

ОРФ
АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД

Труды, вып. 33(36)

**ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ
ПРИБРЕЖНЫХ МЕЛКОВОДИЙ
ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ
ВОДОХРАНИЛИЩ**

Ярославль 1976

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ
РЕЖИМ ПРИБРЕЖНЫХ
МЕЛКОВОДИЙ
ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ
ВОДОХРАНИЛИЩ

Ярославль 1976

Academy of Sciences of the USSR
Institute of Biology of Inland waters

Transactions, vol. 33(36)

The hydrobiology
of the shore-zone of the
Upper-Volga reservoirs

Главный редактор
доктор географических наук Н.В.Буторин
Ответственный редактор
доктор биологических наук Ф.Д.Мордухай-Болтовской

Ответственный за выпуск
В.Е.Синельников

© Институт биологии внутренних вод, 1976

Ф.Д. Мордухай-Болтовской

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЛКОВОДНОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ
ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ

Прибрежная мелководная зона верхневолжских водохранилищ, занимавшая, как известно, обширную часть их акватории, была объектом различных биологических исследований с первых лет существования этих водоемов.

В Рыбинском водохранилище исследования прибрежной зоны проводились с конца 40-х гг. Институтом биологии внутренних вод (тогда еще биологической станцией Борок) АН СССР и Дарвинским государственным заповедником.

В Иваньковском и Угличском водохранилищах исследования, начиная с 50-х гг., велись Институтом биологии внутренних вод, а позднее и Верхневолжским отделением ГосНИОРХа. Однако обычно разные стороны режима и жизни этой зоны изучались обособленно и неодновременно. В разные годы изучались гидрохимический режим, фауна беспозвоночных, водоросли, высшая водная растительность, размножение и биология молода рыб.

Подробные, продолжавшиеся два года, исследования были выполнены в 1953-1954 гг. в прибрежной зоне около Борка, с обследованием всего Рыбинского водохранилища, но в эти годы были изучены только беспозвоночные. Позднее был исследован фитопланктон и изучены некоторые специальные вопросы, касающиеся значения прибрежной растительности. Высшая водная растительность изучалась отдельно в те же годы. В 60-х гг. на побережье в районе Борка проводились отдельные исследования по разным вопросам.

В общем в 50-х гг. режим и биология прибрежной зоны Рыбинского водохранилища были исследованы довольно подробно. Результаты этих работ были опубликованы в отдельных статьях, рас-

оенных в разных выпусках Трудов и бюллетеня Института биологии внутренних вод и Трудов Дарвинского заповедника.

В Иваньковском и Угличском водохранилищах прибрежная зона не подвергалась столь подробному изучению. Некоторые исследования беспозвоночных здесь были выполнены только в 1955-1956 гг.

В 1970 г., в связи с обсуждением проблемы эффективности водохранилищ гидростанций, возник вопрос о значении прибрежных мелководий для продуктивности водохранилищ. По этому вопросу была созвана в сентябре 1971 г. в Киеве специальная конференция, обсудившая ряд вопросов их режима и использования. В план исследований Института биологии внутренних вод была включена тема "Гидробиологический режим прибрежных мелководий волжских водохранилищ". Очень скоро выяснилось, что для ее выполнения необходимо систематическое всестороннее исследование прибрежной зоны водохранилищ, ее режима, состава и динамики населяющих ее биоценозов. Имевшиеся к тому времени сведения о прибрежной зоне были, как указано выше, разбросаны по различным изданиям и неполны, так как многие стороны режима и жизни этой зоны остались неосвещенными. Кроме того, и это, может быть, наиболее важное обстоятельство, за период, истекший с 50-х гг., верхневолжские водохранилища подверглись заметным изменениям. В Рыбинском водохранилище почти полностью исчезли мертвые леса и торфяные сплавины, в прибрежной зоне наблюдалось выравнивание береговой линии. В результате многие участки защищенного от прибою побережья превратились в открытые; площадь заросшего побережья сильно сократилась (с 5% площади водохранилища до 1,3% в середине 60-х гг., а к настоящему времени, вероятно, еще больше). Несколько изменился и состав водной растительности, среди которой отступили на задний план или исчезли многие фор-

ны, характерные для раннего периода существования водохранилища.

В Ивановском водохранилище, наряду с продолжающимися процессами переработки и выравнивания берегов, наблюдался процесс обратного характера: увеличение площадей зарастания, составлявших 16–17%, а теперь уже достигающих 24%, а также изменение характера растительности в сторону заболачивания.

Поэтому имеющиеся сведения о прибрежной зоне нельзя было безоговорочно распространять на современный период. С весны 1971 г. были организованы систематические наблюдения на прибрежной зоне Рыбинского водохранилища. Для этого было установлено несколько постоянных станций, расположенных так, чтобы охватить все основные вертикальные зоны Рыбинского водохранилища. Расположение этих станций в горизонтальном плане показано на рис. 1. Для пояснения на рис. 2 приводится схема профиля типичного защищенного участка Рыбинского водохранилища.

Как видно из профиля, мы делим зону временного затопления или, лучше сказать, зону периодического обнажения на верхний и нижний горизонты. Верхний горизонт охватывает наиболее маловодную часть прибрежья, с глубинами при НПУ от 0 до 1,5 м. В условиях защищенного от

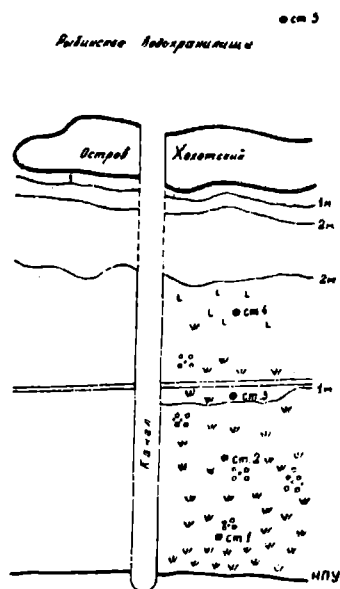


Рис. 1. Схема расположения постоянных станций в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища в районе Борка в 1971–1974 гг.

прибоя прибрежья это зона зарослей высшей водной растительности. При этом основные заросли, образующие сплошной покров, простираются примерно до глубины в 1 м, а глубже они делаются заметно реже.

На нижнем горизонте зарослей собственно не образуется, лишь некоторые водные растения на глубине до 2 м образуют отдельные кусты или куртинки.

При более или менее длительном стоянии пониженного уровня в маловодные годы (как, например, в 1954 или 1973 гг., когда уровень на 2 м не доходил до НПУ) куртинки водных рас-

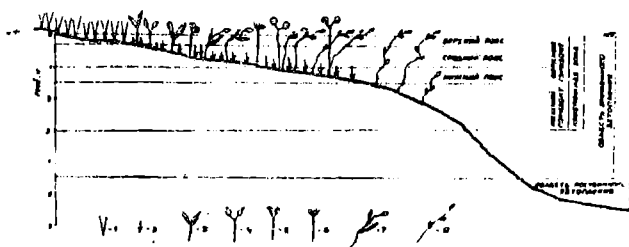


Рис.2. Схема вертикального расчленения Рыбинского водохранилища в районе защищенного прибрежья. Обозначения: 1 - осоки, 2 - полевица, 3 - жерушник, 4 - частуха, 5 - ежеголовник, 6 - омежник, 7 и 8 - рдесты (по А.П.Белавской)

тений могут распространяться несколько глубже, до 2,5 м.

Границей прибрежной зоны можно считать границу захождения высшей водной растительности. Приблизительно около этой границы на глубине до 2,5-3 м грунты уже не промерзают, так как обнажаются при падении уровня не ранее декабря, уже после образования толстого слоя льда со снегом.

Намеченные нами пять постоянных станций лежат в общем по направлению разреза Борок-Коприно, на котором регулярные на-

блюдения велись с 50-х гг. Станции характеризуются следующими условиями (везде указаны глубины при полном затоплении до НПУ).

Ст.1 (при альгологических исследованиях обозначавшаяся как 1а). Глубина до 0,3 м. Верхний пояс верхнего горизонта. Задернованный грунт, поросший преимущественно осочником, канареечником и другими влаголюбивыми или выносящими затопление наземными растениями.

Ст.2 (у альгологов - 2а). Глубина до 0,7 м. Сплошные заросли высших растений, среди которых преобладают земноводные, но с примесью влаголюбивых наземных и водных растений: полевица, манник, жерушник, некоторые рдесты, местами камыш.

Ст.3. Глубина до 1,1 м. Нижний пояс верхнего горизонта. Разреженные заросли водных растений с примесью земноводных: рдестов, водяной гречихи, смежника, сусака и др.

Ст.4. Глубина до 1,7 м. Нижний горизонт. Более или менее заиленное дно, водные растения отсутствуют или встречаются в виде отдельных куртинок.

Ст.5. Глубина 9-12 м. Находится уже за пределами прибрежья, расположена в Волжском плесе на илистых грунтах на левом склоне б.русла Волги. Эта станция служила как бы "контрольной" для одновременного сбора материалов в "глубоководной" зоне, т.е. в основном водоеме. Она соответствует стандартной ст.1.

На этих станциях производились регулярные еженедельные наблюдения и сборы.

Участок прибрежной зоны у Борка, на котором производились стационарные исследования, относится к типу защищенного прибрежья. Он отделен от открытого водохранилища, точнее от Волжского плеса в его сравнительно узком месте, длинным Хохотским островом. Поэтому сколько-нибудь значительного волнения здесь никогда не бывает и грунты не размываются, а представляют собой

бывшую задернованную почву, покрытую большим или меньшим слоем растительных остатков и ила.

Защищенное побережье и есть собственно наиболее важная часть прибрежной зоны, резко отличающаяся от основного водозема. Однако оно занимает только незначительную часть площади водохранилища; подавляющая же часть прибрежной зоны представляет собою незащищенное, открытое прибойной волне побережье, лишенное водной растительности, с размытыми песчаными или каменисто-песчаными грунтами. В неглубоких заливах и за небольшими островами есть слаборазмываемые участки, которые можно считать "полузащищенными".

Кроме наблюдений в районе Борка, в течение 1971-1972 гг. было проведено несколько рейсов по прибрежной зоне всего водохранилища (рис.3).

Исследования прибрежной зоны были рассчитаны первоначаль-

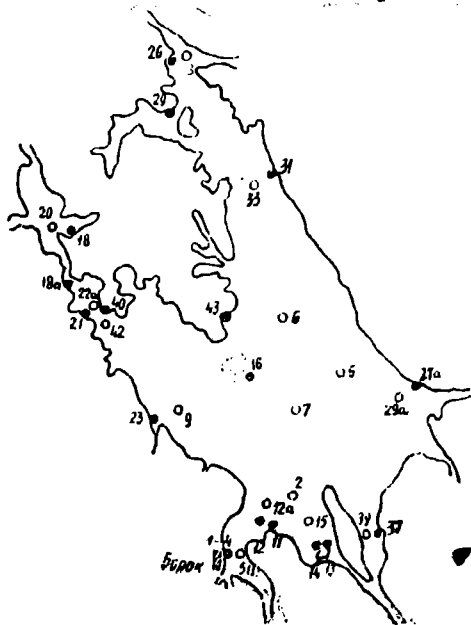


Рис.3. Распределение станций в рейсах по прибрежной зоне Рыбинского водохранилища в 1971-1972 гг. № 1, 2, 5, 6, 7, 9 - стандартные станции.

но на три года с тем, чтобы провести их в разные по гидрометеорологическому режиму годы. Однако в течение этого периода (1971-1973 гг.) гидрометеорологическая обстановка сложилась совершенно своеобразно и оказалась очень неблагоприятной для исследования жизни прибрежной зоны.

Все три года были "маловодными" годами низкого уровня, как видно из рис. 4.

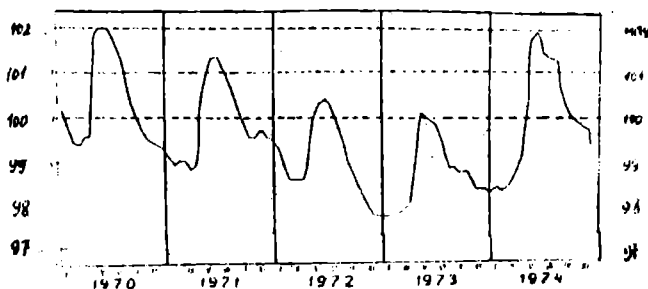


Рис.4. Ход изменения уровня Рыбинского водохранилища в 1970-1974 гг.

После более или менее нормального "многоводного" 1970 г. в 1971 г. уровень начал подниматься и дошел до максимума позднее обычного, в начале июня, причем на 0,6 м не достиг НПУ.

После максимума он начал довольно быстро понижаться. Поэтому место станции I (Ia) вообще не заливалось, на остальных станциях глубина была более чем на полметра меньше, и станция 2 (2a) уже рано обнажилась.

В 1972 г. уровень был значительно ниже, на 1,5 м не достигал НПУ; еще ниже был уровень в 1973 г., когда он не доходил до НПУ на 1,9 м. В эти два года верхний горизонт (от. 1, 2, 3) вообще не заливался, а от. 4 на нижнем горизонте была некоторое время затита лишь в 1972 г.

Вследствие этого исследования были продолжены на четвертый, 1974 год. В этом году уровень почти достиг НПУ, однако держался на этой высоте очень недолго и стал скоро понижаться. Кроме того, затопление прибрежной зоны наступило тоже с опозданием – максимум был достигнут лишь к июню. Но в общем в 1974 г. было более или менее нормальное затопление побережья.

Период 1971–1973 гг. был редким периодом длительного маловодья. Хотя в 1972–1973 гг. прибрежная зона фактически отсутствовала, эти годы представляли большой интерес для выяснения приспособленности гидрофауны к обнажению грунта. Последовательность нескольких лет с низким уровнем, при этом с малоснежной зимой и жарким летом (особенно в 1972 г.), создала для водной фауны весьма тяжелые условия: не только неоднократное промерзание грунта, но и его полное просыхание в течение всего лета.

В 1973–1975 гг. были организованы также исследования прибрежной зоны в Иваньковском водохранилище. В отличие от Рыбинского оно сравнительно узко, имеет сильно изрезанную береговую линию и почти постоянный в различные годы уровень в вегетационный период. Защищенное побережье занимает в нем гораздо большую площадь и заросло сильнее, чем в Рыбинском водохранилище, причем заросли имеют заметно иной состав.

Исследования побережья этого водохранилища были начаты в 1973 г. для того, чтобы получить представление о жизни прибрежной зоны верховолжских водохранилищ в условиях постоянного летнего уровня и незначительного размыва открытых прибрежий.

В Иваньковском водохранилище были организованы регулярные исследования в течение вегетационного периода (май–октябрь) в защищенном и зарастающем Корчевском заливе. В этом заливе,

аналогично району Борка, было установлено 4 станции на разных горизонтах побережья. Схема их расположения дана на рис.5. Условия на станциях были следующими:

Ст.1. Верхний горизонт. Глубина до 0,5 м. Сплошные густые заросли телореза, хвоща, камыша.

Ст.2. Между верхним и нижним горизонтом. Глубина около 1 м. Заросли манника, гречихи, рдестов и др.

Ст.3. Нижний горизонт. Глубина 1,5 м. Зарослей нет или есть лишь отдельные куртинки подводных растений.

Ст.4. "Глубоководная" зона водохранилища у входа в Корчевской залив. Глубина около 5 м, заросли отсутствуют, илистый грунт.

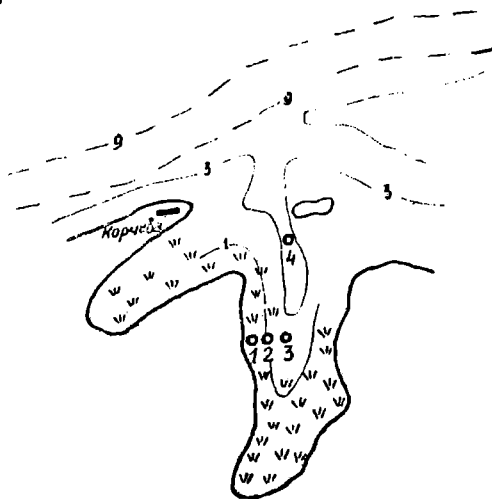


Рис.5. Схема расположения постоянных станций в прибрежной зоне Иваньковского водохранилища в Корчевском заливе

На этих постоянных станциях материалы собирались еженедельно. Кроме того, в 1973 и 1974 гг. было выполнено несколь-

ко рейсов по побережью всего Иваньковского водохранилища, во время которых на станциях, показанных на рис. 6, были собраны материалы для характеристики различных типов прибрежной зоны (защищенной, полужащенной, незащищенной).

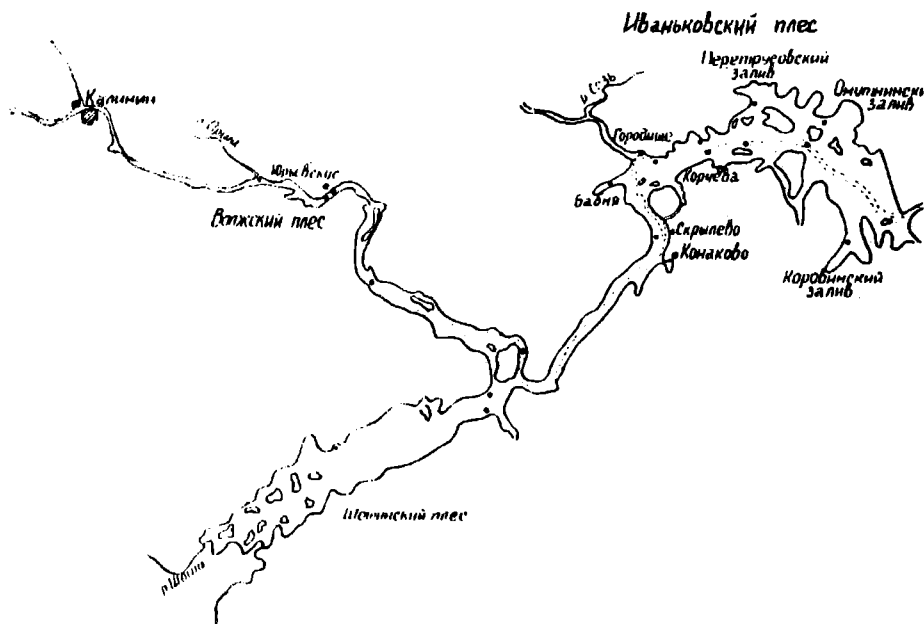


Рис. 6. Распределение станций в рейсах по прибрежной зоне Иваньковского водохранилища в 1973-1974 гг.

Материалы, собранные в прибрежной зоне Рыбинского и Иваньковского водохранилищ, публикуются ниже. В данном сборнике публикуются результаты исследований различных сторон прибрежных экосистем этих водохранилищ: гидролого-гидрохимического режима, микрофлоры, фито- и зоопланктона. Это позволяет составить общее представление о прибрежной зоне и оценить ее значение в жизни верхневолжских водохранилищ.

С.С.Бакастов

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ И ОБЪЕМОВ МЕЛКОВОДНОЙ РЫБИНСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО НАПОЛНЕНИЯ

Данные о площади и объеме Рыбинского водохранилища при разном его наполнении приведены в работе В.П.Матвеева [2]. Аналогичные данные для Рыбинского водохранилища и основных его плесов приводятся в работе К.А.Бакулина [1]. Естественно, что площади и объемы мелководной зоны водохранилища также изменяются в зависимости от положения его уровня.

В настоящей работе представлены результаты подсчетов площадей и объемов мелководной зоны до различных глубин от НПУ как для всего водохранилища, так и для основных его плесов и рассмотрены изменения величин площадей мелководных территорий, периодически затапливаемых и осушаемых в результате годовых колебаний уровня, за период 1947-1973 гг.

Для выполнения подсчетов необходимо было определить границы плесов. Районирование Рыбинского водохранилища производилось неоднократно разными авторами и по различным признакам. Независимо от признака, принятого за основной, при районировании во всех предложенных схемах выделяются четыре основных плеса (района) водохранилища: Волжский, Моложский, Шекснинский и Главный (Центральный). Границы речных плесов с Главным разными авторами проводятся различно, в зависимости от того, какой признак принят за основной при районировании.

В настоящей работе принята схема деления водохранилища на плесы, предложенная М.А.Фортунатовым [3], так как она отражает и морфометрические особенности водохранилища, и расположение в водохранилище водных масс различного происхождения. По принятой схеме границами, отделяющими речные плесы от Глав-

ного, являются: для Волжского плеса - линия, соединяющая д. Дубец на западном берегу водохранилища и Рожновский мыс; для Моложского плеса - линия д. Мпичино - Первомайские острова; для Шекснинского плеса - линия, проходящая через суженный участок в районе Леушенских мелей южнее д. Мяска.

Так как затопление и осушение мелководных территорий непосредственно связано с уровнем режимом, рассмотрим основные закономерности в Рыбинском водохранилище.

Основными факторами колебания уровня являются сезонная неравномерность притока речных вод и искусственное регулирование стока. Годовой цикл колебаний уровня можно разделить на три характерных периода: весенний (наполнения), летне-осенний (постоянного уровня или небольшой сработки) и зимний (сработки). В первые дни весеннего наполнения водохранилища повышение уровня составляет 1-3 см за сутки и затем быстро увеличивается, достигая в отдельные периоды 20-30 см за сутки. Вторая половина наполнения происходит более плавно, так как паводок идет на убыль, а площадь зеркала водохранилища увеличивается. К концу мая - началу июля наполнение водохранилища заканчивается и уровень его достигает максимальных значений.

В летне-осенний период уровень водохранилища сравнительно устойчив. Положение уровня в основном определяется притоком воды и величиной навигационных попусков. В зимний период приток воды резко уменьшается, а сброс через ГЭС возрастает в связи с увеличением потребности в электроэнергии. В результате уровень в водохранилище интенсивно понижается, обсыхают обширные мелководные участки, прикрываемые осевшим на грунт льдом. В среднем из всей осушаемой мелководной зоны около половины осушается в зимний сезон.

Анализ колебаний уровня воды в водохранилище за многолетний период показал, что как сроки наполнения и сработки водохранилища, так и величина максимальных и минимальных уровней сильно варьируют в разные годы и определяют ту или иную величину осушаемых и затопляемых ежегодно мелководных территорий. Кроме колебаний уровня на величину затопляемых и осушаемых участков влияет их морфометрия.

Чтобы получить представление о влиянии морфометрических особенностей прибрежной зоны на величину мелководных участков, были подсчитаны объемы и площади мелководной зоны, ограниченные изобатами в 1, 2, 3 и 4 м от НПУ и их процентное отношение к объему и площади водохранилища или его плеса при НПУ. Такие подсчеты сделаны отдельно для основных плесов водохранилища - Главного, Моложского, Шекнинского и Волжского - и затем для всего водохранилища (табл. I).

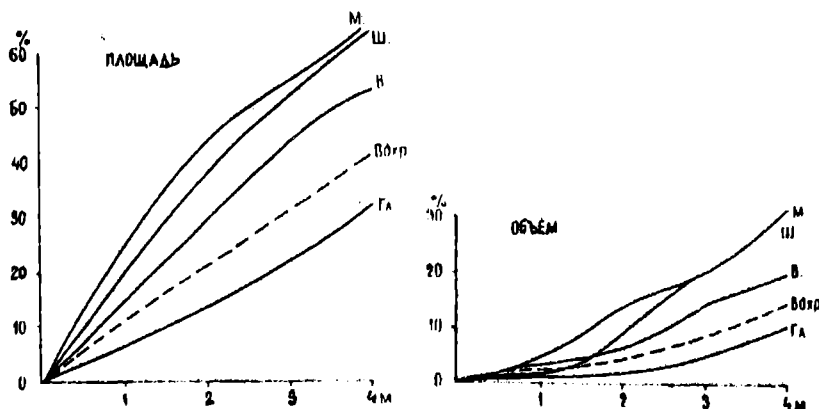


Рис. I. Изменение относительных площадей и объемов мелководий с увеличением глубины.

По оси абсцисс - глубины, по оси ординат - относительные величины площадей и объемов.

М - Моложский плес; Ш - Шекнинский плес; В - Волжский плес; Гл - Главный плес; Вдхр - все водохранилище

Приведенные в табл. I данные свидетельствуют о большом удельном весе периодически затопляемых и осушаемых мелководных территорий Рыбинского водохранилища. Например, при обычном для водохранилища годовом понижении уровня на 4 м площадь его уменьшается на 41%, а мелководных Моложского и Шекснинского плесов — на 65%. Объем воды мелководной зоны до изобаты в 4 м составляет 14% от объема водохранилища при НПУ, а для Моложского и Шекснинского плесов — 32% от объема плеса при НПУ.

Наиболее развитые мелководья имеют Моложский и Шекснинский плесы (см. рис. I). Удельный вес площадей в них, по отношению к площади плеса при НПУ, примерно одинаков; затем следует Волжский плес, и наименее развиты мелководья в Главном плесе. Относительный объем воды мелководий также больше в Моложском и Шекснинском плесах (до изобаты в 3 и 4 м для обоих плесов он одинаков), в Волжском плесе он в 1,5–2, а в Главном — в 3–4 раза меньше. Процентное содержание площадей мелководий примерно в два раза больше, чем процентное содержание их объемов воды для всех плесов и всего водохранилища в целом.

В табл. I приведены величины площадей и объемов мелководных участков, осушаемых при возможном понижении уровня от НПУ и определяемых морфометрическими особенностями всего водохранилища и отдельных частей. Действительная величина площадей, осушаемых и затопляемых в каждом конкретном году, сильно колеблется и зависит от особенностей годовых колебаний уровня водохранилища.

При определении начала и конца затопления и осушения мелководных территорий принимался во внимание момент, когда уровень начинал устойчиво повышаться или понижаться. Времен-

Таблица I

Площади и соответствующие им объемы
мелководий по плесам Рыбинского водохранилища

Плесы	Характеристики	Изобата от НПУ, м			
		1	2	3	4
Волжский плес	Площадь, км ²	82	168	245	290
	% от площади при НПУ	15	30	45	53
	Объем зоны, км ³	0,09	0,17	0,36	0,53
	% от объема при НПУ	3	6	14	20
Моложский плес	Площадь, км ²	54	97	119	144
	% от площади при НПУ	24	44	54	65
	Объем зоны, км ³	0,03	0,10	0,15	0,24
	% от объема при НПУ	4	13	20	32
Шекнинский плес	Площадь, км ²	136	262	368	445
	% от площади при НПУ	20	38	53	64
	Объем зоны, км ³	0,01	0,23	0,50	0,80
	% от объема при НПУ	1	9	20	32
Главный плес	Площадь, км ²	228	434	685	962
	% от площади при НПУ	7	14	22	32
	Объем зоны, км ³	0,12	0,40	1,04	2,05
	% от объема при НПУ	1	2	5	10
Всё водохра- нилище	Площадь, км ²	500	961	1416	1861
	% от площади при НПУ	11	21	31	41
	Объемы зоны, км ³	0,23	0,90	2,04	3,61
	% от объема при НПУ	1	4	8	14

ные изменения уровня в результате сгонно-нагонных процессов не учитывались, поэтому даты и значения максимальных и минимальных годовых уровней у нас могут отличаться в отдельные годы от сведений, публикуемых Гидрометеослужбой.

Начало затопления мелководий совпадает с началом наполнения водохранилища при поступлении вод весеннего половодья. Средняя дата начала повышения уровня, по многолетним данным (1947-1973 гг.), - 5 апреля, при уровне в водохранилище 98,1 м (табл.2). В зависимости от конкретных метеорологических условий года начало и конец повышения уровня в водохранилище может по календарным срокам от средней даты сдвигаться до одного месяца. Так, наиболее раннее начало повышения уровня за многолетний период наблюдалось 5 марта (1971 г.), наиболее позднее - 18 апреля (1955 г.). Окончание затопления мелководий совпадает с наступлением максимального уровня в конце наполнения водохранилища. Наиболее ранняя дата конца периода затопления мелководий 14 мая (1957 г.), наиболее поздняя - 21 июля (1947 и 1969 гг.), средняя многолетняя - 3 июня, при уровне в водохранилище 101,6 м.

Продолжительность затопления мелководий водохранилища колеблется от 33 суток в 1957 г. до 86 суток в 1971 г., при среднем времени затопления за многолетний период 59 суток. В среднем повышение уровня за многолетний период составляет 3,51 м, при этом затопляется 1602 км² мелководных территорий. Минимальное повышение уровня в 1,72 м отмечено в 1954 г., при этом было затоплено 776 км², а максимальное - 5,26 м в 1955 г., при этом было затоплено 2377 км² мелководных территорий, т.е. в три раза больше.

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что в некоторые годы как сроки начала и конца затопления мелководий, так и

Таблица 2

Уровни и даты начала и конца наполнения Рыбинского
водохранилища и величина затопленных при этом мелководных
территорий за 1947-1973 гг.

Год	Начало наполнения		Конец наполнения		Повышение уровня, м	Продол- житель- ность наполн., сутки	Затопл. площадь, км ²
	дата	уровень, м	дата	уровень, м			
1947	1. IV	96,70	21. VI	101,75	5,05	31	2212
1948	4. IV	98,21	6. VI	101,46	3,25	63	1479
1949	3. IV	99,48	29. V	101,86	2,38	56	1140
1950	4. IV	98,36	3. VI	101,32	2,96	60	1343
1951	29. III	98,71	16. VI	102,08	3,36	79	1579
1952	15. IV	96,56	5. VI	99,88	3,32	51	1367
1953	2. IV	98,77	18. VI	102,00	3,23	78	1513
1954	30. III	98,76	1. VI	100,48	1,72	63	776
1955	18. IV	97,08	20. VI	102,34	5,26	63	2377
1956	17. IV	96,79	7. VI	101,49	4,7	51	2050
1957	11. IV	98,78	14. V	102,16	3,38	33	1589
1958	17. IV	97,25	27. V	102,15	4,9	40	2222
1959	10. IV	98,22	19. V	102,26	4,04	39	1884
1960	12. IV	97,30	2. VI	100,51	3,21	51	1402
1961	2. IV	99,37	20. V	102,23	2,86	48	1380
1962	7. IV	97,94	31. V	102,10	4,16	54	1928
1963	14. IV	98,20	30. V	100,92	2,72	46	1222
1964	9. IV	97,80	8. VI	100,92	3,12	60	1397
1965	10. IV	98,21	20. VI	101,80	3,59	71	1659
1966	3. IV	97,65	13. VI	102,39	4,74	71	2191
1967	20. III	98,51	20. V	102,00	3,49	52	1627
1968	27. III	97,85	22. V	101,97	4,12	56	1902
1969	12. IV	98,01	21. VI	101,69	3,68	70	1690
1970	4. IV	98,50	15. V	102,20	3,70	41	1732
1971	5. III	98,80	3. V	101,45	2,65	31	1218
1972	25. III	98,57	8. VI	101,48	2,91	75	1334
1973	26. III	97,80	15. V	100,10	2,30	50	1027
НАКС.		99,48		102,39	5,26	86	2377
МНН.		96,56		100,10	1,72	33	776
СР.	1. IV	98,08	3. VI	101,56	3,51	59	1601,5

величина затопляемых площадей сильно отклоняются от средних величин. В связи с этим были подсчитаны повторяемость и обеспеченность величин затопляемых площадей и периодов затопления (табл. 3).

Таблица 3

Частота (повторяемость) и обеспеченность величины затопляемых площадей и сроков их затопления

Интервалы затопл. площадей, км ²	Частота (повтор.)		Обеспеченность		Интервалы сроков на-полнения, дн.	Частота (повтор.)		Обеспеченность	
	Годы	%	Годы	%		Годы	%	Годы	%
2499-2000	4	15,4	4	15,4	89-80	2	7,7	2	7,7
1999-1500	10	38,5	14	53,8	79-70	6	23,1	8	30,8
1499-1000	11	42,3	25	96,2	69-60	5	19,2	13	50,0
999-500	I	3,8	26	100,0	59-50	7	26,9	20	76,9
					49-40	4	15,4	24	92,3
					39-30	2	7,7	26	100,0

Полученные данные показывают, что если за многолетний период величина затопляемых площадей в разные годы изменялась от 776 км² до 2377 км², а сроки затопления - от 33 до 86 суток, то затопление площадей от 1000 до 2000 км² имеет 81% обеспеченности, а площадей от 1000 до 1500 км² - 42% обеспеченности.

Аналогичные подсчеты (табл. 4) были выполнены и для периода осушения мелководий. В табл. 4 приводятся данные о величине осушаемых площадей и сроках начала и конца осушения за 1947-1973 гг.

Из приведенных данных следует, что в среднем за год, по многолетним данным, осушается 1607 км². Минимальное понижение

Уровни, даты начала и конца понижения уровня

Глубинного водохранилища и величина осушенных при этом мелководных территорий за 1947-1973 гг.

Начало осушения		Конец осушения		Пони- жение уров- ня, м	Продол- жатель- ность осушения, сутки	Осушенные площади, км ²
дата	уровень, м	дата	уровень, м			
21.VI.1947	101,75	4.IV.1948	98,21	3,54	287	1633
6.VI.1948	101,46	3.IV.1949	99,48	1,98	301	934
29.V.1949	101,86	4.IV.1950	98,36	3,50	312	1623
3.VI.1950	101,32	29.III.1951	98,71	2,61	299	1189
16.VI.1951	102,08	15.IV.1952	96,56	5,52	303	2420
5.VI.1952	99,88	2.IV.1953	98,77	1,11	301	500
18.VI.1953	102,00	30.III.1954	98,76	3,24	285	1518
1.VI.1954	100,48	18.IV.1955	97,08	3,40	221	1467
20.VI.1955	102,34	17.IV.1956	96,79	5,55	301	2469
7.VI.1956	101,49	11.IV.1957	98,78	2,71	308	1249
14.V.1957	102,16	17.IV.1958	97,25	4,91	338	2227
17.V.1958	102,15	10.IV.1959	98,22	3,93	318	1830
19.V.1959	102,26	12.IV.1960	97,30	4,96	328	2259
2.VI.1960	100,50	2.IV.1961	99,37	1,14	304	533
20.V.1961	102,23	7.IV.1962	97,94	4,29	322	1992
31.V.1962	102,10	14.IV.1963	98,20	3,90	318	1813
30.V.1963	100,92	9.IV.1964	97,80	3,12	314	1398
8.VI.1964	100,92	10.IV.1965	98,21	2,71	306	1217
20.VI.1965	101,80	3.IV.1966	97,65	4,15	287	1885
13.VI.1966	102,39	29.III.1967	98,51	3,88	289	1822
20.V.1967	102,00	27.III.1968	97,85	4,15	311	1917
22.V.1968	101,97	12.IV.1969	98,01	3,96	325	1832
21.VI.1969	101,69	4.IV.1970	98,50	3,19	287	1474
15.V.1970	102,20	5.III.1971	98,80	3,40	295	1599
30.V.1971	101,45	25.III.1972	98,57	2,88	299	1319
8.VI.1972	101,48	26.III.1973	97,80	3,68	291	1672
Макс.	102,39		99,48	5,55	338	2469
Мин.	99,88		96,56	1,11	287	500
Сред. 3.VI	101,65	3.IV.	98,13	3,52	306	1607

уровня - I, II м наблюдалось в 1952-1953 гг., при этом было осушено 500 км² мелководных территорий, а максимальное - 5,55 м в 1955-1956 гг., при этом было осушено 2469 км² мелководных территорий, т.е. почти в 5 раз больше. Продолжительность осушения изменялась от 287 до 338 суток, при средней продолжительности осушения за многолетний период 306 суток, т.е. осушение мелководных территорий происходит в 5 раз медленнее, чем их затопление.

Литература

1. Б а к у л и н К. А. Морфометрические характеристики Рыбинского водохранилища. В сб. "Биологические и гидрологические факторы местных перемещений рыб в водохранилищах Л., "Наука", 197...
2. М а т в е е в В. П. Рыбинское водохранилище. Тр. Государств. гидрол. инст., 1950, вып. 07.
3. Ф о р т у н а т о в М. А. Цветность и прозрачность воды Рыбинского водохранилища, как показатели его режима. Тр. Инст. биол. водохр. АН СССР, 1959, вып. 2(5).

В.П.Курдин

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
МЕЛКОВОДИЙ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Для многих равнинных водохранилищ с годовым регулированием уровня, существующих и создаваемых в Европейской части Союза и в Сибири, характерно наполнение до проектной отметки в конце половодья и затем снижение уровня в течение года до начала оледующего наполнения в весенний период. При сработке объема водохранилища, неизбежной при удовлетворении нужд энергетики или при поддержании навигационного уровня в нижнем бьефе, осушаются значительные площади прибрежных мелководных территорий. Так, площадь Рыбинского водохранилища, составляющая при нормальном подпорном уровне (НПУ) 4550 км^2 , при среднем многолетнем уровне сработки уменьшается до 2900 км^2 , т.е. осушается более чем третья часть, а в годы с большей сработкой осушается более половины акватории водохранилища.

Рыбинское водохранилище — наиболее старое из построенных в СССР больших водохранилищ. За 28 лет его существования (с момента первого наполнения до НПУ) первоначально затопленные почвы подвергались изменениям, особенно значительным в прибрежных мелководных частях. В настоящее время почти полностью завершилось самоочищение ложа Рыбинского водохранилища от залитой наземной растительности и произошло разрушение большей части торфяных сплавин [12]. По этой причине возросла размывающая способность ветровых волн, так как при уменьшении шероховатости дна водохранилища их высота увеличилась на 10–20% [11]. Возросшая интенсивность размыва грунтов привела к ускорению процесса формирования рельефа ложа водохранилища, в том числе и его мелководий, и выравниванию береговой линии

в результате отчленения от водоема мелких заливов путем образования пересыпей и берегового вала из остатков древесной растительности, торфяной крошки и песка. Исследования рельефа и грунтов банок расширенной части Волжского плеса и открытых мелководий Главного плеса показали, что процесс формирования рельефа таких участков водохранилища закончился в основном к 1965 г. [8,2] .

Перестройка грунтового комплекса водохранилища, вызванная изменением гидродинамических условий водоема и уменьшением запасов грунтообразующих материалов автохтонного происхождения [9] , распространилась и на мелководья. Это привело к образованию на мелководьях грунтового комплекса, отличного от существовавшего в период становления водохранилища. На мелководьях получили широкое распространение обнаженные почвы и пески различного гранулометрического состава [7] , почти совершенно исчезли неразмытые почвы, уменьшилась площадь водной растительности. В силу этого сильно сократились площади мелководий, пригодных для нереста фитофильных рыб, их нагула в весенне-летний период, сохранения их молоди, и значительно ухудшились условия для естественного воспроизводства водоплавающей дичи.

За мелководную зону Главного плеса принята акватория, приходящаяся на глубины меньше 3 м, а для основных речных плесов: Волжского, Моложского и Шекнинского, - акватория, занимаемая глубинами меньше 2 м. Суммарная площадь этих районов составляет 1220 км². Основанием для выделения этих акваторий под мелководную зону послужило начало трансформации наибольших ветровых волн глубокой воды, граница которой на Рыбинском водохранилище совпадает с изобатами, соответствующими указанным глубинам при нормальном подпорном уровне воды. В зоне

между этими изобатами и урезом воды происходит трансформация и разрушение всех наблюдаемых на водоеме ветровых волн. Разрушение их сопровождается большой потерей энергии и, следовательно, наибольшим воздействием на дно, что приводит к его размыву и транспортировке образующихся здесь наносов. В этой же зоне на защищенных от волнения участках развиваются макросфиты, происходит нерест и нагул фитофильных рыб в весенне-летний период. Площадь этих районов составляет 27% (1220 км²) акватории Рыбинского водохранилища при нормальном подпорном уровне [1]. Таким образом, мелководьям отводится весьма существенная роль в формировании гидролого-гидрохимического режима и общей продуктивности водохранилища. Изучение мелководий Рыбинского водохранилища с целью выяснения их влияния на качество воды и общую продуктивность водоема представляет собой важным и необходимым для народного хозяйства.

В период наших исследований мелководий наблюдался низкий уровень наполнения водохранилища: в 1971 г. максимальный уровень был на 0,5 м ниже нормального, в 1972 г. — на 1,5 м и в 1973 г. — на 2,0 м. К сентябрю уровень воды еще понижался и на первое число месяца соответственно находился на 2,0, 3,0 и 3,3 м ниже НПУ. Мелководья оказались обсохшими, поэтому пришлось отказаться от обычной методики обследования грунто-рых комплексов, заключающейся в грунтовых съемках по сетке станций. При создавшихся условиях представлялось целесообразным визуальное обследование обнажившихся площадей дна, сопровождаемое фотографированием и топографическими съемками площадок и профилей.

Пробы грунта отбирались в шурфах. Гранулометрический состав определялся методом осмучивание-фракциометр-пипетка [6]. Гранулометрические коэффициенты вычислялись упрощенным спосо-

бом В.П.Петелина [10]. За содержание органического вещества в донных отложениях принималась величина потери в весе при прокаливании.

