно, что и уменьшение численности *Bosmina coregoni* в оз. Короцком объясняется этим же фактором. *B. longirostris* и *Ceriodaphnia pulchella*, отсутствующие в августе в открытом озере, в массовых количествах развивались в литорали, и, вероятно, их развитие не зависело от цветения. Последнее не оказывает также, повидимому, отрицательного влияния на *Chydorus sphaericus* и *Diaphanosoma brachyurum*, которые в оз. Короцком показывали ту же динамику численности, что и в других озерах, а в августе имели очень большую численность. Следует отметить, что эти два вида, и особенно первый из них, являются крайне зрелыми формами.

Таким образом, можно видеть, что развитие *Cladocera* зависит от сложного взаимодействия ряда факторов, из которых температурный и пищевой, повидимому, являются наиболее существенными в регулировании динамики их численности.

ЛИТЕРАТУРА

- Гаевская Н. С. 1949. О пищевой активности у животных фильтраторов. Тр. Всес. Гидробиолог. общ., т. 1.
Грезе Б. С. 1948. Материалы по продуктивности зоопланктона в Валдайском озере. Изв. ВНИОРХ'а, т. XXVI, вып. 2.
Родина А. Г. 1948. Роль бактерий и дрожжевых грибов в питании *Cladocera* (*Daphnia magna*) Тр. Зоол. инст. АН СССР, т. VIII, вып. 3.
Родина А. Г. 1950. Экспериментальное исследование питания дафний. Тр. Всес. Гидробиолог. общ., т. II.

Ф. Д. МОРДУХАИ-БОЛТОВСКОЙ

МАТЕРИАЛЫ ПО СРЕДНЕМУ ВЕСУ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БАССЕЙНА ДОНА

В настоящее время достаточно ясна необходимость располагать данными по весу мелких водных беспозвоночных. Без весовых данных невозможно установление биомассы не только зоопланктона, но и зообентоса и фитофильной фауны при сколько-нибудь полном их количественном учете, невозможно также и количественное изучение питания молодых рыб.

Данные по весу ряда планктонных и отчасти придонных низших ракообразных и коловраток приводились в печати рядом авторов. Для бассейна Волги они имеются в работах Л. Г. Амелиной (1941), А. П. Сушкиной (1940), А. Ф. Зиновьева (1937), для бассейна Дона — в работах Н. Н. Харина (1948); недавно вышла работа С. Н. Уломского (1951), содержащая много материалов по весу главным образом копепод и кладоцер озер Урала. Однако все эти сведения страдают неполнотой или носят фрагментарный характер. Какой-либо сводки, охватывающей большую часть главных групп водных беспозвоночных, до настоящего времени не опубликовано. Однако исследователю, работающему над фауной водоемов или питанием рыб, необходимо располагать полными и достаточно подробными данными, носящими именно характер сводки.

Столкнувшись с фактом отсутствия таких данных или чрезвычайной их неполнотой, мы уже давно вынуждены были заняться определением среднего веса наиболее распространенных форм беспозвоночных.

Сначала, еще в довоенные годы, были установлены средние веса главных представителей макробентоса низовьев Дона и Таганрогского залива. В последние годы пришлось обратиться к микрофауне как планктонной, так и донной и зарослевой.

Непосредственное взвешивание представителей микрофауны значительно сложнее. Для наиболее мелких форм оно просто невозможно, и для них приходится устанавливать его по объему организма, вычисленному на основании измерений и приравнивания организма к какому-нибудь правильному геометрическому телу.

Такой «геометрический» путь технически относительно прост, но менее точен вследствие сложности и геометрической неправильности тел животных, а для придонных форм и вследствие неизвестности их удельного веса (для планктонных удельный вес условно принимается равным единице, а в действительности обычно превышает ее менее чем на $\frac{1}{10}$). Поэтому во всех случаях, когда это возможно, следует контролировать данные, полученные геометрически, непосредственным взвешиванием

Практически это возможно для всех ракообразных. Если молодые стадии взвесить нельзя, то взрослые, даже такие, как боснины и микроциклопы, отобранные сотнями экземпляров, всегда могут быть взвешены, и мы, зная их вес, можем подобрать геометрическое тело, объем которого соответствует этому весу, и по формуле объема этого тела рассчитать вес и более мелких молодых стадий. Исключение составляют только науплиальные стадии копепод, которые построены иначе, чем копеподитные стадии, а сами слишком мелки для взвешивания. Для науплиальных стадий, так же как и для коловраток и простейших, вес приходится устанавливать только геометрическим способом.

Мы задались целью получить как можно больше материалов по весу беспозвоночных на основе непосредственных взвешиваний и не только потому, что они дают более верные величины веса, но и потому, что основную часть биомассы фауны в водоемах и кормовых объектов рыб образуют ракообразные и другие, поддающиеся взвешиванию, формы. К тому же нам надлежало выполнить поручение, данное Четвертым совещанием по проблемам гидробиологии внутренних вод при Зоологическом институте Академии Наук СССР в марте 1951 г., — определить путем непосредственного взвешивания вес планктонных пресноводных ракообразных.

Материалы, полученные в результате выполнения этого поручения, а также многочисленные определения веса других групп фауны (червей, насекомых), производившиеся как в довоенные, так и в последние годы, послужили для составления нижеприводимых таблиц. Все приведенные в таблицах данные получены нами лично, а также сотрудницей гидробиологической лаборатории Ростовского филиала Гипрорыбы В. А. Макаровской. Только часть данных по коловраткам заимствована из указанных выше литературных источников.

В связи с отсутствием в настоящее время других, более точных данных, приводимые ниже материалы можно рассматривать как первую попытку дать сводку данных по весу, позволяющую легко получить приближенные величины и избежать грубых ошибок при определении биомассы фауны и количественных показателей в питании рыб. Однако следует учитывать их предварительный характер и необходимость значительного расширения таблиц и уточнения величин в дальнейшем.

Для правильной оценки и надлежащего использования приводимых данных следует иметь в виду методику определения веса и составления таблиц, которую мы и описываем ниже.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ВЕСА ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Все приводимые ниже данные означают сырой формалиновый вес животного при его наружном обсушивании. Именно этим весом и пользуется огромное большинство гидробиологов, определяющих биомассу фауны или содержимого кишечника рыб при непосредственном взвешивании. Однако этот вес безусловно отличается от истинного живого веса.

Во-первых, фиксация животного формалином изменяет его вес, причем величина отклонения от истинного (живого) веса зависит от ряда факторов, особенно от продолжительности фиксации, как было еще давно показано Е. В. Боруцким (1934). Весь материал, который мы взвешивали, хранился не менее полугода (до полутора лет), причем формалин имел вообще довольно высокую крепость (около 5—10%).

В свете выводов Боруцкого это обстоятельство дает правильный вес, так как при фиксации более 4 месяцев и крепком формалине колебания веса сводятся к минимуму.