В процессе работы выяснилась значительная роль ветра в формировании грунтового комплекса мелководий и глубоководной части водохранилища. Для количественной оценки этого фактора была проведена съемка мощности ветрового наноса на льду водоема. Съемка произведена в расширенной части Волжского плеса по ленточному разрезу. Ленточный разрез представляет собой цепь примыкающих друг к другу квадратных площадок. Каждая площадка размером 100 м^2 рассматривалась как отдельная станция разреза, на которой находились частные мощности ветрового наноса. Средняя величина мощности наноса на площадке вычислялась как средневзвешенное от площади. Разрез состоял из 147 станций. Средняя величина мощности наноса на разрезе находилась как среднеарифметическое между всеми станциями.

Основным фактором, обуславливающим формирование грунтового комплекса мелководий с любым уклоном поверхности дна, является ветровое волнение. Вторым не менее значимым фактором на водохранилищах, имеющих сработку уровня воды к моменту становления ледяного покрова, является ветровая эрозия мелководий. Как в первом, так и во втором случае источник грунтообразующего материала имеет автохтонный характер. Взвеси, поступающие на площади дна мелководий с боковых притоков, существенной роли при формировании их грунтов в условиях Рыбинского водохранилища не имеют, так как при НПУ они рассеиваются по близлежащим к месту впадения в водоем притока участкам дна или осаждаются в плесах, образованных затопленными долинами притоков. При уровнях воды ниже НПУ взвеси, минуя обсохшее мел-

ководье, поступают непосредственно в глубоководную часть водохранилища.

При подходе волны глубокой воды к мелководьям изменяется ее внешняя и внутренняя структура. Трехмерные волны превращаются в двумерные, которые, независимо от направления общего волнения, подходят к берегу в направлении, близком к нормальному; при этом изменяются форма и размеры волн. Уменьшается высота волны и ее длина, резко увеличивается крутизна переднего склона, который к моменту разрушения волны принимает положение, близкое к вертикальному. Наряду с колебательным движением частиц воды происходит ее поступательное движение к берегу. Наиболее существенна при описанной трансформации волн их энергетическая перестройка. С уменьшением глубины воды, при так называемой критической глубине $H = (1,0 + 1,5)h$, волна разрушается. Процесс обрушения волны сопровождается большой потерей ее энергии [13]. При этом происходит размыв дна и взмучивание образовавшихся при этом наносов. Транспортировка взвесей осуществляется течениями: вдольбереговыми, разрывными и возникающими при образовании обратного потока за плеска.

Вдольбереговые течения при скорости меньше 0,30 м/сек вызывают перемещение образовавшихся на мелководье наносов в основном по нормали к берегу. При увеличении скорости этих течений до 0,60–1,20 м/сек поток наносов движется параллельно береговой линии [5]. По аналогии с Горьковским водохранилищем [14] на Рыбинском водохранилище должны преобладать вдольбереговые течения со скоростями меньше 0,30 м/сек. Это приводит к образованию берегового вала Глазного плеса на отметке 117,5, накоплению наносов на свале глубин у внешней границы мелководий и определяет небольшую мощность вторичных отложе-

Таблица I

Потеря в весе при прокаливании, гранулометрический состав (% от сухого веса) и гранулометрические коэффициенты (M_d - медиана, мм, S_o - сортировка, S_k - асимметрия) донных отложений мелководий Рыбинского водохранилища

№ стан-ции	Место отбора пробы	Грунт	Глубина от НПУ, м	Потеря в весе при прокаливании	Пределы фракций, мм						M_d	S_o	S_k
					1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01			
Главный плес, разрез от д. Дубец по азимуту 10° (13.IX.72 г.)													
П	0,6 км от начала разреза	Песчаная обнаженная почва	1,20	1,4	Первичный грунт						0,08	1,48	1,08
					0,5	10,7	20,0	49,0	10,3	9,5			
Ш	1,0 км от начала разреза	Песчаная обнаженная почва	1,80	3,2	Следы	1,0	22,2	45,8	19,2	11,3	0,07	1,59	0,72

		Вторичные группы										
		0,20	1,0	Следы	6,0	33,0	57,2	3,0	0,8	0,08	1,52	1,15
I	Начало разреза											
II	0,6 км от начала разреза	1,20	0,5	Следы	5,5	45,5	46,0	2,5	0,5	0,10	1,40	1,11
III	1,0 км от начала разреза	1,80	0,5		1,0	5,2	88,8	4,2	0,8	0,08	1,20	0,98
IV	2,0 км от начала разреза	2,30	1,0	Следы	4,5	34,5	55,5	4,2	1,3	0,08	1,50	1,14
V	2,7 км от начала разреза	2,60	0,9	2,0	14,7	30,8	42,8	6,5	3,2	0,09	1,64	1,14
Волжский плес (25.IX.72 г.)												
I3	"Норское" (ложби- на)	1,10	15,1	Следы	2,3	23,5	36,0	31,2	7,0	0,06	1,76	0,90
I4	у "русла" р. Черну- ха	1,00	0,3	Следы	4,5	87,7	3,7	3,3	0,8	0,15	1,21	0,98
I5	"Русло" р. Черну- ха	1,90	8,8	Следы	0,8	14,5	54,0	27,0	3,7	0,07	1,48	0,84

ний на всей площади дна мелководий, за исключением незначительных по площади участков, приуроченных к бытовавшим до наполнения водохранилища понижениям рельефа. Возникающая при разрушении волн турбулентность сопровождается остаточными вихрями в толще воды, которые приводят к взвешиванию большинства частиц размывтого грунта диаметром меньше 0,15 мм [5]. Содержание этих частиц во вторичных отложениях мелководий Рыбинского водохранилища составляет больше 50%, а в первичных грунтах – больше 70%, поэтому основная часть грунтообразующего материала транспортируется за пределы зоны трансформации волн (рис. I, табл. I). Это обстоятельство является вторым фактором, препятствующим интенсивному образованию вторичных грунтов на мелководьях водохранилища.

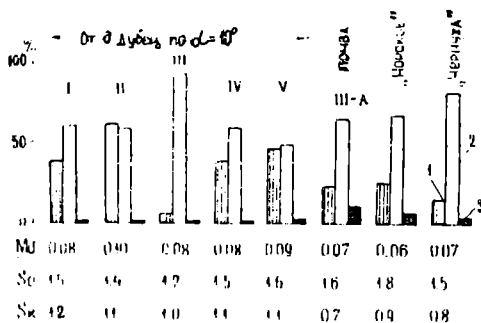


Рис. I. Механический состав грунтов мелководий: I – сумма песчаных частиц (I,0–0,1 мм); 2 – сумма пылеватых частиц (0,1–0,01 мм); 3 – сумма илистых и глинистых частиц (< 0,01 мм); Md – медианный диаметр частиц (мм); S₀ – коэффициент сортировки; S_K – коэффициент асимметрии; I – У номера станций разреза; III-A – первичный грунт станции III

Проведенные наблюдения показали, что весьма существенное влияние на образование вторичных донных отложений мелководной зоны оказывает ветер, который при существующей к ледоставу обработке уровня воды в водохранилище и в малоснежные зимы не только производит пересортировку грунтов, но и выносит значительную часть их за пределы обсохшей части дна водоема. Таким образом, ветер является третьим фактором, определяющим малую мощность вторичных отложений в мелководной зоне (рис.2).

Рельеф мелководий, под действием трансформированных ветровых волн, подвергся существенной перестройке. Перестройка выразилась в нивелировании первичного рельефа, при этом расчлененность, обусловленная руслами мелких водотоков, почти исчезла. Основная часть мелководий сейчас выглядит



Рис.2. Обсохшее мелководье в районе д. Дубец (глубина при НПУ 1,5-2,0 м). Хорошо виден перенос грунта ветром (сентябрь 1972г.)

как плоская равнина с небольшими уклонами ($0,001 + 0,025$) по поверхности дна (рис.3). Часть мелководий, примыкающая к урезу воды при НПУ, перелетовавшая в результате обсыхания при низких навигационных уровнях, заросла развилвшейся здесь вновь низинной растительностью до отметки, соответствующей изобате 1,0-1,5 м. Наибольшее распространение получила частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*) и ситник членистый (*Juncus articulatus*), обычны павель морской (*Aster maritimus*), голец пырейчатый (*Polypodium seavert*), марь сизая (*Cyperoidium*

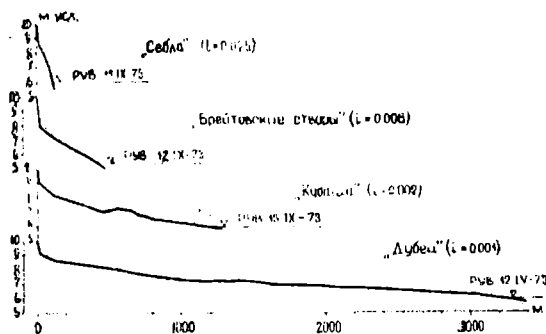


Рис.3. Профили мелководий водохранилища, i – средний уклон; РУВ – рабочий уровень воды

убавится). На участках мелководий, где в прибрежной части были развиты заросли ивняка, преобладают его побеги. Сильно заросла прибрежная часть мелководий в расширенной части Волжского плеса по его западному берегу на участке деревень Сменцево – Дуброво и Главного плеса на участке деревень Дуброво – Бор-Дорки, особенно в проливе острова Святовской Мох. Большое распространение вновь развившейся наземной растительности в этих районах объясняется наличием зарослей указанной выше растительности, бытовавшей здесь на побережье при НПУ.

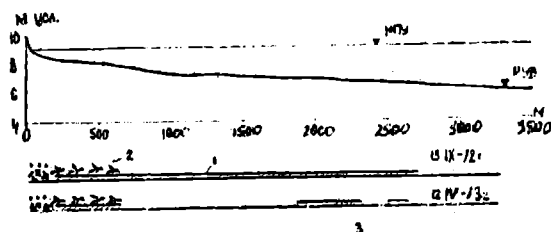
В процессе перестройки рельефа мелководий, размыва возвышенностей и отложения наносов в его понижениях возник своеобразный грунтовой комплекс, который состоит в основном из обнаженных песчаных и супесчаных почв, в некоторой части прикрытых вторичным пылятым песком. Илстые отложения занимают незначительные площади (около 2%). Они заполняют бывшие понижения рельефа, относящиеся к той части русел рек и ручьев, которые попали под затопление при наполнении водохранилища.

Как указывалось выше, преобладающее перемещение наносов по нормали к берегу, значительное содержание в грунтах мелководий частиц меньше 0,15 мм и ветровая эрозия осыхающих к ле-

доотаву площадей мелководий препятствуют образованию на них мощных вторичных отложений. Эти же факторы определяют подвижную картину распределения вторичных грунтов. Исключение составляют илистые отложения, приуроченные к вполне определенным, незначительным по площади, участкам, и те песчанистые отложения, которые закрепляются на участках с повышенной шероховатостью дна - площади, где развивается высшая водная растительность, на участках торфяных залежей и скопления древесных остатков (рис. 4-6).

Обычны для мелководий водохранилища участки дна, занятые

Рис. 4. Выносы вторичных отложений с мелководья в районе д. Лусец: 1 - условная мощность вторичных отложений; 2 - вторичная растительность; 3 - торфяники



крупными нагромождениями древесных остатков или группами пней, а также торфяными включениями в грунты в виде торфяных почв (см. рис. 2, 6).

Гранулометрический состав, потеря в весе при прокаливании и гранулометрические коэффициенты грунтов мелководий даны на рис. 1 и в табл. I. Грунты представлены вторичными мелкими и пылеватыми песками и обогащенными почвами, по своему механическому составу близкими к илистым пылеватым пескам (сумма частиц от 0,01 до 0,1 мм составляет 50%). Медианные диаметры этих грунтов находятся в пределах от 0,07 до 0,15 мм, они хорошо отсортированы (S_0 1,20-1,64), коэффициенты асимметрии



Рис.5. Береговой вал из древесных остатков, торфяной крошки и песка в Главном плесе водохранилища на урезе воды при НПУ



Рис.6. Участок мелководий, захламленный древесными остатками северо-западнее о-ва Святовской Мох

близки к единице, так как максимальное содержание фракций близко к медиане. Содержание органического вещества, судя по потере при прокаливании, незначительно (0,3+3,2%). Бывшие понижения рельефа мелководий, соответствующие руслам водотоков и другим элементам рельефа, расчленявшим бывшие надпойменные террасы, заполнены песчанистыми илами или илистыми пылеватыми песками с большим содержанием органического вещества, чем грунты прилегающих к ложбинам участков. Потеря в весе при прокаливании грунтов, заполняющих ложбины, колеблется от 8,8 до 15,1%

Гранулометрические показатели близки к показателям других грунтов мелководий.

Как указывалось выше, ветровая эрозия обнажившихся к ледоставу мелководий препятствует накоплению вторичных отложений на их площади. Она же является одним из источников грунтообразующего материала для образования вторичных отложений в глубоководной части водохранилища.

Гранулометрический состав ветрового наноса, определенный в пробах, собранных на льду водохранилища, дан на рис. 7 и в табл. 2. По мере удаления от уреза воды при ледоставе дисперсность частиц, слагающих нанос на льду водохранилища, уменьшается: содержание песчаных частиц (0,1–1,0 мм) возрастает от 26,7% до 81,3%, а пылеватых частиц (0,01–0,1 мм) – снижается с 74,3 до 18,7% при увеличении медианного диаметра частиц от 0,07 до 0,14 мм. По своему гранулометрическому составу ветровой нанос представляет собой хорошо сортированные (S_o от 1,36 до 1,44) пылеватые или мелкие пески, в которых максимум распределения частиц лежит близко к медиане (S_k от 0,91 до 1,13).

Ветровые наносы, размывающиеся на льду водохранилища, служат источником накопления донных отложений по всему диапазону глубин подрема, так как в последний период они, за исключением небольших

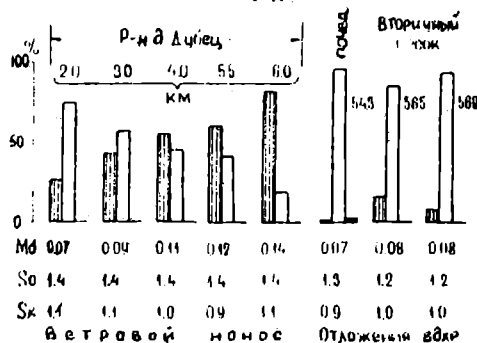


Рис. 7. Механический состав ветрового наноса на льду водохранилища по разрезу у д. Дубец и донных отложений его глубоководной части. Обозначения те же, что на рис. I

участков в верховьях речных плесов с выраженными стоковыми течениями, оседают на дно в месте таяния льда. Попадая на участки дна, занятые илистыми отложениями, ветровые наносы, имея в своем составе значительное количество органических частиц (потеря в весе при прокаливании меньше 2% — табл. 2) обогащают или минеральными частицами. Выше границ распространения илистых отложений они, совместно с другими грунтообразующими источниками, формируют пылеватые и мелкие пески, характерные для Рыбинского водохранилища выше изобаты 10 м в Главном плесе и изобаты 5–6 м в Волжском, Моложском и Шекнинском плесах.

Накоплением ветрового наноса на льду водохранилища объясняется появление песчаных линз на участках ложа водоема где по условиям грунтообразования песчаных отложений быт не может. Причиной образования линз наносов на льду является их накопление у препятствий, мешающих равномерному распределению наноса по акватории. Этими препятствиями обычно служат торосы, возникающие при становлении ледяного покрова или у термических трещин во льду. Наибольшая наблюдаемая мощность песчаной линзы равнялась 16 см. Линзы часто встречаются у торфяных сплавов Центрального Мыса и острова Святовской Мох подстилающим грунтом для линз в этих районах обычно является грубый торфянистый ил.

Распространение ветровых наносов по всей акватории водохранилища является только дополнительным грунтообразующим источником, но не доминирующим фактором при образовании вторичных песков открытых пространств водохранилища, появление которых в основном является следствием процессов размыва ложа водоема [9]. Это становится очевидным при сравнении granulометрического состава ветровых наносов по разрезу в райо-

[illegible]

ПРЕДЛОЖО УЧЕНОМ СЪДЪ И СПИТАНСКОТО ОДОБЖЕЛЪ

№ отбора проб	Грунт	Глубина от НПУ, м	Потеря в весе при прокаливании	Пределы фракций, мм					M _d	S _o	Σ S _n
				1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01			
Ветровой нанос на льду по разрезу д. Дубец - "Красный Дом" (5.IV.71г.)											
I	2,0 км от д. Дубец	Песок пылеватый	1,5	1,0	24,7	68,0	6,3	Следы	0,07	1,36	1,12
II	3,0 км -"	-"	1,1	1,3	42,0	52,0	4,7	-"	0,09	1,42	1,06
III	4,0 км -"	Песок мелкий	1,3	5,3	49,7	36,7	8,3	-"	0,11	1,44	0,96
IV	5,5 км -"	-"	1,6	4,7	55,0	36,0	4,3	-"	0,12	1,44	0,91
V	6,5 км -"	-"	1,5	26,0	55,3	15,0	3,7	-"	0,14	1,37	1,13
Донные отложения											
543	Западная часть	Песок пылеватый	4,1	0,3	Следы	79,0	16,4	2,3	0,07	1,27	0,94
565	Главного плеса	-"	4,1	Следы	0,3	77,7	6,4	Следы	0,08	1,23	0,92
569	Родохранилища	-"	9,4	Следы	Следы	84,0	8,3	Следы	0,08	1,22	0,97

1) Первичный грунт.

2) вторичный грунт.

д. Дубец и песчаных донных отложений примыкающей к разрезу части Главного плеса (см. рис.7, табл.2). Действительно, во вторичных песках (станции 565 и 569) так же, как и в первичном грунте (станция 543), который является источником для образования грунтов на станциях 565 и 569, преобладают пылеватые частицы, содержание которых находится в пределах от 84,1 до 95,4%. В ветровом же наносе только на приустьевой станции сумма пылеватых частиц достигает 74,3%, при постоянном снижении по мере удаления от берега до 18,7%.

На основании данных, полученных при съемке мощности ветрового наноса в расширенной части Волжского плеса в предвесенний период 1972 г., произведен расчет его аккумуляции плесом. При условии распространения полученных данных на всю площадь плеса, суммарное количество поступившего в него ветрового наноса в 1972 г. составило 500 тыс. т. Полученные цифры аккумуляции Волжским плесом ветровых наносов ориентировочны, однако они свидетельствуют о том, что ветровой перенос наносов является существенной частью накопления отложений в водохранилище которая обычно не учитывается.

Полученные материалы позволяют сделать следующие выводы.

I. В результате перестройки первичного рельефа мелководий под воздействием ветровых волн и ветровой эрозии произошло нивелирование их поверхности. Основная площадь мелководий оказалась занятой обнаженными песчаными и супесчаными почвами и вторичными пылеватыми и мелкими песками. Бывшие понижения рельефа мелководий (русла водотоков, овраги и т.д.) заполнились песчанистым илом и илом. Эти отложения богаты органическим веществом, потеря в весе при их прокаливании более 15%, тогда как у песчаных грунтов, в том числе обнаженных

почи, она не превышает 3%. Обычны для мелководий водохранилища участки дна, занятые хаотическими нагромождениями древесных остатков или группами пней, а также торфянистыми включениями в грунты в виде торфяных кочек.

2. Картина расположения вторичных песков на мелководьях непостоянна, так как на их распределение, в случае обсыхания почти мелководий к ледоставу, большое влияние оказывает ветровая провол. Песок, как правило, закрепляется только на участках с повышенной шероховатостью (площадь, где развилась вторичная водная растительность, на участках торфяных залежей и у берегового вала).

3. В результате летований мелководий они в своей верхней части, примерно до изобаты 1,0-1,5 м, зарастают высшей водной растительностью. Наибольшее распространение имеет частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*) и ситник членистый (*Juncus articulatus*), обычны шавель морская (*Rumex maritimus*), торфяк широколистный (*Polydronum sibiricum*) и марь сизая (*Chenopodium glaucum*). На участках, где в береговой части были раньше заросли ивняка, преобладают его побеги.

4. Члеть мелководных заливов при образовании берегового плеса оказалась отшнурованной от основной акватории плеса. При проведении мелиоративных работ, направленных на присоединение отшнуровавшихся заливов к Главному плесу водохранилища, некоторая часть нерестилищ фитофильных рыб будет восстановлена.

5. Завершенность формирования рельефа мелководий позволяет приступить к выяснению возможности защиты наиболее перспективных участков от ветрового волнения. При положительном решении этого вопроса будут восстановлены нерестилища фитофильных рыб, площади для их нагула и угодья естественного воспроизводства водоплавающей дичи.

Литература

1. Б а к у л и н К. А. Морфометрические характеристики Рыбинского водохранилища. Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР, 1968, вып. 16 (19).
2. З и м и н о в а Н. А. и К у р д и н В. П. Формирование рельефа и грунтов мелководий Рыбинского водохранилища. Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР, 1968, вып. 16 (19).
3. И к о н н и к о в Л. Б. Об изменении берегов Горьковского водохранилища в весеннее время. В сб. "Природные физико-геологические и инженерно-геологические процессы и явления". М., Изд-во АН СССР, 1963.
4. И к о н н и к о в Л. Б. Изучение движения прибрежных наносов на Горьковском водохранилище с помощью меченого песка. Изв. АН СССР, сер. географическая, 1965, вып. 5.
5. И я г л Д ж. Движение пляжевых песков (исследования с помощью люминесцентных индикаторов). Л., Гидрометеиздат, 1971.
6. К у р д и н В. П. Классификация и распределение грунтов Рыбинского водохранилища. Тр. Ин-та биол. водохр. АН СССР, 1959, вып. 1 (4).
7. К у р д и н В. П. О классификации и происхождении грунтов водохранилищ. Бюлл. Ин-та биол. водохр., 1960, № 8-9.
8. К у р д и н В. П. Формирование рельефа и грунтов банок расширенной части Волжского плеса Рыбинского водохранилища. Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР, 1965, вып. 7 (10).
9. К у р д и н В. П. и З и м и н о в а Н. А. Пути формирования грунтового комплекса Рыбинского водохранилища. В сб. "Комплексные исследования водохранилищ". Изд-во МГУ, 1971, вып. 1.

10. П а т о л и н В. П. Упрощенный способ вычисления гранулометрических коэффициентов донных осадков. Бюлл. Океанограф. комиссии, М., 1958, № 1.
11. С е л ь к Е. М. Исследования, расчеты и прогнозы ветрового волнения на водохранилищах. Л., Гидрометеоиздат, 1961.
12. Т и ч а л о в С. Н. Динамика изменения площадей затопленной древесной растительности и торфяных сплавин на Рыбинском водохранилище. Сб. работ Рыбинской гидрометеорологической обсерватории. Л., Гидрометеоиздат, 1965, вып. 2.
13. Ф р о л ь к о в а Е. Я. Исследование и расчет ветровых волн в малководной прибрежной зоне. "Вопросы гидротехники". Тр. водных проблем и гидротехн. Изд-во АН Узб. ССР, Ташмент, 1963, вып. 12.
14. П р о с л а в ц е в Н. А. К вопросу о течениях в береговой зоне водохранилищ. Сб. работ Горьковской и Волжской ИЖО. Л., Гидрометеоиздат, 1967, вып. 4.

С.С.Бакастов

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ОСУШНОЙ ЗОНЫ РЫБИНСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА

Для водохранилищ с годовым регулированием стока характерны большие колебания уровня в пределах года. После аккумуляции вод половодья в весенний период уровень достигает максимальных значений, затем происходит постепенное его понижение, так как расходная часть водного баланса во все другие сезоны превышает приток. В равнинных водохранилищах, при снижении в них уровня, ежегодно временно осушается большая часть мелководных территорий, которые мы называем "осушной зоной". В Рыбинском водохранилище в среднем за многолетний период осушается более $1/3$, а в годы с большой сработкой уровня — более половины всей площади водохранилища. В связи с перспективами возможного хозяйственного использования "осушной зоны" нами произведены специальные исследования некоторых элементов гидрологического режима в этой зоне.

При производстве режимных наблюдений в мелководной зоне основное внимание уделялось температурному режиму воды и грунтов мелководий, поскольку он является одним из основных факторов, определяющих жизнь гидробионтов. Одновременно производились наблюдения за температурой воздуха, колебаниями уровня, волнением, силой и направлением ветра, толщиной льда и глубиной снежного покрова.

Температура в грунте измерялась на двух постоянных, стационарных установках, представляющих собой заглубленные в грунт полупроводниковые датчики с выходящими от них на поверхность проводами. Расположение датчиков позволяет измерять тем-

температуру как на поверхности грунта, так и на глубине 5, 10, 20, 30, 100, 150 и 200 см от его поверхности. Одна постоянная установка была заложена в ил, другая – в супесчаную почву. Расстояние между станциями составляло около 50 м. Близкое расположение их в сходных условиях, с поверхностью грунта на одном уровне, что определяет одновременное осушение, позволяет исключить влияние на промерзание других факторов и выявить интенсивность промерзания в зависимости только от теплофизических характеристик грунта.

Площадки со стационарными установками выбраны таким образом, чтобы они затоплялись водами водохранилища при весеннем подъеме уровня в мае и осушались в сентябре-октябре, т.е. находились в зоне временного затопления, где в вегетационный период интенсивно развивается зоо- и фитопланктон, бактериальная микрофлора, бентосные организмы и высшая водная растительность; здесь же нерестится большинство видов рыб и проходит личиночная и мальковая стадии их развития. В зимнее время площадки осушены и промерзают.

Наблюдения за температурой в грунте по стационарным установкам проводились в течение 2,5 лет круглогодично, в летнее время один раз в 5 дней, в зимний период, когда изменения температуры более плавны, – один раз в 10 дней. В периоды с резкими изменениями температуры наблюдения проводились ежедневно.

Кроме серии наблюдений на стационарных установках, дополнительное наблюдение за ходом температуры в грунте на других участках, с иными биотопами проводилось с помощью специально сконструированного для этой цели прибора – донного термоступа (рис. 1).

Температура воды измерялась над постоянными установками на водоеме в период временного затопления в те же сроки, что и темпера-

тура в грунте. Кроме того, температура воды измерялась на гидробиологическом профиле в районе Борка и на ряде профилей в центральной части водохранилища. Гидробиологический профиль имеет 4 закрепленных мелководных станции на разных биотопах с различными глубинами и одну глубоководную станцию. Наблюдения на гидробиологическом профиле проводились в течение летнего сезона 1971 г. один раз в неделю, в комплексе с биологическими исследованиями, на профилях в центральной части водохранилища – один раз в 2–3 месяца. Температура в воде измерялась переносным электротермометром с малоинерционным полупроводниковым датчиком, точность измерений $0,1^{\circ}$. Измерение температуры воздуха, колебаний уровня, толщины льда и снега, скоростей ветра, волнения производилось общепринятыми методами, рекомендуемыми наставлениями гидрометеослужбы.

Анализ полученных материалов позволил установить следующие особенности температурного режима осушной зоны.

З и м н и й п е р и о д . Осушение мелководий, по средним многолетним данным, начинается в июне, и к началу зимы значительная часть их уже осушена. На остальной части с наступлением отрицательных температур воздуха происходит замерзание воды. После образования ледяного покрова, в результате продолжающегося понижения уровня, лед прикрывает осушенный грунт. Чем ниже зона, тем более толстый ледяной покров оседает на грунт и тем меньше период, в течение которого грунт находится в осушенном состоянии. Осевший лед оказывает утепляющее действие и существенно препятствует промерзанию грунта.

В разные годы соотношение площадей, осушенных в теплое время года и в зимний период, сильно меняется и зависит от характера падения уровня и сроков наступления отрицательных температур воздуха. В среднем же около половины осушенных пл

палей зимует под ледяным покровом. Исследования температурного режима на участках, покрытых льдом, показали, что в верхней части осушенных мелководий, зимующих под ледяным покровом толщиной 10–30 см, промерзание незначительно, температура грунта находится в пределах от 0 до минус 1°, а на участках с толщиной льда 30–60 см промерзания не происходит, и температура даже в поверхностных слоях грунта положительная. В зонах, орошаемых в теплое время года, где нет утепляющего влияния ледяного покрова, промерзание грунта может быть значительным и зависит от суровости зимы, толщины снежного покрова и количества его выпадения, от состава грунта.

Для выяснения степени промерзания и влияния на промерзание состава грунта выполнена серия наблюдений в супесчаном грунте и отложениях ила.

Глубина и степень промерзания супесчаного грунта, имеющего коэффициент теплопроводности $2,7 \times 10^{-3} \frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ (рис. 1-а), и отложений ила с коэффициентом теплопроводности $1,1 \times 10^{-3} \frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ (рис. 1-б), т.е. более чем в 2 раза меньшим, чем в супесчаном грунте, оказались весьма различными.

Супесчаный грунт промерз до глубины 70 см, и минимальные температуры поверхностных слоев грунта в феврале достигли минус 10°. При одинаковых климатических условиях и при одинаковой примерно толщине снежного покрова в отложениях ила, благодаря его меньшей теплопроводности, промерзание началось на 12 дней позднее, грунт промерз до глубины 15 см и минимальные температуры в поверхностных слоях грунта достигли всего минус 4°. После схода снежного покрова более интенсивно прогревается супесчаный грунт. Если в поверхностных слоях отложений ила в конце апреля температура была 4°, то в супесчаном грунте —

более 10° (см. рис. I). Несмотря на большую разницу температур в этих двух типах грунта, теплоспас, получаемый и отдаваемый тем или другим грунтом, приблизительно одинаков, что обусловлено их разной объемной теплоемкостью.

Другим фактором, влияющим на степень промерзания грунта осушенных участков, является толщина снежного покрова, покрывающего грунт. Как толщина снежного покрова, так и время его выпадения и стаивания сильно отличаются в разные годы. Покрывая грунт, снежный покров также, как ледяной, препятствует его промерзанию. Влияние снежного покрова на степень промерзания грунта прослежено на примере двух зим: 1969-1970 и 1970-1971 гг.

На рис. 2 показаны термоизоплеты в 20 см биологически активном слое супесчаного грунта, полученные в результате наблюдений на одной и той же стационарной установке за два зимних периода, одинаковых по суровости (в первом случае сумма отрицательных температур за зиму составила 1140° , во втором - 1070°), по продолжительности

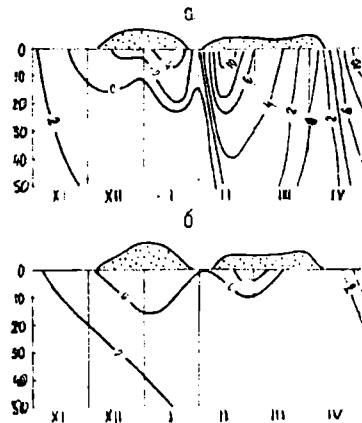


Рис. I. Термоизоплеты за 6 зимних месяцев 1970-71 гг а) в супесчаном грунте, б) в отложениях ила

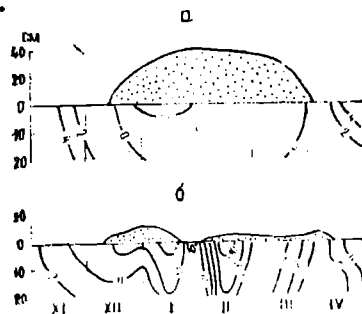


Рис. 2. Термоизоплеты в супесчаном грунте в зимний период: а) 1969-1970 гг., б) 1970-1971 гг.

снежного покрова и отличающихся только по его толщине.

В первом случае (рис. 2 а) снег выпал 14 декабря, и всему ему был устойчивый снежный покров толщиной более 40 см. Морозный период во второй половине декабря со среднесуточными температурами воздуха от минус 9 до 23° и в январе с минимальными среднесуточными температурами воздуха в середине и конце января до минус $27-30^{\circ}$ вызвал промерзание грунта под глубоким снежным покровом всего на 30 см с минимальной температурой в середине января в поверхностных слоях грунта минус $1,1^{\circ}$, а на глубине 20 см от поверхности - минус $0,2^{\circ}$. В феврале среднесуточные температуры воздуха в I, II и III декадах составляли соответственно минус 10,4, 12,1 и $8,1^{\circ}$, а в марте - минус 11,6, 3,0 и $2,7^{\circ}$. Несмотря на устойчивый морозный период с оттепелями, с минимальными среднесуточными температурами воздуха в конце января - минус 30° , в феврале - минус $17-22^{\circ}$ и в середине марта - минус 12° , дальнейшего промерзания грунта под толстым снежным покровом во второй половине зимы не происходило. Температура в поверхностных слоях даже повысилась от середины января к концу месяца на $0,8$, а к концу февраля - еще на $0,3^{\circ}$, за счет тепла, поступающего из нижних слоев грунта, которые в этот период продолжали охлаждаться.

Зимой 1970-1971 гг., в отличие от предыдущего года, наблюдалась малая толщина снежного покрова. Выпавший в I декаде декабря 1970 г. снег к концу месяца достиг толщины в 10 см, а в январе 1971 г. его частично унесло ветром, а оставшийся, в результате наступившей в III декаде оттепели, растаял. Морозный период в I декаде января, с температурами воздуха до минус 21° , при толщине снега в 5-8 см, вызвал промерзание грунта в конце декады до минус $4,5^{\circ}$ на поверхности и минус 4° на 5 см от поверхности грунта (рис. 2 б). Во время оттепели

в конце января поверхностный слой грунта в 3–5 см оттаял. Выпавший затем в первых числах февраля снег в феврале и марте держался слоем всего в 4–6 см. Такой слой снега не смог предохранять грунт от промерзания, и наступившие холода до минус 23° в I и до минус 18° во II декаде февраля способствовали понижению температуры грунта в середине февраля до минус 11° на поверхности, минус 10 – в 5 см, минус $9,2^{\circ}$ – в 10 см и минус 8° – в 20 см от поверхности грунта. Грунт в этот период промерз до глубины 70 см, интенсивность понижения температуры в поверхностном слое грунта составила $0,7^{\circ}$ в сутки.

Таким образом, при одинаковых температурных условиях, но при разной глубине снежного покрова в 1970 г. грунт промерз на глубину 30 см. Минимальные температуры достигли в поверхностных слоях минус $2,3^{\circ}$, а зимой 1971 г. грунт промерз до глубины 70 см и минимальные температуры достигли минус 10 – 11° .

На постоянно затопленных мелководьях в зимнее время температура в воде и в поверхностных слоях грунта находится в пределах от 0 до 1° , в глубоководных частях водохранилища – 2 – 4° . Промерзание осушенных грунтов мелководий является наиболее существенным отличием их температурного режима от постоянно затопленных грунтов глубоководной части.

В е с е н н и й п е р и о д . В весеннем прогреве грунтов осушной зоны можно выделить три периода: первый – повышение температуры в верхних слоях промерзшего грунта еще под снежным покровом, при сохранении отрицательных значений температуры, второй – прогрев грунта в период между сходом снежного покрова и началом затопления и третий – прогрев грунта вместе со слоем воды после его затопления.

Самые низкие отрицательные температуры в промерзшем грунте обычно наблюдаются в феврале при обратной стратификации

распределения температуры; в марте-апреле температура в промерзшем слое во все годы наших наблюдений неизменно повышалась, при сохранении еще отрицательных значений. К моменту схода снежного покрова распределение температуры во всем промерзшем слое близко к гомотермии, при отрицательных значениях температуры, близких к 0° , повышение температуры в промерзшем грунте под снежным покровом происходит за счет тепла, поступающего из нижних слоев грунта, температура которых за этот период повышается. После схода снежного покрова в грунте устанавливается гомотермия, оттаивание промерзшего слоя происходит как обычно, в результате общего повышения температуры воздуха, так и снизу, за счет продолжающегося поступления тепла из нижних слоев грунта. Так как поступление тепла из атмосферы в этот период намного превышает поток тепла к промерзшему слою из нижних слоев грунта, положение зоны с минимальными температурами удаляется от поверхности грунта и в момент перехода к гомотермии в прямую стратификацию находится у нижней границы промерзшего слоя. Оттаивание грунта по площади осушной зоны происходит неравномерно и зависит от теплофизических свойств грунта. Так, во время температурных съемок 1970 г., на одном из участков побережья, ил оттаял на 10 см, супесчаная почва и дерново-подзолистая — на 20 см, а песок — на 65 см, за 10 последующих дней, при температурах на поверхности грунта $15-20^{\circ}$, толщина оттаявшего слоя увеличилась в отложениях ила на 5 см, супесчаной почве — на 25 см, а песок оттаял на всю глубину промерзания.

Процесс грунта осушной зоны в период от схода снежного покрова до затопления ее водой показан на примере двух экстремальных лет нашей страны 1969 г (рис. 3 а), когда между сходом снежного покрова и началом затопления грунта в районе стадио-

нарных установок прошло 30 дней, и весной 1971 г. (рис. 3 б), когда этот срок составил всего 3 дня.

В первом случае грунт перед затоплением прогрелся до $18-20^{\circ}$, поступившая вода первой фазы половодья с температурой $6-8^{\circ}$ быстро прогревалась как за счет атмосферного тепла, так и за счет теплосапаса, накопленного грунтом до его затопления. Тепловой поток в этот период был направлен из грунта в воду, что вызвало снижение температуры в поверхностных слоях грунта в первые 7 дней после его затопления с 20 до 12° .

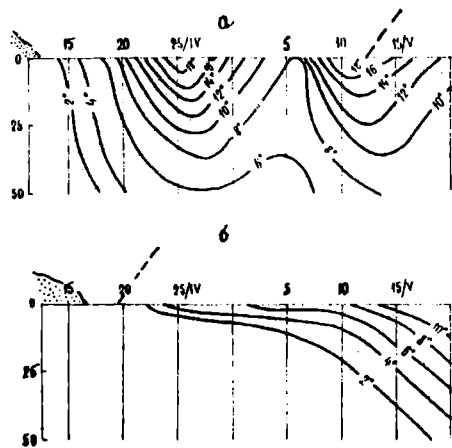


Рис.3. Термоизооплеты в апреле-мае: а) 1969 г., б) 1971 г.

Во втором случае теплосапас в поверхностных слоях грунта перед затоплением был близок к нулю, а поступившая на мелководья вода постепенно прогревалась в результате общего повышения температуры воздуха. Тепловой поток у дна в этот период был направлен из воды в грунт, что вызвало повышение температуры в поверхностных слоях грунта в течение месяца от 0 до 10° .

Теплосапас, накопленный грунтом до его затопления, оказывает существенное влияние на температурный режим мелководных участков после их затопления при весеннем наполнении водохранилища. Он способствует более быстрому прогреву поступившей на мелководья воды и, следовательно, развитию гидро-

появлению и нересту рыб в первый период после затопления.

Л е т н и й п е р и о д . В результате весеннего наполнения водохранилища заполняются прибрежные мелководья, большая часть которых располагается в долинах основных притоков и Рыбинское водохранилище – Волги, Мологи и Шексны. Величина затопляемых территорий сильно колеблется в отдельные годы и зависит от режима весеннего наполнения и водности года. В среднем за время существования водохранилища (1947–1973 гг.) весеннее повышение уровня в нем составляет 3,5 м, при этом затопляется около 1800 км² прибрежных мелководий. Минимальное повышение уровня отмечено в 1954 г. – 1,72 м, при этом было затоплено 776 км², а максимальное – в 1955 г. – 5,26 м, при этом было затоплено 2377 км², т.е. более половины всей площади водохранилища. По температурному режиму в летний период четко различаются открытые мелководные участки, расположенные в основном в нижнем плесе водохранилища, и закрытые мелководья – устьи притоков, заливы, заостровные участки, торфяные сплавины и затопленный лес. Открытые мелководья в течение всего летнего периода имеют интенсивный водообмен с глубоководными частями водохранилища в результате стонно-нагонных процессов, и их температурный режим мало отличается от температурного режима всего водохранилища. Развитию гидрофитов на открытых мелководьях препятствует волнение на них и образовавшиеся здесь иллы, состоящие в основном из песчаных фракций. Закрытые мелководья нарастают, имеют ограниченный водообмен с глубокими частями, защищены от волнобоя. Температура воды летом здесь значительно отличается от температуры глубоководных частей и в период прогрева она выше, а в период охлаждения – ниже на несколько градусов.

Летом 1971 г. была проведена серия наблюдений за температурным режимом на гидробиологическом профиле в Волжском плесе в районе Борка. Профиль пересекает заостровный зарастаемый участок с незначительным водообменом с глубоководной частью плеса и имеет пять постоянных станций. Станции I-3 находятся в зоне зарастания, ст. 4 - вне ее, а ст. 5 - глубоководная. Типичное распределение температуры на профиле в летний период состояние, близкое к гомотермии на глубоководных участках, и более высокая температура и стратификация ее по глубине на зарастаемых участках (рис. 4). Из распределения температурного поля на профиле видно, что температура воды мелководий на 6° выше, чем в глубоководной части. Разница температуры между поверхностью воды и дном в заросшей зоне составляет $3-4^{\circ}$ даже на глубине в 0,5 м. Она довольно постоянна и уменьшается только во время сильных нагонов воды из глубоководной части.

Общая тенденция распределения температуры на профиле - ее увеличение с уменьшением глубины, но на ст. I и еще ближе к урезу воды температура была всегда несколько ниже, чем на ст. 2, что вызвано, видимо, поступлением более холодных грунтовых вод вблизи уреза воды.

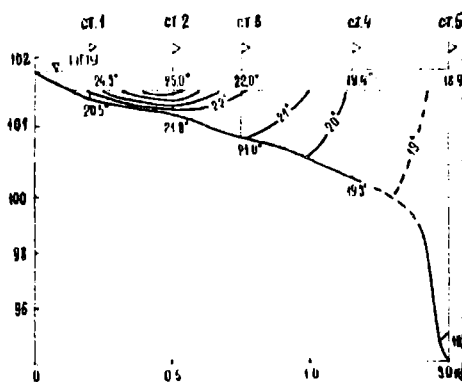


Рис. 4. Изотермы на гидробиологическом профиле 28 июня 1971 г. По оси абсцисс - расстояние, км; по оси ординат - глубина, м.

Представляет определенный интерес величина температурного значения у поверхности грунта, в зоне раздела вода-грунт. От изменения температуры между дном и ближайшими слоями грунта непосредственно зависит величина теплообмена через дно между водой и грунтом. На рис. 5 показана разница в температурах между

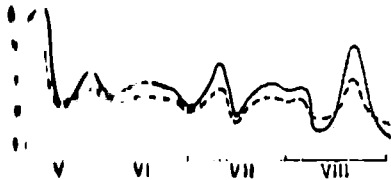


Рис. 5. Разница в температурах между поверхностью грунта и на глубинах 5 см — пунктирная линия, и 10 см — сплошная линия

поверхностью грунта и слоями в 5 и 10 см от поверхности грунта на ст. 3 гидро-биологического профиля за 4 летних месяца.

В среднем разница температуры в 10 см слое составила 2° , максимальная — 6° . Разница температуры между поверхностью грунта и ниже

указанными слоями в период прогрева сильно изменяется во времени, и в периоды похолоданий приобретает отрицательное значение, т.е. тепловой поток бывает направлен из грунта в воду.

Годовой ход температуры в грунтах осушной зоны в районе ст. 3 гидробиологического профиля показан на рис. 6. Из него

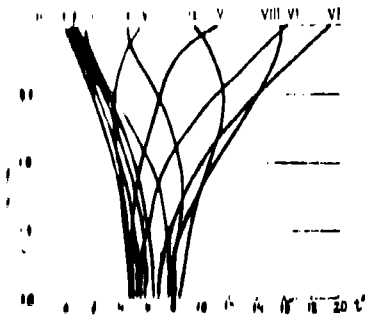


Рис. 6. Годовое изменение температуры в двухметровом слое грунта осушной зоны по среднемесячным их величинам

следует, что в апреле-июле происходил прогрев грунта во всей двухметровой толще, в августе в верхнем 0,5 м слое температура понизилась, а в слое 1,5-2 м продолжала повышаться, в сентябре выхолаживание распространилось на глубину 1,2 м, а в период с октября по март грунт выхолаживался во всей 2-метровой толще. Годовая амплитуда температуры грунта с глубиной резко убывает. Если в поверхностных слоях она составила 20° , то на глубине 1 м - 6° , а на глубине 2 м - всего 2° . От всего годового изменения теплозапаса в грунте изменение теплозапас в верхнем 2-метровом слое составляет около 85%.

Результаты исследования температурного режима в мелководной зоне водохранилища, подвергающейся временному затоплению и осушению, показали, что он существенно отличается от температурного режима постоянно затопленных глубоководных частей водохранилища во все сезоны года. Отличие это выражается прежде всего в промерзании осушенных грунтов в зимнее время. При неблагоприятных условиях, в суровые малоснежные зимы, отрицательные температуры в поверхностных слоях грунта достигают $10-15^{\circ}$ на большей части осушной зоны, что ведет почти к полной гибели зимующих в них водных беспозвоночных. Как показали результаты исследований температурного режима зимой, грунты промерзают не на всей осушенной территории. Под глубоким снежным и ледяным покровом, в мощных отложениях ила, отрицательная температура в небольшом поверхностном слое достигает всего $1-2^{\circ}$. Следует отметить, что выхолаживание грунта до такой температуры еще не ведет к замерзанию влаги, заключенной в грунте, так как она всегда представляет собой раствор солей, который замерзает при более низких температурах, обычно ниже минус 2° .

В понижениях рельефа осушной зоны (озерца, поймы ручьев, канавы и пр.), заполненных илом и прикрытых в зимнее время значительно толстым снежным покровом, промерзания грунта не происходит даже в суровые зимы. Здесь создаются благоприятные условия для зимовки водных организмов. Они и являются очагами, откуда происходит заселение прибрежными формами окружающих их участков при весеннем затоплении мелководий.

Летний температурный режим мелководной осушной зоны целиком определяется гидрометеорологическими условиями в этот период. Общее повышение температуры воды после затопления мелководий связано с повышением температуры воздуха и поступлением тепла с солнечной радиацией. Влияние же грунта на прогревание воды может быть противоположным. В годы, когда затопление мелководий начинается вскоре после схода снежного покрова, грунт, оттаявший и прогреваясь, получает тепло из поступившей воды, что поддерживает ее прогревание. Когда же затопление происходит через значительный срок после схода снежного покрова, грунт успевает оттаять и прогреться, запас тепла, накопленного грунтом до его затопления, способствует быстрому прогреванию мелководных участков воды.

Температурный режим мелководий в летнее время формируется в результате теплообмена с атмосферой и зависит в значительной мере от климатических условий года. Кроме того, на формирование температурного режима существенное влияние оказывает взаимодействие с глубокowodными частями, имеющими, как правило, более высокую температуру. Теплообмен происходит в результате постоянного перемешивания между мелководьями и водохранилищем в результате различных процессов. На температурный режим мелководных участков существенное влияние оказывает их зарастание водной растительностью, которая препятствует теплооб-

мену как с атмосферой, так и с глубоководными частями водохранилища. При нагоне на мелководья поступает вода с более низкой температурой, затем, прогревшись, она поступает в водохранилище во время сгонов, способствуя общему прогреву водохранилища.

Литература

- І. Б а к а с т о в С. С. Донный термошуп. Матер. перв. науч.-тех. совещ. по изучению Куйбышевского водохр., вып. І, 1963.

Т.Ф.Микрякова

ИСТОЧНИК ДАННЫЕ ПО СОДЕРЖАНИЮ БИОГЕНОВ В ПРИПЯЖНЫХ ВОДАХ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В 1971-1972 гг. в Институте биологии внутренних вод АН СССР проводилось комплексное исследование прибрежья Рыбинского водохранилища с целью определить наиболее продуктивные зоны водоема и выявить их влияние на общую продуктивность водоема. В соответствии с поставленной задачей в программу исследований было включено определение сезонных колебаний минеральных форм азота (нитраты, нитриты и аммиак), минеральной фосфора (фосфаты) и их сравнение с глубокowodными стационарными отсчетами водохранилища.

Для проведения указанных исследований на водоеме было назначено пять точек на прибрежной зоне в районе Борка по разрезу Борка-Коприно. Однако вследствие низкого уровня воды в этом водоеме наблюдения по гидрохимии производились только на трех намеченных точках с глубинами в 1971 г. 0,5-0,6 (ст. 1), 1,5-2,0 (ст. 4) и 9-12 м (ст. 5, соответствующая стационарной глубоководной ст. I).

На этих станциях за периоды с начала мая по октябрь в 1971 г. и с конца мая по август в 1972 г. проводились еженедельные анализы воды на содержание указанных биогенных элементов. Помимо наблюдений, проводимых в районе Борка, в 1971 и 1972 гг. было предпринято обследование мелководий всего Рыбинского водохранилища. Участки прибрежной зоны выбирались с целью охватить основные типы мелководий: защищенные, полуприкрытые и открытые, чаще всего песчаные или каменистые. Описание всех станций дано в настоящем сборнике в

работе И.Л.Пыриной [3]. Для сравнения параллельно велись наблюдения и на глубоководных станциях указанного района мелководья.

Пробы воды на анализ отбирались метровым батометром с глубин 0-1, 1-2 м и т.д., затем смешивались и фильтровались. Была сделана попытка сравнить содержание биогенов в поверхностном и придонном слоях. Однако данные практически не различались по своему значению. Определения всех форм азота и фосфатов велись по общепринятым методикам [1].

Обследованный участок в районе Борка представляет собой защищенный тип мелководья, верхние горизонты которого заросли высшей водной растительностью. Анализ проб воды показал, что минеральный азот и фосфаты обнаруживаются на всех глубинах в течение всего наблюдаемого периода. Обращает на себя внимание довольно четкое распределение биогенов в зависимости от глубины станции (см. табл. I и рис. I). Если на ст. 3, обработка которой до полного высыхания закончилась в конце июля,

$N-NO_3$ обнаруживался в количестве не более 0,2 мг/л (1971 г. то по мере удаления от берега содержание его возрастает и в глубоководной зоне в весенний период достигло величины 0,85 мг/л. То же самое подтверждается и данными 1972 г. (рис. 3). Хорошо выражена и сезонная динамика количества нитратов, особенно

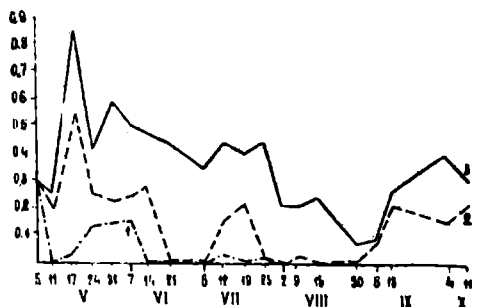


Рис. I. Сезонная динамика распределения нитратов в районе Борка в 1971 г. По оси абсцисс — время наблюдений; по оси ординат — мг $N-NO_3$ /л: 1 — станция № 3, глубина 0,5-0,6 м; 2 — станция № 4, глубина 1,5-2,0 м; 3 — станция № 5, глубина 9-12 м

и 10/1 г., в связи с более длительным периодом наблюдения. Минимальное количество $N-NO_3$ несколько повышено, летом наблюдается минимальное, по-видимому, за счет активного его потребления, и минимальное поддержание нитратного азота снова возрастает в связи с минимальным процессом минерализации органического вещества.

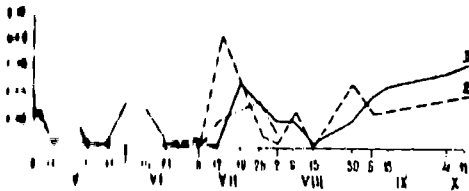


Рис. 2. Динамика распределения фосфатов в районе Борка в 1971 г. По оси абсцисс – время наблюдений; по оси ординат – мг $P-PO_4/л$. Остальные обозначения как на рис. 1

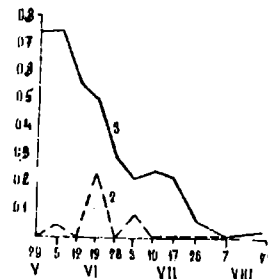


Рис. 3. Сезонная динамика распределения нитратов в районе Борка в 1972 г. По оси абсцисс – время наблюдений; по оси ординат – мг $N-NO_3/л$

Наблюдимо отметить, что ст. 4 находилась в зоне открытой воды на глубинах 1,5–2,0 м и в значительной степени подвергалась воздействию ветров и волнений, что вело к перемешиванию воды. В связи с этим на ст. 4 наблюдаются резкие скачки в содержании ряда определяемых веществ.

Минимум нитратов прибрежная зона Борка богата содержанием и других форм азота. Отмечено довольно значительное содержание нитритов (рис. 4) и аммиака (рис. 5), количество последнего на ст. 4 в момент пересыхания составляло 1,15 мг $N-NH_4/л$.

Минимум распределения минерального фосфора имеет другой характер, чем распределение азота. Четкой связи с глубиной

станции не наблюдается, хотя сезонные изменения прослеживаются. Повышенное содержание фосфатов отмечено в июле, особенно на ст. 4, затем их количество несколько снижается, а в сентябре-октябре снова возрастает (рис.2). 1972 г. несколько отличается распределением фосфатов, а именно, в прибрежной зоне они преобладают (рис.6).

Особенно хорошо это прослеживается во второй половине наблюдений.

Обследование прибрежной зоны всего Рыбинского водохранилища по различным типам мелководий дало следующие результаты.



Рис.6. Сезонная динамика распределения фосфатов в районе Борка в 1972 г. По оси абсцисс - время наблюдений; по оси ординат - $P-PO_4$ в мг/л. Остальные обозначения как на рис. I

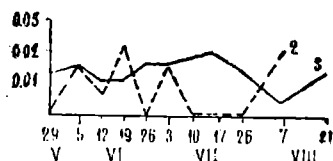


Рис.4. Сезонная динамика распределения нитритов в районе Борка в 1972 г. По оси абсцисс - время наблюдений; по оси ординат мг $N - NO_2$ /л. Остальные обозначения как на рис. I

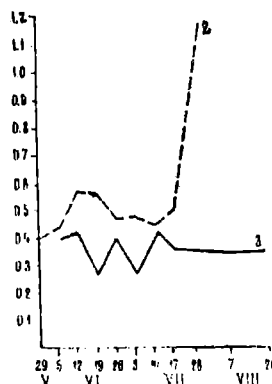


Рис.5. Сезонная динамика распределения аммиака в районе Борка в 1972 г. По оси абсцисс - время наблюдений; по оси ординат мг $N - NH_3$ /л. Остальные обозначения как на рис. I

Примечательная характеристика данных двух годовых рейсов по нитратам и фосфатам довольно противоречива. Как показывают данные, в прибрежье, т.е. на глубине от 0,5 до 2,0 м нитраты отсутствуют, исключение составили лишь две станции: Легково (1971 г.) и Южский залив (1972 г.). На глубоководных станциях в одних случаях они присутствуют, в других — нет, причем наблюдается большая разница по годам. Например, в 1971 г. в районе Южского залива $N - NO_3$ не обнаружен, тогда как в 1972 г. его содержание здесь составило 0,10 мг/л. Такое различие, вероятно, связано с разным сезоном определений: рейс в 1971 г. проводился осенью, а в 1972 г. — летом. То же самое можно сказать и в отношении минерального фосфора. Если в 1971 г. величина фосфатов составила 0,03–0,05 мг $P-PO_4$ /л, то в 1972 г., за исключением станций Брейтово, Коприно, устье Суды, величина $P-PO_4$ было в основном ниже 0,01 мг/л.

Аммоний нитритов распространен неравномерно и в общем соотносится с нитратами. Необходимо отметить, что в отличие от нитратов, аммоний нитритов обнаружен как на станциях с глубиной 0,5 м (Легково, Волково, Южский залив), так и на станциях с глубиной 1,5 м (Брейтово, Легково, устье Суды, Волково, Южский залив).

Что касается азота аммонийной формы, то он присутствует на всех станциях независимо от типа мелководья и глубины, причем величина $N - NH_4$ сравнительно велика — в пределах от 0,3 до 0,5 мг/л.

Попытки определить по биогенным элементам наиболее процветающие зоны мелководья не привели к каким-либо результатам. По имеющимся данным, нельзя выделить ни один из намеченных зон мелководья по богатству биогенами. Однако отсут-

Содержание биогенов на различных участках
Рыбинского водохранилища

Название станции	Биогены, мг/л					
	1971 г.		1972 г.			
	N - NO ₃	P - PO ₄	N - NO ₃	N - NO ₂	N - NH ₃	P - PO ₄
Брейтово I	0	0,018	0	0	0,75	0
	2	0,016	0	0,010	0,45	0,044
	3	0,05	0,003	0,08	0,011	0,30
Весье- гонск	0	0,002	0	0	0,40	0,002
	2	0,002	0	0	0,46	0,002
	3	0,005	0	0,013	0,46	0,004
Борок зап. I	0	0,058	0	0,001	0,38	0,017
	2	0,035	0	0,001	0,48	0,008
	3	0,05	0,045	0	0,001	0,50
Устье Суды	0	0,036	0	0	0,42	0
	2	0,034	0,12	0,024	0,63	0,036
	3	0,07	0,047	0,10	0,029	0,85
Кондоша	0	0,038	0	0	0,66	0
	2	0,022	0	0	0,62	0
	3	-	-	-	-	-
Мякса	0	0,023	0	0	0,66	0,002
	2	0,021	0	0	0,44	0,002
	3	0,014	0	0	0,48	0,002
Колобово I	0	0,030				
	2	0,005				
	3	0,007				

		Биогены, мг/л					
		1971 г.		1972 г.			
		N-NO ₃	P-PO ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₄	P-PO ₄
Молочное	I	0	0,006	0	0,011	0,43	0,002
	II	0	0,003	0,05	0,009	0,38	0,002
	III	0	0,002	0,10	0,011	0,38	0,002
Речное	I	0	0,015	0,03	0,014	0,33	0,002
	II	0	0,004	0,09	0,014	0,36	0,002
	III	-	-	0,10	0,014	0,41	0,002
Дачное	I	0,14	0,018	0	0,013	0,30	0,002
	II	0,10	0,024	0	0,012	0,30	0,002
	III	-	-	0,05	0,009	0,30	0,002
Котловое	I	0	0,058	-	-	-	-
	II	0	0,035	0	0	1,18	0,070
	III	0,25	0,004	0,08	0,014	0,35	0,035
Центральное	I			0	0	0,43	0
	II			0,03	0	0,45	0
	III			-	-	-	-
Дачное	I			0	0	0,65	0,002
	II			0	0	0,46	0,002
	III			0,09	0,011	0,36	0,002

Примечание: Цифры 1, 2 и 3 соответствуют глубинам 0,5-0,6;
1,0-2,0 м и 5-6 м.

ствие минерального азота в нитратной и нитритной формах позволяет предположить высокую интенсивность как биохимических, так и микробиологических процессов, происходящих в зоне прибрежных вод, что и подтверждается данными И.Л.Пыриной [3] и Г.Л.Марголиной [2].

Проведенные в течение двух лет рейсы по побережью Рыбинского водохранилища были проведены в разные периоды, что не позволяет нам дать полной характеристики изменений минерального состава по сезонам. В связи с этим необходимо более детальное и регулярное исследование мелководья в течение года.

Литература

1. Драчев С. М., Разумов А. С., Скопичев Б. А. и Кабанов Н. М. Приемы санитарного изучения водоемов. М., Медгиз, 1960.
2. Марголина Г. Л. Микробиологические процессы в зарослях высших водных растений Рыбинского водохранилища (в настоящем сборнике).
3. Пырина И. Л., Башкатова Е. Л., Сигарева Л. Е. Первичная продукция фитопланктона в мелководной зоне Рыбинского водохранилища (в настоящем сборнике).

В.Е.Сияельников

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПАДА ЛЕГКООКИСЛЯЮЩИХСЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ МЕЛКОВОДЬЕВ (МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ)

В воде мелководных участков нередко накапливаются высокие концентрации органических веществ. Ранее нами были обнаружены повышенные концентрации органических веществ, а также обладающие окислительной активностью, в том числе H_2O_2 , на участках мелководья напротив пос. Борок [5]. Цель настоящей работы — выяснить возможности образования H_2O_2 и других окислительных промежуточных продуктов распада органических веществ и причины деструкции конкретных соединений.

Пероксид водорода представляет собой промежуточный продукт ферментного окисления и самоокисления значительного числа органических веществ [3,6].

Изучение содержания H_2O_2 в воде проводили хемилюминесцентными и титриметрическими методами [4]. В хемилюминесцентном методе концентрацию H_2O_2 устанавливали по разности в интенсивности свечения воды, возникающего после добавления к ней 1 мл 1,1% раствора люминола до и после введения в образец 1 мл 1% каталазы. Этот фермент специфически разрушает H_2O_2 . Каталаза, обладает пероксидазным действием на люминол.

В титриметрическом методе H_2O_2 определяли по разности в концентрации иодида калия в кислой среде в образцах вод с удалением H_2O_2 и после введения в исследуемый образец каталазы. По количеству выделившегося иодида калия в образце воды, в который каталаза не вводилась, определяли сумму окислителей, выделенных в мг-экв/л 0,002N тиосульфата, которое израсходовано на ферментным выделенного свободного йода.

С помощью установки для регистрации слабых световых потоков [4] помимо определения H_2O_2 оценивали ингибирующую и окислительную активность суммы соединений, содержащихся в исследуемых водах. Об ингибирующей и окислительной активности вод судили по изменению интенсивности хемилюминесценции раствора люминола в воде, имевшей щелочную реакцию среды. Люминол в природной воде, а иногда в результате самоокисления в дистиллированной воде обладает слабой хемилюминесценцией, которая возрастает в присутствии окислителей и снижается или вовсе исчезает при введении ингибиторов.

Для определения окислительной активности в сосуд с плоским прозрачным дном наливали 30 мл 0,05% раствора люминола в 1% содовом растворе. Кювету устанавливали в измерительной камере над фотокатодом ФЭУ установки для регистрации слабых световых потоков. После измерения фоновой интенсивности свечения в кювету с помощью вбрасывателя вводили 2 мл исследуемой вод. После этого возникала вспышка свечения, длительно удерживавшаяся в максимальном значении интенсивности. Интенсивность хемилюминесценции определяли в имп/сек по шкале ИСС-3 и одновременно записывали характер изменения свечения на диаграммной ленте самописца ЭПП-09.

Определение ингибирующей активности оценивали по степени уменьшения интенсивности свечения при введении 2 мл воды с помощью вбрасывателя в систему, обладавшую интенсивной хемилюминесценцией. Для получения хемилюминесцирующей системы в сосуд наливали 30 мл дистиллированной воды, 1 мл 5% красной кровяной соли, 1 мл 0,05% раствора люминола, 0,5 мл 0,02% раствора H_2O_2 , среду подщелачивали до pH 9,0. После введения исследуемой воды интенсивность хемилюминесценции падала, а при наличии высоких концентраций ингибиторов полностью исчезала. Изм

использования окислительной и ингибирующей активности воды позволяет обнаружить в ней присутствие активных короткоживущих промежуточных продуктов и свободных радикалов, выяснить характер реакций, в которых они участвуют.

Объектом исследования служила вода опытных аквариумов, содержащих водоросли перифитона и одноклеточные организмы (бесполовые микотиконоспы, простейшие). В аквариумы, закрытые прозрачными крышками, вносили 0,05–1,0 г легкоокисляющихся органических веществ, которые обычно содержатся в бытовых сточных водах: кулинарный жир, растительное масло, глицерин, олеиновую кислоту и сумму хлороформрастворимых веществ, выделенных из сточной воды пос. Борок, прошедшей биологическую очистку. В часть аквариумов было добавлено от 4 до 20 мл очищенной сточной воды. Результаты исследования воды аквариумов с добавками органических веществ сточных вод представлены в таблице. В аквариумах с добавлением сточных вод насыщение воды кислородом было близким к полному, окислительная активность воды была невелика, содержание H_2O_2 и суммы окислителей небольшим, а в некоторых аквариумах окислители совсем не обнаруживались.

При внесении в воду гидрофобные органические вещества длительно сохранялись на ее поверхности. В период отсутствия их на поверхности H_2O_2 и другие окислители находились в концентрациях, близких к нулю (практически отсутствовали). Образование окислителей и других активных продуктов начинало нарастать через 2–5 часов после внесения органических веществ, при температуре воды 18–20°С (аквариумы 3,5). Только в том случае, если вносились высокие концентрации органических веществ (1,0 г/л), в аквариумах начинала нарастать концентрация H_2O_2 и суммы окислителей (аквариумы 4,6), как следствие бурно развившегося брожения.

В аквариумах с менее высокими содержаниями органических веществ и содержащих микрофлору сточных вод (аквариумы II-III) отмечен дефицит O_2 , окислительная и ингибирующая активность была в 4-7 раз выше, чем в аквариумах, в которых насыщение O_2 было близко к полному. Высокие значения окислительной активности сопровождались высокими концентрациями H_2O_2 и суммы окислителей, но в это же время были отмечены и высокие значения ингибирующей активности. Таким образом, в процессе распада легкоокисляющихся органических веществ, содержащихся в бытовых сточных водах, одновременно могут образовываться соединения двух типов: активные продукты, инициаторы свободнорадикального окисления и антиоксиданты, тормозящие этот процесс. Соотношение между ними зависит от характера распадающихся веществ, а также, вероятно, от наличия в воде соответствующей микрофлоры. При распаде хлороформорастворимых веществ, выделенных из сточных вод, и при окислении животного жира в воде преобладали вещества типа ингибиторов. В таблице приведены данные об образовании активных промежуточных продуктов в период наиболее выраженного процесса распада. Динамика процесса в аквариуме с добавленной олеиновой кислотой показана на рис. I. Олеиновая кислота была внесена в аквариум 16.IV.1973 г. Температура воды составляла $21,6-23,4^\circ$, дневная освещенность 1-5 тыс. люкс. Содержание H_2O_2 начало возрастать со следующего дня после внесения кислоты и достигло максимальных значений в период наибольшего дефицита кислорода. Сумма окислителей в течение всего периода опытов продолжала нарастать, в связи с продолжавшимся распадом олеиновой кислоты. Напряженность процесса распада, как это можно судить по величине концентрации O_2 , значительно снизилась: содержание кислорода увеличилось с 1,5 до 5 мг/л.

В период же активного распада концентрация O_2 снижалась почти в 7 раз. Аналогичные результаты были получены и в опытах с другими органическими веществами. Концентрация H_2O_2 в период активного распада возрастала с 10–20 до 65–150 мкг/л.

Для того, чтобы выяснить, с участием каких процессов протекает образование окислителей, была исследована их связь с кинетикой хемилюминесценции (рис.2). Продувание кислорода через исследуемую воду непосредственно перед вбросом 2 мл ее в исследуемый раствор люминола приводило к увеличению интенсивности хемилюминесценции. Нарастание интенсивности хемилюминесценции позникело только в том случае, если продолжительность продувания O_2 была не менее 3–6 минут. Это минимальное время, которое было необходимо в наших опытах для взаимодействия промежуточных про-

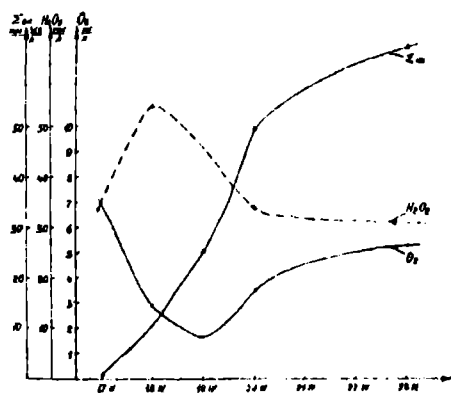


Рис.1. Изменение содержания перекиси водорода, суммы окислителей и растворенного кислорода в воде аквариума с внесенной в нее олеиновой кислотой. На осях ординат концентрация определяемых соединений. На оси абсцисс — даты определения

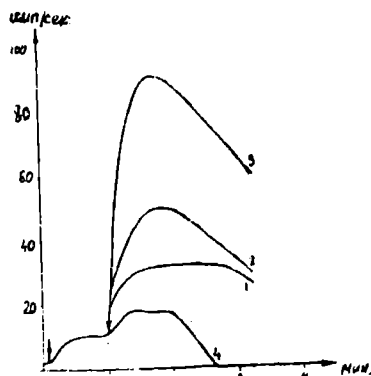


Рис.2. Изменения интенсивности хемилюминесценции люминола после введения речной воды (1), той же воды после продувания через нее O_2 (2), добавления H_2O_2 (3), внесения альфа-нафта (4). По оси ординат — интенсивность хемилюминесценции в имп/сек шкалы ИСС-3. По оси абсцисс — время дегазации хемилюминесцентной реакции. Первая стрелка — введение люминола; вторая — введение воды

Таблица

Образование активных промежуточных продуктов в процессе окисления РОВ в опытных аквариумах (апрель-май 1973 г.)

№ аквариумов	Характеристика аквариумов	Концентрация введенного орг. в-ва, мг/л	O ₂ , мг/л	Насыщение, %	H ₂ O ₂ , мг/л	Ок, мкг-экв/л	Окислительная активность	Ингибирующая активность
							имп/се	
1		Контроль	9,7	98,4	9,7	мен.0,1	12	
2	Колониальные водоросли перифитона	Контроль	8,6	103,7	11,2	мен.0,1	7	1
3	Хлороформорастворимые вещества	12,0	10,2	112,4	14,7	мен.0,1	10	1
4	стока пос. Борок	100,0	6,3	62,7	37,2	4,7	20	4
5	Растительное масло	30,0	9,6	96,6	18,2	мен.0,1	30	2
6		750,0	5,1	53,2	124,6	9,6	45	3
7	Олеиновая кислота	500,0	2,8	31,6	110,0	12,4	60	4
8	Животный жир (в песке аквариума), мг/100г	140,0	8,9	93,8	9,2	мен.0,1	25	2
9		1100,0	6,8	61,4	134,0	10,1	50,0	6
10	Глицерин	500,0	4,9	42,7	94,0	11,3	48,0	4
Аквариумы с добавленной сточной водой (4 мл/л)								
11	Растительное масло	30,0	4,6	43,2	150,0	18,2	70	6
12	Животный жир	25,0	8,9	38,0	110,0	21,2	60	8
13	Олеиновая кислота	20,0	1,5	24,2	150,0	16,7	80	5

дуктов окисления с кислородом. Вследствие этого образовалась некоторая концентрация активных соединений, участвующих в реакции с люминолом. Кислород участвует в образовании окислителей по реакции: $R + O_2 \rightarrow RO_2$.

Максимальная интенсивность вспышки связана с длительностью (6-10 мин.) продувания O_2 через воду, содержащую часть уже окисленные органические вещества. В воде контрольных аквариумов интенсивность вспышки была в 2-2,5 раза ниже. Так же усиливало интенсивность свечения после продувания O_2 введение аквариумной воды в смеси со сточной водой, прошедшей биологическую очистку. Снижение интенсивности хемилюминесценции при вбросе исследуемой воды с добавкой 1 мл $10^{-6}M$ альфа-нафтола, обладающего высокой ингибирующей активностью, показывает, что в реакции окисления люминола участвуют свободные радикалы, часть которых связывается ингибитором. Прибавление к аквариумной воде 100 мкг/л H_2O_2 резко усиливает интенсивность хемилюминесценции люминола после вброса в его раствор 2 мл исследуемого образца воды. Таким образом, взаимодействие легкоокисляющихся органических веществ вод с инициаторами и ингибиторами подчиняется условиям протекания свободнорадикальных реакций.

Представление о различном характере промежуточных активных продуктов, образующихся в процессе распада органических веществ бытового происхождения, были получены при рассмотрении кинетики окисления иодид-калия в условиях, при которых определялась сумма окислителей. Логарифмическая анаморфоза этого процесса, протекающего в водах с высоким содержанием распадающихся органических веществ, показывает, что кинетика окисления KJ не подчиняется условиям протекания реакций первого порядка. По такому же типу протекает окисление KJ в очищенных бытовых

сточных водах (рис.3). В первые 5-10 мин. после введения К₂ его окисление протекает с более высокой скоростью ($8-3 \cdot 10^{-4}$ сек.⁻¹). В последующие 10-20 мин. скорость окисления снижается

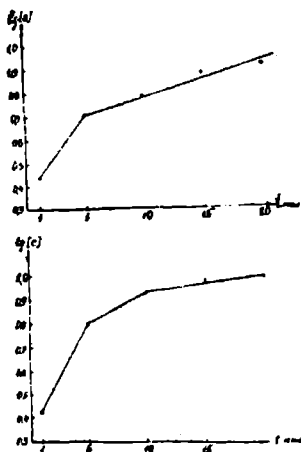


Рис.3. Логарифмическая анаморфоза кинетики окисления иодида калия в очищенной сточной воде пос. Борок при 20° (верхняя кривая) и 30° (нижняя кривая). Ось ординат: логарифмическая анаморфоза концентрации свободного иода. Ось абсцисс - время протекания реакции

в 3-5 раз ($3-0,6 \cdot 10^{-4}$ сек.⁻¹). При подогреве вод от 20 до 30° скорость окисления на первом участке кривой увеличивается, а на втором - снижается. Энергия активации окисления К₂, определенная по первым участкам кривой, составляет 1,3-4,2 ккал/моль. При подогреве воды возрастает активность ингибиторов, а инициаторы расходуются преимущественно в первый период реакции. Поэтому реакция окисления К₂ тормозится на второй ста-

дии процесса. С помощью конкурентного механизма - участия ингибиторов и инициаторов в реакциях свободнорадикального окисления органических веществ - в водоемах происходит регулирование этого процесса. Близкий по характеру механизм регулирования установлен для реакций окисления

протекающих во внутренних средах организмов [1, 2]. Определенная роль в этих процессах принадлежит H₂O₂ и другим перекисным соединениям. Они могут образовываться на каждом этапе ступенчатого окисления органического вещества. Их количество, так же как и концентрация других окислителей, помимо факторов, участвующих в процессе самоокисления, зависит от присутствия

соответствующей микрофлоры.

Таким образом, механизм окисления органических веществ на мелководьях в местах, благоприятных для накопления органических веществ, может отличаться от участков водоемов с низкими концентрациями (15-30 мг/л С) органических веществ, главным образом, в отношении накопления химически-активных промежуточных продуктов окисления.

Литература

1. Б у р л а к о в а Е. Б. О возможной роли свободнорадикального механизма в регуляции размножения клеток. Биофизика, 1967, т.12, вып.1.
2. Ж у р а в л е в А. И. Биоантиокислители и их роль в регуляции окислительных процессов. В сб. "Физико-химические основы авторегуляции в клетках". М., "Наука", 1968.
3. М и х л и н Д. М. Биохимия клеточного дыхания. М., Изд.-во АН СССР, 1960.
4. С и н е л ь н и к о в В. Е. Люминесцентный анализ вод суши и моря. Обнинск, Изд. ОНТИГидрометцентра СССР, 1971.
5. С и н е л ь н и к о в В. Е., Л и б е р м а н А. Ш. О факторах, влияющих на содержание перекиси водорода и других окислителей в природной воде. В сб. "Биогенные элементы и органическое вещество в водохранилищах". Рыбинск, 1974.
6. Ш и м о У., С е т т е р ф и л д Ч., В е н т в о р о Р. Перекись водорода. М., ИЛ, 1958.

Г.Л.Марголина, В.В.Куклин

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗАРОСЛЯХ ВЫСШИХ ВОДНЫХ
РАСТЕНИЙ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В 1971 г. при обследовании прибрежной зоны Рыбинского водохранилища были исследованы микробиологические процессы распада органических веществ в зарослях высших водных растений. До этого высшая растительность в водохранилище рассматривалась с точки зрения определения ее продукции [1], как особый биотоп для существования зарослевой фауны [10] или как место нереста фитофильных видов рыб [4]. Микробиологические процессы в зарослях изучались только в 1957 г. С.А.Крашенинниковой [5]. В течение вегетационного периода ею была исследована микрофлора воды среди зарослей, в образцах на поверхности вегетирующей водной растительности и измельченных прошлогодних растительных остатках. Учитывались только сапрофитные бактерии, растущие на мясо-пептонном агаре при 20°. Анализы показали, что в разлагающихся остатках прошлогодних растений тростника, гречихи, ежеголовника, пролежавших зиму под снегом, количество бактерий сравнительно невелико. Гораздо больше их при разложении отмирающей скошенной растительности. На зеленых вегетирующих растениях обнаружена обильная микрофлора обрастаний, благодаря чему и в воде среди зарослей присутствует гораздо больше бактерий, чем в открытой части водохранилища.

Исследования на других водоемах показали, что в зарослях высших водных растений находят благоприятные условия для своего развития самые различные группы бактерий [11, 12]. Наблюдается разнообразие форм, более крупные размеры бактерий

альных клеток, благодаря чему биомасса бактерий в зарослях в 3-14 раз больше по сравнению с открытыми участками. Очень характерно для зарослевой микрофлоры образование микроколоний размером до 100, состоящих из десятков и сотен клеток, что облегчает питание беспозвоночных. В зарослях обнаружены дрожжи, азотобактер, различные бесцветные и пурпурные серобактерии, масса различных палочек и кокков, нитевидные формы и другие. В зарослях устанавливается и своеобразный гидрохимический режим, благодаря совокупному воздействию на воду самих растений и населяющих их организмов.

При изучении зарослевой фауны обнаружена зависимость численности, биомассы и видового состава беспозвоночных от степени разветвленности растения, жесткости стебля, величины поверхности листьев, густоты зарослей, глубины ее произрастания [8, 9, 14]. Однако микрофлора зарослей в этом отношении изучена слабо.

Цель наших исследований - выяснить интенсивность и течение микробиологических процессов распада органических веществ в зарослях некоторых высших водных растений в период их максимального развития, проследить за сезонным ходом микробиологических процессов среди зарослей с различной степенью развития растительности и дать характеристику микрофлоре образований.

Материалы собирались в южной части Рыбинского водохранилища с мая по октябрь 1971 г. Основные пробы были отобраны в районе пос. Борки, у д. Легково и в Игском заливе. Было исследовано 8 видов растений. Кроме того, среди густых зарослей манника и редких зарослей гречихи в прибрежье в районе Борка проводились еженедельные сборы. В воде среди зарослей определялось общее количество бактерий методом прямого

счета и число сапрофитных бактерий на мясо-пептонном агаре агаре, разбавленном 10 раз (10% МПА) [2]. Об активности микробиологических процессов судили по гетеротрофной ассимиляции CO_2 [13]. Общее количество органического вещества характеризовали величинами перманганатной и бихроматной окислемости, а его легкоусвояемую часть — полным БПК. Путем сопоставления величин суточной деструкции и полного БПК определяли интенсивность легкоокисляемой части органического вещества [6]. Первичная продукция органического вещества за счет фотосинтеза водорослей измерялась изотопным методом, бактериальная деструкция — кислородным [7]. Количество взвесей в воде определяли фильтрацией через мембранный фильтр № 4 [3]. Пробы для микробиологических анализов отбирались в стерильную посуду. Вода для химических анализов и постановки опытов БПК, суточной деструкции и фотосинтезу отбиралась в 5-литровую стеклянную бутылку. Обрастания изучались путем их смыва листьев в колбе со стерильной водой. Производился пересчет количества бактерий на абсолютно сухой вес растений.

В табл. I приведены результаты анализов воды среди различных водных растений Рыбинского водохранилища. Заросли хвоща, обследованные в Ютском заливе, имели наибольшую площадь и густоту. Высота стеблей достигала 2 м. Густыми были также заросли тростника, ситняга и манника в прибрежной зоне у Бокка. Остальные заросли представляли собой небольшие куртины, пятнами разбросанные по исследованной акватории. Для сравнения в табл. I приводятся также данные для открытой части водохранилища на разрезе Борок-Коприно. Полученные результаты позволяют говорить о создании в отдельных зарослях особых условий, изменяющих и качество воды, и уровень продуктивности. Так повышена в зарослях бихроматная окисляемость (особенно

хвоще и камыше). Различна в разных зарослях скорость распада легкоусвояемой части органического вещества; особенно она мала в зарослях хвоща и манника. Количество сапрофитных бактерий колеблется от 530 до 12000 клеток в I мл, причем максимальные величины приходятся на самые густые заросли растений с жесткими стеблями без листьев – хвощ и ситняг. Активность микробиологических процессов, как и величина бактериальной деструкции, колеблется в значительных пределах и, по-видимому, при наших наблюдениях в большой степени зависели от метеорологической обстановки.

Таблица I

Результаты анализов воды в зарослях различных растений (Рыбинского водохранилища, июль 1971 г.)

№ пп	Состав зарослей	Суточная деструкция, мг O_2 /л	БПК полное, мг O_2 /л	Бихроматная окисляемость, мг O_2 /л	Время распада органического вещества, сут.	Колич. сапрофитов в I мл	Общее количество бактерий, млн/мл	Гетеротрофная ассимиляция CO_2 мкг/л, сут.
1	Хвощ	0,30	4,5	58,7	15,0	12000	2,2	14,9
2	Сусак	1,12	5,0	29,8	4,0	2100	4,8	20,2
3	Камыш	0,70	6,5	43,8	9,3	530	2,9	8,5
4	Тростник	0,86	2,8	35,6	3,3	4900	5,1	11,4
5	Ситняг	0,91	7,6	-	8,3	11700	1,3	5,3
6	Рдест грешчатый	1,06	4,2	-	4,0	2800	1,1	10,1
7	Рдест пронзеннолистный	1,00	3,8	36,4	3,8	1300	3,6	9,0
8	Манник	0,48	6,6	34,4	13,7	3000	1,3	5,2
9	Незаросшая открытая часть	0,50	5,1	28,5	10,2	300	2,4	3,7

Во всяком случае, состав зарослей, несомненно, оказывает влияние на химизм воды, а при наличии обширных зарослей определенного вида можно говорить об его влиянии на качество воды.