Во-вторых, обсушивание фильтровальной бумагой представляет собой, в сущности, очень грубый способ удаления наружной влаги. Если тендипедиды или копеподы обсушиваются таким путем более или менее одинаково, то в отношении к снабженным раковинкой кладоцерам (а также остракодам и ракушковым листоногим) дело усложняется тем, что вода, находящаяся между раковинкой и телом, удаляется не полностью и, повидимому, в различной степени в зависимости от «зияния» раковинки. Само время обсушивания имеет, конечно, важное значение, как это было показано также Боруцким, рекомендуя 1-минутное подсушивание. Но в этом вопросе мы можем пользоваться и другим показателем — прекращением появления мокрых пятен на фильтровальной бумаге, и производить взвешивание немедленно после этого. Спыт показывает, что таким образом можно получить достаточную точность.¹

Более сложен вопрос о переходе от формалинового веса к живому. Для этого перехода необходимо умножать формалиновый вес на какой-то коэффициент, величина которого вообще не может быть указана и не только потому, что она недостаточно точно определена, но и потому, что она, очевидно, неодинакова в различных группах животных и при разных методах фиксации и хранения материала.

Среди авторов, рассматривавших этот вопрос, наиболее подробные данные приводит опять-таки Боруцкий (1934), который указывает, что у тендипедид вес от формалиновой фиксации довольно сильно возрастает, причем тем больше, чем мельче организм; по истечении 3—4 месяцев, т. е. по установлении постоянного веса, он оказывается у мелких форм (весом до 9 мг) на 30%, а у крупных (весом 50—60 мг) — на 15% выше живого веса. У олигохет же, наоборот, вес в формалине уменьшается (на 5—10%). То же, по нашим наблюдениям, имеет место для молоди рыб (вес мальков судака за 1½ года хранения в формалине уменьшился на 10—15%).

Таким образом, в этом отношении пока невозможно для всех групп привести достоверные показатели, однако следует иметь в виду необходимость их получения, так как нельзя же без конца пользоваться только весами, заведомо сильно отличающимися от истинных.

Само взвешивание производилось нами следующим образом.

Сначала подлежащий весовому анализу вид отбирался в возможно большем количестве из пробы, в которой он содержался. Для очень мелких форм отбиралось 100—200 экз., иногда и более, с таким расчетом, чтобы все они вместе имели вес, достаточно хорошо регистрируемый на аналитических весах, — во всяком случае не менее 1—2 мг.

При отборе обязательно производилось измерение и взвешивались вместе экземпляры одной размерной группы. Границы размерных групп зависели от величины животного, а также от его распространенности. Для копепод и кладоцер мы взяли границы между размерными группами через каждые 0.2 мм. Это значит, что все рачки, например длиной между 0.7 и 0.9 мм, входят в одну группу, т. е. принимаются имеющими один вес. Конечно, это можно принимать лишь условно, и чем

¹ Более точным методом, при котором вообще устраняется подсушивание, является разработанный Н. С. Гневской (1938) метод определения веса при помощи раствора глюкозы, в котором содержатся и живые организмы.

меньше абсолютный размер, тем больше ошибка. Но при необходимости более точных данных есть возможность внести поправки, как мы покажем ниже. Для высших ракообразных, личинок насекомых и олигохет мы принимали размерные группы через 1 мм; только в некоторых случаях брались группы по 2 мм, иногда (особенно для мелких форм) по 0.5 мм.

Кроме размеров, во многих случаях учитывалась стадия и пол. Для многих ракообразных пол имеет большое значение, так как самцы при тех же размерах нередко бывают легче самок. Весьма важно знать, достигнута ли зрелость, так как зрелые самки, как правило, имеют яйца, значительно увеличивающие их вес.

В процессе работы выяснилось, однако, что организмы одного размера одной стадии и одного пола, но из разных водоемов или вообще из разных проб могут иметь неодинаковый вес. Причина этого заключается в том, что организмы могут находиться в различном состоянии, могут иметь различную упитанность. Так, наблюдающиеся в период недостатка кормов самки мoiny с бледным телом, пустым кишечником и малым числом яиц весят меньше, чем усиленно питающиеся самки с раздутыми от яиц выводковыми камерами. Кроме того, имеет значение и сохранность пробы. При слабой фиксации, вызывающей частичную мацерацию тела, и при повреждениях животного его вес также уменьшается. Учитывая это, мы при отборе для взвешивания выбирали хорошо сохранившиеся экземпляры.

Отобранные животные, отмытые от посторонних примесей, иглой сталкивались на фильтровальную бумагу для подсушивания. Более крупные организмы перекладывались раза два по бумаге (до тех пор, пока не переставали давать мокрые пятна). Более мелкие образуют на бумаге кучку, которую приходится перекладывать целиком, чтобы не потерять часть организмов.

Во избежание потерь удобнее производить подсушивание через кусочек шелкового газа, как это рекомендует Уломский (1951). Для этого отобранные организмы вместе с водой с предметного стекла смываются на кусочек газа, который затем подсушивается на фильтровальной бумаге. Газ натягивают пинцетом за уголки и несколько раз сильно прижимают к бумаге, пока он не перестанет давать мокрые пятна. Затем организмы осторожно иглой сбрасываются на часовое стекло или бумагу (лучше черную, на которой они лучше видны), лежащую на чашке весов, и немедленно взвешиваются. После взвешивания следует вновь поместить организмы в воду и еще раз пересчитать их ввиду возможных потерь при подсушивании. Применение газа имеет те преимущества, что облегчает подсушивание и уменьшает потери, а также устраняет загрязнение организмов пристающими к ним волокнами фильтровальной бумаги.

Уломский (1951) советует взвешивать организмы вместе с кусочком газа и при этом в закрытой бюксе, во избежание потери веса от испарения во время взвешивания. Мы полагаем, что необходимости в этом нет, так как, взвешивая в открытых бюксах или без бюкса, мы убедились, что изменения веса от продолжающегося после подсушивания испарения влаги, если взвешивание производится немедленно, настолько незначительны, что ими можно пренебречь. Для проверки мы неоднократно производили повторное взвешивание, а именно — только что взвешенных животных помещали опять в воду, затем вновь подсушивали и взвешивали и всегда получали тот же результат.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ИЗМЕНЕНИЯХ ВЕСА

Для того чтобы иметь удобные для пользования таблицы весов, необходимо, строго говоря, располагать средними весами всех видов беспозвоночных для всех размеров и стадий. Создание таких таблиц на основе непосредственных взвешиваний каждого вида и каждого размера является чрезвычайно обширной и трудоемкой задачей, которую мы и не могли перед собой ставить. Но практически эта задача может быть значительно упрощена. Прежде всего нет необходимости устанавливать веса для каждого вида, так как многие близкие виды, имея очень сходное строение и отличаясь только деталями, при одинаковых размерах имеют и одинаковый вес. Таковы, например, виды рода *цериидафния*, многие циклопы, многие тендипедиды. Для каждой систематической группы животных можно установить несколько морфологических типов форм; к одному типу можно отнести несколько видов (или даже родов) и определить вес только для одного из них, считая, что полученные данные можно распространить и на другие виды того же типа. Так, до 10 типов мы намечаем среди *кладоцер*, 3—4 типа — среди *тендипедид* и т. д. Конечно, чем больше намечается таких типов, тем точнее данные для тех видов, которые непосредственно не взвешивались, а «приравнивались» к видам, вес которых был определен.

Другое упрощение задачи заключается в том, что нет необходимости определять вес для всех намеченных нами размерных классов; можно определить вес лишь для некоторых размеров, а для промежуточных найти его интерполированием. Можно было бы даже установить только вес наименьшего и наибольшего размера, а все промежуточные вычислить. Однако для этого необходимо знать, как изменяется вес с изменением размера животного.

Вес изменяется, конечно, не пропорционально изменению линейной длины, а пропорционально изменению объема тела, т. е. значительно быстрее.