Еженедельно сборы на двух станциях прибрежной зоны у Борка с разной степенью развития растительности показали существенное отличие их друг от друга по микробиологическим показателям, как видно из табл. 2. Ст. 2 располагалась вблизи от берега на глубине 0,2 м среди густых зарослей манника. Наблюдения на ней велись немногим более месяца, так как она была залита водой в начале июня, а уже в начале июля в связи с падением уровня этот участок прибрежной зоны оказался обнаженным. Ст. 3 была среди разреженных зарослей гречихи на глубине 0,6 м. Просуществовала она до начала августа. Ст. 5 взята для сравнения в открытой части водохранилища на разрезе Борок-Коприно на глубине 10-12 м.

Как видно из табл. 2, заросшие участки (ст. 3 и особенно 2) выделяются большей численностью микроорганизмов, их большей активностью, большим содержанием органического вещества. Среди густых зарослей мягкой растительности величина первичной продукции в среднем за сезон была в 2 раза меньше, чем среди разреженных зарослей полупогруженных растений на ст. 3. Причина этого - световое угнетение водорослей в густых зарослях и совпадение периода существования этой станции (июнь) с минимумом фотосинтетической активности водорослей в июне (см. рис. I). На слабо подверженной ветрам и волнению ст. 2 было и небольшое количество взвесей (5,5 мг/л). Несколько больше здесь было и сапрофитных бактерий. Для заросших станций также было характерно снижение отношения общего количества бактерий к числу сапрофитных до 700-1000, тогда как в открытом водохранилище оно равняется 5000. Это говорит о

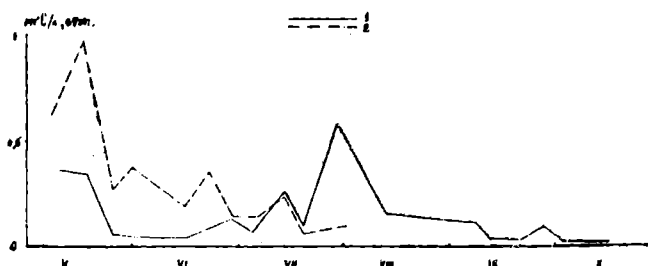


Рис. I. Интенсивность фотосинтеза в прибрежной зоне у Борка (1 - станция 5; 2 - станция 3)

линии степени чистоты воды среди зарослей. В зарослях уменьшается относительное значение олигокарбофильных бактерий. В воде, взятой среди зарослей, на обедненных органических средах вырастает в 3-4 раза больше бактерий, чем на обычном МПА, а на русловой станции это отношение достигает 28.

Величина бактериальной деструкции на прибрежных станциях в среднем была выше величины фотосинтеза, а на русловой станции они были одинаковы. Следовательно, среди зарослей процессы разложения органического вещества преобладают над его созданием за счет фотосинтетической продукции водорослей. Скорость распада легкоусвояемого органического вещества в густых зарослях на ст. 2 замедлялась: время распада, как и на русловой станции, доходило до 10-11 суток. Среди разреженных зарослей на ст. 3 органическое вещество разрушалось вдвое быстрее. Активность микробиологических процессов, определяемая по величине гетеротрофной ассимиляции CO_2 , в зарослях также была более чем в 1,5 раза выше, по сравнению с открытой частью водохранилища на русле.

Таблица 2

Результаты анализов воды на прибрежных станциях
у Борка (средние данные за сезон)

№ п/п	Показатели	Заросли манника от.2	Заросли гречихи ст.3	Открытая часть ст.5
I	Сапрофитные бактерии, количество в I мл "а"	4400	3700	420
2	Олигокарбофильные бактерии, количество в I мл "б"	I4200	I4200	II600
3	Отношение б:а	3	4	28
4	Общее количество бактерий, млн/мл "с"	3,1	3,7	2,1
5	Отношение с:а	700	1000	5000
6	Гетеротрофная ассимиляция CO ₂ , мкг С/л, сут.	10,9	9,6	6,4
7	Продукция бактериальной биомассы, мкг С/л, сут.	181,7	160	106,7
8	Фотосинтез, мкг С/л, сут.	155	320	150
9	Деструкция, мкг С/л, сут.	308	415	145
10	БПК полное, мг O ₂ /л	5,8	6,0	4,3
11	Скорость распада легкоусвояемого органического вещества, сут.	9,7	5,4	11,0
12	Бихроматная окисляемость, мг O ₂ /л	33,1	33,9	26,1
13	Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /л	13,7	12,2	11,4
14	Взвеси, мг/л	5,5	13,8	6,3

Таким образом, при сравнении средних данных за сезон отмечена существенная разница в интенсивности микробиологических процессов и количестве воды различных по степени зарастания участков прибрежной зоны Рыбинского водохранилища.

Большое значение для протекающих в зарослях процессов имеет развитие на них перифитона как водорослевого, так и бак-

бактериального. Смывы с листьев рдеста пронзеннолистного и урути колосистой показали, что они содержат большое количество бактерий как сапрофитных, так и определяемых по прямому счету на фильтрах (табл. 3). Приводимые в табл. 3 данные С.А.Крашенинниковой [5], полученные в результате сезонных сборов в зарослях тростника и гречихи, свидетельствуют об интенсивном развитии микрофлоры на поверхности стеблей и листьев этих растений. В одном грамме смывов с растений содержалось до 100–122 млн. колоний сапрофитных бактерий. Наши результаты приведены в пересчете на абсолютно сухой вес растений. На листьях рдеста пронзеннолистного обнаружено в 2 раза больше бактерий, определяемых по прямому счету, чем на урути колосистой. Количество сапрофитных бактерий на рдесте, напротив, меньше, чем на урути. При просмотре фильтров отмечено большое разнообразие форм в смывах с этих растений. В основном это были палочки и цепочки крупных клеток. На фильтрах, содержащих воду среди зарослей этих растений, бактерии были очень мелкие, главным образом, кокки.

Высокая численность бактериального перифитона и является вероятной причиной усиления в большинстве случаев активности микробиологических процессов в зарослях высших водных растений.

Бактериальное население поверхности водных растений (на 1 г абсолютно сухого веса растений) Таблица 3

№ г	Вид растения	Сапрофиты, млн/г	Общее количество бактерий, млрд/г
1	Уруть колосистая	14,1	2,5
2	Рдест пронзеннолистный	10,4	5,2
3	Тростник ^х	122,5	—
4	Гречиха ^х	101,5	—

^х Данные С.А.Крашенинниковой [5] (максимальные величины в 1 г смывов со стеблей).

Основные результаты исследования

1. Участки побережья с зарослями различных видов водных растений отличаются по химическим и микробиологическим показателям качества воды.

2. Участки с различной степенью развития растительности различаются интенсивностью микробиологических процессов и уровнем первичного продуцирования.

3. Высокая численность бактериального перифитона на стеблях и листьях водных растений обуславливает усиление активности микробиологических процессов в зарослях макрофитов.

Литература

1. Б е л а в с к а я А. П. и К у т о в а Т. Н. Растительность зоны временного затопления Рыбинского водохранилища. Тр. Инст. биол. внутр. вод, 1966, вып. II(14).
2. Г о р б е н к о Ю. А. О наиболее благоприятном количестве "сухого питательного агара" в средах для культивирования морских гетеротрофных микроорганизмов. Микробиология, 1961, т. XXX, вып. I.
3. З и м и н о в а Н. А. Опыт количественного исследования водных взвесей в водохранилищах. Материалы I научно-технического совещания по изуч. Куйбышевского водохранилища. Вып. I. Гидрология и водное хозяйство. Куйбышев, 1963.
4. И л ь и н а Л. К. Местные перемещения в структуре стаи молоди рыб в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища. Инст. биол. внутр. вод, 1968, вып. 16(19).
5. К р а ш е н и н и к о в а С. А. Микробиологические процессы распада водной растительности в литорали Рыбинского водохранилища. Бюл. Инст. биол. водохр., 1958, № 2.

6. Кузнецов С. И., Казаровец Н. М.,
Марголина Г. Л. Определение интенсивности про-
цесса самоочищения воды в водохранилищах. В сб. "Матери-
алы по биологии и гидрологии волжских водохранилищ".
М.-Л., 1963.
7. Кузнецов С. И., Романенко В. И. Микро-
биологическое изучение внутренних водоемов. Лабораторное
руководство. М.-Л., 1963.
8. Маккавеева Е. Б. Зарослевые биоценозы морей
средиземноморского бассейна. Вопросы гидробиологии. Тез.
докл. I с ВГБО, 1965.
9. Марголина Г. Л. Сравнительная характеристика
животного населения зарослей высших водных растений Рыбин-
ского водохранилища. Бюл. Инст. биол. водохр., 1958, № 2.
10. Мордухай - Болтовской Ф. Д., Мор-
духай - Болтовская Э. Д. и Яновс-
кая Г. Я. Фауна прибрежной зоны Рыбинского водохра-
нилища. Тр. биол. станции Борок, 1958, вып. 3.
11. Родина А. Г. Бактериопланктон зон зарослей в
озерах - кормовая база водных беспозвоночных. Докл. АН
СССР, 1959, т. 127, № 6.
12. Родина А. Г. и Озерецковская .
К микробиологии и химии озера Отрадного. Геоботаника,
1963, вып. 14.
13. Романенко В. И. Гетеротрофная ассимиляция CO_2
бактериальной флорой воды. Микробиология, 1964, т. XXIII,
вып. 4.
14. Щербаков А. П. Продуктивность животного насе-
ления прибрежных зарослей Глубокого озера. Тр. Всес.
гидробиол. общ., 1961, т. XI.

Е.Л. Башкатова

ФИТОПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ РЫБИНСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ 1971 - 1972 гг.

Первые наблюдения за фитопланктоном прибрежной зоны Рыбинского водохранилища были выполнены в 1953-1955 гг. [2,7,8]. В 1971-1972 гг. они были возобновлены. Как и в прежние годы, наблюдения велись в комплексе с другими гидробиологическими исследованиями; фитопланктон собирался регулярно на станциях близ Борка и эпизодически - по всему водохранилищу. Станции, выбранные в прибрежной зоне Борка, находились в тех же самых точках, что и раньше, и характеризовались сходными с ними экологическими условиями. В остальных участках водохранилища ранее намеченные станции в точности не воспроизводились, но устанавливались новые с таким расчетом, чтобы охватить все исследованные ранее типы мелководий: открытые, защищенные, полудики и дики. Прибрежная зона у Борка относится к защищенному типу мелководий, хорошо прогреваемых и мало подвергавшихся влиянию открытой части водоема. Здесь было намечено 4 станции. Две станции находились в верхнем, сильно заросшем поясе (полевица побегообразующая, ситняг игольчатый и другие типичные луговые травы).

В 1971 г. при уровне, пониженном на 0,6 м по сравнению с НПГ (в период максимума), первая наиболее мелководная станция не заливалась; на второй (ст. 2а) глубина была 0,1-0,2 м. Третья станция (ст. 3) располагалась на участке глубиной 0,5-0,7 м и разреженными зарослями (виды рдестов, сусак зонтичный, керушиник, гречишка земноводная). Последняя мелководная станция (ст. 4) находилась на глубине 1,1 м; она отличалась от оста-

них отсутствием зарослей. Для сравнения мелководной зоны с глубоководной на русле Волги у с. Коприно была намечена еще одна станция (ст. I, стандартная)^х на глубине 10–12 м.

Для характеристики фитопланктона мелководной зоны всего водохранилища было сделано несколько рейсов в следующие сроки: 10–20 августа 1971 г.; 29 мая–7 июня, 19–26 июля, 2–9 сентября 1972 г. Сбор материалов в этих рейсах производился на 14 постоянных станциях.

Отбор проб воды на мелководных станциях с глубинами до 1 м производился простым зачерпыванием с поверхности. На остальных станциях бралась интегрированная проба из верхнего двухметрового слоя плексигласовым батометром Рутнера. При этом вода отбиралась последовательно через каждые 0,5 м и затем смешивалась. Фитопланктон концентрировался фильтрацией через мембранный фильтр №6, с повторным пропусканием фильтрата через фильтр №5. Оба фильтра помещались в одну склянку, куда добавлялось 5 мл профильтрованной воды и 1–2 капли кислого йодно-формалинового фиксатора [5]. Дальнейшая обработка производилась по методике, принятой в институте [6].

За два года наших наблюдений в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища было собрано 160 проб.

При определении собранного материала (табл. I) обнаружено 207 видов, разновидностей и форм водорослей. Среди них наиболее богатыми в видовом отношении были зеленые (107 таксонов) за счет разнообразия протококковых (94 таксона). Значительно уступали им диатомовые (44 таксона) и сине-зеленые (21 таксон). Остальные отделы водорослей по числу видов заметной роли в планктоне не играли.

^х На этой и других стандартных станциях работы ведутся в течение многих лет.

Т а б л и ц а I

Число видов водорослей обнаруженных за время
наблюдений

Название отделов	Общее число видов	Виды, встре- ченные в мел- ководной зоне	Виды, встре- ченные в глу- боководной зоне	Общие виды обеих зон
Cyanophyta	21	17	16	14
Chrysophyta	15	11	9	5
Bacillariophyta	44	40	32	30
Xanthophyta	3	3	3	2
Pyrrophyta	5	4	4	3
Euglenophyta	12	11	5	4
Chlorophyta	107	99	76	63
Всего	207	185	145	121

На станциях прибрежной зоны Борка, где были сделаны наи-
более подробные наблюдения, удалось подметить более четко вы-
раженные различия в видовом составе фитопланктона, обусловле-
нные местными экологическими условиями.

Так, например, ст.2а, расположенная на малой глубине
(0,2-0,3 м) в густых зарослях луговых трав, не отличалась
большим разнообразием водорослей: 40 таксонов зеленых, 15 -
золотистых, 12 диатомовых. Однако среди встреченных здесь
зеленых можно назвать виды, характерные для этой станции:
Lambertia judayi, (M.M.Smith) Korsch., *Oedogonium* sp., *Dosidium*
Интересно также, что из 15 видов золотистых водорослей, най-
денных нами в водохранилище, на ст.2а встречались 7 видов

(*Dinobryon bavaricum* Imhof, *D. spirale* Iwan, *D. divergens* Imhof, *Kephirion rubri-claustri* Conr., *K. spirales* (Lack) Conr., *Stenokalyx* sp., *Mallomonas* sp. Здесь же было обнаружено большинство видов эвгленовых (из родов *Trachelomonas*, *Phacus*, *Euglena*).

На ст.3, которая не имела столь густых зарослей, видовой состав фитопланктона разнообразнее: 24 вида диатомовых, 57 видов зеленых. Среди наиболее характерных для этой станции водорослей можно отметить следующие: *Ampirogona ornata* Bail. *Surirella ovata* Kütz. *S. linearis* W.Sm. - из диатомовых; *Ankistrodesmus obtusus* Korschik. *Coenocystis obtusa* Korschik. *Crucigenia irregularis* Wille - из зеленых; *Chrysococcus rufescens* Klebs, *Chr. biporus* - Skuja - золотистых.

Наибольшее число видов (128) было зарегистрировано на ст.4, где полностью отсутствовали заросли. Их них значительная часть приходилась на долю зеленых водорослей (72 вида). Сравнительно мало было золотистых и эвгленовых (по 6 видов). Особенности фитопланктона этой станции являлось достаточно большое его сходство по доминирующим видам с фитопланктоном глубоководной ст.1, расположенной в открытом водохранилище. На этих станциях общим ведущим видом являлся из диатомовых *Stenodiscus hantzschii* Grun., которому сопутствуют весной *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag., а летом - *St. subtilis* (Y.Goor) A.Cl., *St. binderanus* Kütz.Krieg., и из зеленых *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Однако мелководная ст.4 заметно превосходит глубоководную по степени развития других видов, из которых наиболее многочисленными были представители зеленых (виды *p. Scenedesmus*, *Pediastrum duplex*, *Chlamydomonas* sp., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood. *Mougeotia* sp., *Crucigenia irregularis*, *Binuclearia lauterbornei* (Schmidle) Pr.- Lavr.

Поскольку 1971 и 1972 гг. отличались очень низким уровнем воды (в 1971 г. в максимуме он был ниже проектного на 0,7 м, а в 1972 г. — на 1,4 м), то обширные площади прежнего побережья с изолированными заливами и зарослями макрофитов оказались на суше. В связи с этим в мелководной зоне водохранилища сохранилось сравнительно мало обособленных участков со своеобразными экологическими условиями. Вероятно, поэтому фитопланктон этой зоны в оба года сравнительно мало отличался от такового открытой части Рыбинского водохранилища. В открытой глубоководной зоне водоема (ст. I) было зарегистрировано 145 таксонов водорослей, а в прибрежье — 185 (табл. I). Количество видов, общих для той или другой зоны, составляло 121 таксон. Коэффициент видового сходства, вычисленный по методике А.С. Константинова [4], равный 73%, говорит о большом сходстве фитопланктона прибрежной и открытой частей Рыбинского водохранилища.

Сезонную динамику биомассы фитопланктона закрытого мелководья (ст. 2а, 3, 4) в полной мере удалось проследить лишь в 1971 г. В 1972 г. вследствие очень низкого уровня воды залегала только ст. 4, но и та обсохла к августу.

Как видно из полученных данных (рис. 2), сразу же после затопления в мае наблюдалось усиленное развитие диатомовых водорослей, среди которых в массе встречались, как уже упоминалось, *Stephanodiscus hantzschii* и *Diatoma elongatum*. Это хорошо заметно было как в мелководной (ст. 2а, 3, 4), так и глубоководной (ст. I) зонах. Однако на мелководье пик был выше. Так, в 1971 г. общая биомасса фитопланктона в период весеннего максимума на ст. I составляла 7,3 мг/л, а на ст. 4 и 3 — соответственно 12,4 и 25,0 мг/л (рис. 1). На ст. 3 наряду

и массовым развитием диатомовых в заметном количестве (3,2 мг/л) встречались крупные эвгленовые (см. рис. I, прочие).

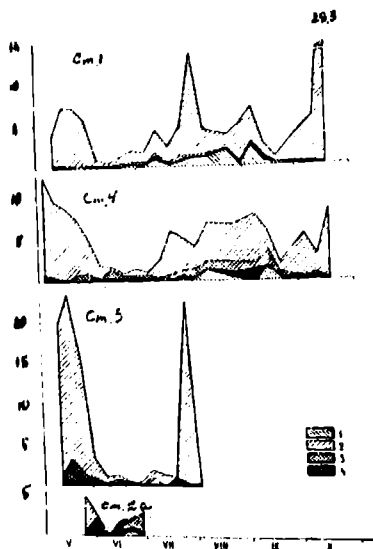


Рис. I. Сезонная динамика фитопланктона прибрежной зоны Борка в 1971 г.

По оси ординат — биомасса в мг/л

По оси абсцисс — месяцы

1 — сине-зеленые водоросли

2 — диатомовые

3 — зеленые

4 — прочие

В июне, по мере прогревания воды, диатомовые постепенно выпадали из планктона. Особенно быстро это происходило в более мелководных участках (ст. 2а, 3), где уже в начале июня диатомовые были в минимуме. На более глубокой ст. 4, доступной для вод открытой части водоема, диатомовые в это время развивались все еще интенсивно. В период летнего минимума развития фитопланктона в его общей биомассе повышалась доля зеленых водорослей, которые, в отличие от диатомовых, летом продолжали интенсивно вегетировать. Это особенно заметно протекало на мелководных станциях, где во второй половине июня зеленые

становились преобладающими. В 1971 г. на ст. 3 ими даже был обусловлен второй пик в кривой сезонного хода общей биомассы фитопланктона. Среди зеленых в наибольшем количестве (по биомассе) встречались: *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Gréb., *Dictiosphaerium pulchellum* Wood, *Binuclearia lauterborni* (Schmidle) Gr.-Laur., *Pandorina morum* (Müll) Bory.

Второй подъем в развитии фитопланктона на мелководных станциях (ст.3,4) наблюдался в течение первой половины июля, а максимум проявлялся к концу этого месяца – несколько раньше, чем на глубоководной ст. I (см. рис. I). Как и в глубоководной зоне, этот максимум

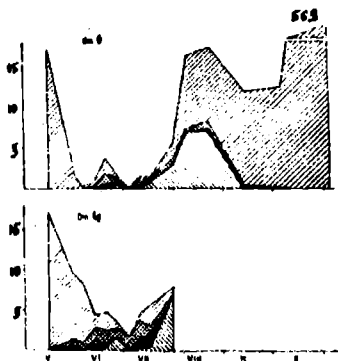


Рис.2. Сезонная динамика фитопланктона прибрежной зоны Борка в 1972 г.

Условные обозначения те же, что и на рис. I

этого максимума биомассы в большинстве случаев образовывался преимущественно за счет диатомовых: *Stephanodiscus subtilis* и *St. binderanus*. Сине-зеленые *Aphanizomenon flos-aquae*, *Gomphosphaeria lacustris* Chod., *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., хотя к этому времени и достигали наивысшей степени своего развития, уступали все же диатомовым по биомассе. Только в 1972 г. на ст.4 они занимали доминирующее положение (рис.2)

Довольно много встречалось зеленых водорослей – *Pediastrum duplex* Meyen, *Scenedesmus quadricauda*, *Dictyosphaerium pulchellum*, а также эвгленовых и золотистых. Так, на ст.3 во второй половине июля было обнаружено *Dinobryon divergens* (численность 12,6 тыс. кл/л, биомасса 0,3 мг/л), а на ст.4 в конце августа – начале сентября в заметном количестве отмечены эвгленовые. Летний максимум развития фитопланктона на большинстве мелковод-

ных станций не удалось проследить полностью, так как в оба года наблюдений в августе уровень воды сильно понизился и станции оказались на суше. Только ст.4 в 1971 г. оставалась в воде до самого ледостава. На этой станции снижение количества водорослей было замечено лишь в середине сентября.

Осенью, в октябре – начале ноября (1971 г.), наблюдалась еще одна вспышка в развитии фитопланктона. Как и на глубоководной ст. I, этот пик был обусловлен исключительно одними диатомовыми, среди которых в массе встречался *Stephanodiscus binderanus*. Однако на ст. 4 их значительно меньше, чем на ст. I.

Своеобразной сезонной динамикой фитопланктона выделялась ст.2а. Эта станция бывает залита водой очень недолго. Так, в 1971 г. она существовала только с конца мая до конца июня, т.е. в течение того периода, когда фитопланктон, судя по данным остальных мелководных станций, находился в стадии своего летнего минимума. Вероятно, поэтому количество водорослей здесь было невелико (не более 5 мг/л по биомассе), а состав их довольно пестрый. Основную долю биомассы составляет зеленые, эвгленовые и золотистые. Сине-зеленые и диатомовые водоросли встречаются в значительном количестве. Последние были зарегистрированы лишь в первые дни после заливания станции; вероятно, они были занесены сюда с соседних глубоководных участков.

Если оценивать продуктивность исследованных мелководных станций по степени развития фитопланктона, основываясь при этом на средневзвешенной величине биомассы за период наблюдений (время, в течение которого станция была залита водой), то заметно более продуктивными были ст.3 и 4 (табл.2). Одна-

ко если учитывать продолжительность нахождения под водой каждой из станций, то становится очевидным, что самая большая биомасса фитопланктона за весь вегетационный сезон нарастал на более глубоководной ст.4, которая дольше оставалась затопленной. Интересно, что и в 1955 г., как видно из аналогичных расчетов (см. табл.2), сделанных нами по данным К.А.Гусевой [2] и А.Д.Приймаченко [6], наиболее высокой средней величиной биомассы выделялась станция, близкая к нашей ст.4.

Переходя к характеристике фитопланктона прибрежно-мелководной зоны всего Рыбинского водохранилища, напомним, что здесь выделены три типа мелководий [6]:

1. Мелководья, защищенные от воздействия ветровых течений, которые характеризуются более или менее интенсивным развитием высшей водной растительности; таких мелководий особенно много в Волжском и Моложском плесах.

2. Мелководья, полузащищенные, имеющие частичную преграду, отделяющую их от всего водоема, и также зарастающие высшей водной растительностью; их можно встретить во всех плесах водохранилища.

3. Мелководья открытые, находящиеся под влиянием ветровых течений, обычно лишены высшей водной растительности или имеют незначительное ее развитие; они охватывают большую часть береговой линии водохранилища и особенно распространены вдоль северо-восточного побережья.

К типичному защищенному мелководью относится уже описанный участок прибрежной зоны Борка, который был отгорожен дамбой канала (ст.2а и 3). Следующее находившееся под наблюдением мелководье этого типа располагалось близ устья реки Сить (ст.23). Оно представляло собой почти полностью изолированный

Т а б л и ц а 2

Средняя^х биомасса фитопланктона на
мелководных станциях у Борка в разные годы

Станция	Биомасса, мг/л				
	сине- зеленые	диатомо- вые	зеле- ные	прочие	общая
1955 г. ^{xx}					
2а	0,6	1,4	0,1	—	2,08
3	1,4	0,78	0,19	—	2,37
4	0,65	3,2	0,42	—	4,20
1971 г.					
2а	0,15	0,9	0,6	0,6	2,25
3	—	4,3	0,4	0,4	5,10
4	0,3	3,8	0,6	0,2	4,90
I	0,4	5,3	0,2	0,1	6,00
1972 г.					
4	2,0	4,3	1,2	0,6	8,10
I	1,5	9,3	0,6	—	11,70

^хСредневзвешенная за период пребывания станций под водой или за безледный (для глубоководной ст. I); биомасса в начале и в конце этого периода принималась равной 0.

^{xx}По данным А.Д.Приймаченко [6] и К.А.Гусевой [2].

лив глубиной 0,6 м с глинистым заиленным грунтом, зарастающий рдестами, роголистником, нитчатками. Примерно такой же участок находился у впадного побережья Дарвинского заповедника в заливе, ограниченном от открытой части Моложского плеса высокой косой. Намеченная здесь станция (ст.40) имела глубину около 1 м, грунт — в виде слабой заиленной лесной почвы и с зарослями осоки и тростника. Два исследовавшихся мелководных участка защищенного типа были лишены зарослей макрофитов. Один из них находился близ с.Средний Двор (ст.43) в затопленном сухостойном лесу; глубина здесь около 0,5 м, грунт — лесная почва, покрытая толстым слоем песка. Другой, с глубиной около 0,5 м и песчаным грунтом, расположен в приплотинном районе, близ дер.Волково (ст.37).

Как видно из табл.3, в составе массовых видов водорослей собранных на мелководных и близрасположенных глубоководных станциях, резких различий не наблюдалось.

Особенно велико сходство весной, когда в прибрежной зоне еще отсутствует высшая водная растительность. Почти на всех станциях в это время основную часть биомассы составляли диатомовые, представленные, главным образом, видами р. *Melosira* и *Stephanodiscus hantzschii*. Однако биомасса фитопланктона на мелководье в большинстве случаев была ниже, чем на глубоководных станциях. Это, вероятно, было обусловлено тем, что в мелководной зоне в период наблюдений (29 мая — 7 июня) развитие диатомовых уже шло на убыль, в то время как на глубоководных станциях "цветение" еще продолжалось. Напомним, что аналогичное несовпадение периода массового развития фитопланктона на глубокой и мелководных станциях отмечалось и в прибрежной

Летом на защищенном мелководье пышно развивается высшая водная растительность, благодаря которой здесь создаются своеобразные экологические условия. Это отражается на видовом составе и количестве фитопланктона. При более пестром составе фитопланктона мелководные станции в этот период обычно отличаются от глубоководных и по массовым видам водорослей. На глубоководных станциях ведущими представителями диатомовых в этот период являются виды рода *Melosira*, а при "цветении" сине-зелеными преобладает *Aphanizomenon flos-aquae*. На мелководье среди ведущих диатомовых, кроме видов *Melosira*, присутствуют виды р. *Cyclotella*, *Stephanodiscus*. Среди сине-зеленых доминирующее положение, наряду с *Aphanizomenon flos-aquae*, здесь занимают *Microcystis aeruginosa* и *Anabaena lemmermannii*. Кроме того, большого развития достигают зеленые, которые иногда (ст.43) даже могут составить основную долю биомассы. Биомасса фитопланктона на мелководных станциях летом обычно значительно выше, чем на глубоководных, особенно при массовом развитии сине-зеленых. Иногда последние обнаруживаются в массе только на мелководье (ст.18), в то время как на ближайшей глубоководной станции доминирующее положение остается за диатомовыми. На некоторых мелководных станциях (23, 40) значительную долю биомассы фитопланктона могут составить пиррофитовые и эвгленовые.

Осенью большинство мелководных станций с падением уровня обсыхает. На оставшихся фитопланктон обычно бывает сходен с фитопланктоном прилегающих участков глубоководной зоны водохранилища, но уступает по биомассе.

Из подзащищенных мелководных участков под наблюдением находились четыре. Это часть прибрежной зоны Борка, характери-

Т а б л и ц а 3

Характеристика фитопланктона защищенных
мелководий Рыбинского водохранилища и прилегающего
района глубоководной зоны

Район водохранилища	№ станций	Биомасса, мг/л					Ведущие виды (10% от общей биомассы)
		диатомовые	сине-зеленые	зеленые	про-чие	об-щая	
I	2	3	4	5	6	7	8
Брейтово (около устья р. Сить)	23м ^x 9г ^{xx}	10-20 августа 1971 г.					Stephanodiscus binderanus, St. hantzschii, Anabaena scheremetievi, Gloeocapsa planctonica, Steph. hantzschii
		I, II 0,10	I,0 0,83	0,26 0,20	0,51 0,44	2,88 1,57	
Весёлогонское расширение	18м 20г	0,12 18,34	0,05 1,33	0,31 0,83	- -	0,48 20,50	Melosira italica, Commarium sp. Melosira islandica M. italica
Брейтово (около устья р. Сить)	23м 9г	29 мая - 7 июня 1972 г.					Stephanodiscus hantzschii, Melosira italica Diatoma elongatum
		I,02 4,31	0,06 -	0,32 0,17	0,10 0,24	1,50 4,72	
Весёлогонское расширение	18м 20 г	0,08 2,59	0,16 0,05	0,02 0,11	0,11 0,42	0,37 3,17	Anabaena sp. Melosira italica. Tracheomonas hispida Melosira italica, M. italica subsp. subarctica
Ниже Дарвинского Борка	40м 4г	3,14 1,75	0,02 0,01	0,57 0,01	0,28 0,04	4,01 1,81	Melosira italica. M. italica sp. subarctica M. italica subsp. subarctica, Steph. binderanus
Волково	37м 39г	0,74 0,80	0,01 0,04	0,08 0,06	0,03 -	0,86 0,10	Melosira islandica M. islandica

I	2	3	4	5	6	7	8
Брейтово (около устья р. Сить)	23 м 9 г	19 - 26 июля 1972 г. 2,47 3,88	0,73 0,89	0,84 1,18	2,59 0,03	6,53 5,98	Cyclotella meneghiniana, Gymatopleura socca, Gleonodinium sp., Euglena sp., Melosira varians, M. islandica, Crucigenia rectangularis, Mougeotia sp.
Васье- гонское расши- рение	18 м 20 г	6,93 15,93	55,21 4,43	- 0,08	-	62,14 20,44	Aphanizomenon flos-aquae, Melosira italica, Melosira italica, M. islandica, Aphanizomenon flos-aqua
Ниже Дарвин- ского Борка	40 м	6,42	0,47	0,54	2,94	10,37	Melosira islandica, Trachelomonas volvocina, Euglena sp.
Вол- ково	37 м 39 г	0,18 0,14	0,66 0,09	1,98 0,55	0,60 0,09	3,42 0,87	Scenedesmus quadricauda, Trochiscia biculifera, Microcystis aeruginosa, Glenodinium sp., Mougeotia sp., Stephanodiscus hantz.
Средний Двор	43 м 6 г	0,13 0,21	1,16 1,14	7,16 0,68	0,60 0,01	9,05 2,04	Mougeotia sp., Chlamydomonas sp., Microcystis aerug., Aphanizomenon f.-a, Mougeotia sp., Scenedesmus quadric
Брейтово (около устья р. Сить)	23 м 9 г	2,02 7,66	5,81 5,32	0,26 0,22	0,43 -	8,52 13,20	2 - 9 сентября 1972 г. Microcystis aeruginosa, Stephanodiscus subtilis, St. binderanus, Fragilaria capucina, Cyclotella dubium
Ниже Дарвин- ского Борка	40 м 42 г	2,08 4,77	0,24 0,21	0,02 0,02	- -	2,34 5,00	Melosira italica, Stephanodiscus binderanus, Melosira italica, M. islandica

* м - мелководная станция

** г - глубоководная станция

зуемая уже описанной ст.4, и Ютский залив (ст.13 и 14) глубиной 0,5–1 м с заиленным дном, усеянным валунами. Следующий участок находился в Моложском плесе против деревни Противье среди затопленного сухостойного леса, слабо заросшего макрофитами; глубина станции (ст.21) около 0,5 м, грунт – переработанная лесная почва, с большим количеством древесных остатков. Четвертый участок находился в Шексинском плесе по левому берегу затопленной реки Кондоши (ст.29); глубина здесь около 0,5 м; грунт – заиленный песок, сильно заросший рдестами, ежеголовником и другими макрофитами.

Данные по фитопланктону полузащищенных мелководий представлены в табл. 4. Как видно из таблицы, массовые виды водорослей на мелководьях этого типа в большинстве случаев те же, что и на ближайших глубоководных станциях. Однако на мелководных станциях гораздо большую долю биомассы составляют зеленые золотистые и прочие водоросли. Их видовой состав довольно пестрый, но преобладали: *Coelastrum sphaerium* Naeg., *Scenedesmus quadricauda*, *Dictyosphaerium pulchellum*. Особенно это заметно летом, когда на многих станциях (17,21,4) общая биомасса их представителей соизмерима с биомассой доминантов. Так, например, в прибрежье у Горка (ст.4) 25.7.72 г. большую биомассу дали эгленовые (3,7 мг/л) и зеленые – 2,3 мг/л, в частности: *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum duplex*, *P. duplex* v. *setigera* Meyen., *Chlamydomonas* sp.

Общая биомасса фитопланктона на станциях полузащищенных мелководий обычно выше, чем на ближайших глубоководных.

Для суждения о фитопланктоне открытых мелководий было выбрано 5 участков. Один на глубине 0,5–1,0 м с песчаным грунтом находится в Волжском плесе близ пос.Лопового (ст.11 и 12),

Т а б л и ц а 4

Характеристика фитопланктона полузащитенных
мелководий Рыбинского водохранилища и прилегающего
района глубоководной зоны

Место водо- охра- нения	№ стан- ций	Биомасса, мг/л					Ведущие виды (10% от общей биомассы)
		диато- мовые	сине- зеле- ные	зе- ле- ные	про- чие	ро- совая	
	2	3	4	5	6	7	8
Мелко- водье у Борка	9/УШ	10	-	20	августа 1971 г.		
	4 м ^х	4,27	1,34	1,23	-	3,84	Stephanodiscus hantzschii, St. binderanus, Anabaena scheremetievi
	1 г ^{хх}	2,96	0,96	0,38	-	4,30	Stephanodiscus subtilis. Cyclotella menegh.
	15/УШ						
	4 м	5,90	0,25	1,52	0,50	8,17	Stephanodiscus subtilis, St. hantzschii Scenedesmus
	1 г	4,58	0,87	0,06	0,17	5,68	Stephanodiscus subtilis, St. binderanus
Огский вал	13 м	0,50	3,05	1,28	-	4,83	Aphanizomenon flos-aquae, Coenococcus planctonicus, Scenedesmus quadricauda
Про- тивье	21 м	1,57	0,32	0,53	0,40	2,82	Stephanodiscus hantzschii, M. italica
	22 г	5,91	1,00	0,43	0,46	7,80	Steph. hantzschii v. pusillus Aphanizomenon flos-aquae
Кон- доша	29 м	3,36	0,48	0,54	1,22	5,60	Melosira islandica, M. ita- lica; Euglena sp. Trachelo- monas sp.
Мелко- водье у Борка	30/У						29 мая - 7 июня 1972 г.
	4 м	8,30	-	0,88	0,52	9,70	Stephanodiscus hantzschii, Chlamydomonas
	1 г	1,56	-	0,10	0,01	1,67	Stephanodiscus hantzschii
	5/У1	7,20	0,04	0,78	0,11	8,13	Stephanodiscus hantzschii
	4 м						
	1 г	0,30	-	0,01	0,01	0,32	Stephanodiscus hantzschii

I	2	3	4	5	6	7	8
Кутский залив	I3M	20 мая - 7 июня 1972 г.					<i>Diatoma elongatum</i> <i>Coelastrum sphaericum</i>
		1,58	-	1,27	0,21	3,06	
Пес- тирье	2Im	2,96	0,14	0,12	0,71	3,93	<i>Melosira italica</i> subsp. <i>subarctica</i> , <i>Dinobryon divergens</i> <i>Melosira italica</i> Sub subarctica
	22a r	2,17	-	0,01	0,12	2,30	
Кондо- ша	2Im	14,52	0,11	0,14	0,01	14,78	<i>Diatoma elongatum</i> , <i>Melosira islandica</i>
Мелко- водье у Борка	4m	2,73	19-26 июля 1972 г.		1,94	5,75	<i>Melosira granulata</i> , <i>Peridinium</i> sp., <i>Eugl</i> sp. <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Myxomonas</i> виды р. <i>Scen</i> <i>mus</i>
	Ir	0,20	0,39	0,69		1,55	
			0,84	0,44	0,07		
Кутский залив	I4m	1,83	0,42	1,51	0,07	3,83	<i>Melosira italica</i> , <i>Per</i> <i>idinium boryanum</i>
Про- тирье	2Im	27,18	1,22	0,31	-	28,71	<i>Melosira islandica</i> , <i>Aphanizomenon flos-</i> <i>M. islandica</i> , <i>Aphanizo</i> <i>flos-aquae</i> .
	22a r	32,85	12,60	0,05	-	45,50	
Кон- доша	29m	6,19	8,34	1,50	0,32	16,35	<i>Melosira italica</i> , <i>M.</i> <i>italica</i> , <i>Aphanizomenon</i> <i>aquae</i>
Кон- доша	2-9 сентября 1972 г.					19,23	<i>Melosira italica</i> , <i>M.</i> <i>italica</i> , <i>Aphanizomenon</i> <i>aquae</i>
	29m	13,70	3,63	1,40	0,50		

x_m - мелководная станция

xx r - глубоководная станция

Таблица 5

Характеристика фитопланктона открытых
мелководий Рыбинского водохранилища и прилегающего
района глубоководной зоны

Район водо- крани- лища	№ стан- ций	Биомасса, мг/л					Ведущие виды (10% от общей биомассы)
		диато- мовые	сине- зеле- ные	зе- ле- ные	про- чие	об- щая	
I	2	3	4	5	6	7	8
Дег- ково	10 - 20 августа 1971 г.						
	II м ^x	2,70	2,93	0,19	-	5,82	<i>Stephanodiscus subtilis</i> , <i>St. hantzschii</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>
	12 г ^{xx}	6,36	0,66	0,28	-	7,27	<i>Stephanodiscus binderanus</i> , <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
Цент- раль- ный МНС	16 м	0,65	0,55	0,80	0,06	2,06	<i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Pediastrum boryanum</i> , <i>P. duplex</i> v. <i>cornutum</i>
Кодо- ово	27 ^a _м	1,44	3,51	0,75	0,87	5,57	<i>Coelosphaerium dubium</i> , <i>Melosira islandica</i>
	29 ^a _г	0,55	1,95	0,53	-	3,03	<i>Anabaena spiroides</i>
Мякса	31 м	0,96	0,61	0,20	0,21	1,98	<i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Melosira italica</i>
Устье р. Суды	26 м	7,72	0,40	2,57	0,43	10,12	<i>Melosira islandica</i> , <i>M. italica</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Stephanodiscus bind. M.</i>
	28 г	16,52	0,36	1,62	-	18,50	<i>ital. Coel. sphaer. M. island.</i>
Дег- ково	29 мая - 7 июня 1972 г.						
	II м	3,87	-	2,01	0,36	6,24	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Pediastrum duplex</i> v. <i>setigera</i>
Мякса	31 м	5,20	-	0,45	-	5,65	<i>Diatoma elongatum</i> , <i>Sce-</i>
	33 г	9,14	-	0,19	0,14	9,47	<i>nedesmus quadricauda</i> <i>Diatoma elongatum</i>

Продолжение табл. 5

I	2	3	4	5	6	7	8
29 - 7 июня 1972 г.							
Устье	26 м	6,48	0,01	0,03	0,16	6,68	<i>Diatoma elongatum</i> ,
р. Суды	28 г	1,97	0,03	0,06	0,14	2,20	<i>Melosira italica</i>
							<i>Diatoma elongatum</i>
19 - 26 июля 1972 г.							
Лег- ково	11 м	7,01	0,59	0,81	-	8,41	<i>Melosira italica</i> , <i>M.</i> <i>italica</i> Subsp. subarct. <i>Mougeotia</i> sp.
Цент- раль- ный мыс	16 м	0,38	1,26	0,81	0,01	2,46	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Mougeotia</i> sp. <i>Pandori-</i> <i>na morum</i>
Мяк- са	31 м 33 г	0,13 1,83	0,46 0,31	1,39 0,34	0,01 -	1,99 2,48	<i>Mougeotia</i> sp., <i>Pediastru</i> <i>duplex</i> , <i>Gloeocapsa lim-</i> <i>netica</i> <i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Melosira islandica</i>
Устье р. Суды	26 м 28 г	3,41 7,43	1,08 0,83	0,21 1,13	0,06 -	4,76 9,39	<i>Melosira italica</i> , <i>Apha-</i> <i>nizomenon flos-aquae</i> , <i>Melosira italica</i> , <i>Mou-</i> <i>geotia</i> sp.
2 - 9 сентября 1972 г.							
Мякса	33 г	9,47	4,37	0,25	-	14,09	<i>Melosira islandica</i> , <i>Fragilaria capucina</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>f. viridis</i>
Устье р. Суды	26 м 28 г	1,09 19,78	0,39 6,62	0,04 0,26	- -	1,52 26,66	<i>Melosira italica</i> , <i>Melo-</i> <i>sira islandica</i> <i>M. islandica</i> , <i>Aphanizome-</i> <i>non flos-aquae</i>

x м - мелководная станция

xx г - глубоководная станция

дра — в Главном плесе: у Центрального мыса — недалеко от торфяной сплавнины на глубине (на месте ст.16) около 0,7 м с торфянистым грунтом; близ деревни Колобово — на глубине 0,6 м с глинистым с камнями грунтом (ст.27а). В Шекснинском плесе обследовалось каменистое мелководье недалеко от пос.Микса (ст.31), имеющее глубину 1 м, грунт которого — слабо-затопленная лесная почва с множеством затопленных пней и коряжника (ст.26). Все перечисленные участки лишены зарослей высшей водной растительности.

Данные, характеризующие фитопланктон мелководий открытого типа, приведены в табл.5. Из них видно, что развитие водорослей здесь подчиняется тем же закономерностям, что и в глубоководной зоне. Весной и осенью господствуют диатомовые (*Diatoma elongatum*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Melosira italica*, *M. islandica*), одинаковые для обеих зон, летом им сопутствуют сине-зеленые, главным образом, *Aphanizomenon flos-aquae*. Правда, летом на расположенных в этой зоне станциях несколько увеличивается количество зеленых. Общий уровень биомассы фитопланктона довольно близок в той и другой зоне.

При сопоставлении результатов наших наблюдений с данными, полученными в 1953–55 гг. А.Д.Приймаченко [6] и К.А.Гусевой [2], можно отметить некоторые изменения видового состава фитопланктона. Правда, они касаются главным образом сопутствующих видов. Значительно меньше стало эвгленовых, золотистых, пироксифитовых. Ничтожно мало попадалось десмидиевых, которые в прежние годы отмечались в значительных количествах. Степень развития фитопланктона изменилась мало. Наибольшими величинами биомассы как в прежние годы, так и теперь характеризуются станции, находящиеся на глубине около 1 м, т.е. на границе произрастания высшей водной растительности.

В ы р о д ы

1. Фитопланктон на мелководьях Рыбинского водохранилища отличается от глубоководной зоны по видовому составу. Степень различия определяется типом мелководий. На защищенных мелководьях можно отметить специфичность в составе доминирующих видов фитопланктона, особенно летом. Фитопланктон полужащищенных мелководий по массовым видам сходен с фитопланктоном открытой части водоема и отличается только составом сопутствующих видов. Видовой состав фитопланктона открытых мелководий почти тот же, что и в глубоководной зоне.

2. Наибольшие величины биомассы фитопланктона наблюдаются на мелководьях полужащенного типа с глубинами около 1 м, без зарослей макрофитов.

3. Сезонная динамика фитопланктона мелководий в общих чертах повторяет таковую глубоководной зоны.

4. По сравнению с 1953-55 гг. существенных изменений в составе ведущих форм фитопланктона прибрежной зоны Рыбинского водохранилища не произошло. В составе сопутствующих видов они- зилось количество эвгленовых, золотистых, пиропитовых.

Литература

1. Г у с е в а К.А. Фитопланктон Рыбинского водохранилища. (сезонная динамика и распределение его основных групп). Тр. биолог. станция "Борок", 1956, вып.2, 10.
2. Г у с е в а К.А. Влияние режима уровня Рыбинского водохранилища на развитие фитопланктона. Тр. биолог. станция "Борок" 1958, вып.3.
3. З а м и н о в а Н.А. и К у р д и н В.П. Формирование раясафа в грунтах мелководий Рыбинского водохранилища. В

- сб. "Биологические и гидробиологические факторы местных перемещений рыб в водохранилищах". М.-Л., "Наука", 1968.
4. К о н с т а н т и н о в А.С. Использование теории множеств в биогеографическом и экологическом анализе. "Успехи современной биологии", 1969, т.67, вып. I.
 5. К у з ь м и н Г.В. Фитопланктон: видовой состав и обилие. В кн.: "Методика изучения биоценозов внутренних водоемов". М., "Наука", 1975.
 6. К у з ь м и н Г.В. и Е л и з а р о в а В.А. Фитопланктон Шекнинского плеса Рыбинского водохранилища в 1963-1965 гг. Тр.Инст.биол.внутр. вод АН СССР, 1966, вып.15(18).
 7. П р и м а ч е н к о А.Д. Фитопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища. Тр.Инст.биол.водохр. АН СССР, 1959, вып. I(4).
 8. Рыбинское водохранилище и его жизнь. Л., "Наука", 1972.

И.Л.Пырин, Е.Л.Гашкатова, Л.Е.Сигарева

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В МЕЛКОВОДНОЙ
ЗОНЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 1971-1972 гг.

Наблюдения за первичной продукцией фитопланктона прибрежной зоны Рыбинского водохранилища, на результатах которых основана данная работа, проводились в 1971-72 гг.

До этого не было специальных исследований, в которых ставилась бы цель оценить продукцию органического вещества, создаваемого фитопланктоном мелководных участков Рыбинского водохранилища. Об ее величине и соотношении с первичной продукцией фитопланктона глубоководной зоны можно было судить только по результатам измерений фотосинтеза в Волжском плесе, выполненных Ю.И.Сорокиным и Д.М.Стариковой в 1967-68 гг. с помощью радиоуглеродного метода [14 - 16]. В их работе фотосинтез, наряду с другими показателями, измерялся для сравнительной характеристики активности биологических процессов в мелководной и глубоководной зонах, и его продукция в столбе воды под 1 м² не рассчитывалась. Кроме этих, некоторые данные по фотосинтезу фитопланктона прибрежной зоны Рыбинского водохранилища, измеренному также радиоуглеродным методом, опубликованы Г.Л.Марголиной [7]. Они были получены в процессе микробиологических исследований, проводившихся в 1972 г. одновременно с нашими.

В настоящей работе делается попытка оценить первичную продукцию фитопланктона мелководий Рыбинского водохранилища и выяснить ее роль в обогащении органическим веществом всего водоема. С этой целью интенсивность фотосинтеза определялась еженедельно на нескольких станциях прибрежной зоны в районе Борка (с момента затопления до осушения) и дважды на мелководьях опоясывающих все водохранилище (в рейсах на экспедиционном

судно, выполненных в середине лета: 19-26 июля 1972 г. и 10-20 августа 1972 г.).

Станции, расположенные близ Борка по направлению разреза Норок-Коприно (см. рисунок I), описаны во вводной статье настоящего обзора. В 1971 г. первая из них, ст.1а (соответствующая ст.1 в работах зоологов), не затоплялась, на следующей, ст.2а (соответствующей ст.2 зоологов), глубина была 0,1-0,2 м, на ст.3 - 0,5-0,7 м, на ст.4 - 0,7-1,1 м. Для сравнения наблюдения проводились также в глубоководной зоне на глубине 0-18 м на стандартной ст.1 (соответствующей ст.5 у зоологов).

Ст.2а к моменту заливания бывает покрыта плотным ковром луговой растительности, обычно сохраняющейся под водой в течение всего времени наблюдений. Ст.3 характеризует участок, зарастающий в середине лета макрофитами: сусакон зонтичным, гречихой земноводной и жерушником. Ст.4 находится на участке с таким же грунтом, как и ст.3, но не зарастающем вышней водной растительностью. В 1972 г. уровень был очень низким и из прибрежных станций затоплялась только ст.4.

Станции на остальной части прибрежной зоны водохранилища были выбраны с таким расчетом, чтобы охватить основные типы мелководий этого водоема: защищенные, полужащищенные и открытые. Здесь, как и у Борка, кроме мелководной, обследовалась для сравнения станция на близлежащем участке глубоководной зоны.

Пробы воды для опытов на станциях с глубинами до 1 м зачерпывались эмалированным ведром. На глубоководных станциях бралась средняя для фотической зоны (0-2 м) проба. Вода для этого доставалась плексигласовым батометром типа Рутнера с глубин 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 м или метровым батометром типа Эгморка с 0-1, 1-2 м и затем смешивалась. Из этой же средней про-

бы бралась вода для учета фитопланктона, определения пигментов анализа соединений азота и фосфора, а также опытов по изучению активности микробиологических процессов; результаты обработки этих материалов публикуются в настоящем сборнике [2,5,7,9].

Интенсивность фотосинтеза измерялась по изменению содержания кислорода в пробках воды, заключенных в "светлые" и темные склянки. Склянки экспонировались в течение суток (как правило с 11-12 часов дня) на глубине 0,25 м, около которой в Рыбинском водохранилище обычно находится максимум фотосинтеза. В экспедициях на судне для этого использовался специальный инкубатор с проточной забортной водой, установленный на палубе. В опытах, проводившихся в прибрежье Борка, экспонирование склянок производилось в водоеме. При этом все склянки (с пробками роех станций разреза) экспонировались на ст.4. Поскольку одна из станций (ст.3) находится в зарослях, в 1971 г. было выполнено несколько специальных опытов по выяснению влияния затенения от макрофитов на результаты измерения фотосинтеза. В этих опытах пробы воды с фитопланктоном со станции 3 экспонировались одновременно на ст.4 (без зарослей) и на ст.3 (заросшей) на одной и той же глубине 0,25 м.

По фотосинтезу, измеренному на глубине 0,25 м, рассчитывался фотосинтез на остальных горизонтах фотической зоны: 0, 0,25, 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 м (в случае мелководных станций из этих горизонтов, естественно, учитывались только первые 3-4, за крайний некий принималось дно). В расчетах исходили из энергии солнечной радиации на этих горизонтах и соотношения между ней и фотосинтезом, установленного ранее [11]. Энергия солнечной радиации на глубинах рассчитывалась на основе данных об ее поступлении на поверхность водоема за время экспозиции, отражения (альбедо) и относительной прозрачности воды по дис-

Секки по формуле Арэ и Толстякова [1]:

$$J_z = J_0 \cdot e^{-\left(\frac{2.39}{\sqrt{Z_c}} + 0.38\right) \cdot \sqrt{Z}},$$

где Z — глубина, м;

J_0 — энергия радиации, вошедшей в воду (падающей с поправкой на альбедо),

Z_c — прозрачность по диску Секки, м.

Данные об энергии падающей суммарной солнечной радиации были получены в Рыбинской гидрометеообсерватории. Среднее за сутки альбедо поверхности водохранилища принималось равным 7% [6, 13].

Расчет интенсивности фотосинтеза на разных глубинах и затем интегральной величины первичной продукции в столбе воды под 1 м^2 на разрезе Борок—Коприно производился для каждой станции. На остальных участках водохранилища расчеты делались по данным, осредненным для мелководной и глубоководной зон плесов. При этом выходили из средних для участка величин интенсивности фотосинтеза в максимуме и прозрачности воды, а также средней за период экспедиции суточной энергии солнечной радиации. Вычисленная продукция фотосинтеза под 1 м^2 в таком случае являлась уже средней для всех станций мелководной или глубоководной зоны данного плеса.

Результаты наблюдений в прибрежной зоне Борка (рис. I) позволили подробно проследить за особенностями сезонной динамики фотосинтеза мелководного фитопланктона. В общих чертах она оказалась сходной с таковой на ближайшей глубоководной станции I: в том и другом случае весьма незакономерное чередование подъемов и спадов интенсивности фотосинтеза, что особенно характерно для первых двух месяцев (май, июнь) периода исследований.

Такой, довольно значительный разброс данных, следующих один за другим сроков наблюдения обусловлен, главным образом, естественными колебаниями радиации (см. рисунок 1) и прозрачности воды (табл. I) в течение каждого опыта.

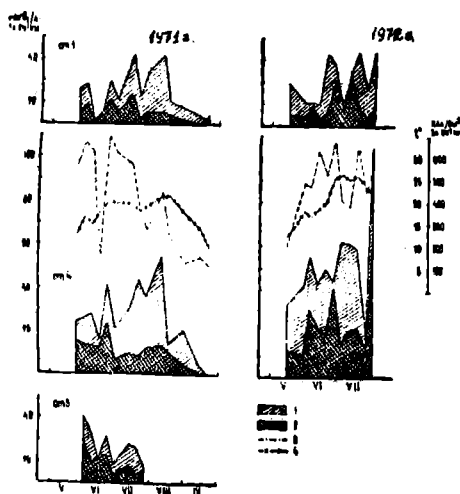


Рис. I. Сезонная динамика фотосинтеза и деструкции органического вещества на станциях прибрежной зоны Борка.

На оси абсцисс — месяцы; на оси ординат слева — фотосинтез (I) и деструкция (II) в $\text{мгО}_2/\text{д}$ за сутки; на оси ординат справа интенсивность солнечной радиации (III) в $\text{кал}/\text{см}^2$ за сутки и температура (IV) в $^{\circ}\text{C}$.

снижение фотосинтеза, и его сезонный ход описывается практически однофазной кривой. В середине лета, когда фотосинтез не лимитировался световыми и термическими условиями, изменение

воды (табл. I) в течение каждого опыта. Этим, вероятно, и затушевывается общая направленность сезонного хода фотосинтеза. Однако все же можно выделить два пика: слабо выраженный весенний (в конце мая) и весьма значительный летний (в начале августа). Правда, на мелководьях они прослеживаются хуже, что, по-видимому, связано с более пестрым и изменчивым составом их фитопланктона [2]. Это особенно заметно по данным 1972 г., необычно теплое и маловодное. Тогда было очень слабо выражено характерное для июня

Т а б л и ц а I

Интенсивность фотосинтеза на глубине максимума
($\text{мгO}_2/\text{л.сутки}$) и в целом столбе воды ($\text{гO}_2/\text{м}^2\cdot\text{сутки}$) в районе Борка

Дата	Глубина, кад/см ² за сутки	Ст. I			Ст. 4			Ст. 3				
		глубина, м	прозрач- ность, м	мгО ₂ /л за сут- ки	гО ₂ /м ² за сут- ки	глубина, м	прозрач- ность, м	мгО ₂ /л за сут- ки	гО ₂ /м ² за сут- ки	глубина, м	прозрач- ность, м	мгО ₂ /л за сут- ки
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1971 г.												
24 мая	567	13,0	1,3	1,64	2,69	1,1	0,7	2,44	1,97			3,12
31 мая	661	-	1,2	1,85	1,74	1,4	0,8	2,60	2,53	0,8	0,8	2,27
7 июня	620	-	1,4	0,16	0,27	1,3	0,7	2,81	2,50	0,8	0,8	1,18
14 июня	143	-	1,1	0,62	0,80	1,3	0,9	1,64	1,50	0,8	0,8	2,18
21 июня	694	-	1,2	2,00	3,28	1,2	0,8	4,12	3,68	-	-	0,91
28 июня	617	-	1,2	1,11	1,75	1,2	1,0	2,12	1,96	0,7	0,7	1,81
12 июля	565	-	0,7	3,16	3,93	1,0	0,3	3,60	2,49	0,5	-	1,66
19 июля	364	-	1,0	1,28	1,65	1,1	0,6	4,40	3,40	0,6	-	0,82
26 июля	269	-	1,0	2,46	3,10	1,0	0,5	3,58	2,74	0,5	-	
3 августа	439	-	1,2	3,10	4,50	0,9	0,4	5,49	3,74			
15 августа	246	-	-	1,05	1,45	0,7	-	1,44	0,90			
30 августа	118	12,0	1,5	0,77	1,08	0,6	до дна	2,06	1,34			
13 сентября	144	-	1,3	0,36	0,47	0,6	до дна	0,59	0,37			
30 сентября	101	-	-	0,16	0,21	0,3	-	0,10	0,04			

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1972 г.												
15 мая	422	12,0	1,0	1,94	2,44	0,4	-	3,34	1,62			
30 мая	483	-	-	1,06	1,45	0,6	-	4,18	2,26			
5 июня	474	-	1,0	1,09	1,47	0,8	-	5,58	3,59			
12 июня	636	-	-	1,01	1,66	1,0	-	4,30	3,20			
19 июня	523	12,0	1,6	3,30	5,60	1,0	0,6	4,98	3,70			
26 июня	681	11,3	1,7	2,82	5,42	0,8	0,7	4,43	2,96			
3 июля	411	-	1,9	0,70	1,19	0,6	0,4	6,26	3,54			
10 июля	383	10,7	1,4	2,41	3,64	0,5	0,4	6,18	3,13			
17 июля	643	10,0	1,5	3,36	5,54	0,3	-	5,89	1,98			
25 июля	450	-	1,1	1,65	2,29	-	-	2,06	0,62			
31 июля	565	10,0	1,3	3,19	5,09	0,2	-	10,57	2,18			

* Из-за отсутствия достоверных данных по прозрачности воды этой станции дальнейший расчет интегральной продукции фотосинтеза под

его скорости на всех станциях более или менее соответствовало динамике фитопланктона [2] и содержащихся в нем пигментов [5].

Судя по интенсивности фотосинтеза в единице объема воды (табл. I), наиболее продуктивной является станция 4, расположенная близ нижней границы мелководья. Это согласуется с упомянутыми выше данными по фитопланктону и пигментам. Особенно высоким фотосинтез был здесь в 1972 г., когда в начале августа на глубине максимума он составлял 6-10 $\text{mgO}_2/\text{л}$ в сутки, т.е. измерялся величинами, типичными для эвтрофного водоема. Заметим, что ст. 4 выделяется также и более высокими концентрациями соединений азота и фосфора [3, 9]. Кроме того, и это особенно показательно, здесь гораздо выше скорость оборота фосфатов [3].

Однако, если рассматривать интегральную продукцию фотосинтеза под 1 м^2 (табл. I), то соотношение между продуктивностью мелководных и глубоководной станций становится иным. В этом случае оказывается более высокой, а иногда и максимальной, продукция фотосинтеза на глубоководной ст. I, где фотическая зона не лимитируется глубиной. На мелководных станциях, глубина которых меньше глубины проникновения фотосинтетически активного света, работает только часть фотической зоны. Поэтому здесь, несмотря на интенсивный фотосинтез в единице объема воды, суммарная его продукция в расчете на 1 м^2 оказывается не столь большой.

Обращает на себя внимание довольно высокая скорость деструкции органического вещества, которая была рассчитана по изменению содержания кислорода в "темных" склянках. Часто она составляла около половины от фотосинтеза, а иногда была близка к нему. Колебания деструкции в течение периода исследований

более или менее соответствовали динамике фотосинтеза. Наиболее высокими величинами характеризуется станция 4.

Результаты измерений фотосинтеза в зарослях (ст.3) и на открытой воде (ст.4) оказались довольно близкими (табл.2). Вероятно, те побеги растений, которые поднимались до поверхности, существенно не изменяли световые условия над оклянками. Таким образом, можно принять, что величины фотосинтеза фитопланктона ст.3, полученные при экопонировании склянок на ст.4 (вместе с остальными), соответствуют истинным, т.е. наблюдавшимся на месте взятия пробы.

При проведении работ по определению фотосинтеза на остальных участках прибрежной зоны станции, как упоминалось, выбирались с расчетом охватить основные типы мелководий водохранилища. Кроме того, их старались разместить на глубинах около 1 м (в 1972 г. в летний период уровень был на 1,5–2 м ниже НПУ), где, судя по результатам наблюдений в прибрежье Борка (ст.4), можно было ожидать наиболее высокие величины продукции фотосинтеза.

Мелководья защищенного типа в значительной степени изолированы от водохранилища. Они мало подвержены воздействию ветровых течений и в большинстве своем зарастают высшей водной растительностью. Фитопланктон этих мелководий [2] отличается от фитопланктона прилегающей части глубоководной зоны большим разнообразием сопутствующих видов, иногда составом. Кроме того, на большинстве мелководных станций наблюдается повышенные концентрации пигментов [5], что особенно заметно в летний период. Прозрачность воды на мелководьях этого типа обычно гораздо ниже, чем в глубоководной зоне. Температура воды в фотическом слое глубоководных и мелководных станций в 1971 г. составляла соответственно 18–20°, а в 1972 г. – 18–25°.

Т а б л и ц а 2

Сравнение результатов измерения фотосинтеза среды зарослей (ст.3)
и в открытой воде (ст.4)

Дата	Радиация, кал/см ² . сутки	Ст. 3				Ст. 4		
		Ф	Д	t	Ф	Д	t	t
7 июня	620	2,46	1,04	12,8	2,27	0,97		14,7
14 июня	143	1,03	-	15,8	1,18	1,16		17,6
21 июня	694	1,83	1,08	18,8	2,18	1,32		19,8
12 июля	565	2,37	0,99	19,8	1,81	0,81		19,3
19 июля	364	1,50	0,37	18,8	1,66	0,44		17,6

Ф - фотосинтез;

Д - деструкция в мгО₂/л за сутки;

t - температура, °С.

Под наблюдением было 5 участков защищенных мелководий. Два из них находятся в Моложском плесе: один — у южного побережья Ларвинского заповедника в отгороженном высокой косой заливом с густыми зарослями осоки и тростника и с грунтом в виде заиленной лесной почвы (ст.40), другой — в лагуне у левого берега Васьегонского расширения, сильно заросшей рдестами, роголистником, гречихой земноводной; при низком уровне этот участок оказывается полностью отрезанным от водохранилища (ст.18). Похожий участок — сильно изолированный залив с плотными зарослями макрофитов и вязким илистым грунтом — был намечен в Главном плесе близ устья реки Сить (ст.23). Два последних исследованных — участки мелководий защищенного типа, находящиеся тоже в Главном плесе: в сухостойном лесу у Среднего Двора (ст.43) и вдоль песчаного берега у села Волково (ст.37) — отличались от остальных слабым развитием или полным отсутствием высшей водной растительности.

Полузащищенные мелководья характеризуются более интенсивным водообменом с остальной частью водохранилища, чем защищенные. Вследствие этого их фитопланктон [2] в общих чертах сходен с фитопланктоном глубоководной зоны: доминирующие виды практически одни и те же. Однако состав сопутствующих видов, как и на защищенных мелководьях, разнообразнее (за счет обилия протококковых, затем пиропитовых и золотистых водорослей) чем в прилегающей части глубоководной зоны. Биомасса фитопланктона [2], а также содержание пигментов [5] на станциях полузащищенных мелководий обычно выше, чем на глубоководных. Прозрачность воды того же порядка, что и на защищенных мелководьях, т.е. в 2-3 раза ниже по сравнению с глубоководной зоной (табл. 1). Температуры в освещенном слое в период работ на мелководных

станциях составляла 19–21° в 1971 и 23–25° в 1972 г., а на ближайших глубоководных – соответственно 18–20 и 22–23°.

Для наблюдений было выбрано четыре участка мелководий полузащищенного типа. Два из них расположены в Волжском плесе: в прибрежной зоне Борка (уже описанная ст.4) и в Югоком заливе (ст.13 и 14, с илистым, усеянным ведлунами дном). Оба они лишены вышей водной растительности. Третий участок находится в Моложском плесе у деревни Противье в затопленном сухостойном лесу с негустыми зарослями макрофитов (ст.21). Четвертый – в Шекнинском плесе у левого берега залива вдоль затопленной реки Кондоши (ст.29), среди густых зарослей рдестов, ежеголовника и других высших водных растений.

Открытие мелководья, беспрерывно сообщавшееся с глубоководной зоной водохранилища, практически не отличается от нее по составу и биомассе фитопланктона, а также по содержанию пигментов. Однако прозрачность воды здесь, как и на остальных мелководьях, гораздо ниже (табл.5), чем на ближайших глубоководных станциях. Закономерных различий в температуре воды тех и других станций не наблюдалось. Иногда на мелководье она была ниже. Температура на станциях в период наблюдений колебалась примерно в тех же пределах, которые упоминались при обсуждении мелководий двух других типов.

Для характеристики мелководий открытого типа были выбраны пять участков. Все они лишены зарослей. Два расположены в Главном плесе: у Центрального мыса недалеко от торфяной сплавнины (ст.16) и близ деревни Колобово на глинисто-каменистом грунте (ст.27а). Два таких же участка находятся в Шекнинском плесе: каменистое мелководье недалеко от поселка Мыкса (ст.31) и небольшой открытый залив ниже устья реки Суды

Т а б л и ц а

Характеристика фотосинтеза и деструкции
(в $\text{mgO}_2/\text{л.сутки}$ для слоя 0–0,25 м) в защищенных
мелководьях Рыбинского водохранилища

Срок наб- людений	Станция	Прозрач- ность, м	Радиация, ккал/см ² за сутки	Фотосинтез	Дестру- ция
9–20.VIII.1971г.	23 м ^x	0,5 ^{xx}	385	1,38	0,93
	9 г	1,1	385	0,70	0,50
	18 м	0,5	242	0,62	0,52
	20 г	1,1	241	1,10	0,50
19–26.VIII.1972г.	23 м	0,4	618	4,23	1,62
	9 г	1,6	652	2,43	0,45
	18 м	0,4	604	6,45	1,63
	20 г	1,1	566	1,27	0,20
	40 м	0,5	663	6,22	1,74
	22 а г	1,2	622	5,48	0,97
	37 м	0,5	471	2,43	1,28
	39 г	1,3	444	2,18	0,73
	43 м	0,5	561	1,20	0,46
	6 г	1,6	583	2,81	0,85

^x м – мелководная, г – глубоководная станции.

^{xx} видно дно.

Характеристика фотосинтеза и деструкции
(в $\text{mgO}_2/\text{л.сутки}$ для слоя 0-0,25) в полужапынных
мелководьях Рыбинского водохранилища

Срок наблю- дений	Станция	Прозрач- ность, м	Радиация, ккал/см^2 за сутки	Фотосинтез	Деструк- ция
9-20.VIII.1971г.	4 м ^х	0,4	439	5,49	1,28
	1 г	1,2	439	3,10	0,56
	4 м	0,7 ^{хх}	246	1,44	1,05
	1 г	1,4	246	1,05	0,45
	13 м	0,5	323	1,74	1,03
	2 г	1,4	497	3,01	0,63
	21 м	0,3	263	0,80	0,22
	22 а г	1,40	263	0,98	0,13
	29 м	0,9	492	1,50	0,55
19-26.VIII.1972г.	4 м	0,5	201	2,06	1,38
	1 г	1,1	230	1,65	0,42
	14 м	0,6	559	5,21	1,19
	2 г	1,2	464	2,94	0,30
	21 м	0,3	646	5,11	1,20
	22 а г	1,2	622	5,48	0,97
	29 м	0,3	509	7,78	3,23

^х м - мелководная, г - глубоководная станция

^{хх} видно дно.

Т а б л и ц а

Характеристика фотосинтеза и деструкции
(в $\text{mgO}_2/\text{л.сутки}$ для слоя 0-0,25 м) в открытых
мелководьях Рыбинского водохранилища

Сроки наблюдений	Станция	Прозрачность, м	Радиация, кал/см ² за сутки	Фотосинтез	Деструкция
9-20.УШ.1971г.	II м ^x	0,4 ^{xx}	385	2,35	0,46
	2 г	I,4	497	3,01	0,63
	16 м	0,7	362	1,19	0,56
	7 г	2,1	441	1,30	0,23
	27 а м	0,3	502	1,37	0,45
	29 а г	0,7	502	0,82	0,22
	5 г	I,5	325	1,56	I,16
	31 м	I,0	511	0,25	0,41
	33 г	I,4	509	1,79	0,50
	26 м	I,0	485	0,58	0,59
	28 г	I,1	486	2,45	0,70
19-26.УП.1972г.	II м	0,5	272	2,01	0,63
	2 г	I,2	464	2,94	0,30
	16 м	0,8	595	1,61	0,57
	7 г	I,50	487	0,93	0,91
	31 м	0,4	472	1,69	0,67
	33 г	I,4	503	2,03	0,40
	26 м	0,5	634	2,78	0,77
	28 г	0,9	644	3,86	0,76

^x м - мелководная, г - глубоководная станции

^{xx} видно дно.

о грунтом в виде слабо запыленной лесной почвы, с многочисленными пнями и корягами (ст.26). Последний участок — это обширное мелководье в Волжском плесе близ поселка Легково (ст.11).

Интенсивность фотосинтеза в водах мелководий водохранилища оказалась довольно тесно связанной с их типом, т.е. с теми экологическими условиями, в которых развивается фитопланктон. На защищенных (табл.3) и полужащищенных (табл.4) участках фотосинтез, как правило, выше, чем в глубоководной зоне. В районе открытого побережья (табл.5) такой закономерности не наблюдается. Здесь это соотношение определяется, главным образом, гидрометеорологическими условиями (скоростью и направлением ветра во время наблюдений), от которых зависит интенсивность водообмена между мелководьем и глубоководной зоной. При штиле на мелководных станциях могут быть получены более высокие величины фотосинтеза, чем в глубоководной зоне, а в ветреную погоду различие между ними сглаживается.

Скорость фотосинтеза как на мелководьях, так и на глубоких станциях обычно соответствовала количеству фитопланктона [2] и содержанию пигментов [5]. Более высокие величины, получаемые на мелководных станциях (табл.3,4), как правило, отмечались во время массового развития здесь сине-зеленых водорослей. На это указывает данные 1972 г., когда условия для сине-зеленых были особенно благоприятны. В 1971 г. даже в летний период основной фон фитопланктона повсеместно создавали диатомовые. Тогда различие между мелководными и глубоководными станциями как по биомассе фитопланктона и содержанию пигментов [2, 5], так и по интенсивности фотосинтеза были сравнительно невелики.

Вывод о более интенсивном фотосинтезе и развитии фитопланктона в большей части мелководной зоны водохранилища (табл.3,4),

рытекающий из полученных нами данных, а также результатов подсчета количества водорослей [2] и анализа пигментов [5], подтверждается данными по содержанию основных биогенных элементов. Большинство мелководных станций, в частности, расположенных в защищенных участках прибрежной зоны, характеризуется несколько более высокими концентрациями минеральных соединений азота и особенно фосфора [9]. Правда, прямой зависимости развития фитопланктона от содержания только минеральных форм этих элементов быть не может, поскольку в водоеме оно постоянно пополняется за счет поступления из органических соединений. Однако резкое повышение скорости оборота фосфатов [3] на некоторых прибрежных станциях (ст. 3 и 4) по сравнению с ближайшей глубоководной позволяет предположить, что мелководья, в частности, защищенные и полужащищенные, характеризуются более высокой интенсивностью биохимических процессов, связанных с обменом биогенных веществ. В таких условиях даже слабо выраженное увеличение концентрации минеральных элементов, в частности фосфатов, может весьма значительно стимулировать развитие фитопланктона и его фотосинтез. На повышенную скорость биохимических процессов в этих районах прибрежья указывают и данные по деградации (табл. 3 и 4), а также результаты микробиологических исследований [7].

Интенсивный фотосинтез фитопланктона на некоторых мелководьях, однако, не может быть достаточным основанием для вывода о более высокой продуктивности этих участков водохранилища по сравнению с глубоководной зоной. Как уже отмечалось, на станциях с глубинами меньшими, чем фотическая зона, первичная продукция под 1 м^2 оказывается сравнительно небольшой, несмотря на довольно высокую скорость фотосинтеза в единице объема воды

В результате роль мелководий в обогащении органическим веществом всего водоема может быть сравнительно невелика, несмотря на то, что потенциально они весьма продуктивны.

Чтобы выяснить это применительно к Рыбинскому водохранилищу, мы попытались сопоставить количество органического вещества, которое синтезируется фитопланктоном в мелководной и глубоководной зонах каждого плеса. Расчеты производились для различных сезонов: весны, лета, осени. В них исходили из средних для мелководной и глубоководной зон величин первичной продукции, основанных на непосредственных измерениях фотосинтеза (в летний период) или вычисленных по содержанию хлорофилла (для весны и осени, когда фотосинтез не измерялся). В последнем случае принималось, что при оптимальной освещенности (т.е. в максимуме) интенсивность фотосинтеза, приходящегося на 1 мкг хлорофилла "а", или ассимиляционное число составляет $0,2 \text{ мгО}_2$ за сутки. Близкие к этому значения ассимиляционных чисел были установлены при сопоставлении большей части величин максимального фотосинтеза и содержания хлорофилла, полученных нами в результате настоящих исследований. Заметим, что использование этого значения ассимиляционного числа в данных расчетах оправдано необходимостью получить осредненные величины первичной продукции. Ассимиляционные числа фитопланктона Рыбинского водохранилища в зависимости от экологических условий колеблются довольно сильно от 0,05 до 0,3, а в отдельных случаях — до $0,4 \text{ мгО}_2/\text{мкг}$ хлорофилла за сутки.

Площади мелководной и прибрежной зон определялись отдельно для каждого периода работ соответственно уровню водохранилища. При этом мелководье ограничивали двухметровой изобатой при уровне в период наблюдений. Выбор границ на указанной

Продуктивность фитопланктона в мелководной и
глубоководной зонах различных плесов Рыбинского водохранилища в весенний
период (29.V-10.VI.1972 г.)^х

Плес	Участок	Площадь, км ²	Средняя глубина, м	Станции	Прозрач- ность, м	Хлорофилл "с", мкг/л	Фотосинтез за сутки ^{хх}	
							мгО ₂ /л в максимуме	гО ₂ /м ²
Волжский	Мелководье	147	0,8	4, 12, 14 1, 2	0,6 1,2 1,0	13,8 5,8 8,5	2,76 1,16 1,70	1,47 1,64 1,58
	Глубоковод- ная зона	285	6,3					
	Весь плес	432	4,4					
Моложский	Мелководье	52	0,8	18, 21, 40 20, 22, 42	0,4 1,5 1,1	4,1 5,3 4,9	0,82 1,06 0,97	0,37 1,66 1,19
	Глубоковод- ная зона	91	4,8					
	Весь плес	143	3,3					
Шекснин- ский	Мелководье	207	1,1	26, 29, 31 28, 33	0,9 1,4 1,2	9,3 7,1 8,0	1,86 1,42 1,60	1,41 2,17 1,86
	Глубоковод- ная зона	295	5,0					
	Весь плес	502	3,4					
Глебынь	Мелководье	493	1,0	23, 37 5, 6, 7, 9, 39	0,6 2,0 1,8	7,6 2,7 3,6	1,52 0,54 0,71	0,95 0,98 0,97
	Глубоковод- ная зона	2299	6,5					
	Весь плес	2792	5,5					

^хВо время наблюдения уровень был на 1,4 м ниже проектного, а средняя интенсивность
суммарной солнечной радиации составляла 495 кал/см² сутки.

^{хх} Рассчитанный по хлорофиллу.

Продуктивность фитопланктона в мелководной и глубоководной зонах различных плесов Рыбинского водохранилища в летний период

Плес	Участок	Площадь, км ²	Средняя глубина, м	Станции	Прозрач- ность, м	Хлорофилл "а", мкг/л	Фосфоритез за сутки		Деструкция за сутки	
							мгО ₂ /л в слое 0-0,25м	гО ₂ /м ²	мгО ₂ /л	гО ₂ /м ²
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9-20 августа 1971 г. хх										
Рыбинский	Мелководье	147	0,8	4, 11, 12, 13, 14	0,6	19,2	2,90	1,42	0,88	0,70
	Глубоковод- ная зона	285	6,3	1, 2	1,3	16,0	2,60	3,27	0,56	3,53
	Весь плес	432	4,4		1,1	17,1	2,70	2,64	0,67	2,57
Молоковский	Мелководье	52	0,8	21, 18, 18а	0,4	8,9	0,71	0,29	0,37	0,30
	Глубоковод- ная зона	91	4,8	20, 22а	1,2	15,6	1,95	2,45	0,40	1,92
	Весь плес	143	3,3		0,9	13,2	1,50	1,66	0,39	1,33
Шекснин- ский	Мелководье	207	1,1	26, 29, 31	0,9	9,5	0,98	0,67	0,52	0,57
	Глубоковод- ная зона	295	5,0	28, 33	1,2	17,4	2,34	2,94	0,50	2,50
	Весь плес	502	3,4		1,1	14,1	1,78	2,00	0,51	1,70
Глибинский	Мелководье	493	1,0	16, 23, 27а	0,5	9,1	1,31	0,67	0,65	0,65
	Глубоковод- ная зона	2299	6,5	5, 6, 7, 9, 29а, 39а	1,5	8,0	1,37	1,94	0,48	3,12
	Весь плес	2792	5,5		1,3	8,2	1,36	1,72	0,51	2,68

Продолжение табл. 7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				19-26 июля 1972 г. хх						
Болжский	Мелководье	122	1,0	4,11,14	0,5	18,4	3,09	2,78	1,07	1,07
	Глубоковод- ная зона	271	6,1	1,2	1,2	15,2	2,30	3,51	0,36	2,20
	Весь плес	393	4,5		1,0	16,2	2,54	3,10	0,58	1,85
Моложский	Мелководье	47	1,1	18,21,40	0,4	42,1	5,66	4,01	1,47	1,62
	Глубоковод- ная зона	79	5,2	20,22а	1,2	45,2	5,96	9,10	1,30	6,76
	Весь плес	126	3,3		0,9	44,0	5,85	7,20	1,36	4,84
Шекснин- ский	Мелководье	185	1,0	26,29,31	0,4	19,0	4,08	2,88	1,56	1,56
	Глубоковод- ная зона	262	4,9	28,33	1,2	9,6	2,94	4,49	0,58	2,84
	Весь плес	447	3,3		0,9	13,5	3,41	3,82	0,98	2,32
Гларский	Мелководье	540	1,0	16,23,37, 43	0,5	9,9	2,37	1,67	0,98	0,98
	Глубоковод- ная зона	2182	6,3	5,6,7,9, 36	1,4	11,1	2,02	3,31	0,62	3,91
	Весь плес	2722	5,3		1,2	10,9	2,09	2,98	0,69	3,33

х На глубине 0,01 м в 1971 г. в 0,25 м в 1972 г.

хх Средняя за период наблюдений интенсивность солнечной радиации составила в 1971 г. - 385 м в 1972 г. - 555 кал/см². сутки; уровень в это время был ниже проектного в 1971 г. на 1,4 м, а в 1972 г. - на 1,8 м.

Производительность фитопланктона в мелководной и глубоководной зонах различных плесов Рыбинского водохранилища в осенний период (2-10 сентября 1972 г.)^x

Плес	Участок	Площадь, км ²	Средняя глубина, м	Станции	Прозрач- ность, м	Хлорофилл a, мкг/л	Фотосинтез ^{xx} за сутки	
							МгО ₂ /л в максимуме	гО ₂ /м ²
Волжский	Мелководье	76	1,3	I, 2 III	1,1	23,3	4,66	4,35
	Глубоковод- ная зона	238	5,6					
	Весь плес	314	4,5					
Моложский	Мелководье	48	1,1	40 20, 22а, 42	0,9 1,5	2,4 12,1	0,48 2,42	0,26 2,68
	Глубоковод- ная зона	57	5,2					
	Весь плес	105	2,9					
Шекснин- ский	Мелководье	133	1,0	26, 29 28, 33	0,6 0,8	24,4 22,1	4,88 4,42	2,15 3,36
	Глубоковод- ная зона	206	4,6					
	Весь плес	339	3,2					
Глечин- ый	Мелководье	560	0,9	23 5, 6, 7, 9, 39	0,8 1,5	3,7 10,3	0,74 2,06	0,35 2,27
	Глубоковод- ная зона	1907	5,9					
	Весь плес	2467	4,8					

^x Во время наблюдений уровень был на 1,8 м ниже проектного, а средняя интенсивность солнечной радиации составляла 244 кал/см²·сутки.

^{xx} Рассчитанный по хлорофиллу.

III Нет данных, так как станции высохли.

глубине обусловлен наиболее широко принятым представлением о мелководной зоне, как об участке водоема, ограниченном глубиной проникновения света, достаточного для фотосинтеза: средняя глубина фотической зоны в Рыбинском водохранилище около 2 метров. Кроме того, эта граница совпадает с рекомендуемой для Рыбинского водохранилища по глубине активного взаимодействия волны с дном [8]. В пределах мелководной зоны каждого плеса средняя величина продукции фотосинтеза находилась как средне-арифметическая из данных всех станций; вычислить более близкие к истинным средневзвешенные величины не представлялось возможным, поскольку не известны площади мелководий разного типа, соответственно которым выбирались станции.