Если бы нам была известна зависимость между изменением линейной длины и изменением веса, то, в сущности, было бы достаточно определить вес животного только для какого-нибудь одного размера, чтобы вычислить вес для всех других размеров по формуле, выражающей эту зависимость.

Теоретически можно предполагать, что вес, зависящий прежде всего от объема тела, с ростом животного должен возрастать в общем пропорционально кубу линейной длины. Это положение можно принимать в тех случаях, когда имеются лишь отдельные данные о весе для одного или двух размеров и зависимость между весом и длиной неясна. Однако, произведя для ряда форм взвешивание многих размерных классов, мы убедились, что такую зависимость можно принимать лишь в качестве первого приближения. В действительности, она чаще в большей или меньшей мере отклоняется от такого соотношения, но в разные стороны у различных групп животных.

Замечается, что у организмов с длинным вытянутым телом вес часто возрастает несколько меньше, чем пропорционально кубу длины, как бы медленнее, чем следовало бы, если бы форма тела оставалась все время неизменной (подобной форме молодых стадий). Очевидно, это происходит потому, что форма тела изменяется; животное становится как бы более худым, относительно более тонким. Но на размерах, при которых происходит созревание животного, во многих случаях наблюдается зна-

чительно более быстрое увеличение веса, связанное, очевидно, с появлением яиц или зародышей.

У некоторых форм, в частности у овальных или эллипсоидальных кладоцер, остракод, вес тела вообще возрастает быстрее, чем куб длины. Очевидно, тело принимает более округлую форму или раковинка пропитывается тяжелыми солями (известью).

Ниже, при рассмотрении отдельных групп, мы указываем на особенности их весового роста.

Следует заметить, что даже в тех случаях, когда найден определенный характер зависимости между длиной и весом и мы можем по выражающей эту зависимость формуле вычислить вес для каждого размера, результаты непосредственных взвешиваний нередко значительно отличаются от вычисленных весов. Причины этого могут заключаться как в неточностях самой методики (некоторые отклонения в размерах, различия в упитанности особей, степени подсушивания и т. д.), так и в том, что найденная нами зависимость имеет ограниченное применение. Так, весьма возможно, что после созревания животного она, как общее правило, изменяется.

В некоторых случаях мы считаем возможным «исправлять» получаемые при взвешивании цифры, если они явно случайно нарушают очевидную закономерность. Однако, если зависимость веса от длины не вполне проверена, мы предпочитаем брать не вычисленные, а полученные при взвешивании цифры, даже если они дают неправильное возрастание веса с увеличением длины.

Дальнейшая работа по установлению веса беспозвоночных, по нашему мнению, и должна заключаться, главным образом, в изучении роста отдельных групп и видов, в выработке математических формул, выражающих зависимость между изменением веса животного и его линейной длины.

Следует помнить, однако, что даже если бы эти математические формулы были найдены, мы не могли бы рассчитывать на полную точность цифр. Даже при строгом соблюдении однородности в методах отбора, подсушивания и взвешивания мы не получим одинакового веса при одинаковой линейной длине и вообще полной правильности возрастания веса, соответствия его формуле, в силу хотя бы индивидуальных и групповых (по водоемам, по биотопам) отклонений в форме тела или раковинки, упитанности, числе яиц, стадии зародышей и т. д. В этом легко убедиться, если произвести взвешивание как будто бы одинаковых организмов из разных проб. По этим причинам мы считаем возможным для расчетов биомассы фауны и веса пищи рыб пользоваться несколько округленными цифрами.

Приводимые ниже в таблицах так называемые «принятые веса», т. е. принимавшиеся нами при вычислениях биомассы фауны и содержимого кишечника рыб, большей частью представляют собою уже округленные (а в некоторых случаях и «исправленные») результаты взвешиваний и расчетов. Мы получали их с точностью до 0.001 мг (а в некоторых случаях — до 0.0001 мг), но когда величины превышали 0.020—0.030 мг, они округлялись до 0.005 мг, а когда превышали 1 мг, то округлялись до 0.01 или 0.1 мг. При весе в десятки миллиграммов делалось еще большее округление.

Округленные величины значительно упрощают вычисления, которые часто имеют массовый характер, если проводится количественный учет фауны или питания рыб. Пользование округленными величинами допу-

стимо уже и потому, что несовершенна сама методика количественного учета фауны беспозвоночных.

Для наиболее распространенных групп, вес которых особенно важно знать — клadoцер и копепод — мы даем не только принятые веса, но и непосредственные результаты взвешивания. Как видно, размеры взвешиваемых животных часто не соответствовали принятым размерным группам. Например, взвешивалась *Heterosore* длиной 1.37—1.64 мм, в среднем 1.52 мм, а нужно знать вес для длины 1.3—1.5 мм (в среднем 1.4 мм), 1.5—1.7 мм (в среднем 1.6 мм) и т. д. В таких случаях, конечно, приходилось производить вычисления, исходя из того, что вес при незначительных изменениях длины изменяется пропорционально ее кубу.

Аналогичные вычисления приходилось производить и тогда, когда в пробах отмечались организмы, размер которых является пограничным между двумя соседними группами: например 1.50 мм (их вес равен не среднему между весом двух соседних размерных групп: 1.3—1.5 мм и 1.5—1.7 мм, а в действительности несколько ближе к весу меньшей группы).

ОСОБЕННОСТИ ВЕСОВОГО РОСТА ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП¹

Коловратки. Все веса коловраток (табл. 1) получены, как указывалось выше, «геометрическим» путем, т. е. установлением объема при предположении, что удельный вес почти равен единице. Подчеркнем еще раз, что для донных форм это может далеко не соответствовать действительности.

Таблица 1

Принятые для вычисления веса коловраток

Название вида	Длина, в мм	Вес, в мг	Название вида	Длина, в мм	Вес, в мг
<i>Pedalia</i>	0.14	0.0004	<i>Keratella cochlearis</i> . . .	0.10	0.0002
<i>Polyarthra</i>	0.11	0.0004 *	<i>K. quadrata</i>	0.14	0.0004 *
<i>Filinia</i>	0.16	0.0003 *	<i>Brachionus angularis</i> . . .	0.13	0.0004 *
<i>Asplanchna</i>	0.40	0.0200	<i>B. urceolaris</i>	0.17	0.0005 *
<i>Testudinella</i>	0.18	0.0004	<i>B. plicatilis</i>	0.20	0.0015
<i>Monostyla bulla</i>	—	0.0005	<i>B. quadridentatus</i>	—	0.0020
<i>Lecane luna</i>	0.13	0.0009	<i>B. calyciflorus</i>	0.30 (0.25)	0.0065 *
<i>Euchlanis dilatata</i>	0.20—0.25	0.0020 *	<i>B. rubens</i>	0.30	0.0040
<i>Notholca bipalium</i>	0.25	0.0003			

Примечание. Отмеченные звездочкой цифры заимствованы нами у других авторов, а именно у Н. Н. Харина (1948), отчасти у А. Ф. Зиновьева (1937).

Крупная беспанцyrная коловратка *Asplanchna*, имеющая большой средний вес: по вычислениям 0.01—0.04 мг, а по непосредственному взвешиванию, произведенному Уломским, — 0.020 мг, заполнена, повидному, в значительной степени водой или жидкостью близкой к воде консистенции, так как при неосторожном прикосновении к коловратке, извлеченной из пробы, эта жидкость вытекает и мешковидное тело *Asplanchna* сейчас же спадает. Поэтому высокая биомасса, часто образуемая этой

¹ Средний сырой формалиновый вес водных беспозвоночных бассейна Дона приведен в табл. 1—11.