Если рассматривать средние для всех мелководных или глубоководных станций плеса величины фотосинтеза в единице объема воды, содержания хлорофилла и, в особенности, первичной продукции под 1 м^2 (табл.6,7,8), то различие между мелководной и глубоководной зонами становится менее выраженным. Только в летний период 1972 г., когда в массе развивались сине-зеленые (табл.7), по всем признакам мелководья оставались более продуктивными.

С другой стороны, намечается существенное различие водных масс плесов в целом, по показателям первичной продукции, особенно в расчете на единицу объема воды, — в зависимости от того, какая доля их площади занята мелководьями. В этом случае во все сезоны последнее место занимает, как правило, Главный плес, где площадь мелководий сравнительно невелика (см. табл.6-8). Первенство остается за более мелководными Шекснинским и Моложским плесами. Причем последний особенно выделяется в периоды, благоприятные для развития сине-зеленых (лето 1972 г., табл.7),

которые в этом довольно изолированном и малопроточном плесе находят наиболее подходящие для себя условия.

Такой подход приводит к заключению о весьма значительной роли в обогащении первичным органическим веществом всего водоема. Эта их роль становится еще более существенной, если учесть, что из-за небольшой их глубины здесь сравнительно невелики расходы на деструктивные процессы (см. табл.7), и часть вновь образованного органического вещества остается в виде чистой продукции.

Повышенную продуктивность фитопланктона мелководий и смежных с ними участков водохранилища, особенно таких изолированных, как речные плесы, нетрудно объяснить, если учесть, что через них поступает основное количество биогенных веществ. Последние, вероятно, здесь в значительной степени задерживаются, будучи многократно использованными в процессах обмена водных растительных организмов, направленных на синтез первичного органического вещества. Подтверждением этого может быть уже упоминавшаяся скорость оборота фосфатов [3] на некоторых мелководных станциях Рыбинского водохранилища.

Общее заключение, к которому приводят результаты настоящей работы, следующее.

1. Мелководья Рыбинского водохранилища, особенно защищенные и полужащищенные, характеризуются более интенсивным фотосинтезом фитопланктона в расчете на единицу объема воды, чем глубоководная зона. Это согласуется с данными по фитопланктону и содержанию пигментов. Наиболее продуктивными являются станции, находящиеся у нижней границы мелководья, на глубине от 1 до 2 м, лишенные зарослей макрофитов.

2. Сезонный ход фотосинтеза на мелководьях в общих чертах

повторяет этот процесс на глубоководной зоне и согласуется с динамикой фитопланктона и содержащихся в нем пигментов.

3. Интегральная величина продукции в столбе воды под 1 м² на мелководных станциях с глубинами меньшими, чем фотическая зона, обычно того же порядка или ниже по сравнению с ближайшими глубоководными станциями.

4. За счет мелководий повышается уровень первичной продукции в примыкающих участках глубоководной зоны. В связи с этим районы Рыбинского водохранилища с относительно большой протяженностью мелководной зоны (Моложский и Шекснинский плесы) оказываются продуктивнее тех, где мелководья занимают сравнительно небольшую площадь (Главный плес).

Литература

1. А р э ф.Э., Т о л с т я к о в Д.Н. О проникновении солнечной радиации в воду. Метеорология и гидрология, 1969, № 6.
2. Б а ш к а т о в а Е.Л. Фитопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища по результатам наблюдений 1971-72 гг. (в настоящем сборнике).
3. Б ы д л и н к и н а А.А. Скорость оборота минерального фосфора в прибрежной и открытой части Рыбинского водохранилища. В кн. "Биогенные элементы и органическое вещество в водохранилищах". (Тр.Инст.биол.внутр.вод АН СССР, вып. 29 (32). Л., "Наука", 1974.
4. В и н б е р г Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск, Изд-во АН БССР, 1960.
5. Е л и з а р о в а В.А., С и г а р е в а Л.Е. Содержание пигментов фитопланктона в мелководной зоне Рыбинского водохранилища, (в настоящем сборнике).

6. З а й ц е в а Е.А. Тепловой баланс Рыбинского водохранилища. Сборник работ Рыбинской гидрометеообсерватории, вып.2. Л., Гидрометеиздат, 1965.
7. М а р г о л и н а Г.Л. Микробиологическая характеристика прибрежной зоны Рыбинского водохранилища. В кн. "Гидрохимическая деятельность микроорганизмов в водоемах и месторождениях полезносископаемых". М., "Наука", 1973.
8. М е л ь н и к о в а Г.Л. Природные условия мелководий крупных равнинных водохранилищ. Известия АН СССР, сер. геогр., 1967, №2.
9. М и к р я к о в а Т.Ф. Некоторые данные по содержанию биогенных элементов в прибрежных водах Рыбинского водохранилища, (в настоящем сборнике).
10. П р и й м а ч е н к о А.Д. Фитопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища. Тр.Инст.биол.внутр.вод АН СССР, 1959, вып.1 (4).
11. П ы р и н а И.Л. Фотосинтез пресноводного фитопланктона при различных световых условиях в водоеме. В кн. "Круговорот вещ. и энерг. в озерных водоемах". М., "Наука", 1967.
12. П ы р и н а И.Л. Зависимость фотосинтеза от его биомассы и содержания хлорофилла. В кн. "Микрофлора, фитопланктон и высшая растительность внутренних водоемов". (Тр.Инст.биол. вн.вод. вып.19 (22)). Л., "Наука" 1967.
13. Р у т к о в с к а я В.А. Характеристика некоторых радиационных свойств озер, водохранилищ и морей. В кн. "Морские метеорологические исследования". (Тр.Инст.океанол. АН СССР, т.57). М., "Наука", 1962.
14. С о р о к и н Ю.И. Сезонная динамика продуктивности планктона прибрежья и открытой части Волжского плеса Рыбинского

- водохранилища. В кн. "Биология внутренних вод" (Информ. б. Инст.биол.внутр. вод АН СССР, №3). Л., "Наука", 1969.
15. С о р о к и н Ю.И. Сравнительная оценка продуктивности п тона мелководий Волжского плеса Рыбинского водохранилища. В кн. "Биология и продуктивность пресноводных организмов" (Тр.Инст.биол. внутр. вод АН СССР, вып.21 (24). Л., "Наука" 1971.
16. С т а р и к о в а Д.М. и С о р о к и н Ю.И. Сезонные и наблюдения за динамикой биологических процессов в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. В кн. "Биология внутренних вод" (Информ. бюлл.Инст.биол.внутренних вод АН СССР, №11) Л., "Наука", 1971.

В.А.Елизарова, Л.Е.Сигарева

СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ ФИТОПЛАНКТОНА В МЕЛКОВОДНОЙ
ЗОНЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Пигменты занимают особое место среди факторов первичной продукции водоема. По содержанию основного из них – хлорофилла "а" – можно судить о фотосинтетической способности фитопланктона. Данные о специфических пигментах могут быть использованы для выяснения роли тех или иных водорослей в образовании первичной продукции. Величина отношения между желтыми пигментами и хлорофиллом "а" характеризует физиологическое состояние фитопланктона. Сведения об относительном содержании феофитов – продуктов распада хлорофилла – необходимы для суждения о том, какая часть измеренного стандартным методом хлорофилла способна участвовать в фотосинтезе. Все это позволяет получить более полное представление о потенциальной способности фитопланктона к синтезу первичного органического вещества и поэтому может представлять значительный интерес для комплекса работ, проводимых институтом на Рыбинском водохранилище с целью сравнения продуктивности его мелководной и глубоководной зон.

Наблюдения за составом и содержанием пигментов фитопланктона Рыбинского водохранилища проводились в 1971–72 гг. Постоянно они велись в прибрежье Борка. Здесь пробы воды отбирались ежедневно с момента заливания станций до их высыхания. Остальные мелководные участки водохранилища обследовались эпизодически, в нескольких рейсах, выполненных 10–20 августа 1971 г., 29 мая – 7 июня, 19 – 26 июля и 2 – 11 сентября 1972 г.

Близ Борка было выбрано несколько станций (рис.1), характеризующих участки прибрежья с разными глубинами: 0,1 – 0,2 м (ст.2а), 0,5 – 0,7 м (ст.3), 0,7 – 1,1 м (ст.4). Для сравнения

была намечена одна станция (ст. I, стандартная) в открытом водохранилище с глубиной 10-12 м.

Ст. 2а находилась на участке, к моменту заливания покрытом плотным ковром луговой растительности, продолжающей вегетировать и под водой в течение всего времени наблюдения. Ст. 3 характеризует участок с илистым грунтом, зарастающий к середине лета высшими водными растениями: сусаком зонтичным, гречихой земноводной и жерушником. Обе эти станции расположены в осушной зоне и в маловодном 1972 г. оказались не залитыми. Ст. 4. представляет собой участок тоже с илистым грунтом, но, в отличие от ст. 3, не зарастающий высшей растительностью. Эта станция была залита даже при таком низком уровне водохранилища, как в 1972 г.

Станции, обследовавшиеся в рейсах (рис. 2-5), выбирались с расчетом охватить основные типы мелководий водохранилища [5]. Как и на участке близ Борка, в районе каждого находившегося под наблюдением участка побережья обследовалась ближайшая станция из глубоководной зоны.

Вода для анализов (в объеме 0,5-1 л) на станциях с глубинами до 1 м зачерпывалась ведром. На более глубоководных станциях она бралась плексигласовым батометром типа Рутнера с горизонтов 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 м (фотическая зона водоема) как одна усредненная проба.

Пигменты (хлорофиллы "а", "б", "с", сумма растительных каротиноидов, феофитины) анализировались спектрофотометрически [8,9,10]. В методику их определения, описанную одним из авторов ранее [2,3,4], были внесены небольшие изменения, касающиеся приготовления экстрактов. Так, с целью более быстрого и полного извлечения пигментов, осадок планктона перед 2-часовым настаиванием в ацетоне размельчался в течение 3 минут с толченым стеклом с помощью магнитной мешалки (в 1971 г.) или

в ступке (в 1972 г.). При анализе мелководного фитопланктона с повышенным содержанием зеленых водорослей последний способ оказался более эффективным [7].

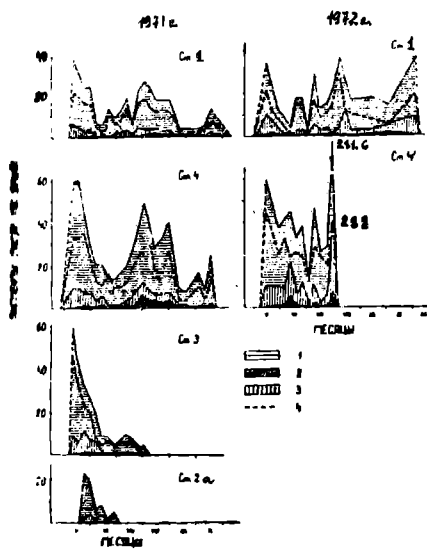


Рис. 1. Сезонная динамика концентрации пигментов фитопланктона на станциях в районе Борка. По оси ординат – содержание хлорофиллов в мкг/л и каротиноидов – в мкг SPU/л ; по оси абсцисс – месяцы. 1 – хлорофилл "а", 2 – хлорофилл "б", 3 – хлорофилл "с", 4 – растительные каротиноиды

Как видно по результатам всех наблюдений в мелководной зоне (рис. 1–5), концентрация основного пигмента растительной клетки – хлорофилла "а" – колебалась от 1,0 до 281,6 мкг/л , специфического пигмента диатомовых – хлорофилла "с" – от 0 до 33,9 мкг/л , а характерного для зеленых и эвгленовых – хлорофилла "б" – от 0 до 8,2 мкг/л . Желтых пигментов содержалось от 1,1 до 288,0 мкг SPU/л . Наиболее часто встречаемые концентрации хлорофилла "а" составляли 5–20 мкг/л , а средние за время работ, по данным подробнее изученных станций 2а, 3, 4, равнялись 9–45 мкг/л . Подобные величины характерны для слабо- или умеренно-эвтрофных вод, в то время как глубоководная часть водохранилища классифицируется по этому показателю как мезотрофная [4].

Сезонная динамика пигментов фитопланктона мелководий, прослеженная по данным станций 2а, 3, 4 (см. рис. I), свидетельствует о существенном изменении их содержания за вегетационный период. Судя по наблюдениям на ст. 4 в 1971 г., находившейся под водой до самого ледостава, в прибрежье, аналогичном глубокой части водохранилища (ст. I), можно наблюдать три основные пика концентрации фотосинтетических пигментов. Однако на отдельных станциях, в зависимости от продолжительности нахождения их под водой, часто отмечается только один или два пика (ст. 2а и 3 в 1971 г., ст. 4 в 1972 г.).

Весенний максимум, обычно приуроченный к началу мая, обусловлен интенсивным развитием в планктоне диатомовых водорослей, среди которых доминирует *Stephanodiscus hantzschii* var. *pusillus* и *Diatoma elongatum* [1]. Максимальное содержание общего хлорофилла в это время достигало 60 мкг/л, а каротиноидов — 45 мкг/л. Показательно, что весной в оба года наблюдений уровень содержания пигментов на прибрежных станциях, за исключением ст. 2а, был выше, чем на глубоководной ст. I. Это совпадает и с данными по биомассе фитопланктона. Ст. 2а была залита лишь 24 мая, когда диатомовый планктон находился уже на спаде своего развития. Увеличения биомассы водорослей, а следовательно, и концентрации пигментов на этой станции не наблюдалось и в дальнейшем. Одной из причин этого мог быть недостаток биогенных элементов, конкурентами в потреблении которых является высшая растительность.

Летний и осенний подъемы удалось наблюдать лишь на ст. 4. Первый из них, совпадавший с массовым развитием в планктоне сине-зеленых *Aphanizomenon flos-aquae*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Microcystis aeruginosa* [1], значительно превышал соответствующий пик на русловой ст. I и был особенно интенсивным

в 1972 г. (315,5 мкг/л суммарного хлорофилла, 281,6 мкг *SPU*/л каротиноидов). В то же время биомасса фитопланктона на станциях 4 и I была одного порядка. Можно полагать, что резкий скачок концентрации пигментов в планктоне мелководья был обусловлен присутствием там большого количества нитчатой зеленой водоросли *Spirogyra* sp., которая отмечалась в пробах, но при подсчете биомассы фитопланктона не учитывалась.

Осенью (конец сентября – начало октября) в фитопланктоне прибрежья, как и в открытой части водохранилища, почти безраздельно господствовала диатомея *Stephanodiscus binderanus* I. Содержание общего хлорофилла в это время достигало 23 мкг/л, а каротиноидов – 13 мкг *SPU*/л.

Ход сезонной кривой содержания суммарного хлорофилла на мелководье определяется концентрацией основного его компонента – хлорофилла "а". Это характерно и для ст. I. В прибрежье летом (ст. 4) обнаруживается много хлорофилла "b", имеющегося лишь у зеленых и некоторых эвгленовых. Действительно, представители этих отделов (*Scenedesmus quadricauda*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Spirogyra* sp., виды *Euglena* и *Trachomonas*) составляли здесь заметную долю в общей биомассе фитопланктона [1]. Зеленые водоросли характеризуются повышенным содержанием хлорофилла "а" [6], что, вероятно, явилось одной из причин преобладания летнего хлорофиллового максимума в прибрежье по сравнению с глубоководной зоной (см. рис. I).

Содержание общих растительных каротиноидов на мелководных станциях 2а, 3, 4 за время наблюдения варьировало подобно хлорофиллу "а". Оно интересно для оценки физиологического состояния фитопланктона, с изменением которого меняется и величина отношения каротиноиды/хлорофилл "а" (к/хл). В Рыбинском водохранилище [3, 4] за вегетационный сезон она варьирует в среднем от

0,6 до 1,1. В периоды интенсивной вегетации диатомовых (весна, осень) значения $k/xл$ минимальные — 0,6–0,7. В начале лета, когда весенний комплекс популяций диатомовых находится на спаде, $k/xл$ возрастает в среднем до 0,9. Однако довольно высокие значения этого отношения, отмечаемые и во время "цветения" сине-зелеными (конец лета), вероятнее всего, связаны с повышенным содержанием у этих водорослей каротиноидов.

Подобная картина сезонной динамики $k/xл$ наблюдалась нами на глубоководной ст. I (табл. I). Весной мелководные станции 2а, 3, 4 отличались от русловой более высокими значениями $k/xл$. Особенно выделялась ст. 2а, где они превышали ст. I. Исходя из этого, можно полагать, что физиологическое состояние фитопланктона на мелководье было хуже, чем в открытом водохранилище. Любопытно, что степень этого ухудшения нарастала от более глубокой станции к менее глубокой. Вероятно, это связано с разной стадией развития фитопланктона, поступающего на каждую из мелководных станций по мере их заливания.

В начале лета 1971 г. отношение $k/xл$ ниже в прибрежье, чем на ст. I—0,7–0,8 против 0,9. В это время развитие весенних диатомей идет на убыль, но на мелководье больше зеленых и эвгленовых, находящихся здесь более благоприятные условия для своего развития. В связи с этим содержание хлорофилла повышается, а исследуемый показатель снижается. В конце июля 1972 г. фитопланктон мелководной ст. 4 в основном состоял уже из сине-зеленых, развивавшихся здесь интенсивнее, чем на ст. I. Это отразилось и на величине $k/xл$, которое равнялось 1,0 и превосходило таковое на ст. I.

Т а б л и ц а I

Средние величины отношения каротиноиды/хлоро-
филл "а" на станциях в районе Борка в разные сезоны

Сезон	Станции			
	I	4	3	2а
1971 г.				
Весна (май)	0,7	0,8	0,9	1,1
Лето (июнь-июль)	0,9	0,8	0,8	0,7
(август)	0,8	0,8		
Осень (сентябрь- октябрь)	0,6	0,6		
1972 г.				
Весна (май)	0,8	1,0		
Лето (июнь-июль)	0,9	1,0		

Если судить о продуктивности станций 2а, 3, 4 и I по среднему (средневзвешенному) содержанию пигментов для периода от заливания до высыхания, то наиболее продуктивной получается ст. 4 (табл. 2). Различие между ст. 4 и остальными мелководными станциями станет еще очевиднее, если оценивать их продуктивность в среднем за год. Но при этом несколько уменьшается разрыв между ст. 4 и глубоководной ст. I, где фитопланктон вегетирует дольше, что особенно заметно по данным 1972 г., когда ст. 4 была залита лишь до августа. Однако даже и в этом случае ст. 4 остается наиболее продуктивной. Напомним, что она характеризует полузащищенные мелководья за пределами распространения высшей водной растительности. К аналогичному выводу о более высокой продуктивности мелководий такого типа приводят результаты

наблюдений над фитопланктоном, проводившихся параллельно с нашими Е.Л.Башкатовой [1], а также раньше А.Д.Приймаченко [5].

В целом данные мелководного 1972 г. как на глубоководной ст.1, так и в прибрежье (ст.4) были выше, чем данные 1971 г.



Рис.2. Содержание пигментов фитопланктона на мелководьях Рыбинского водохранилища 10-20.VI.1971 г.

Столбики слева - хлорофиллы, справа - каротиноиды. Обозначения хлорофиллов такие же, как на рис.1. Масштаб см. на рис.4

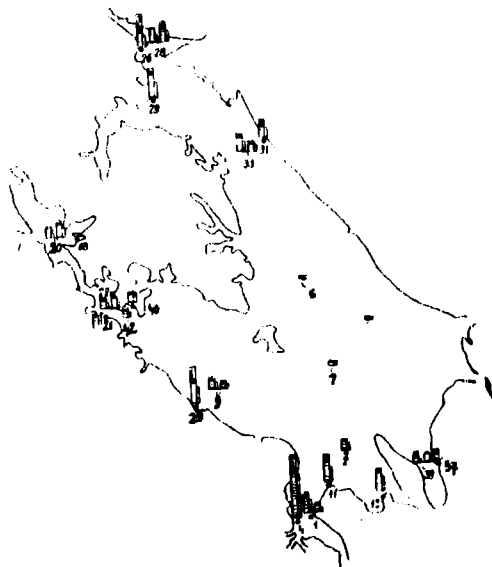


Рис.3. Содержание пигментов фитопланктона на мелководьях Рыбинского водохранилища 29.V.-7.VI.1972 г.

Обозначения такие же, как на рис.2

Результаты учета пигментов фитопланктона на остальных прибрежных участках водохранилища (рис.2-5) убеждают в том, что соотношение между продуктивностью мелководных и глубоководных станций, наметившееся для района Борка, соблюдается, т.е. в большинстве защищенных и полужащищенных мелководий содержание пигментов выше, чем на глубоководных станциях. Нам-

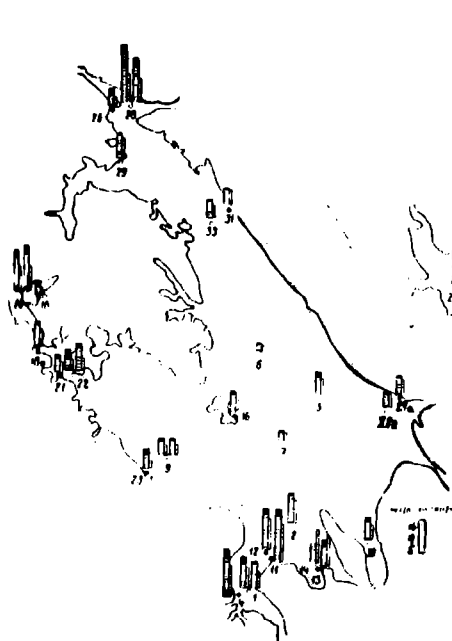


Рис.4. Содержание пигментов фитопланктона на мелководьях Рыбинского водохранилища 19-26.УП.1972 г.

Обозначения такие же, как на рис.2

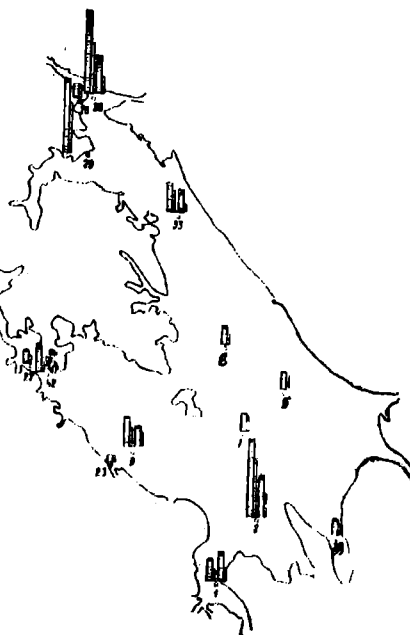


Рис.5. Содержание пигментов фитопланктона на мелководьях Рыбинского водохранилища 2-9. IX.1972 г.

Обозначения такие же, как на рис.2

более отчетливо это проявляется весной (рис.3), в период интенсивного развития диатомовых. Как и в прибрежной зоне Ео исключением были лишь станции, находящиеся в густых зарослах высокой водной растительности. Примером может служить ст.18, сплошь зарастающая телорезом, элодеей, рдестами, роголистником в рясной. Низкие концентрации пигментов в это время были получены также в открытых мелководьях (ст.31, 37), которые этому признаку часто были сходны с прилегающей глубокой частью водохранилища.

Летом, когда в массе развиваются сине-зеленые (рис.2, почти все мелководья, где условия для этих водорослей наиболее благоприятные, были продуктивнее примыкающих глубоководных участков. Особенно выделялся наименее подверженный ветровым перемешиваниям Моложский плес. Содержание хлорофилла в фитопланктоне там достигало 62 мкг/л. Однако если сине-зеленые еще не развиваются в массе и основной фон фитопланктона повсеместно создают диатомовые, как это было в августе 1971 (рис.4), различия между продуктивностью мелководных и глубоководных участков невелики. Повышенной продуктивностью тогда делаются опять только те мелководные станции (см. станции Волжского плеса, рис.3), где уже появилось много сине-зеленых.

Осенью (рис.5) большинство мелководных станций высыхает. Содержание пигментов на немногих из них, оставшихся зелеными, обычно бывает ниже, чем на глубоководных станциях.

В настоящее время не вызывает сомнения необходимость учета продуктов распада хлорофилла при спектрофотометрическом методе его определения. В работах, касающихся мелководий, на это следует обращать особое внимание, так как здесь попадают в воду из детрита и иловых частиц наиболее вероятно.

Т а б л и ц а 2

Содержание пигментов (средневзвешенное
за время наблюдений) на станциях в районе Борка

Станция	Хлорофилл, мкг/л			Каротиноиды мкг SPW/л
	а	в	с	
1971 г.				
2а	9,0	0,4	0,9	8,4
3	13,8	0,5	2,3	11,8
4	22,2	1,4	3,5	16,8
I	11,6	0,4	1,6	9,2
1972 г.				
4	45,0	1,8	9,1	44,0
I	14,1	1,0	3,3	10,7

Т а б л и ц а 3

Содержание пигментов (в % от их суммы с чистым
хлорофиллом "а") в прибрежье Борка

Дата	Станции			
	I	4	3	2а
V.1971 г.	9	12	13	19
V.1972 г.	6	11		
VI.1971 г.	11	10	13	13
VI.1972 г.	6	6		
VII.1971 г.	18	32	22	
VII.1972 г.	17	33		
VIII.1971 г.	19	27		
IX.1971 г.	32	26		
X.1971 г.	14	18		

Это подтверждает и наши наблюдения за содержанием феопигментов (табл.3), образующихся при разложении хлорофилла "а": на мелководных станциях 2а, 3 и 4 их больше, чем на глубоководной ст. I. Особенно много этих пигментов (32-33% от суммы с чистым хлорофиллом) было в воде на ст.4. Однако величины такого порядка обычны и для некоторых районов открытой части водохранилища [2].

Остальные мелководья, как правило, тоже богаче феопигментами соответствующих глубоководных участков (табл.4). Содержание их здесь часто близко с таковым в прибрежье Борка и только в нескольких случаях (ст.18,23) значительно его превышает. Величины такого порядка иногда наблюдались и в районе Борка, но по средним данным табл.3 это незаметно.

Однако превышение содержания феопигментов в прибрежье над таковым глубоководной зоны не столь велико, чтобы могло существенно оглядеть различие в продуктивности этих участков водохранилища, если даже ее оценивать по чистому хлорофиллу.

Таким образом, по наблюдениям за количеством пигментов фитопланктона в мелководной зоне водохранилища можно отметить следующее.

1. Содержание хлорофилла "а" изменяется от 7 до 280 мкг/л хлорофилла "с" - от 0 до 34 мкг/л, хлорофилла "b" - от 0 до 6 мкг/л, растительных каротиноидов - от I до 288 мкг/л.

2. Концентрация пигментов обычно выше, чем в близрасположенных участках глубоководной зоны.

3. Большей продуктивностью (по количеству пигментов в единице объема воды) выделяются защищенные и полузащищенные мелководья с глубинами 1-2 м без зарослей или слабо заросшие высшей водной растительностью.

Содержание феопигментов (в % от их суммы с
чистым хлорофиллом) на прибрежных (м) и глубоковод-
ных (г) станциях

Станции		29.V-I.VI 1972 г.	19-26.VI 1972 г.	10-20.VIII 1971 г.	2-II.IX 1972 г.
4	м	6	37	20	
I	г	0	33	18	
23	м	61	22	26	26
9	г	33	16	36	4
21	м	23	6	15	
22a	г	20	10	20	
18	м	23	7	52	
20	г	17	1	11	
43	м		30		
6	г		31		
26	м	32	21	8	4
28	г	39	16	26	6
31	м	25	14		
33	г	7	14		

4. Сезонная динамика пигментов аналогична таковой в глубокой части водохранилища.

5. Величины отношения между каротиноидами и хлорофиллом "а" выше, чем в открытом водохранилище — весной выше, а летом, как правило, ниже; осенью все участки водохранилища по этому показателю близки.

6. Содержание продуктов распада хлорофилла — феопигментов — в мелководной зоне, как правило, выше, чем в глубоководной. Однако превышение не столь велико, чтобы отразилось различие в продуктивности глубоководной и мелководной зон водохранилища.

Литература

1. Башкетов Е.Л. Наблюдения за составом и количеством фитопланктона мелководий Рыбинского водохранилища в 1971-1972 гг. (в настоящем сборнике).
2. Елизарова В.А. Предварительные данные о содержании некоторых продуктов распада хлорофилла в воде Рыбинского водохранилища. Информ.бюлл. Инст.биол.внутр. вод АН СССР, 1971, 12.
3. Елизарова В.А. Состав и содержание растительных пигментов в водах Рыбинского водохранилища. Гидробиол. ж., 1973, т. IX, №2.
4. Елизарова В.А. Содержание фотосинтетических пигментов в фитопланктоне водоемов разного типа. Автореф. канд. дисс. Изд-во МГУ, 1975.
5. Прямаченко А.Д. Фитопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища. Тр. Инст. биол. водохр. АН СССР, 1959, вып. I (4).

6. П и р и н а И.Л., Е л и з а р о в а В.А. Спектрофотометрическое определение хлорофиллов в культурах некоторых водорослей. Тр.Инст.биол.внутр. вод АН СССР, 1971, вып.21 (24).
7. С и г а р е в а Л.Е. О влиянии характера механического разрушения фитопланктона на полноту извлечения пигментов. Информ.бюлл. Инст.биол.внутр. вод АН СССР, 1974, 24.
8. Lorenzen C.J. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. Limnol. and oceanogr. 12, 2. 1967.
9. Parsons T.R., Strickland J.D.H. Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoides. J. Marine Res., N3, 1963.
10. SCOR-UNESCO. Determination of photosynthetic pigments in sea water. Monographs on oceanographic methodology, 1. UNESCO, PARIS . 1966.

Б.Ф.Муков

БЕСЦВЕТНЫЕ ЖГУТИКОНОСЦЫ В МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЕ
РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Бесцветные жгутиконосцы до сих пор мало изучены и при гидробиологических исследованиях не учитываются. В Советском Союзе данные об этих организмах имеются только для Рыбинского и Иваньковского водохранилищ [1,2,3]. Изучение планктонных жгутиконосцев показало, что в этих водоемах их численность может быть значительной, а биомасса — одного порядка с биомассой бактерий. Так, летом 1971 г. в Моложском плесе Рыбинского водохранилища средняя максимальная численность жгутиконосцев равнялась 3616 тыс. экз./л, что составляет 0,263 мг/л; соответствующие показатели для Шошинского плеса Иваньковского водохранилища равняются 4747 тыс. экз./л и 0,367 мг/л.

Данная работа посвящена бесцветным жгутиконосцам мелководной прибрежной зоны Рыбинского водохранилища в районе пос. Бор где было выбрано 5 стандартных станций. Первые 4 располагались в прибрежной зоне; описание этих станций и их расположение даны в вводной статье настоящего сборника. Ст.5 служила контролем и находилась в Волжском плесе водохранилища на глубине 9-12 м. Ст.1, самая близкая к берегу, из-за низкого уровня воды в 1971 оказалась незаливной и выпадала из-под наблюдения. Ст.2 была залита водой всего около месяца (май — июнь).

Пробы по возможности отбирались еженедельно, с мая до октября 1971 г. На всех станциях, где глубина превышала 0,5 м пробы отбирались с двух горизонтов: с поверхности (батометром) и со дна (стратометром). В придонной пробе исследовался наклон с небольшим количеством воды. Там, где глубина была незначитель-

Т а б л и ц а I

Численность (тыс./л) и биомасса (г/м³) ктутиконосов по станциям

№ ст.	Май				Июнь				Июль				Август				Сентябрь				Ок-тябрь
	4	11	17	24	7	14	21	28	19	26	2	9	23	6	13	4					
2	-	-	-	1257	452	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3	-	ед.	ед.	1130	339	552	565	452	678	720	458	ед.	-	-	-	-	-				
4	ед.	672	452	682	226	226	1243	700	1130	678	650	565	648	226	ед.	ед.	ед.				
5	ед.	ед.	ед.	339	226	ед.	ед.	565	482	678	439	578	400	226	ед.	ед.	ед.				
2	-	-	-	0,049	0,029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3	-	0	0	0,079	0,034	0,025	0,031	0,033	0,026	0,034	0,061	0	-	-	-	-	-				
4	0	0,041	0,035	0,042	0,013	0,017	0,050	0,037	0,046	0,050	0,040	0,028	0,031	0,018	0	0	0				
5	0	0	0	0,021	0,012	0	0	0,013	0,034	0,041	0,030	0,042	0,041	0,015	0	0	0				

Ч и с л е н н о с т ь
Б и о м а с с а

Примечание. Проверк означает, что станция не залита водой. Ед. - единичные экземпляры, не поддающиеся учету.

ной, бралась усредненная проба — отодб воды вместе с напиком. Организмы подсчитывались прямым методом в чашках Петри, под микроскопом МБИ-6 (окуляр х7, объектив х9). В работе приведены усредненные данные по двум горизонтам.

Хотя не все станции сохранялись залитыми водой в течение периода наблюдения, полученные данные позволяют выявить следующие закономерности.

Численность жгутиконосцев оказывается более высокой на мелководных станциях (см. таблицу). Так, максимум численности в от.3 и 4 составлял соответственно 1130 тыс.экз./л и 1243 тыс. экз./л, а на глубоководной от.5 — 678 тыс.экз./л. В мелководной зоне появление жгутиконосцев наступает примерно на 2 недели раньше, чем в глубоководной, но динамика их численности на мелководных и глубоководных участках сходна. В обоих случаях наблюдаются два максимума — весной и в середине лета, однако в мелководной зоне они наступают несколько раньше.

Биомасса бесцветных жгутиконосцев (см.таблицу) в мелководной и глубоководной зонах повторяет тенденции численности и сохраняет ту же динамику. В мелководной зоне она больше, чем в глубоководной.

Видовой состав жгутиконосцев исследованных станций практически не различается, исключение составляют лишь представители рода *Cercobodo*, отсутствующие в глубоководной открытой части водохранилища. За время исследования обнаружено 16 видов, список которых приводится ниже.

Отряд Ciliophora

1. *Monas ovata* Kent
2. *Codonovisa turgata* Kent
3. *Stelaxemonas dichotomata* Lackey

Отряд Bicosoecida Grassé et Deflandre

4. *Bicosca lacustris* Clarke

Отряд Kinetoplastida Honigberg

5. *Bodo saltans* Ehrenb.
 6. *B. caudatus* (Duj.) Stein.
 7. *B. minimus* Klebs.
 8. *B. mutabilis* Klebs.
 9. *B. globosus* Stein.
 10. *Bodo* sp.
 11. *Pleuromonas jacculans* Ferty.
 12. *Rhynchomonas nasuta* (Stokes) Klebs.
 13. *Amastigomonas caudata* Zhukov.
 14. *Phyllomitus apiculatus* Skuja.
 15. *Cercobodo* sp.

Отряд Protomonadida Blochmann

16. *Monas* sp.

Литература

1. Жуков Б.Ф. Определитель бесцветных свободноживущих жгутиконошцев подотряда *Podonina* Holl. . В кн. "Биология и продуктивность пресноводных организмов". Л., 1971.
 2. Жуков Б.Ф. Бесцветные жгутиконошцы в планктоне Рыбинского водохранилища. Гидробиолог.з., 1973, Т.IX, 6.
 3. Жуков Б.Ф. Зоофагеллаты в планктоне водных водохранилищ. В кн. "Биология, морфология и систематика водных организмов". Л., 1976.

Н.В.Мамаева

ПЛАНКТОННЫЕ ИНФУЗОРИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ РЫБИНСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА

Простейшие прибрежной зоны Рыбинского водохранилища изучались ранее Э.Д.Мордухай-Болтовской (1965), а также Ю.И.Сорокиным (1971). Наблюдения проводились в районе пос.Борок на прибрежных станциях в зоне временного затопления в 1971-72 гг. Их расположение дано в другой статье [4] данного сборника. Пробы воды отбирались батометром системы А.В.Францева в поверхностном и придонном слоях воды (для мелководных станций) и с трех горизонтов - на станциях со значительными глубинами.

Для количественного учета, который проводился на живых организмах, простейшие, содержащиеся в 0,5 литра воды, концентрировались фильтрованием на мембранном фильтре №6 без применения вакуума до объема 10 мл, из которых отбиралась порция воды в 0,5 мл. Эта порция распределялась на стекле в виде капель для учета мелких форм при увеличении в 50-300 раз. В остальном объеме в 2-3 приема учитывались более крупные формы при увеличении в 50 раз в камере Богорова. Виды простейших определялись по определителю Каля [9], использовались также рисунки в работах Шань Кун-Фэнь [8], Чорика [7], Макейкайте [1] и др. Систематически отбирался сеткой планктон (газ №76) для учета инфузорий - эпибионтов и крупных инфузорий. Для изучения вертикального распределения инфузорий отбор проб производился по горизонтам: 0-0,5, 1, 2, 4, 6 м и т.д. Определялась биомасса на основе собственных измерений путем уподобления формы тела организма геометрической фигуре, объем которой вычислялся. В августе 1971 и в июле 1972 г. были проведены обзорные

рейон по медководьям всего водохранилища.

В планктоне прибрежья и открытого водохранилища было обнаружено 70 видов простейших, из них 65 видов инфузорий, 3 вида ооленчиков и 2 вида раковинных амоб. Из 65 видов инфузорий 87 относятся к *Holotricha*, 14 — к *Spiriotricha* 12 — к *Peritricha*, 2 вида — к *Suctorid*.

По составу простейших и срокам их развития станции заметно отличались друг от друга. Много общего имели лишь станции 1 и 3, а также 4 и 5 (рис.1). При заливании станций водой фауна простейших на них не отличалась от фауны открытого водохранилища, но уже через 1-2 дня состав и численность простейших заметно изменялась. Фауна приобретала характерные именно для этой станции черты. Так, на станции 2 (максимальная глубина 35 см) в массе развивались *Strombidium viride*, *Naucula ornata*, *Urotricha pelagica* и др. Общая численность иногда достигала 20 тыс.экз./л. А такие виды, как *Stokesia vernalis*, *Tintinnidium fluviatile*, были отмечены не более 1-2 раз в небольшом количестве. На ст.3 наблюдалось большое видовое разнообразие. Преобладали здесь, как и на предыдущей, зарослевые формы: *N.ornata*, *S. viride*, *U. pelagica*, а также *Parasira truncatella*, *Bursella arumosa*, *Paradileptus flagellatus*, *Actinophrys sol* и др. Здесь значительно чаще, чем на ст.2, отмечался *T. fluviatile*. На ст.4, переходной от медководных к глубоководной ст.5 с глубиной 7-10 м, также можно было встретить инфузорий *N.ornata*, *D. nasutum*, *F. flagellatus*, но преобладали: *S.viride*, *T.fluviatile*, *Tintinnopsis cylindrata*, *U. pelagica*. По мере понижения уровня воды численность инфузорий на медководных станциях постепенно уменьшалась.

На ст.5 было много общих видов со станцией 4, однако

здесь полностью отсутствовали виды, характерные для мелководья. Преобладали *T.fluviatile*, *T.cylindrata*, *S.viride*, *Vorticella anabaena* и др. Список наиболее часто встречаемых видов с ука-

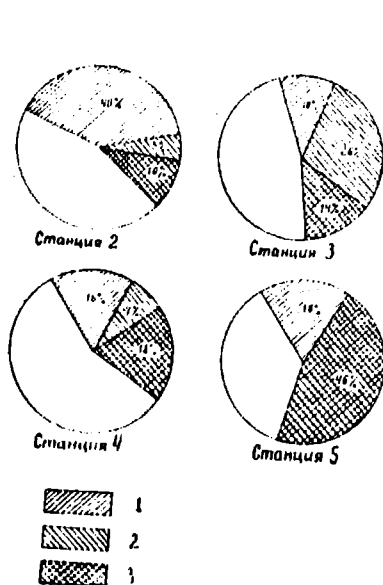


Рис.1. Соотношение преобладающих форм инфузорий на станциях прибрежной зоны, %

- 1 - *Strombidium viride*
2 - *Nassula ornata*
3 - *Vorticella fluviatile*

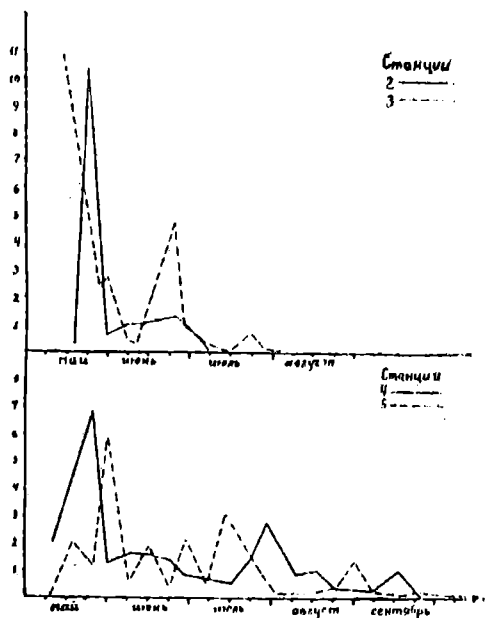


Рис.2. Средняя численность преобладающих на 2-5 станциях.

По оси ординат - численность, млн./м³

заннем средней численности представлен в табл.1. Виды расположены в порядке встречаемости. Соотношение преобладающих форм инфузорий на станциях прибрежной зоны представлено в виде циклограмм на рис.1. На мелководных станциях 2 и 3 преобладают в процентном отношении *Strombidium viride* и *Nassula ornata*,

Т а б л и ц а I

Средняя численность наиболее часто встречаемых
инфузорий в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища, экз./л

№ п/п	В и д ы	Прибрежная зона			Волжский плес у с.Коприно
		ст.2	ст.3	ст.4	ст.5
I	Strombidium viride Stein.	I265	230	296	I07
2	Tintinnopsis cylindrata Kof-Cam.	290	294	380	763
3	Urotricha pelagica Kahl.	2053	540	I2I7	I80
4	Tintinnidium fluviatile Stein.	-	I70	345	305
5	Massula ornata Ehrbg.	I39	654	-	-
6	Didinium nasutum O.F.Müll.	-	I65	III	-
7	Actinophrys sol Ehrbg.	-	60	60	40
8	Mesodinium pulex Clap. u.L.	-	-	396	I34
9	Paradileptus flagellatus Rous.	I4	60	-	-
IO	Codonella cratera Leidy	-	-	I02	60
II	Vorticella anabaena Still.	-	-	892	763
I2	Carchesium pectinatum Zach.	690	-	-	-
I3	Stokesia vernalis (Wang)Wenrich	-	I87	-	-
I4	Coleps hirtus Nitzsch	-	-	208	I34
I5	Strobilidium velox Faure-Fr.	-	-	I63	-
I6	Vorticella natans Faure-Fr.	-	-	40	-

тинтинид было очень немного. На ст.4 присутствовали все перечисленные формы с очень небольшим преобладанием тинтинид, а на ст.5 около 50% всей численности составляли тинтиниды, *Nassella ornata* отсутствовала совсем.

На рис.2 представлено колебание средней численности инфузорий на отдельных станциях в 1971 г. Наибольшая численность инфузорий на прибрежных станциях была в мае. На станциях 2 и 3 она была выше 10 тыс.экз./л, на станциях 4 и 5 – до 6-7 тыс. экз./л. В этот период наблюдалось и наибольшее видовое разнообразие, в особенности на станциях 2 и 3 (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Число видов простейших на станциях 2 – 5

Сезон	№ станций			
	2	3	4	5
Весна	23	31	26	18
Лето	7	11	20	23
Осень	-	-	-	-

Только весной встречались инфузории *Phascolodon vertice*, *Valoniella arumova*, *Paradileptus flagellatus*, *Amphileptus trachelioideus*, солнечник *Actinophrys sol*. Некоторые из этих видов развивались весной в большом количестве.

В конце июня на ст.2 и 3 и в июле на ст.4 и 5 наблюдался второй подъем численности за счет массового развития *Verticella anabaena* на поверхности ценобиев сине-зеленых водорослей. Осеннего подъема численности в 1971 г. мы не наблюдали. Колебания численности простейших, по среднемесячным данным, представлены табл.3,4 и на рис.3.

В летние месяцы фауна простейших довольно разнообразна, в особенности на ст.4 и 5. Преобладали: *Vorticella anabasna*, *Tintinnidium fluviatile*, *Coleps hirtus*, *Strobilidium velox*. Только летом встречались *Paradileptus conicus*, *Epistylis rotans*.

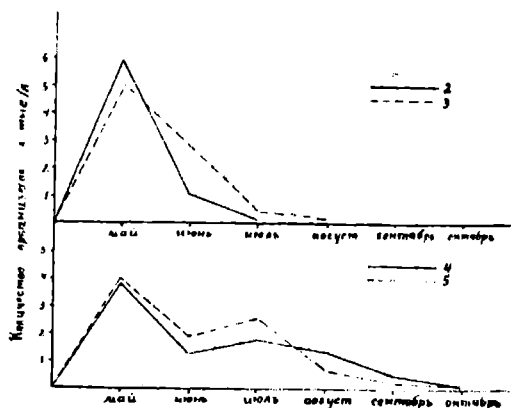


Рис.3. Среднемесячная численность простейших на станциях 2 - 5.

2,3,4,5 - станции

В сентябре численность и разнообразие простейших заметно уменьшились, а в октябре в литре воды можно было найти только несколько экземпляров инфузорий.

В 1971-72 гг. один раз в месяц проводились наблюдения на стандартных станциях в открытом водохранилище, в Центральном его плесе.

Оказалось, что ст.5, обычно причисляемая к стандартным станциям Центрального плеса, заметно отличается от них по численности простейших и срокам их развития.

Если весенний пик численности на ст.5 приходился на начало июня, то на других станциях Центрального плеса он наступал только в июле. Видовой состав на этих станциях был представлен небольшим числом видов, наиболее часто встречались обычные для пелагиали виды: *Tintinnidium fluviatile*, *Strobilidium viride*, *Codonella cratera* и др. В июле на многих станциях в большом количестве отмечались *S.viride* и *Vorticella anabasna*.

Таким образом, в открытом водохранилище видовой состав простейших оказался по сравнению с прибрежными станциями

Т а б л и ц а 3

Среднемесячная численность планктонных инвизорий
в Рыбинском водохранилище, экз./л

Месяцы	Прибрежная зона			Болжский плес у с. Коприно ст. 5	Центральный плес
	ст. 2	ст. 3	ст. 4		
Май	5920	5025	3845	3935	-
Июнь	1062	2786	1300	1872	43
Июль	160	460	1820	2613	1000
Август	-	200	1350	692	213
Сентябрь	-	-	510	312	162
Октябрь	-	-	87	90	-

более однообразным, а численность инфузорий – значительно ниже (табл.3). Кроме того, полное развитие фауны наступало на 2 месяца позже, чем в прибрежной зоне.

1972 год отличался от предыдущего очень низким уровнем воды и жарким летом. В прибрежной зоне затопленной оказалась только ст.4. Однако, несмотря на необычные условия, развитие простейших на прибрежной станции происходило в той же последовательности, что и в 1971 г. На станциях открытого водохранилища в этом году больших сдвигов в развитии простейших также не наблюдалось. Данные по биомассе простейших на указанных выше станциях в 1971 г. представлены в табл.4.

Т а б л и ц а 4

Средние значения биомассы на станциях прибрежья
и открытого водохранилища (мг/м³)

Станции	Месяцы					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Мелководье (ст.2-4)	864	401	88	81	-	-
Ст.5	578	221	127	67	21	21
Открытое водохранилище	-	4	253	269	31	-

В августе 1971 и мае 1972 г. проводилось обследование мелководий всего Рыбинского водохранилища для сравнения их с глубоководными станциями. В это время уровень значительно упал и прибрежье обнажилось. В августе 1971 г. численность простейших на некоторых мелководных станциях была значительно выше, чем на станциях со значительными глубинами. Так было в Куском

заливе, у г.Весьегонска, у водозабора г.Череповца. На других станциях — у Легкова, Брейтова, в устье р.Суды и др. — численность простейших на мелководье была либо немного выше, либо на том же уровне, что и на станциях со значительными глубинами.

Изучение вертикального распределения простейших показало, что на мелководных станциях с глубиной до 1 м численность простейших у дна, как правило, значительно выше, чем у поверхности. На станциях со значительной глубиной в весенне-летний период протозойное население концентрируется в поверхностном слое воды до 2 м, а в остальное время года оно довольно равномерно распределяется по глубине, предпочитая в холодное время придонные слои. Сравнение количества зоопланктона [2,6] и планктонных простейших показало, что в мае биомасса простейших в прибрежной зоне и открытом водохранилище заметно больше, чем биомасса зоопланктона. С июня по сентябрь биомасса зоопланктона превосходит биомассу простейших, а в октябре они равны.

В заключение можно сказать, что прибрежная зона Рыбинского водохранилища значительно богаче инфузориями по сравнению с открытой его частью. При этом заметно отличие в ритмике сезонных явлений: в прибрежной зоне полное развитие фауны простейших наступает на 2 месяца раньше, чем в открытом водохранилище, что, по-видимому, имеет существенное значение в жизни водоема. Наши данные вполне согласуются с выводами Э.Д.Мордухай-Болтовокой [3]. С.И.Макейкайте [1] также указывает, что в Онежском озере численность простейших в мелководной зоне значительно выше, чем в глубоководных районах озера. В пелагиали о.Байкал, по свидетельству М.Б.Эггерта [6], развитие инфузорий задерживается на 1,5-2 месяца по сравнению с приустьевой зоной р.Селенги.

Литература

1. М а ж е й к а й т е С.И. Планктонные простейшие. В кн. "Зоопланктон Онежского озера". Л., 1972.
2. М о н а к о в А.В. Зоопланктон. В кн. "Рыбинское водохранилище и его жизнь". Л., 1972.
3. М о р д у х а й - Б о л т о в с к а я Э.Д. Материалы по биологии инфузорий Рыбинского водохранилища. Тр.Инст.Обол. внутр.вод. 1965, т.8, вып.2.
4. М о р д у х а й - Б о л т о в с к о й Ф.Д. Исследование мелководной прибрежной зоны верхне волжских водохранилищ (в настоящем сборнике).
5. С т о л б у н о в а В.Н. О зоопланктоне прибрежной зоны Рыбинского водохранилища в 1971 г. Инф.Обл.Инот.Обол.внутр. вод АН СССР, 1973, №20.
6. Э г г е р т М.Б. Планктические инфузории. В кн. "Лимнология придельтовых пространств Байкала". Л., 1971.
7. Ч о р н к Ф.П. Свободноживущие инфузории водоемов Молдавии. Кишинев, 197 .
8. Ш е н ь Ю н ь - Ф е н ь . Наблюдения над экологией пресноводных инфузорий. Канд.дисс. Л., 1960.
9. Kahl A. Urtiere oder Protozoa. I Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria). In Dahl F. Die Tierwelt Deutschlands, Teil 16, 21, 25, 30. Jena. 1930-35.

Н.В.Мамаева

К ВОПРОСУ О ЗНАЧЕНИИ ИНФУЗОРИЙ В ЖИЗНИ МЕЛКОВОДНОЙ
ЗОНЫ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В настоящее время в литературе накопилось немало сведений об инфузориях водоемов разного типа как морских, так и пресноводных, которые свидетельствуют, что инфузории составляют существенную долю в составе зоопланктона и зообентоса. Это наводит на мысль о значительной роли этих организмов в жизни водоемов. Однако сделать серьезное заключение по этому вопросу не представлялось возможным, так как до сих пор мы еще недостаточно знаем о биологии, производительных возможностях и связях инфузорий с другими растительными и животными организмами водоемов.

В 1971-1974 гг. на Рыбинском водохранилище проводились комплексные гидробиологические исследования прибрежной зоны вблизи пос.Борок.

Разностороннее изучение прибрежной зоны, представленное в данном сборнике, позволило нам сделать некоторые выводы о возможной роли инфузорий в жизни этого участка Рыбинского водохранилища.

Ранняя весна, начиная со второй декады мая, — наиболее интересный период в жизни инфузорий водоема. В это время они размножаются в огромном количестве, состав их очень разнообразен. Чрезвычайно высокую численность этих организмов мы наблюдали весной 1974 г. Два предшествовавших ему года отличались очень низким уровнем, прибрежная зона не затоплялась, свободное от воды пространство зарастало луговой растительностью, на поверхности почвы образовался плотный дерн. После затопления этого

Участка водой мы имели возможность наблюдать необычно сильную вспышку развития инфузорий. Состав их в этот период 1974 г. отличался от того, который мы наблюдали в 1971 г. Если в 1971 г. преобладали *Strombidium viride*, *Tintinnopsis cylindrata*, то в 1974 г. — крупные формы: *Stokesia vernalis*, *Paradileptus flagellatus*, *Bursella armosa*, *Bursaridium pseudobursaria* и др. Среди них немало хищных форм. Численность инфузорий в этот период была равна 20 млн. экз./м³, наибольшая биомасса составляла 7 г/м³. Средняя биомасса в 1974 г. (2,98 г/м³) в 3 раза выше, чем в 1971 (0,86 г/м³).

Массовое развитие инфузорий в прибрежной зоне было обусловлено наличием здесь достаточного количества пищи, главным образом, водорослей и бактерий. По свидетельству Г.Л. Марголиной и В.В. Куклина (наст. сборник), общее количество бактерий на мелководных станциях было в 2 раза больше, чем в открытом водохранилище, а количество сапрофитных бактерий — в 3–10 раз. Кроме того, ранней весной в прибрежной зоне в большом количестве развиваются диатомовые водоросли, главным образом, *Storphanodiscus hantzschii*. Это мелкая водоросль, которую мы нередко находили во внутреннем содержимом многих видов инфузорий, в том числе у тинтинид.

Максимум развития диатомовых, как выяснилось, совпадал с наибольшим развитием инфузорий в прибрежной зоне водохранилища (рис. I). Биомасса диатомовых в период максимального их развития достигает 25 мг/л (Башкатова, наст. сборник). Это означает, что водоросли как корм для инфузорий присутствовали в избыточном количестве, так как трофическое насыщение наступает у них при 3–4 мг/л пищевого объекта [4]. Избыточное количество корма позволяло инфузориям развиваться с максимальной скоростью.

Для того, чтобы подтвердить эти предположения, весной 1974 г. нами были поставлены опыты по питанию массовых видов инфузорий стефаноидискусом. Инфузории брались непосредственно из водохранилища и кормились меченой радиоактивным углеродом водорослью *Stephanodiscus hantzschii*. В опыте были использованы несколько видов инфузорий. Оказалось, что самая многочисленная в этот период *Stokesia vernalis* потребляет боль-

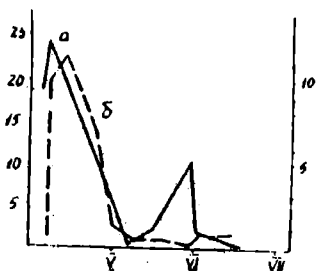


Рис. I. Развитие инфузорий (а) и диатомовых водорослей (б) в мелководной зоне Рыбинского водохранилища. По оси абсцисс — месяцы 1971 г., по оси ординат: слева — биомасса водорослей в $г/м^3$, справа — количество инфузорий в млн. экз./ $м^3$.

шаноидискус. Они, по-видимому, — хищники, так как в их пищеварительных вакуолях мы никогда не находили остатков водорослей. Расчет показад, что весной в прибрежной зоне 30% продукции фито-

шое количество водорослей этого вида. Потребляют ее также мелкие *Bursella erismosa* и *Stentor rooseoli*. У всех этих трех видов стефаноидискус способен полностью удовлетворять их пищевые потребности. Другие виды инфузорий: *Bursaridium parvularia*, *Stentor polymorphus* используют эту водоросль частично, а *Paradileptus flagellatus* и *Amphileptus tracheloides* совершенно не потребляют сте-

планктона может быть потреблено только инфузориями.

Инфузории весной на мелководье появляются при температуре 8–10° и сразу же через 1–2 дня размножаются в массовом количестве. Развитие рачков и коловраток несколько запаздывает, что благоприятствует развитию инфузорий, так как благодаря этому они не имеют ни конкурентов в питании, ни хищников, кроме хищников-инфузорий. Первыми среди представителей метазойного зоопланктона в значительном количестве появляются мелкие коловратки, которые быстро достигают высокой численности (до 6 млн. экз./м³). Это *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Euplotes* и др., которые вполне уживаются с инфузориями. Численность хищников *Lepidocyclops pediculus* и *Polysphincta pediculus* нарастала постепенно, и они не могли принести существенного ущерба популяции инфузорий в этот период. Биомасса инфузорий в мае на прибрежных станциях даже несколько превышала биомассу зоопланктона, которая приводится по данным В.Н.Столбуновой [5] (см.таблицу). В период с июня по сентябрь биомасса зоопланктона (коловраток и ракообразных) была значительно больше, чем биомасса инфузорий.

Т а б л и ц а

Средняя биомасса инфузорий и зоопланктона (коловратки и ракообразные) на прибрежных станциях и у с.Коприно (от.5) в мае 1971 г.

Станции	Биомасса, г/м ³	
	инфузории	зоопланктон (коловратки и ракообразные)
2	0,83	0,74
3	1,13	0,81
4	0,63	0,51
5	0,58	0,40
Среднее:	0,79	0,61

Массовое развитие инфузорий продолжалось до начала июня в 1971 г. и до середины этого месяца в 1974 г. Резкое, в течение короткого времени снижение численности инфузорий на прибрежных станциях, вероятно, в значительной степени связано с тем, что к этому времени в массовом количестве развиваются хищные *Aurilancella pectinifera* и *Polysphincta pediculus*, которые могут уничтожать большое количество инфузорий.

Появление значительного количества инфузорий в открытом водохранилище наступает значительно позже, чем в прибрежной зоне, что связано с медленным прогревом воды в этой зоне. Здесь максимальное развитие инфузорий приходится на июль (рис.2).

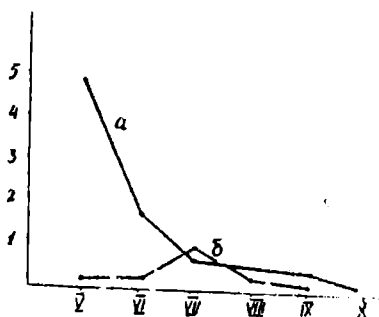


Рис.2. Колебание численности инфузорий в прибрежной зоне (а) и в открытом водохранилище (б). По оси абсцисс — месяцы 1971 г., по оси ординат — количество инфузорий, млн. экз./м³

В июне видовой состав инфузорий в мелководной зоне изменяется, численность становится меньше (в среднем — 1,71 млн. экз./м³). На смену диатомовым водорослям приходят зеленые, главным образом, *Scenedesmus quadricauda* (Башкатова, наст. сб.), *Storphanodiscus lantzschii* почти полностью исчезает, несколько больше было его на ст.4 и 5. Из инфузорий в этот пер-

преобладают *Strombidium viride* и тинтиниды, а на ст.3 (с глубиной до 1,0 м) в большом количестве отмечалась *Vorticella* прикрепленная к сине-зеленым водорослям, которые развивались здесь значитель-

но раньше, чем в других районах водохранилища.

В летние месяцы — июле и августе — численность инфузорий в прибрежной зоне поддерживалась на одном, довольно низком, уровне. Преобладали в это время обычные летние формы: *Colpoda hirtus*, эпхионтиные перитрихи и др.

Довольно высокой численности в прибрежной зоне водохранилища достигает *Colpoda hirtus*. Здесь он концентрируется главным образом в придонном слое, где находит для себя, по-видимому, необходимый пищу: отмершие водоросли и трупы водных животных.

На мелководье в летнее время мы значительно чаще, чем в открытом водохранилище, встречали ракообразных, зараженных эпхионтами: перитрихами и эвгленадами.

Слабое развитие инфузорий в летние месяцы можно, по-видимому, объяснить недостаточным количеством пищи. Биомасса бактерий в этот период составляет в среднем $1,5 \text{ г/м}^3$, что далеко от уровня трофического насыщения инфузорий. Водоросли в летнее время, по сведениям Башкатовой, представлены в основном сине-зелеными, которые образуют пенобии, что затрудняет употребление их в пищу. Летом происходит массовое развитие зоопланктона. На мелководье это характерные для него *Polyphemus pediculus*, *Bosmina longirostris*, *Simoscephalus vetulus*, коловратки *Brachionus calyciflorus*, *Polyarthra vulgaris* и др.; на мелководных станциях с большей глубиной — *Daphnia cucullata*, *Heterosigma arundinacea*, *Leptodora kindtii* [5]. Коловратки и ракообразные, развивавшиеся в летнее время, с одной стороны, конкурируют в питании с инфузориями, а с другой — хищные формы потребляют их в пищу. В августе, сентябре и октябре в прибрежной зоне остаются затопленными лишь станции со значительными глубинами (ст.4). Количество инфузорий на них продолжало уменьшаться

из месяца в месяц. Осеннего подъема численности инфузорий, обычного для всех волжских водохранилищ, в Рыбинском водохранилище не наблюдается, что связано с ранним похолоданием в сентябре.

На август и сентябрь приходится второй пик развития диатомовых, но на этот раз они представлены *Stephanodiscus bindereganus*, которые по своему строению в виде цепочек уже не представляют собой удобную пищу для инфузорий. Тем не менее, численность инфузорий в прибрежной зоне заметно выше, чем в открытом водохранилище в тот же период.

Медководная зона занимает около одной третьей части площади Рыбинского водохранилища, и процессы, происходящие в этой зоне, не могут не отражаться на жизни всего водоема.

Инфузории, составляющие немалую долю зоопланктона прибрежной зоны, имеют, по-видимому, существенное значение в жизни всего водохранилища. Развиваясь весной в массовом количестве ранее других форм зоопланктона, они в этой зоне водохранилища служат основными потребителями первичной продукции, вовлекая ее в круговорот веществ в водоеме. Подтверждением тому служат опыты по питанию инфузорий диатомовыми водорослями, которые показали, что 30% продукции фитопланктона весной может потребляться только инфузориями. Вероятно, не в меньшей мере потребляется ими и бактериопланктон. Самы инфузории при этом служат пищей для развивающегося хищного зоопланктона и мальков рано нерестящихся рыб. Сроки их нереста в Рыбинском водохранилище приходятся на период с 26 апреля по 9 июня [2]. Именно в этот период происходит массовое развитие инфузорий, которые могут служить пищей для мальков рыб в ранний период их развития.

В летние месяцы инфузории не достигают значительного развития вследствие недостатка пищи, с одной стороны, а также вслед-

ствие развития зоопланктона, который либо конкурирует с инфузориями в питании, либо потребляет их в пищу.

Численность инфузорий на мелководье в течение всего сезона значительно выше, и соответственно значение их в этой зоне больше, чем в открытой части водохранилища.

Литература

1. Б а ш к а т о в а Е.Л. Фитопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища по наблюдениям 1971-1972 гг. (в настоящем сборнике).
2. И л ь и н а Л.К. О сроках нереста рыб в Рыбинском водохранилище. Мат. по биол. и гидролог. волжских водохранилищ. М., - Л., 1963.
3. М а р г о л и н а Г.Л. и Куклин В.В. Микробиологическая характеристика различных ассоциаций макрофитов в Рыбинском водохранилище (в настоящем сборнике).
4. П а в л о в с к а я Т.В. Питание и размножение массовых видов инфузорий Черного моря. Автореф. канд.дисс. Севастополь, 1972.
5. С т о л б у н о в а В.Н. О зоопланктоне прибрежной зоны Рыбинского водохранилища в 1971 г. Инф.бюлл.Инст.биол.внутр. вод АН СССР, 20, 1973.

В.Н.Столбунова

ЗООПЛАНКТОН ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ РЫБИНСКОГО И ИВАНЬ- КОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ В 1971-74 гг.

Исследования зоопланктона прибрежной зоны Рыбинского и Иваньковского водохранилищ проводились и ранее.

В 1953-54 гг. Ф.Д.Мордухай-Болтовским, Э.Д.Мордухай-Болтовской и Г.Я.Яновской [10] было выполнено изучение зоопланктона прибрежной зоны в районе Борка и в других частях Рыбинского водохранилища. По данным этих авторов, при нормальном затоплении водохранилища зоопланктон в прибрежной зоне, особенно в ее верхнем зарастающем горизонте, резко отличается от зоопланктона за пределами прибрежья по своему составу (преобладание прибрежных и фитофильных форм) и динамике. В многоводный 1953 год зоопланктон уже через 3-4 недели после затопления, в конце мая, дал первый максимум (со средней биомассой $2,6 \text{ г/м}^3$) при преобладании коловратки *Asplanchna*. Позже руководящими формами стали клadoперы. Зоопланктон на верхнем зарастающем горизонте, за счет массового развития *Ceriodaphnia*, *Polyphemus*, *Simoscephalus* (прибрежные фитофильные формы), был значительно богаче, чем на нижнем, незаросшем. Максимального развития (средней биомассы $5,6 \text{ г/м}^3$) зоопланктон достиг в верхних горизонтах в конце августа, после чего наступило его постепенное обеднение.

В маловодном 1954 г. зоопланктон развивался медленнее и дал максимум лишь во второй половине июня и первой половине июля (средняя биомасса $1,6-1,9 \text{ г/м}^3$) за счет тех же пелагических форм (*Bosmina coregoni*, *Daphnia longirapina*), что и в открытом водохранилище. В августе-сентябре развивались хедориды, но биомасса в среднем не достигала 1 г/м^3 . В целом зоопланктон прибрежной зоны в маловодном году находился под сильным влиянием открытого водохранилища и был лишь немногим богаче, в то время как в мно-

водном развивался самостоятельно и был значительно богаче (по биомассе в среднем в 4–5 раз), чем в открытом водохранилище за пределами побережья.

Сравнивая зоопланктон защищенного побережья в районе Борка с зоопланктоном побережья других частей водохранилища, авторы считают, что данные по развитию и сезонной динамике зоопланктона, полученные в районе Борка, можно переносить на Рыбинское водохранилище в целом и считать их характерными для всего защищенного побережья.

В общем обзоре Ф.Д.Мордухай-Болтовского [9] излагаются коротко данные 1953–54 гг. с привлечением других данных до 1962 г. Как отмечает автор, зоопланктон прибрежной зоны неоднороден и зависит от степени защищенности от волнений и зарастания ее высшей водной растительностью. Открытые берега везде размыты до песков, иногда с камнями. Песчаное побережье населено очень скудно, зоопланктон здесь беднее, чем за пределами побережья. Защищенные участки значительно богаче зоопланктоном. Автор подтверждает заключение предыдущей работы, что богатство зоопланктона защищенных участков прибрежной зоны объясняется развитием здесь высшей водной растительности, обогащающей прибрежную зону органическим веществом.

В 1967 и 1968 гг. Ю.И.Сорокиным [14] и Д.М.Стариковой и Ю.И.Сорокиным [15] была выполнена серия наблюдений над динамикой численности зоопланктона побережья и открытой части Волжского плеса. По мнению авторов, к этому времени зоопланктон в прибрежной зоне сильно изменился и по составу, биомассе и динамике стал очень сходным с зоопланктоном открытых частей Рыбинского водохранилища. Авторы делают вывод, что развитие зоопланктона в прибрежной зоне базируется, как в открытом водохранилище, в

основном на развитии фитопланктона. В среднем биомасса зоопланктона в прибрежье была небольшой и составляла, как и в открытой части, 1,5–1,8 г/м³.

Что касается прибрежной зоны Иваньковского водохранилища, то она обстоятельно не изучалась. Сведения, относящиеся к раннему периоду существования водохранилища, имеют нерегулярный, эпизодический характер. Так, Е.С.Неизвестновой-Жадиной [12] проводились наблюдения с июня 1937 г. (через 3 месяца после возникновения водохранилища) над зоопланктоном прибрежной зоны Иваньковского водохранилища и открытых его плесов. Как отмечает автор, при сравнении с данными 1914–15 гг. сохранились все специфические особенности волжского планктона в соотношениях между группами зоопланктона.

В 1955–56 гг. зоопланктон прибрежной зоны Иваньковского водохранилища изучался Э.Д.Мордухай-Болтовской [7]. По мнению автора, в прибрежной зарослей зоне Иваньковского водохранилища зоопланктон по составу сходен с зоопланктоном прибрежной зоны Рыбинского водохранилища, а по биомассе – богаче его, что объясняется более сильным развитием зарослей.

В работах В.Ф.Фенки [20] и И.П.Дьяченко [2] дана характеристика фауны зарослей Иваньковского водохранилища в 1956 и 1957 гг. Они учитывали и зоопланктон, но судить об его составе и обилии по их сведениям невозможно, так как данные по планктону, фитофитам, а у Дьяченко – и бентосу, приводятся вместе.

В связи с началом разработки в Институте биологии внутренних вод темы по выяснению значения мелководий в продуктивности водохранилищ с 1971 г. вновь организованы систематические исследования зоопланктона прибрежной зоны Рыбинского и Иваньковского водохранилищ. Необходимость таких исследований вызывалась еще

и тем, что характер прибрежной зоны, особенно в Рыбинском водохранилище, на протяжении последних десятилетий подвергался изменениям. Продолжался процесс формирования берегов и выравнивания береговой линии, более или менее завершившийся только в 1960-х гг. [3,5]. Площадь зарастания уменьшилась [21]. К тому же более поздние исследования 1967-68 гг. указывали на то, что в зоопланктоне прибрежья как будто произошли значительные изменения, в результате которых он потерял свои характерные особенности.

Ранее нами были опубликованы предварительные сообщения о состоянии зоопланктона прибрежной зоны Рыбинского водохранилища в 1971-72 гг. [16, 17].

Здесь мы даем более подробную характеристику зоопланктона прибрежной зоны этого водохранилища за все четыре года исследований (1971-74 гг.), а также зоопланктона прибрежной зоны Иваньковского водохранилища в 1973 г.

Методика исследований

На самых малых глубинах (менее 1 м) зоопланктон собирался процеживанием 100 л воды через планктонную сеть из газа №64. Этот объем воды отбирался 10-литровыми мерными сосудами из подповерхностного слоя воды. На глубинах 1-1,5 м для сбора зоопланктона производился тотальный (от дна до поверхности) лов сетью Джудая из газа того же номера. Одна проба получалась от трех подъемов сети, уловы которых сливались в одну склянку. Начиная с 1974 г., для сбора зоопланктона на мелководьях была введена видоизмененная модель планктоботометра ДИ для работы с лодки, емкости 5 л. Описание этого прибора приводится нами в другой статье [18]. На глубинах 1 м для взятия пробы делалось

4 подъема планктоботометра (2 - с поверхности и 2 - у дна), на глубинах 1,5 м брали 6 подъемов (по 2 подъема с поверхности, середины, дна). На более глубоководных станциях (до 12 м) сборы проводились 10-литровым планктоботометром системы ДК (пробы со всех горизонтов, через каждые 2 м, соединялись в одну). Промывка проб планктоботометров производилась через сеточку из газа №64. Пробы фиксировали 4%-ым формалином. При обработке их концентрировали - до определенного объема (50 или 100 см³). Подсчет зоопланктона производился в 3 порциях штемпель-пипетки, объемом 0,2 мл (для коловраток) и 2 мл (для кладоцер и copepod). Для вычисления биомассы зоопланктона использовались таблицы средних весов [8]. Биомасса вычислялась в граммах на 1 м³.

1. Рыбинское водохранилище

В Рыбинском водохранилище подавляющую часть прибрежных мелководий составляют открытые мелководья. Открытые берега везде размывы до песков, часто с примесью камней, подвержены прибою и лишены высших водных растений. Защищенные и полужащенные участки занимают около 5% площади мелководий, но только часть их зарастает.

Период наших исследований 1971-73 гг. характеризовался низким уровнем воды, особенно 1972-73 гг., как видно из графики уровней на стр. 21. Уровень воды в 1971 г. достиг максимума поздно, в начале - середине июня, но был на 0,6 м ниже НПГ, а к августу упал на 0,7 м [16]. В 1972 г. уровень воды начал повышаться в апреле, максимума достиг почти в середине июня, но был ниже НПГ на 1,4 м; после этого он начал быстро понижаться и к августу упал на 0,8 м [17]. Уровень воды в 1973 г. был еще

ниже - не достигал НШГ на 1,9 м. В течение этих лет наблюдались крайне неблагоприятные для фауны побережья метеорологические и гидрологические условия. Малоснежные зимы сменялись жарким и засушливым летом. В результате чрезвычайно низкого уровня в 1972-73 гг. обширные зоны мелководий не затоплялись вовсе.

1974 год представляет особый интерес. После 3-летнего осыхания верхнего горизонта уровень поднялся почти до НШГ (на 0,2 м ниже), и все побережье залило водой. 1974 год можно считать многоводным годом. По побережью всего водохранилища материал собирался в одном рейсе в 1971 г. (II-III августа), в двух рейсах в 1972 г. (3I мая - 7 июня и 20-25 июля) и в одном рейсе (IO-II июля) в 1973 г.

На прибрежных мелководьях в районе Борка производились еженедельные регулярные наблюдения и сборы в течение всего времени нахождения их под водой на четырех станциях.

В 1971 г. ст. I осталась незатопленной; ст. 2 находилась под водой до начала июля. Она зарастала воздушно-водной растительностью: полевицей, ситнягом и в небольшом количестве ситняком. Ст. 3, с глубиной 0,7 м, обнажилась к началу августа. В июне-июле здесь развивались гречиха земноводная, жерушник, частуха, рдесты. После обнажения станции стала появляться травянисто-наземная растительность. Ст. 4 (с глубиной до 1,3 м, практически без зарослей), расположенная в нижнем горизонте, в 1971 г. обнажилась в конце сентября.

В 1972 г. станции I-3 оказались незатопленными, а ст. 4 обнажилась в начале августа.

В 1973 г. даже нижний горизонт (ст. 4) заливался очень тонким слоем (толщиной до 20 см) и находился под водой короткое

время (около месяца). Поэтому регулярных стационарных наблюдений в 1973 г. не проводилось.

В 1974 г. нижний горизонт начал заливаться во второй половине мая, верхний – в третьей декаде мая. В начале июня оказалось залитым весь верхний горизонт. Верхний пояс верхнего горизонта (ст.1) находился под водой недолго (1,5 месяца), в 3-й декаде июля станция обсохла. Ст.2 обнажилась к середине августа, а ст.3 – к середине сентября. Нижний горизонт (ст.4) находился под водой до октября. Одновременно с залитием стала быстро развиваться земноводная, а позже и водная растительность. С начала июня появились манник, осоки, позже – гречиха земноводная, жерушник, частуха, а к концу месяца они образовали уже сплошные заросли. Начали вегетировать ситняг, омежник, рдесты. Особенно густые заросли образовались в верхнем и среднем поясе верхнего горизонта (ст.1 и 2).

Во все годы исследований для сравнения одновременно отбирались пробы зоопланктона на ст.5, которая находилась в предустьевой части Волжского плеса у с.Коприно, за пределами прибрежья, на глубине 9–12 м.

За время наших наблюдений над зоопланктоном прибрежной зоны в районе Борка и на других участках Рыбинского водохранилища было собрано и обработано всего 290 проб.

Состав зоопланктона прибрежной зоны Рыбинского водохранилища в 1971–74 гг. в общем сохранил свои особенности, сложившиеся к 1953–54 гг. Наблюдались лишь незначительные изменения. В зоопланктоне в 1974 г. обнаружена *Moina brachiata*, ранее никогда не встречавшаяся, как и другие виды этого рода, в Рыбинском водохранилище [11]. Найден также не приводившийся ранее *Camptocercus lilljeborgi* и виды рода *Murytemora* – *M. lacustris* и *M. velox*. Последние появились в Рыбинском водохранилище

в конце 1950-х и в 1960-х гг. и относятся к пелагическому зоопланктону. Напротив, встречавшиеся в 1950-х гг. *Alona karelica* и *Mesocyclops dubowskii* найдены не были. Новым элементом зоопланктона были личинки (велигеры) *Dreissena*, встречавшиеся иногда в большом количестве. Как известно, дрейссена распространилась по Рыбинскому водохранилищу главным образом после 1958 г., а до этого встречалась очень редко.

При обработке сборов 1971-74 гг. видовой состав зоопланктона анализировался более подробно, чем ранее. Было определено много не указанных ранее видов коловраток. Определялись формы подрода *Eubosmina* (ранее относившиеся к одному виду *B. coregoni*); для кладоцер принята новая номенклатура, введенная в сводках последних лет [13].

А. Зоопланктон прибрежных мелководий в районе Борка

1971 год. В начальный период после затопления (вторая половина мая), когда температура воды колебалась от 8,3 до 16,2°C, зоопланктон по своему составу был почти одинаков на всех станциях и был представлен науплиями, копеподами, коловратками *Synchaeta*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra longiremis* и кладоцерами - *Bosmina longirostris*, *Bosmina coregoni coregoni*. В икне его однородность нарушилась. В верхнем горизонте уже в начале месяца преобладала *Asplanchna priodonta*, которая дала биомассу на ст.2 и 3 соответственно 1,29 и 1,35 г/м³. Значительного развития достигли также *Synchaeta*, *Polyarthra vulgaris*, *Brachionus calyciflorus*. На отдельных станциях численность коловраток была очень высока. Так, на ст.2 она доходила до 597 тыс.экз./м³, а на ст.3 - до 603 тыс.экз./м³. В начале июня в верхнем горизонте прибрежного мелководья (ст.1-3) биомасса зоопланктона достигла максимума - 2,7 г/м³ (рис.1,А). Основную его часть составляли коловратки и ветвистоусые рачки - *Polyphemus pediculus*, а также *Bosmina longirostris*, *Simoscephalus vetulus*. Из копепод встречались науплии, копеподиты, а также взрослые *Mesocyclops*

leuckarti, *Cyclops vicinus*, *Heteroscope appendiculata*.

В начале июля биомасса зоопланктона оставалась довольно высокой ($1,93 \text{ г/м}^3$) за счет развития прибрежно-фитофильных видов — *Scaptocercus rectirostris* (с биомассой до $0,80 \text{ г/м}^3$), *Pleuroxus truncatus*, *Alonella exigua*, *A. leucisa* и др.

Зоопланктон нижнего горизонта (ст.4) прибрежного мелководья характеризовался как прибрежными формами — *Polyphemus*, *Bosmina longirostris*, так и пелагическими — *B. coregoni*; *Daphnia cucullata*, *Leptodora kindtii*. В мае преобладали коловратки — *Keratella quadrata*, *Synchaeta*; в начале июня, так же как и в верхнем горизонте, — *Asplanchna*. Во второй половине июня наблюдался пик биомассы зоопланктона — $1,5 \text{ г/м}^3$ (рис. I, Б). Из ветвистоусых развивались *Bosmina longirostris*, *B. coregoni coregoni*, *Daphnia cucullata*, *D. cristata*, из копепод — науплии, копоподиты, *Mesocyclops leuckarti*, *Eudiaptomus gracilis*, *Heteroscope appendiculata*. В начале августа наблюдался второй пик биомассы — $1,4 \text{ г/м}^3$ (см. рис. I, Б) за счет ветвистоусых рачков.

Биомасса зоопланктона в нижнем горизонте была значительно ниже, чем в верхнем, в среднем $0,7 \text{ г/м}^3$ против $1,6 \text{ г/м}^3$.

Зоопланктон глубоководной ст.5 на протяжении всего сезона 1971 г. был представлен исключительно пелагическими формами — *Daphnia cucullata*, *Bosmina coregoni coregoni* и другими. Максимум ($1,74 \text{ г/м}^3$) наступал в середине июня, несколько позднее, чем в верхнем горизонте, и почти в то же время, что и в нижнем (рис. I, Б). Но затем биомасса сильно падала, в то время как на мелководных станциях оставалась до начала июля высокой.

Из табл. I и 2 видно, что численность и биомасса зоопланктона на всех мелководных станциях, начиная с мая до момента их обсыхания, была выше, чем на глубоководной станции. Наиболее высокие их величины наблюдались на ст.2. В среднем за время на-

хождения под водой численность и биомасса зоопланктона на мелководье была примерно вчетверо выше, чем в глубоководной зоне - 190 тыс. экз./м³ и 1,30 г/м³ против 47 тыс. экз./м³ и 0,33 г/м³.

Следует отметить значительное развитие личинки *Dreissena*, начиная с июня и по сентябрь, как на прибрежном мелководье (максимум в июле - до 75 тыс. экз./м³), так и в глубоководной зоне (до 57 тыс. экз./м³ в июле-августе).