коловраткой, должна оцениваться иначе и вообще ниже, чем если та же биомасса образована другими формами коловраток или ракообразных.

Таблица 2

Принятые для вычисления веса олигохет Euscutidae

Длина, в мм	Вес, в мг	Длина, в мм	Вес, в мг
1	0.015	7	0.750
2	0.060	8	0.925
3	0.140	9	0.100
4	0.250	10	1.350
5	0.380	11	1.600
6	0.550	12	1.900

Олигохеты. Вес эхитреид (табл. 2), для которых дается их полная длина, возрастает не более, чем пропорционально квадрату длины. Очевидно, они растут значительно больше в длину, чем в ширину. Принятые для вычисления веса отличаются от установленных не округлением, а исправлением на размерах 6—8 мм.

Для тубифицид, которые очень часто рвутся, а в кишечниках рыб вообще встречаются в виде обрывков, даны веса фрагментов разной длины для четырех значений толщины (табл. 3). При определенной толщине вес тубифициды (фрагмента) будет возрастать, конечно, пропорционально линейной длине. Для червей длиной более 10 мм, зная их толщину, вес легко найти, пользуясь этой пропорциональностью.

Таблица 3

Принятые для вычисления веса олигохет Tubificidae (фрагменты), в мг

Длина, в мм	Ширина, в мм			
	0.1—0.2	0.2—0.3	0.3—0.4	0.4—0.6
0.5	0.008	0.015	0.038	0.075
1.0	0.017	0.030	0.075	0.150
2.0	0.035	0.060	0.150	0.300
3.0	0.050	0.090	0.225	0.450
4.0	0.070	0.120	0.300	0.600
5.0	0.085	0.150	0.375	0.750
6	—	0.180	0.450	0.900
7	—	0.210	0.525	1.050
8	—	0.240	0.600	1.200
9	—	0.270	0.675	1.350
10	—	0.300	0.750	1.500

В табл. 4 даны принятые для вычисления веса полихет и пиявок.

Остракоды. Взвешиванию подвергались остракоды из семейства Сургidae, чаще всего из рода Еисургия, имеющие типичную для остракод бобовидную раковинку. Вес остракод с увеличением длины возрастает очень сильно и вообще больше чем пропорционально кубу длины. Это связано, вероятно, отчасти с появлением органов размножения и яиц, но, может быть, преимущественно с утяжелением раковинки, все более пропитывающейся известью (табл. 5).

Таблица 4

Принятые для вычисления веса полихеты и пиявки, в мг

Длина, в мм	Полихеты		Пиявки <i>Herobdella</i>
	<i>Hypaniola</i>	<i>Hypania</i>	
1	—	—	—
2	—	—	0.3
3	0.1	0.15	0.9
4	0.2	1.4	2.2
5	0.4	0.75	4.3
6	0.75	1.3	7.5
7	1.1	2.0	—
8	2.2	2.8	—

Таблица 5

Данные взвешиваний *Hydracarina* и остракод

<i>Hydracarina</i> (<i>Eulais</i> sp.)		Остракоды (<i>Eucypris</i> sp.)	
длина, в мм	вес, в мг	длина, в мм	вес, в мг
0.1—0.3	0.002	0.1—0.3	0.0006
0.3—0.5	0.015	0.3—0.5	0.005
0.5—0.7	0.050	0.5—0.7	0.018
0.7—0.9	0.12	0.7—0.9	0.035
1	0.25	0.9—1.2	0.120
1.5	0.8	1.2—1.8	0.600
2	1.8	1.8—2.2	0.300
		2.2—2.6	2.500

Абсолютный вес остракод у нас несколько преуменьшен в связи с тем, что получен по формалиновому материалу, хотя выбирались пробы, в которых декальцинация раковин была незаметна.

Кладоцеры. Ввиду важности этой группы для массовых определений биомассы зоопланктона, приводим сначала данные взвешиваний (табл. 6), принятые для вычисления, а затем веса (табл. 7). При пользовании этими данными следует иметь в виду, что указываемая длина кладоцер есть длина их раковинки (без шипа). Исключение составляет *Polypheus*, у которого берется длина до основания плавательных щетинок. Из дафний мы взяли два типа строения: 1) без шлема (*Daphnia magna*, *D. pulex* и лишённые шлема формы *D. longispina*), 2) со шлемом (многие *D. longispina*, *D. hyalina*, *D. cucullata*).

Взвешивались *D. hyalina* со шлемом, высота которого (расстояние от конца шлема до глаза) составляет около 25% длины всего тела. Естественно, что шлемоносные формы весят меньше лишённых шлема при той же длине, и чем выше шлем, тем меньше вес. Вес кладоцер, как можно видеть из табл. 7, возрастает в общем скорее, чем куб длины. Причина этого, как упоминалось выше, заключается главным образом в изменении формы тела, которое становится более округленным в связи с созреванием и образованием яиц. Вообще с появлением яиц вес самки кладоцер сильно возрастает (на 25%, часто и больше). После того как

Таблица 6

Данные генетики клadoцep и копeпoд

Название группы и вида	Длина, в мм	Стадия	Вес, в мг
К л а д о ц е р ы			
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.75—1.02 0.94—1.06	Незрелая Яйценосная	0.018 0.014
<i>Sida crystallina</i>	1.89—2.26	»	0.500
<i>Daphnia hyalina</i> (со шлемом высотой 18—27 % длины тела)	0.75—1.13 0.94—1.13 1.13—1.50 1.50—1.89 2.26—2.45	Незрелая Яйценосная » » »	0.022 0.055 0.083 0.277 0.685
<i>D. pulex</i>	0.94—1.13 1.89—2.26 2.41—2.60	Незрелая Яйценосная »	0.037 0.654 1.540
<i>D. magna</i>	1.3—1.7 3.0 4.0	Незрелая Яйценосная »	0.238 3.000 5.725
<i>Simoccephalus vetulus</i>	0.64—0.75 0.75—0.94 0.94—1.13 1.3—1.5 1.51—1.89 1.89—2.26 около 2.6	Незрелая » » » » » Яйценосная	0.013 0.030 0.043 0.120 0.290 0.425 1.750
<i>S. exarpinosus</i>	3.5	»	4.540
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	0.57—0.75 0.75—0.83	Зрелая »	0.019 0.026
<i>Moina micropthalma</i>	0.5—0.75 1.0—1.3 1.3—1.5	Незрелая Зрелая »	0.010 0.086 0.191
То же, ♀ с очень большим количеством яиц . .	1.1—1.5	»	0.482
То же, ♂	0.94—1.13	»	0.044
<i>M. rectirostris</i>	1.08—1.26	»	0.113
<i>Macrothrix</i> sp.	0.75—0.94	—	0.035
<i>Boeckia longirostris</i>	0.30—0.45	Зрелая	0.0078
<i>Chydorus sphaericus</i>	0.34—0.45	»	0.0125
<i>Polyphemus pediculus</i>	0.57—0.94	»	0.061
К о п е п о д ы			
<i>Diaptomus graciloides</i> ♀	0.94—1.32 1.52—1.69	Нарослая »	0.063 0.110
<i>D. salinus</i> , ♀	1.04—1.33 1.38—1.66 (6. ч. 1.4)	Незрелая Зрелая	0.037 0.072
То же, ♂	1.15—1.44	»	0.055
<i>Heteroscore clausa</i> ♀	1.37—1.64	»	0.082
То же, ♂	1.13—1.5	»	0.055

Таблица 6 (продолжение).

Название группы и вида	Длина, в мм	Стадия	Вес, в мг
<i>Calanipeda aquaedulcis</i> , ♀	1.19—1.33	Зрелая	0.028
То же, ♂	1.0—1.1	»	0.014
<i>Eurytemora velox</i> , ♀	1.32—1.5 1.50—1.69	Незрелая Зрелая	0.068 0.089
То же, ♂	1.17—1.32	»	0.044
<i>Acanthocyclops vernalis</i> , ♀	1.0—1.13 1.13—1.32 1.32—1.51	Незрелая Зрелая »	0.035 0.043 0.071
То же, ♂	0.75—0.94	»	0.010
<i>Macrocyclops albidus</i> , ♀	1.26—1.47	»	0.129
<i>Acanthocyclops viridis</i> , ♀	2.07—2.45	»	0.350
<i>Microcyclops gracilis</i> , ♀	0.38—0.57	»	0.008
<i>Harpacticoida</i> sp.	0.6—0.75	»	0.013
Копеподиты <i>Cyclopoida</i>	0.72—0.9	»	0.017

Таблица 7

Принятые для вычисления веса кладоцер (самок), в мг

Длина, в мм	<i>Daphnia</i> <i>pulex</i> , <i>D. magna</i>	<i>Simoccephalus</i> , <i>Sida</i>	<i>Daphnia longisp-</i> на и другие со шлемом	<i>Moina</i> , <i>Ceriodaphnia</i>
0.2—0.3	—	—	—	—
0.3—0.4	—	—	—	—
0.4—0.5	0.003	0.003	0.002	0.0035
0.5—0.7	0.008	0.008	0.006	{ 0.010 (без яиц) 0.014 (яйценосн.)
0.7—0.9	0.020	0.020	0.015	0.025
0.9—1.1	0.040	0.040	0.050 (яйценосные)	0.050
1.1—1.3	0.100	0.070	0.065	0.085
1.3—1.5	0.180	0.120	0.140	0.190
1.5—1.7	0.290	0.240	0.230	—
1.7—1.9	0.420	0.340	0.330	—
1.9—2.1	0.590 (яйценосные)	{ 0.425 (без яиц) 0.530 (яйценосн.)	0.430	—
2.1—2.3	0.900	0.800	0.585	—
2.3—2.5	1.360	1.100	0.730	—
2.5—2.7	1.780	1.460	—	—
2.7—2.9	2.300	1.780	—	—
2.9—3.1	3.000	2.200	—	—
4	5.725	—	—	—
5	7.750	—	—	—

Таблица 7 (продолжение)

Длина, в мм	Macrothrix	Diaphanosoma	Chydoridae (кроме Chydorus)	Polyphemus	Chydorus sphaericus	Boamina longirostris
0.2—0.3	—	—	—	—	0.002	0.0015
0.3—0.4	—	—	—	—	—	—
0.4—0.5	0.004	0.002	0.005	0.010	0.009	0.006
0.5—0.7	0.013	0.006	0.020	0.030	{ 0.018	0.013
0.7—0.9	0.030	0.015	0.050	0.075 (яйценосные)	—	0.100
0.9—1.1	0.060	0.045 (яйценосн.)	0.100	0.100	—	0.140
1.1—1.3	—	—	—	—	—	—
1.3—1.5	—	—	—	—	—	—
1.5—1.7	—	—	—	—	—	—
1.7—1.9	—	—	—	—	—	—
1.9—2.1	—	—	—	—	—	—
2.1—2.3	—	—	—	—	—	—
2.3—2.5	—	—	—	—	—	—
2.5—2.7	—	—	—	—	—	—
2.7—2.9	—	—	—	—	—	—
2.9—3.1	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—

самка достигла зрелости, она в нормальных условиях почти все время имеет яйца или зародышей, так как при нормальном партеногенезе после отрождения молодя выводковая камера немедленно заполняется новой порцией яиц. Поэтому мы даем вес яйценосных особей для тех размеров, при которых данный вид может быть зрелым (2 мм для симоцефалов и крупных дафний, 1 мм для D. longispina и т. д.).

Однако нужно иметь в виду, что наличие яиц или зародышей является дополнительной причиной неправильных колебаний веса, так как он изменяется, конечно, в зависимости как от их стадии развития (возрастает в течение инкубации, достигая максимума перед отрождением), так и от плодовитости. Последняя может колебаться у кладоцер даже одного размера в зависимости от состояния, в частности от упитанности рачка.

Это хорошо видно из табл. 6, где показан вес моин (Moina micropthalma); самки с обычным количеством яиц и зародышей весят в среднем 0.191 мг, а самки такой же (даже несколько меньшей) длины, но с очень большим количеством зародышей, от которых их раковинка сильно вздувается, принимая почти шарообразную форму, весят в среднем 0.432 мг, т. е. больше чем в 2 раза.

Самцы кладоцер весят меньше самок того же размера, особенно яйценосных, но у нас пока недостаточно материала для того, чтобы указать, насколько.

Эфиоппальные самки, повидимому, весят несколько больше зрелых партеногенетических, что объясняется, очевидно, сложным строением эфиоппия (несмотря на малое число яиц). Для моин (Moina micropthalma), по нашим определениям, эфиоппальные самки при тех же размерах тяжелее на 15%.

Из табл. 6 видно, что различные виды мoini имеют разный вес, и *M. rectirostris* тяжелее *M. microphthalma* примерно на 25%. Может быть, это связано с более плотной раковинкой первого вида, но вполне возможно, что разница обусловлена различиями в числе и стадиях зародышей у взвешенных особей. Для табл. 7 мы предпочли воспользоваться более подробными материалами, полученными для *M. microphthalma*.

Все это говорит об изменчивости веса кладоцер, а следовательно, и о целесообразности округления величин ввиду их неточности. Однако неоднократно проверки показывают, что цифры в общем достаточно близки к средним. Это подтверждается и сравнением с данными Уломского (1951), полученными по уральским озерам и по несколько иной методике. Приводимые им данные в общем совпадают с нашими (замечается только повышенный, как правило, вес наиболее мелких форм и стадий длиной до 0.7—0.8 мм).

Копеподы. Для науплиальных стадий веслоногих вес пришлось устанавливать «геометрическим» путем, приравнивая их тело к эллипсоидам (табл. 8). Размеры 0.1—0.2 мм в общем соответствуют науплюсам с округленным задним концом и без заметных зачатков следующих за мандибулами конечностей (точнее *Orthonauplius* и *Metanauplius* 1-й стадии), размеры 0.2—0.4 мм — метанауплюсам (*Metanauplius* 2—5-й стадий). Приведенными для них величинами веса мы пользовались последние годы для вычисления биомассы. Их относительная верность подтверждается также данными Уломского, который (как он пишет — на основании непосредственных взвешиваний) для науплиальных стадий размерами 0.2—0.4 мм дает 0.002 и 0.004 мг (по нашим данным средняя — 0.004 мг). Для установления веса копеподитов мы уже могли исходить из непосредственного определения веса старших копеподитных стадий.

Как показали взвешивания разных размеров одного вида (табл. 6), вес копепод изменяется медленнее, чем куб длины; при определении веса, например более крупных циклопов по установленному весу более мелких, следует брать приблизительно $\frac{3}{4}$ вычисленной цифры (полученной, исходя из пропорциональности кубу длины). Очевидно, копеподы с увеличением размеров становятся более удлиненными; брюшко у них растет в длину, повидимому больше, чем головогрудь.

Казалось бы, что каланиды с их длинной головогрудью должны быть вообще тяжелее циклопид, но у циклопид головогрудь шире, и вследствие этого их вес при одинаковых размерах оказывается приблизительно таким же (*Eurytemora* даже несколько легче циклопов). Среди циклопов нужно различать, по крайней мере, два типа строения: тип *Cyclops*, к которому относится и большинство видов *Acanthocyclops*, и тип *Mesocyclops* со значительно более широкой головогрудью и укороченным брюшком, весящий почти вдвое больше. Промежуточное положение занимает *Acanthocyclops viridis*. Мелкие *Mesocyclops* и *Microcyclops* с их относительно стройным телом, возможно, еще легче, чем копеподиты типа *Cyclops*, но мы считаем возможным пока принять для них одинаковые веса. Среди каланид намечаются более тяжелые диаптомиды (и *Heteroscore*) с длинной головогрудью и более легкие эвритеморы с укороченной головогрудью.

Еще легче оказывается каланипеда (*Calanipeda aquaedulcis*), имеющая еще более короткую и узкую головогрудь.

Среди диаптомид наблюдается неоднородность: *Diaptomus salinus*, с относительно длинным брюшком легче, чем *D. graciloides*. Последний

Таблица 8

Принятые для вычисления веса копепод (самок), в мг

Длина, в мм	Наупли- альные стадии	Длина, в мм	Копеподиты Cyclopoida и Calanoida, Meso- cyclops	Тип Cyclops, Acanthocyclops vernalis	Тип Macroscy- lops albidus	Eurytemora velox	Diaptomus (D. graciloides), Heteroscore	Harpacticoida
0.1—0.2	0.0005	0.3—0.5	0.005	—	—	—	—	—
0.2—0.3	0.004	0.5—0.7	0.010	—	—	—	—	0.010
0.3—0.4	—	0.7—0.9	0.017	—	—	—	—	0.020
		0.9—1.1	—	0.030	0.045	0.030	0.040	—
		1.1—1.3	—	0.045	0.080	0.045	0.065	—
		1.3—1.5	—	0.070	0.130	0.065	0.095	—
		1.5—1.7	—	0.100	0.185	0.090	0.130	—
		1.7—1.9	—	0.150	—	—	0.185	—
		1.9—2.1	—	0.200	—	—	0.250	—

имеет более типичное для диаптомид строение, и поэтому полученные для него величины мы принимаем для всего этого семейства.

Вообще веса *D. salinus* и *Calanipeda*, полученные нами, нельзя считать вполне достоверными; они требуют проверки и поэтому не включены в табл. 8; для них мы приводим только результаты пяти взвешиваний (табл. 6).

Все приведенные в табл. 8 данные относятся к самкам без яйцевых мешков. Зрелые самки циклопов при нормально идущем размножении большую часть времени носят яйцевые мешки, но после каждого отрождения науплиев наступает перерыв, иногда по несколько дней, а у некоторых видов отрождение личинок (разбрасывание яиц с созревшими науплиями) идет несколько дней.

Некоторые каланиды (*Heteroscore*) совсем не вынашивают яиц. Во всяком случае в планктонных пробах лишь в редких случаях почти все самки копепод носят яйца, обычно яйценосные самки составляют больший или меньший процент. Все это заставило нас давать вес самок копепод без яйцевых мешков.

Что касается самцов, то их вес во всех случаях оказывается меньше, чем вес самки даже без яйцевых мешков. При сравнении самцов и самок в одной пробе у каланид вес первых оказывается меньше, чем вес вторых на 25 (диаптомиды) — 50%. Правда, при этом меньше и длина самцов. Однако если сравнивать самцов с самками такой же длины, то и в этом случае самцы окажутся немного легче, что объясняется их сужающейся кзади головогрудью.

У циклопид различие между самками и самцами еще больше; самцы всегда имеют меньшую длину и более стройное тело. Видимо, у разных видов различие в размерах самцов и самок неодинаково. У *Acanthocyclops vernalis* самки весят в среднем раз в пять больше самцов: если же сравнить их при равной длине, то и тогда самка окажется примерно вдвое тяжелее самца. У циклопов рода *Cyclops* это различие, повидному, значительно меньше.

Установление различий в весе самцов и самок — одна из важных задач. Пока у нас нет «поправочного коэффициента для самцов», биомасса циклопов оказывается несколько преувеличенной.

Следует заметить, что у копепод, в частности у циклопов, размеры сильно изменяются в зависимости от времени года. Так, у *A. vernalis* весной (в апреле) зрелые самки имеют размеры 1.3—1.6 мм, а летом (в июне—начале июля) — всего 1.0—1.3 мм.

Кроме того, самки продолжают (хотя и значительно медленнее) расти после созревания — старые самки крупнее молодых. Это лишний раз подчеркивает необходимость измерений при обработке проб микрофауны.

Для гарпактицид у нас имеются лишь данные одного взвешивания ближе не определенного вида, говорящие о том, что их вес близок к весу циклопов той же длины (их головогрудь длиннее, но уже, а брюшко шире). Разумеется, по этой группе материал требует дополнений.

Высшие ракообразные. Почти все данные по весу высших ракообразных получены нами при работах по бентосу дельт еще в 1937—1939 и 1945 гг.

В последнее время мы сделали лишь небольшие дополнения и кое-где «выправили» ряды цифр, но только в случае явных ошибок. Во многих случаях оставлены неправильности в возрастании веса, связанные с созреванием или другими, не вполне ясными причинами.

В общем же вес высших ракообразных возрастает пропорционально кубу длины или чаще несколько медленнее.

Следует иметь в виду, что длина во всех случаях бралась без антенн, но с уropодами (т. е. от переднего края первого сегмента до конца ветвей уropодов).

Амфиподы. Среди внешне сходных гаммарид можно различать по крайней мере два типа, отличающихся толщиной тела: относительно удлиненные и плоские, и подвижные, как, например, дикерогаммар — к ним относится большинство гаммарид (хетогаммары, гмелины, часть понтогаммаров); другие с укороченным и значительно более толстым телом, менее подвижные, как, например, *Pontogammarus obesus*; ко второй группе приближается и *P. robustoides*.

Гаммариды второй группы при той же длине весят примерно в 2.5 раза больше гаммарид первой группы.

Промежуточное положение между ними занимает аматиллина — форма относительно плоская, но с плотными, частью обизвествленными покровами, образующими выросты. Корофиниды по весу также занимают среднее положение между плоскими и толстыми гаммаридами. При взвешивании амфипод (табл. 9) мы не разделяли самцов и самок. Первые обычно крупнее, но самки могут быть тяжелее благодаря наличию яиц. Последние у гаммарид, повидимому, составляют не очень большую долю от общего веса тела (у корофинид относительный вес яиц больше).

Кумовые представлены по крайней мере двумя типами: тип стенокумы с более удлиненным и тонким телом и тип псевдокумы с укороченным и толстым телом, имеющий почти вдвое больший вес (табл. 9). Птерокумы ближе к первому типу. У кумовых мы также не разделяем полды; что же касается яйценосных особей, то они, конечно, тяжелее стерильных, но имеющиеся данные по относительному весу яиц настолько разноречивы (у разных видов и разных размеров вес яиц составляет от 20 до 85%), что мы предпочли указать вес, средний между

весом стерильных и яйценосных самок. Самцы, вероятно, по весу мало отличаются от самок.

Таблица 9

Привязные для вычисления веса амфипод, кумовых и мизид, в мг

Длина без антенн в мм	Амфиподы					Кумовые		Мизиды	
	Pontogammarus oboeaus	Amathillina cristata	Dikerogammarus, Pontogammarus maoticus	Corophium	Stenocuma tenuicauda	Pleurocuma	Pseudocuma, Schizorhynchus abbreviatus	Macropsis	Mesomysis kowalewskyi
1	—	—	—	—	0.01	—	0.02	—	—
2	—	—	0.15	0.3	0.09	0.07	0.13	—	0.07
3	1.1	0.6	0.5	0.7	0.24	0.20	0.40	—	0.20
4	2.6	1.5	1.0	1.4	0.45	0.50	0.70	—	0.45
5	5.0	2.5	1.8	3.0	0.80	1.10	1.50	0.45	0.80
6	8	4.7	3.0	5.5	—	2.10	—	0.80	1.25
7	11	7.3	4.5	8.5	—	3.50	—	1.30	2.0
8	15	10.0	7.0	11.0	—	7.3 ¹	—	3.0	3.0
9	—	13.7	10.0	—	—	10.4	—	4.0	5.0
10	—	18.5	13.5	—	—	14.0	—	4.9	7.5

Мизиды (табл. 9). Все живущие в пресных водах мизиды имеют сходное строение и могут быть приравнены к Paramysis (Mesomysis) kowalewskyi. Исключение составляют только имеющие более тонкое тело Limnomysis и Diapysis, по которым у нас нет пока данных. По всей вероятности, они приближаются к живущей в солоноватых водах Macropsis, имеющий также очень стройное тело и весящей на некоторых размерах почти вдвое меньше парамизисов. Только при размерах 8—9 мм их вес становится почти одинаковым, так как макропсисы созревают на несколько меньших размерах.

Вес яйценосных особей нами не установлен, при взвешивании они специально не отбирались. Повидимому, яйца, а особенно зародыши составляют значительную долю общего веса. Самцы мизид едва заметно отличаются по весу от стерильных самок того же размера.

Насекомые. По стрекозам у нас имеются данные только для личинок стрекоз Ischnura (табл. 10), которые можно распространить и на других Zygoptera.

По поденкам мы установили веса для наиболее распространенных Cloëon и Ordella, из которых вторая имеет более широкое, до некоторой степени сплюснутое тело и весит почти вдвое больше первой (табл. 10).

Для водяных клопов мы взяли кориксид (табл. 10), к которым по строению приближаются и другие клопы с округленным телом (гладыш, плавты и др.).

Личинки жуков увеличиваются в весе приблизительно пропорционально кубу длины. Мы взяли наиболее распространенные в прудах формы: Laccophilus как образец плавунцов и Веговия как образец водолюбов. Так как личинки Laccophilus не превышают 7—8 мм, вес

¹ Зрелые.

Таблица 10

Данные взвешиваний водных насекомых

Длина, мм	Личинки			Водяные клопы Corixidae	Личинки				Куколки тендипедид
	стрекоз Zygo- ptera	поденок			жуков		двукрылых		
		Cloëon	Ordella		Berosus	Dytiscidae	Brachycera безголовые (Hydrellia)	Aedes	
1	—	0.03	0.03	—	—	—	—	0.015	—
2	—	0.20	0.18	0.5	0.12	0.1	—	0.08	—
3	0.5	1.10	0.90	1.6	1.4	0.3	0.5	0.27	1.25
4	0.5	—	2.10	5.4	1.0	0.7	1.0	0.55	0.60
5	1.6	—	4.00	—	2.0	1.4	2.0	1.10	1.20
6	1.6	—	5.70	—	3.4	2.6	—	—	1.70
7	—	—	—	—	—	—	—	—	2.30

более крупных личинок плавунцов вычислен. Из табл. 10 видно, что личинки берозуса раза в полтора тяжелее личинок плавунцов. Личинки других водолюбов, имеющие обычно очень толстое (почти цилиндрическое) тело, еще тяжелее.

Двукрылые (табл. 10). Для безголовых веретеновидных личинок короткоусых (мух) мы воспользовались мнирующей личинкой *Hydrellia*. Куколки (пупарии) мух весят примерно в полтора раза больше личинок. Вес личинок аэдеса установлен по всем размерам непосредственно; как видно, он растет медленнее куба длины (но быстрее квадрата).

Личинки тендипедид были исследованы более подробно в связи с их массовостью и важным значением. Мы можем различать среди них несколько типов строения. Хорошо выделяются по крайней мере два типа: один, к которому относится большинство ортокладин и тендипедид; для него мы в качестве образца взяли *Cricotopus* и *Psectrocladius*, которых и взвешивали; другой, представителем которого взят *Procladius* — личинки с более толстым телом и крупной головой, весящие больше (примерно раза в полтора) личинок первого типа (табл. 11).

Ко второму типу относятся и многие другие пелопиины (*Pelopia*, *Ablabesmyia*); сюда же, как показали взвешивания, следует отнести и широко распространенных личинок *Cryptochironomus defectus*, которые имеют, хотя и не толстое тело, но очень плотные покровы.

Можно выделить еще третий тип — крупных личинок, достигающих более 10 мм длины; это прежде всего мотыли *Tendipes*, а также немногие другие. Эти личинки при размерах до 10 мм весят даже меньше личинок первого типа, что объясняется, очевидно, тем, что у молодых стадий более тонкие покровы. Для размеров менее 3 мм можно принимать для этих типов одинаковый вес.

Примыкающие к тендипедидам гелеиды (*Culicoides*) весят еще меньше благодаря тонкому телу.

Анализируя увеличение веса с ростом, мы видим, что и у личинок тендипедид оно в общем идет пропорционально кубу длины, но при малых размерах (менее 3 мм) вес увеличивается медленнее. Это обусловлено, повидимому, тем, что очень молодые личинки относительно толще и сначала растут больше в длину, чем в ширину.

Таблица 11

Данные взвешивания личинок тендипедид и гастропод, в мг

Длина, в мм	Личинки тендипедид					Размеры, в мм ¹	Гастроподы	
	Tendipes	Procladius, Cryptochironomus	Cricotopus, Psectrocladius	Glyptotendipes	Culicoides		Bithynia leachi	Anisus strauchianus
0.5 (0.3—0.7)	—	—	0.003	—	—	1.0	0.5	0.5
1.0 (0.7—1.25)	—	0.020	0.014	—	—	1.5	1.3	1.1
1.5 (1.25—1.75)	—	—	0.025	—	—	2.0	2.5	2.0
2.0 (1.75—2.25)	—	0.050	0.040	—	0.03	2.5	4.4	3.1
						3.0	7.0	4.5
						3.5	10.4	6.1
2.5 (2.25—2.75)	—	—	0.075	—	—	4.0	15.0	8.6
						4.5	19.2	11.4
						5.0	25.0	15.0
3	0.10	0.20	0.12	—	0.07	5.5	31.0	18.1
4	0.20	0.40	0.30	0.55	0.15			
5	0.35	0.70	0.50	0.90	0.3			
6	0.60	1.20	0.75	1.30	0.5			
7	1.00	1.80	1.20	2.40	0.8			
8	1.40	2.40	2.00	3.60	1.2			
9	2.00	3.50	2.80	4.80	1.7			
10	3.00	—	—	6.00	2.2			
11	4.50	—	—	7.20	2.7			
12	7.00	—	—	8.60	3.2			
13	10.00	—	—	10.20	—			
14	12.50	—	—	—	—			
15	15.00	—	—	—	—			

Куколки тендипедид имеют неодинаковый вес у разных групп. Мы включили в табл. 10 данные, полученные для распространенных фитофильных Cricotopus и Psectrocladius.

Моллюски. Из брюхоногих нами установлены веса улиток битинии (Bithynia leachi) и катушки Anisus strauchianus (табл. 11). Вес обоих моллюсков возрастает значительно медленнее, чем куб размера. У битинии он возрастает заметно скорее квадрата высоты раковины; у катушек лишь совсем немного быстрее, чем квадрат диаметра раковины. Это объясняется, очевидно, тем, что раковина, составляющая у брюхоногих больше половины общего веса тела, с ростом моллюска увеличивается главным образом по площади, а не по объему (утолщается стенка раковины очень медленно, а новые обороты нарастают быстро).

Битиния, как видно из табл. 11, весит на самых молодых стадиях почти столько же, сколько равновеликие ей катушки, а на размерах 8—10 мм превосходит их в 2.5 раза.

Вивипары, литоглифы, вальваты могут быть приравнены к битинии. Прудовики (Limnaea), очевидно, весят меньше, так как раковина их значительно тоньше.

Следует заметить, что все моллюски (так же как и другие животные) взвешивались, будучи зафиксированы формалином, следовательно, они были в какой-то степени дегидратированы — вес раковины был

¹ Для Bithynia leachi — высота, для Anisus strauchianus — диаметр.

несколько уменьшен за счет растворения части извести. Мы думаем, однако, что это уменьшение веса незначительно, так как при взвешивании заметно декальцинированные моллюски забраковывались.

Значение настоящей работы, по нашему мнению, заключается и в практической помощи, которую она окажет при определении биомассы фауны (для ориентировочных расчетов прилагаемые таблицы очень помогают), и особенно в стимулировании дальнейших исследований, которые должны быть поставлены с целью установления закономерностей весового роста отдельных групп фауны. Конечным результатом должно быть выведение для каждой группы определенных формул и кривых со свойственным данной группе параметром, при помощи которых можно будет с достаточной для практических целей точностью находить вес животного по его размеру (длине).

ЛИТЕРАТУРА

- Амелина Л. Г. 1941. Питание молоди карповых в пойменных водоемах дельты Волги. Тр. ВНИРО, т. XVI.
- Боруцкий Е. В. 1934. К вопросу о технике количественного учета донной фауны. Сообщение III. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, вып. 18.
- Гаевская Н. С. 1938. О некоторых новых методах в изучении питания водных организмов. Зоол. журн., т. XVII, вып. 1.
- Зиновьев А. Ф. 1937. Планктон пойм и впадин дельты Волги и его кормовое значение для молоди промысловых рыб. Тр. Волго-Касп. рыбохоз. ст., т. IX, вып. 1.
- Сушкина А. П. 1940. Питание личинок проходных сельдей в р. Волге. Тр. ВНИРО, т. XIV.
- Уломский С. Н. 1951. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер. Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. 1.
- Харин Н. Н. 1948. Зоопланктон Манычских водоемов. Уч. зап. Ростовск. Гос. ун-в., т. XII.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
В. И. Жадни. Программа гидробиологического изучения реки перед сооружением плотины	5
Н. А. Мосевич и М. В. Мосевич. Основные черты гидрохимического режима и микробиологические процессы в Рыбинском водохранилище	11
Е. И. Киселева. Планктон Рыбинского водохранилища	22
Ц. И. Иоффе. Формирование донной фауны Рыбинского водохранилища	32
Е. Г. Стяжкина. Гидрохимический режим Кутулунского водохранилища	41
В. Ф. Гурвич и М. В. Павлова. К гидробиологии Орто-Токойского водохранилища	48
А. И. Слюсарева. Результаты гидробиологических наблюдений над некоторыми водохранилищами Донецкого бассейна	56
О. Н. Зимина. Гидрохимический и гидробиологический режим промышленных водоемов 1-й и 2-й террас и поймы р. Волги в пределах Куйбышевской области	60
Н. Н. Колосова. Гидрохимический и гидробиологический режим водоемов надпойменной террасы р. Волги в пределах Куйбышевской области	64
В. Н. Грезе. О закономерностях распределения донной фауны р. Енисей	68
Ф. Д. Мордухай-Болтовской. Гидробиологический режим опытного перестово-выростного хозяйства в низовьях Дона	78
С. М. Шиклеев и Л. Ф. Жидков. Планктонометр -- снаряд для сбора количественных проб планктона в потоках	89
А. Г. Родина. Об очередных задачах водной микробиологии в области повышения продуктивности рыбоводных прудов	96
М. М. Исакова-Кео. Опыты по удобрению зональными методами зимовальных и форелевых прудов	102
Ц. И. Иоффе. Повышение кормовой базы прудов органическими удобрениями	112
Г. Б. Мельников и А. Ф. Стояновский. Санитарно-гидробиологическая и рыбохозяйственная характеристика прудов Днепровской области	122
Н. Н. Харин, В. Н. Шутенко и В. Г. Мушенко. К характеристике зоопланктона и зообентоса прудов Ростовской области	130
Г. Л. Шкорбатов. О кормовой базе для рыб в малых орошительных водоемах	138
В. И. Бухалова. Гидробиологические работы на прудах Воронежской области	147
Н. А. Мосевич. К изучению круговорота фосфора в водоемах	150
С. В. Герд. Виноделие нижней Антарктиды озер Карелии и их значение в питании рыб	161

А. Г. Родина. Бактерии в продуктивности каменистой литорали озера Байкал	172
С. И. Кузнецов. Основные подходы к изучению соотношений между первичной продукцией органического вещества в водоеме и биомассой бактерий	202
А. И. Янковская. Краткие исследования гидрофауны в заливе Ирхты Саянского озера	213
Е. Ф. Мануйлова. Некоторые данные о динамике численности ветвистоуемых рачков в озерах в связи с термическим и пищевым факторами	215
Ф. Д. Мордухай-Болтовской. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона	223

**Утверждено к печати
Зоологическим институтом
Академии Наук СССР**

•

**Редактор издательства Н. В. Цветков
Технический редактор Р. А. Аронс
Корректор М. М. Галлерн**

•

**РИСО АН СССР № 61—26 В. М-17669.
Подписано к печати 25/II 1954 г. Бу-
мага 70 X 108/16. Бум. л. 7²/₁₆. Печ. л. 20.89.
Уч.-изд. л. 19.08. Тираж 1500. Зак. № 965.
Номинал по прейскуранту 1952 г. 14 р. 35 к.**

**1-я тип. Издательства АН СССР.
Ленинград, В. О., 9 линия, д. 12.**

•