1972 год. В 1972 г., который был чрезвычайно малопродуктивным, прибрежная зона, затопленная только в нижнем горизонте, испытывала сильное влияние открытого водохранилища. В течение мая в зоопланктоне прибрежного мелководья наблюдались в основном пелагические формы. Интенсивное развитие коловраток наблюдалось в конце мая, когда они достигли численности

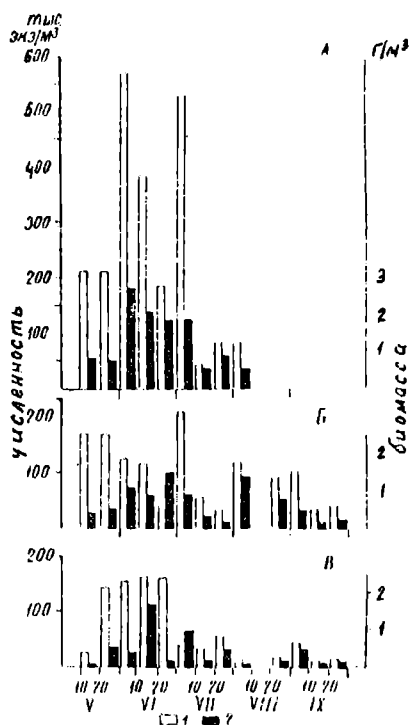


Рис.1. Динамика численности (1) и биомассы (2) зоопланктона в Рыбинском водохранилище (в районе Борка) в 1971 г. А - верхний горизонт (от 0,3 до 0,7 м); Б - нижний горизонт (до 1,5 м); В - глубоководная зона водохранилища (9-12 м)

329 тыс. экз./м³ при биомассе 0,57 г/м³. Среди них преобладали *Asplanchna priodonta* (биомасса - 0,38 г/м³),

Keratella quadrata, *Conochilus hippocrepis*. Среди копепод в основном встречались науплии и копеподиты, из клadoпер *Bosmina coregoni coregoni*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*. Максимум биомассы в прибрежном мелководье в 1972 г. наблюдался в конце июня (рис.2, А), но в отличие от 1971 г., за счет клadoпер, из

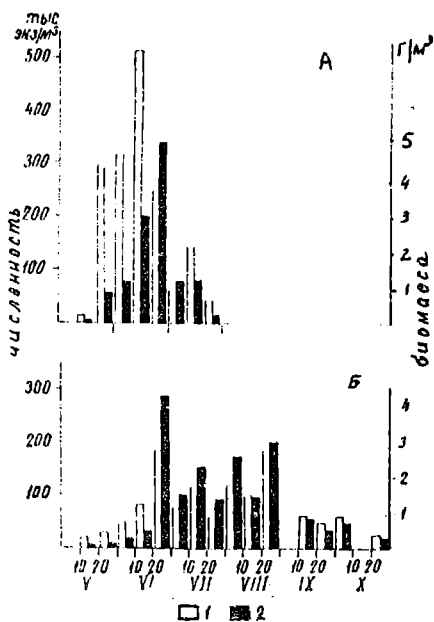


Рис.2. Динамика численности (1) и биомассы (2) зоопланктона в Рыбинском водохранилище (в р-не Борка) в 1972 г. А - мелководная зона (нижний горизонт); Б - глубоководная зона водохранилища

которых главную роль играли педаггические виды: *Daphnia cucullata*, *D. cristata*, *D. longispina*, *Bosmina coregoni coregoni*. Среди копепод преобладали науплии и копеподиты, а также встречались взрослые *Mesocyclops leuckarti*, *M. oithonoides*, *Eugracilis*, *Cyclops vicinis*. Но биомасса их по сравнению с биомассой клadoпер была низкой. Биомасса *Asplanchna* в начале-середине июня повысилась (до 0,93 г/м³), но в конце месяца *Asplanchna* почти совсем исчезла. Состав коловраток пополнился *Kellicottia longispina*, *Lecane luna*, *Filinia longisetata* и др., но общая их биомасса снизилась (до 0,1 г/м³).

В эвкле развивалась прибрежно-фитофильная фауна - *Simptocercus rectirostris*, *Disparalona rostrata*, *Alona rectangula* и др., но этот комплекс не дал высоких биомасс (до 0,20 г/м³).

В глубоководной зоне зоопланктон достиг максимума развития также в конце июня за счет клadoцер, среди которых преобладали те же пелагические виды, что и на прибрежном мелководье. Встречались в большом количестве личинки *Dreissena* (до 53 тыс. экз./м³ - июне).

Как видно из табл. I и 2, численность и биомасса зоопланктона на прибрежном мелководье в мае и июне была значительно выше, чем в глубоководной зоне, но в июне за время нахождения под водой численность зоопланктона на прибрежном мелководье была выше, чем в глубоководной зоне, - 221 тыс. экз./м³ против 72 тыс. экз./м³, но разница в биомассе составляла 1,50 г/м³ против 1,04 г/м³.

1974 год. Сборы зоопланктона в прибрежном мелководье были начаты в третьей декаде мая. Зоопланктон на всех станциях развивался почти одинаково, преобладали коловратки, из которых встречались беспанцирные *Synchaeta*, *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella quadrata*, *Brachionus calyciflorus*. Численность их на отдельных станциях была высокой и доходила до 788 тыс. экз./м³, биомасса - до 0,41 г/м³.

В начале июня весь верхний горизонт оказался под водой. Начиная со второй декады июня, количество коловраток в верхнем горизонте достигло максимального развития, состав их пополнился *Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis*, *Brachionus angularis*, *Filinia longisetia*, *Platyias patulus* и др. Численность коловраток на отдельных станциях достигала 2650 тыс. экз. (ст. 2). В биомассе среди коловраток на первое место вышла *Asplanchna priodonta* (до 1,90 г/м³ - ст. 2). К середине июня биомасса зоопланктона достигла максимума - 7,15 г/м³ (рис. 3, А) за счет обильного развития ветвистого рачка *Polyphemus*, биомасса которого была особенно высокой в верхнем поясе верхнего горизон-

та (до II,14 г/м³ - ст.I). Из кладоцер было также много *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Scapholeberis mucronata*. Здесь же в довольно большом количестве была найдена *Moina brachiata* (с биомассой до 0,83 г/м³). Из копепоид встречались науплии, копепоидиты, взрослые *Mesocyclops edax*.

В нижнем горизонте в середине июня, так же как и в верхнем горизонте, был отмечен подъем биомассы зоопланктона (рис.3,Б)

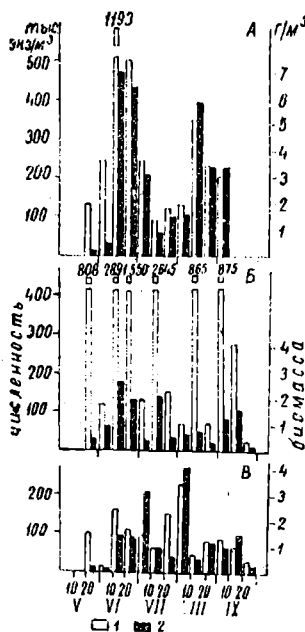


Рис.3. Динамика численности (1) и биомассы (2) зоопланктона в Рыбинском водохранилище в многоводном 1974 г. (в р-не Борка)

за счет коловраток *Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis*

(общая биомасса - I,33 г/м³), а также кладоцер - прибрежной - *Bosmina longirostris* и пелагических *Daphnia cucullata*, *Bosmina coregoni coregoni*.

В июле в верхнем горизонте в зоопланктоне преобладали кладоцеры - *Ceriodaphnia quadrangula*, *C.reticulata*, *Scapholeberis mucronata*, *Graptoleberis tuidinaria*. Количество коловраток было незначительно. Общая биомасса зоопланктона в начале месяца составляла в среднем 3,20 г/м³. К середине июля она сильно понизилась и до начала августа оставалась невысокой. В середине августа в верхнем гор-

изонте наблюдался второй подъем биомассы зоопланктона (до 6.0 г/м³ в основном за счет кладоцер (общая биомасса их до 4 г/м³).

Среди них преобладали прибрежные формы: *Polyphemus*, *Simoscephalus vetulus*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *C. pulchella*, *C. reticulata*, *Pleuroxus aduncus*, *Pl. truncatus*, *Graptoleberis*, *Camptocercus rectirostris*.

Из копепод встречались науплии, копеподиты, *Eucyclops serrulatus*, *Acanthocyclops viridis*. Коловраток было чрезвычайно мало. Ко второй половине августа обсох и средний пояс верхнего горизонта. Под водой остался только нижний пояс (ст.3). К середине сентября верхний горизонт полностью обсох.

В нижнем горизонте второй подъем биомассы зоопланктона наблюдался в середине июля — $2,16 \text{ г/м}^3$ (см. рис.3,Б). Численность коловраток здесь была вообще значительно больше, чем в верхнем горизонте и в июле доходила до $2,375 \text{ тыс. экз./м}^3$, главным образом, за счет *Synchaeta*. Кроме того, встречались *Keratella quadrata*, *Brachionus angularis*. Общая биомасса коловраток была $0,72 \text{ г/м}^3$. Найдено много науплиусов и копеподитов (биомасса до $1,1 \text{ г/м}^3$); в небольшом количестве были пелагические *Bosmina coregoni coregoni*, *Daphnia cucullata*. В августе биомасса зоопланктона, в противоположность верхнему заросшему горизонту, сильно понизилась. В планктоне в это время преобладали коловратки (в основном *Synchaeta*), а также личинки копепод. Из кладоцер встречались *Bosmina longispina*, *Daphnia cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum*. В начале-середине сентября наблюдалось повышение биомассы зоопланктона, но к концу месяца, когда температура воды сильно понизилась (от 14° до 9°C), произошло еще большее понижение биомассы — до $0,18 \text{ г/м}^3$. В планктоне преобладали науплии и в меньшей мере кладоцеры.

В глубоководной зоне водохранилища зоопланктон (ст.5 харак-

теризовался на протяжении всего сезона исключительно пелагическими формами (*Daphnia cucullata*, *D. longispina*, *Bosmina coregoni coregoni*, *B. longispina*). Первый максимум ($3,20 \text{ г/м}^3$) наступил значительно позднее, чем в заросшем верхнем и в нижнем горизонтах, — в первой декаде июля (рис. 3, В) за счет пелагических клadoпер (общая биомасса которых была $2,38 \text{ г/м}^3$). Коловраток почти не было, из копепод — науплии, копеподиты, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops vicinus*, *Eudiaptomus gracilis* (общая биомасса до $0,82 \text{ г/м}^3$). В начале августа наблюдался второй максимум ($4,15 \text{ г/м}^3$) за счет развития в основном тех же видов — *Daphnia cucullata* (до $2,30 \text{ г/м}^3$) и *D. longispina* (до $1,8 \text{ г/м}^3$).

Начиная с июля и по сентябрь, развивались личинки *Dreissena* как на мелководье (до 28 тыс. экз./ м^3 — середина августа), так и в глубоководной зоне водохранилища (до 205 тыс. экз./ м^3 — начало августа).

Сравнивая состояние зоопланктона прибрежного мелководья и открытого водохранилища в многоводный 1974 г., мы видим между ними сильные отличия. В открытом водохранилище доминируют пелагические виды клadoпер: *Daphnia longispina*, *D. cucullata*, *Bosmina coregoni coregoni*. В верхнем горизонте прибрежной зоны в начале июня преобладали коловратки, главным образом, *Asplanchna priodonta*; затем в середине июня и августе — прибрежные клadoперы — *Polyphemus*, *Bosmina longirostris* виды *Ceriodaphnia*, *Simsernelus vetulus*, хидориды.

Массовое развитие зоопланктона на прибрежном мелководье наступает раньше. Максимумы биомассы зоопланктона в открытом водохранилище приходится на начало июля и начало августа и составляют $3,2-4,2 \text{ г/м}^3$, в то время как в прибрежном мелководье они наблюдаются в середине июня, а затем в середине августа и

Т а б л и ц а I

Среднемесячная численность (тыс. экз./м³) зоопланктона
в прибрежном мелководье и глубоководной зоне Рыбинского водо-
хранилища в районе Борка в 1971, 1972, 1974 гг.

№ станции	Глубина, м	Среднемесячная численность						Среднее за время нахождения под родой
		У	УI	УП	УШ	IX	X	
1971 г.								
2	0,3-0,15	237	414	226	Обсохла	Обсохла	Обсохла	292
3	0,7-0,20	208	334	63	83	—"	—"	172
4	1,5-0,25	167	101	94	105	62	—"	105
5	9,0-12,0	105	89	41	17	26	1,4 ^x	47
1972 г.								
4	1,1-0,15	199	395	70	Обсохла	Обсохла	Обсохла	221
5	9,0-12,0	24	99	81	134 ^x	57 ^x	37 ^x	72
1974 г.								
I	0,35-0,20	Не за- лило	678	393	Обсохла	—"	—"	535
2	0,70-0,20	182	792	159	197	Обсохла	—"	333
3	1,3 -0,20	96	591	58	193	205	—"	229
4	1,85-0,30	808	1359	767	230	513	—"	735
5	11,0	105	114	107	151	70	10 ^x	109

П р и м е ч а н и е.

^x Не принимались в расчет при определении средней для всего времени затопления мелководья.

Т а б л и ц а 2

Среднемесячная биомасса (г/м^3) зоопланктона в
прибрежном мелководье и глубоководной зоне Рыбинского водо-
хранилища в районе Борка в 1971, 1972,
1974 гг.

Станция	Глубина, м	Биома с с а						Среднее время ходжения под во
		У	УІ	УІІ	УІІІ	ІХ	Х	
1971 г.								
2	0,3-0,15	0,74	2,70	3,37	Обсохла	Обсохла	Обсохла	2,27
3	0,7-0,20	0,81	1,76	0,60	0,49	—	—	0,92
4	1,5-0,25	0,51	1,12	0,48	1,14	0,32	—	0,71
5	9,0-12,0	0,40	0,66	0,45	0,16	0,27	0,04 ^х	0,33
1972 г.								
4	1,1-0,15	0,59	3,07	0,83	Обсохла	Обсохла	Обсохла	1,50
5	9,0-12,0	0,09	1,36	1,69	2,33 ^х	0,71 ^х	0,43 ^х	1,04
1974 г.								
1	0,35-0,20	Не за- лило	7,96	5,31	Обсохла	Обсохла	Обсохла	6,64
2	0,7-0,20	0,21	3,17	1,75	2,26	—	—	1,85
3	1,3-0,20	0,19	2,02	0,53	2,96	3,44	—	1,82
4	1,85-0,30	0,45	1,86	0,87	0,55	1,11	—	0,97
5	11,0	0,26	1,10	1,64	2,51	0,96	0,12 ^х	1,29

П р и м е ч а н и е . ^х Не принимались в расчет при опре-
делении средней для всего времени
затопления мелководья.

составляют в среднем в верхнем горизонте $7,15 \text{ г/м}^3$ и $6,0 \text{ г/м}^3$. За время нахождения под водой численность и биомасса зоопланктона в прибрежном мелководье была примерно втрое выше, чем в открытом водохранилище – 366 тыс.экз./м^3 и $3,4 \text{ г/м}^3$ против 109 тыс.экз./м^3 и $1,29 \text{ г/м}^3$ (см. табл. I и 2).

Нижний горизонт, лежащий за пределами основных зарослей (с глубиной 1,5 м), сильно отличается от верхнего и по составу, и обилию зоопланктона приближается к открытым частям водохранилища.

В пределах верхнего горизонта наиболее сильно отличается от глубоководной зоны зоопланктон в верхнем поясе, представленный ст. I. Здесь всегда преобладают прибрежные формы, колебания обилия наиболее резки: от $0,49 \text{ г/м}^3$ (10.У1) до $14,36 \text{ г/м}^3$ (26.У1), но в среднем биомасса наиболее высока ($6,64 \text{ г/м}^3$), в 3,5 раза выше, чем в среднем и нижнем поясе верхнего горизонта (ст. 2 и 3), и в 5–7 раз выше, чем в глубоководной зоне (ст. 5) и в нижнем горизонте (ст. 4).

В. Зоопланктон прибрежных мелководий различных типов в других районах Рыбинского водохранилища

В 1971–73 гг. исследован зоопланктон различных типов прибрежных мелководных участков Рыбинского водохранилища. При сборе зоопланктона в прибрежье одновременно для сравнения собирался зоопланктон в том же участке водохранилища в глубинной зоне (на глубинах не менее 4–5 м).

З а щ и щ е н н ы е п р и б р е ж н ы е м е л к о в о д ь я

Мелководья этого типа характеризуют ст. 18, 40, 23 (см. схему-карту Рыбинского водохранилища – рис. 3). Ст. 18 была расположе-

на в лагуне левого берега Вельегонского расширения, ст.40 – в заливе, отделенном косой от открытой части Моложского плеса у

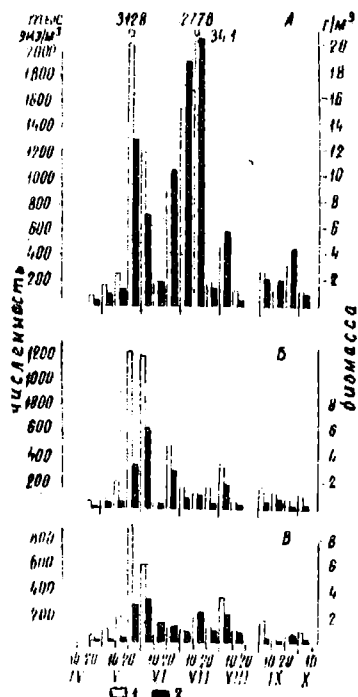


Рис.4. Динамика численности (1) и биомассы (2) зоопланктона в Б.Корчевском заливе в 1973 г. А – ст.1, глубина 0,5 м; Б – ст.2 и 3, глубина 1,0 – 1,5 м; В – ст.4, устье залива, глубина 5 м

Hydrobia ulnaria. Средняя биомасса зоопланктона была 0,59 г/м³ (табл.3).

вского побережья Дарвиновского заповедника, ст.23 – в изолированном заливе близ устья р.Сить. Это станции с вязким илистым грунтом (или заиленной лесной почвой, с глубиной 0,5–1 м). Для сравнения были взяты глубоководные станции (20,9,42) с глубинами 5–8 м.

В 1971 г. сборы производились в августе, т.е. когда уровень воды был на 1,3 м ниже НПГ. В результате этого верхний заросший горизонт не был затоплен, и сборы производились соответственно на нижнем горизонте. Среди коловраток встречалась, в основном, *Polyarthra vulgaris*, их численность была незначительной. Копеподы были представлены только науплиями и копеподитами, из клadoцер преобладали *Polydora*, *Ceriodaphnia quadrangula*,

Т а б л и ц а 3

Средняя численность, тыс./м³ (I) и биомасса, г/м³ (2) зоопланктона
защищенных и открытых прибрежных мелководий в прилегающих глубоковод-
ных зон Рыбинского водохранилища в 1971-72-73 гг. (по данным
рейсов).

Г о д ы	Прибрежная мелководная зона						Глубоководная зона	
	Защищенная		Полузащитенная		Открытая			
	I	2	I	2	I	2	I	2
	1971. УП	49	0,59	72	0,48	59	0,42	66 ^x
1972. У1-УП	183	1,54	133	0,73	74	0,49	98 ^x	0,33
1973. УП	-	-	-	-	74	0,29	144 ^{xx}	0,87 ^{xx}

П р и м е ч а н и е .

I Средняя, рассчитанная из величин, характерных для
глубоководные зоны, прилегающие к данному типу прибрежья.

II Средняя, рассчитанная для открытой зоны Рыбинского водо-
хранилища в соответствующий период (по сборам стандартных
рейсов).

Летом 1972 г. уровень воды тоже был значительно (на 1,5 м) ниже НПГ. В начале июня в зоопланктоне прибрежного мелководья преобладали коловратки; на отдельных станциях их численность доходила до 450 тыс. экз./м³ (ст. 23), наиболее распространенными видами были *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Gonochilus hirsutipectus*, *Brachionus calyciflorus*; копеподы были представлены науплиями, копеподами, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops vicinus*. Из клadoцер встречались прибрежные — *Bosmina longirostris*, *Polypheum*, *Ceriodaphnia quadrangula* — и пелагические *B. coregoni coregoni*, *Daphnia longipinna*, *D. cucullata*, но биомасса их была незначительной. В среднем биомасса зоопланктона составляла 1,54 г/м³.

Во второй половине июля биомасса и численность коловраток резко снизилась. Кладоцеры были представлены *Bosmina longirostris*, *Cladocera sphaericus*, *Daphnia cucullata*, *D. cristata*, а также хидоридами — *Heterohus aduncus*, *H. uncinatus*, *Alona quadrangularis*, *A. rectangularis*, *A. guttata*, т.е. наблюдалась опять-таки смесь пелагических и прибрежных форм. Средняя биомасса для второй половины июля была 1,55 г/м³.

Зоопланктон глубоководной прилегающей зоны был представлен исключительно пелагическими видами: *Daphnia longipinna*, *D. cucullata*, *Bosmina coregoni coregoni*. Сравнивая зоопланктон защищенного мелководья и глубоководной зоны, видим, что первый богаче (средняя биомасса 0,6–1,5 г), чем второй (0,5–0,8 г/м³), но различия невелики.

П о д у з а щ и щ е н н ы е п р и б р е ж н ы е м е л к о в о д ь я

Эти мелководья довольно широко сообщаются с открытым водохранилищем. К ним относятся в Волжском плесе ст. 13 и 14 в Ктском

валиве, с глубиной 0,5–1,5 м; ст.21, с глубиной 0,5 м, в Моложском плесе против дер.Противье, и ст.43 у Центрального мыса, обе в затопленном лесу.

Для сравнения взяты глубоководные станции (15,22а,в) с глубинами до 9 м.

В августе 1971 г. здесь численность и биомасса коловраток были незначительными. Из копепоид встречались виды, характерные для открытого плеса *Mesocyclops leuckarti*, *Eudiaptomus gracilis*, и др., среди клadoцер – пелагическая *Bosmina coregoni coregoni* и прибрежные *Diaparselona rostrata*, *Ascoregus elongatus*. Средняя биомасса зоопланктона была примерно такой же ($0,48 \text{ г/м}^3$), как в открытом водохранилище ($0,51 \text{ г/м}^3$).

В начале июня 1972 г. среди коловраток встречались *Asplanchna priodonta*, *Conochilus hippocrepis*, *Keratella quadrata*, *K. ooshlearia*, *Kellicottia longispina*. Из копепоид также преобладали виды открытого плеса. Среди клadoцер преобладала пелагическая *Bosmina coregoni coregoni* (до $0,55 \text{ г/м}^3$), встречалась и прибрежная *B. longirostris*. Общая биомасса клadoцер – до $0,57 \text{ г/м}^3$.

Во второй половине июля численность и биомасса коловраток резко уменьшились. Из копепоид встречались копепоидиты, науплии, *Mesocyclops leuckarti*, *M. sigma*. Среди клadoцер встречались как пелагическая *Bosmina coregoni coregoni*, так и прибрежные *Ceriodaphnia quadrangula*, *Neutrocha abnormis* и др. Средние биомассы зоопланктона полузащитенного прибрежного мелководья и открытой части водохранилища были близки ($0,73 \text{ г/м}^3$ против $0,83 \text{ г/м}^3$).

О т к р ы т ы е п р и б р е ж н ы е м е л к о в о д ь я

Эти мелководья совершенно лишены зарослей макрофитов.

Ст.16,27а и 37 расположены в Главном плесе, глубины их 0,5–1м.

В Шекснинском плесе находятся ст.3I и 26, с глубинами I м.

В Волжском плесе расположены ст.ст.II и I2, с глубинами 0,5-1,8 м (возле пос.Легково).

Для сравнения взяты глубоководные ст.29а, 33,39,28,I2а, 7.

Зоопланктон открытых прибрежных мелководий беден и почти не отличается по составу от зоопланктона открытого водохранилища. Коловраток здесь обычно мало, копеподы и клadoперы представлены пелагическими формами. Средняя биомасса зоопланктона ($0,42 \text{ г/м}^3$) близка к таковой открытого водохранилища ($0,51 \text{ г/м}^3$).

В начале июня 1972 г. и во второй половине июля 1972 г. средняя биомасса зоопланктона открытого прибрежного мелководья ($0,49 \text{ г/м}^3$) была почти вдвое ниже, чем в открытом водохранилище ($0,83 \text{ г/м}^3$).

В июле 1973 г. средняя биомасса зоопланктона открытого мелководья ($0,29 \text{ г/м}^3$) была в 3 раза меньше, чем в открытом плесе ($0,87 \text{ г/м}^3$). Особенно беден зоопланктон у торфянистых и каменистых берегов. Так, на ст.3I биомасса была $0,22 \text{ г/м}^3$, на ст.I6 - $0,13 \text{ г/м}^3$, на ст.27а - $0,21 \text{ г/м}^3$.

По всему водохранилищу в 1971-73 гг. обнаружены личинки *Dreissena*. Они встречались как в прибрежном мелководье (до 177 тыс.экз./м^3 у пос.Легково в июле 1973 г.), так и в глубоководной зоне (до 205 тыс.экз./м^3 , Весьегонское расширение, август 1971 г.).

Обследование прибрежных мелководий водохранилища за пределами района Борка показало, что в общем сохранились те же соотношения, что и в 1950-х годах. Наиболее бедно зоопланктоном открытое прибойное мелководье, где биомасса зоопланктона ниже, чем в глубоководной зоне водохранилища. Защищенные прибрежные мелководья богаче зоопланктоном, но различия невелики; это объ

иется тем, что в условиях 1971-72 гг. верхний заросший горизонт не был затоплен и сборы производились собственно на нижнем горизонте, что и видно по составу зоопланктона, в котором обычно прибрежные виды перемешивались с пелагическими.

Сравнение зоопланктона прибрежного мелководья
в 1953-54 и 1971-74 гг.

При сравнении наших данных по составу и сезонной динамике зоопланктона прибрежных мелководий с данными 50-х годов видим в общем значительное сходство. В многоводном 1953 г. наблюдалось два максимума в развитии зоопланктона: первый — в конце мая за счет *Asplanchna*, которая везде резко преобладала. Средняя биомасса зоопланктона в верхнем горизонте была $4,06 \text{ г/м}^3$, а в нижнем — $2,18 \text{ г/м}^3$. Второй максимум зоопланктона наблюдался в верхнем горизонте прибрежья в конце августа, за счет прибрежных зарослевых кладоцер: *Euryserges*, *Chydorus*, *Ceriodaphnia*, *Simoscephalus*, при средней биомассе зоопланктона $3,60 \text{ г/м}^3$. В нижнем горизонте биомасса зоопланктона, который был представлен как прибрежными, так и пелагическими кладоцерами, напротив, сильно понизилась.

В относительно многоводных 1971 и 1974 гг. уровень воды достиг максимума поздно (в начале-середине июня), тогда как в 1953 г. уровень уже в начале мая был проектным. В связи с этим значительно позже наблюдался и первый максимум биомассы зоопланктона (начало-середина июня). В 1971 г. он был вызван развитием в верхнем горизонте *Asplanchna priodonta* (как и в 1953 г.) и прибрежного *Polypheus pediculus* (средняя биомасса зоопланктона $2,2 \text{ г/м}^3$); в нижнем горизонте, как и в 1953 г., за счет прибрежной *Bosmina longirostris* и пелагических *B. coregoni coregoni*, *Daphnia cucullata*, *D. cristata* (средняя биомасса зоопланктона $1,5 \text{ г/м}^3$). Второго максимума не было.

В 1974 г. максимум биомассы зоопланктона в верхнем горизонте наблюдался за счет обильного развития, главным образом; *Polyphemus* при средней биомассе зоопланктона $7,15 \text{ г/м}^3$; в нижнем горизонте — за счет развития коловраток (*Asplanchna*, *Asplanchna*, *Keratella quadrata*, *Conochilus unicornis*) и клadoпер, как прибрежных (*Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*), так и гилеских (*Daphnia cucullata*, *D. longispina*, *Bosmina coregoni coregoni*) при средней биомассе $2,75 \text{ г/м}^3$. Второй максимум биомассы зоопланктона в верхнем горизонте наблюдался в середине августа, т.е. несколько раньше, чем в 1953 г., но за счет тех же прибрежных клadoпер, т.е. *Simoscephalus*, *Ceriodaphnia*, *Chydorus*, а также *Polyphemus*, который в августе 1953 г. совсем исчез из планктона. Средняя биомасса была $5,95 \text{ г/м}^3$. В нижнем горизонте как и в 1953 г., биомасса зоопланктона сильно понизилась ($0,75 \text{ г/м}^3$).

Таким образом, в многоводном 1974 г., как и в 1953 г., в развитии зоопланктона в верхнем заросшем горизонте прибрежного мелководья наблюдалось два максимума, но биомасса зоопланктона в 1974 г. была в 1,5–2 раза выше. В нижнем горизонте в обоих случаях был один максимум со средней биомассой зоопланктона одного порядка.

Богатство 1974 г. обеспечено тем, что в этом году была затоплена прибрежная зона, сильно заросшая за предыдущие годы низкого уровня наземной растительностью.

В 1971 г., в условиях неполного и кратковременного затопления прибрежья, в развитии зоопланктона наблюдался один максимум (в начале июня). Средняя биомасса зоопланктона в верхнем горизонте была в 2 раза ниже, а в нижнем горизонте — в 1,5 раз ниже, чем в 1953 г.

В маловодные 1954 и 1972 гг. максимальный подъем биомассы зоопланктона наблюдался в конце июня и определялся ветвистоусыми, в которых преобладали пелагические, *Bosmina coregoni coregoni*, *Daphnia longispina*, а в 1972 г. также *D. cucullata* и *D. pulex*. Максимальная средняя биомасса зоопланктона в 1972 г. была $5,2 \text{ г/м}^3$ против $1,9 \text{ г/м}^3$ в 1954 г., т.е. в 2,7 раза выше.

Следует отметить, что в чрезвычайно жарком и маловодном 1974 г. биомасса зоопланктона в Рыбинском водохранилище вообще была повышена.

В целом зоопланктон прибрежных мелководий в маловодном году находился под сильным влиянием открытого водохранилища и был лишь немногим богаче зоопланктона открытых плесов ($1,50 \text{ г/м}^3$ против $1,04 \text{ г/м}^3$ по средней за время нахождения под водой). В многоводные годы (каким был 1974 г.) в защищенных от волнений зарастающих участках водохранилища, несомненно, создаются благоприятные условия для воспроизводства рыб, благодаря наличию (помимо субстратов для нереста) более обильного корма для молодки, чем в маловодные годы.

При сравнении зоопланктона защищенных, полузащищенных и открытых мелководий подтверждаются ранее высказанные выводы [9] о том, что оптимальные условия для развития зоопланктона в Рыбинском водохранилище складываются в защищенном прибрежном мелководье. Развитие зоопланктона на открытых прибрежных мелководьях лимитируется волновым воздействием. Своеобразие условий обитания зоопланктона в защищенном прибрежном мелководье, особенно в верхнем горизонте, по-прежнему сказывается на видовом составе и уровне развития зоопланктона. В верхнем горизонте развиваются специфические для прибрежья формы кладоцер; в нижнем горизонте к ним примешиваются пелагические виды.

Приведенные данные показывают, что не только в 1974 г., но и в 1971 г. в условиях неполного и кратковременного затопления зоопланктон по составу, обилию и динамике, как и в 50-е годы, сильно отличался от зоопланктона Волжского плеса за пределами побережья. Средняя биомасса зоопланктона прибрежных мелководий по сравнению с таковой глубоководной зоны открытого водохранилища была в 3-4 раза выше.

Из изложенного видно, что выводы, сделанные Ю.И.Сорокиным и Д.М.Стариковой [14,15] о том, что к концу 1960-х годов зоопланктон в побережье Рыбинского водохранилища сильно изменился и по составу, биомассе и динамике стал очень сходным с зоопланктоном открытых плесов, не подтвердились. Авторами не совсем удачно было выбрано расположение станций для характеристики прибрежной мелководной заросшей зоны. Так, одна из станций (ст.3) находилась в устье р.Сутки, т.е. в особых условиях; другая (ст.2) вовсе не подходила для характеристики прибрежной заросшей зоны, располагаясь среди пней и коряг; единственная точка, характеризующая открытое водохранилище, находилась в предустьевом районе Волги (ст.1). В результате неудачного расположения станций и ограниченного числа наблюдения авторы не могут дать достоверного материала для сравнения прибрежного мелководья и открытой части водохранилища.

Итак, несмотря на продолжавшееся формирование побережья и сильное сокращение защищенной прибрежной зоны, характерные особенности ее зоопланктона, выявленные еще в 1950-х годах, сохранились. Как и ранее, защищенная и зарастающая прибрежная зона представляет собой зону наиболее высокой продуктивности зоопланктона, в котором состав, сезонная динамика и обилие совершенно иные, чем в основном водохранилище за пределами побережья.

II. Иваньковское водохранилище

В Иваньковском водохранилище мелководья занимают около 48% его площади [6]. Очевидно, роль их в процессах биологического продуцирования чрезвычайно велика. Мелководья интенсивно зарастают высшей водной растительностью, площадь которой составляет теперь уже до 24% всей площади водохранилища. Наиболее распространены сообщества с господством осоки, манника, тростника, хвоща, рдеста, урути, телореза. Годовая продукция органического вещества высшей водной растительности равна $75,8 \text{ г/м}^2$ [22].

Интенсивному зарастанию мелководий макрофитами благоприятствуют постоянный летний уровень воды, небольшая проточность водохранилища, отсутствие значительного волнения и изрезанность береговой линии. На некоторых участках водоема идут процессы прогрессивного заболачивания, ухудшаются условия нереста и особенно нагула молоди рыб [4].

В 1973 г. сбор зоопланктона производился в рейсах и стационарно. Рейсы по всему водохранилищу были выполнены 15–20 мая, 13–23 июня, 4–9 августа, 7–14 октября. Во время рейсов были обследованы защищенные и открытые мелководья и для сравнения предлагаемые районы глубоководной зоны с глубиной 10–15 м.

Стационарные исследования с апреля по октябрь были организованы в Большом Корчевском заливе, расположенном на правом берегу Нижнего (Иваньковского) плеса. Берега залива сплошь окаймлены зарослями манника, телореза, камыша, образующих местами сплавины. На глубине до 1 м обильно развиваются заросли роголистника, рдеста, гречихи земноводной. Пробы зоопланктона отбирались еженедельно на следующих четырех станциях: ст. I –

– глубина 0,5 м, сплошные заросли макрофитов; эта станция относится к верхнему горизонту побережья; ст.2 – глубина 1,0 м, более редкие заросли макрофитов; ст.3 – глубина 1,5 м, отдельные куртины; ст.2 и 3 можно отнести к нижнему горизонту; ст.4 – глубина 5,0 м, устье залива, зарослей нет; характеризовала прилегающую глубоководную зону.

Грунты на глубине 0,5–1,0 м покрыты отмершей растительностью, на глубине 1,5 м преобладает заиленный песок, на гл. 5,0 м – серые илы.

Всего в 1973 г. собрано и обработано 180 проб зоопланктона.

Зоопланктон Иваньковского водохранилища в прибрежной зоне мало изменился по составу с 1950-х гг. Можно отметить лишь появление в 1973 г. во многих местах ранее не встречавшихся *Moina micrura* и *Boeinopsis deitersi* [9], найденных, впрочем, главным образом за пределами побережья. В общем видовой состав зоопланктона примерно такой же, как в Рыбинском водохранилище, хотя соотношение доминирующих форм несколько отличается.

Зоопланктон мелководий Б.Корчевского залива

В е с н а

В конце апреля – начале мая зоопланктон на всех станциях был почти однороден. Из коловраток встречались *Asplanchna priodonta*, *Synchaeta*. Копеподы были представлены науплиями и копеподами, а клопоперы – *Boeina longirostris*, *Chydorus sphaericus*. Биомасса зоопланктона была незначительной. В середине мая началась дифференциация зоопланктона. Состав коловраток пополнился *Keratella quadrata*, *Ceriodaphnia hippocrepis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Brachionus calyciflorus*, *Br. angularis*, *Buchlania dilatata*. В конце мая стала резко преобладать *Asplanchna priodonta*,

которая на отдельных станциях достигла численности 1,460 тыс. экз./м³ (ст.2) и биомассы 2,37 г/м³ (ст.3). Ст.1 в верхнем горизонте была бедна коловратками (до 0,26 г/м³), но здесь в конце мая наблюдалось массовое развитие *Bosmina longirostris* (З.И.У. дала биомассу до 22,8 г/м³); в среднем биомасса зоопланктона была высокой – 13,1 г/м³ (рис.4, А).

На ст.2 и 3 биомасса *Bosmina longirostris* была меньше – 3,19 – 3,38 г/м³. Из копепоид развивались, в основном, науплии и копеподиты, но биомасса их была незначительна. Средняя биомасса зоопланктона была 3,4 г/м³ (рис.4, Б), т.е. почти в 4 раза ниже, чем на ст.1.

Л е т о

В начале июня в верхнем горизонте (ст.1) численность коловраток достигла 604 тыс.экз./м³ и биомасса – 0,96 г/м³ за счет *Conochilus hippocrepis*. Кладоцеры были представлены *Ceriodaphnia pulchella*, *Bosmina longirostris*, *Camptocercus rectirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus sphaericus*. Из копепоид встречались науплии, копеподиты и *Mesocyclops leuckarti* (до 0,94 г/м³). Общая биомасса зоопланктона составляла 5,36 г/м³. К концу месяца коловратки почти исчезли, копепоиды остались в том же составе, но массового развития достигла *Ceriodaphnia* (давшая биомассу до 10 г/м³).

На ст.2 и 3 в начале июня наблюдался максимум развития зоопланктона за счет, главным образом, *Bosmina longirostris*. Средняя биомасса зоопланктона была 6,35 г/м³. В середине июня биомасса зоопланктона резко снизилась до 0,5 г/м³, но к концу месяца опять повысилась за счет развития кладоцер (прибрежных *Chydorus sphaericus*, *Diaphanosoma pediculus*) а также пелагической

Daphnia cucullata и копепоид (науилии, копепоиды, *Mesocyclops leuckarti*) .

В начале-середине июля на ст. I наблюдался максимум в развитии зоопланктона, главным образом, за счет клadoцер. Наблюдалось массовое развитие *Ceriodaphnia pulchella*, достигшей биомассы $46,6 \text{ г/м}^3$; значительного развития из клadoцер достигли также *Sida crystallina* (до $9,12 \text{ г/м}^3$), *Diaphanosoma brachyurum* (до $3,96 \text{ г/м}^3$) и ряд хидорид (*Pleuroxus truncatus*, *Camptocercus rectirostris*, *Graptoleberis testudinaria*. Коловраток почти не было. Из копепоид встречались науилии, копепоиды *Mesocyclops leuckarti*, *M. crassus*, *Eucyclops serrulatus*, но биомасса их была незначительна.

В верхнем горизонте (ст. I) средняя биомасса зоопланктона в период максимума была почти в 30 раз выше, чем на ст. 2 и 3, где она составляла всего $1,2 \text{ г/м}^3$, причем в состав зоопланктона входили и прибрежные, и пелагические виды (*Chydorus*, *Diaphanosoma*, *Daphnia cucullata*) .

В августе в верхнем горизонте (ст. I) произошло снижение численности ветвистоусых, хотя они и продолжают составлять основную часть биомассы (*Ceriodaphnia pulchella* - до 2 г/м^3 , *Sida crystallina* - до $3,6 \text{ г/м}^3$). Средняя биомасса составляла $5,85 \text{ г/м}^3$. В середине месяца появляются разнообразные коловратки, но биомасса их очень незначительна. На ст. 2 и 3 зоопланктон был представлен ветвистоусыми *Daphnia cucullata*, *Boeckina longirostris*, а также хидоридами *Camptocercus rectirostris*, *Pleuroxus truncatus*, *Graptoleberis testudinaria* и другими. Из копепоид встречались *Mesocyclops leuckarti*. Средняя биомасса зоопланктона была $1,9 \text{ г/м}^3$, т.е. втрое ниже, чем в верхнем горизонте.

О с е н ь

В сентябре биомасса зоопланктона продолжает понижаться. Причем ее основную часть на всех мелководных станциях составляют прибрежно-фитофильные ветвистоусые *Camptocercus rectirostris*, *Pleuroxus truncatus*, *Pl. aduncus*, *Chydorus sphaericus*. В небольшом количестве были найдены личинки *Dreissena* — до 7 тыс. экз./м³ (ст. I).

В начале октября, когда температура воды сильно понизилась (до 8–9°C), зоопланктон стал еще беднее. Коловраток почти не было. Численность ветвистоусых и веслоногих рачков чрезвычайно снизилась. Из ветвистоусых встречались прибрежно-фитофильные виды, дававшие незначительную биомассу.

На глубоководной ст. 4 зоопланктон в конце апреля — первой половине мая был беден. К концу месяца появилась *Asplanchna priodonta* (З.У. дала биомассу 1,90 г/м³). Из копепоид встречались науплии, копеподиты, *Mesocyclops leuckarti* (до 0,81 г/м³). Среди клadoпер — *Daphnia cucullata*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus* (до 1,32 г/м³). Максимум в развитии зоопланктона был отмечен в начале июня, как и на ст. 2 и 3, за счет клadoпер *Bosmina longirostris* (до 1,90 г/м³), *Daphnia cucullata*, *Chydorus sphaericus*. Из копепоид встречались те же формы, что и в конце мая; биомасса их была незначительной. Видовой состав коловраток был разнообразен: *Polysarthra dolichoptera*, *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Conochilus hippocrepis*, *Filinia longisetata*, *Kellicottia longirima* и другие. Средняя биомасса зоопланктона в период максимума была 3,37 г/м³ (рис. 4, В), т.е. вдвое ниже, чем на мелководных ст. I–3.

В середине июля — начале августа значительного развития достигли *Daphnia cucullata* и копепоиды. В дальнейшем численность

Т а б л и ц а 4

Среднемесячные численность (тыс. экз./м³) и биомасса (г/м³) зоопланктона мелководной и глубоководной зон Б. Корчевского залива в 1973 г.

№ станций	Глубина, м	Среднемесячная численность								Среднее за сезон
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
1	0,5	88	1,674	829	1,831	356	251	118	1,287	
2	1,0	45	814	747	146	149	79	130	302	
3	1,5	73	583	398	169	367	188	102	269	
4	5,0	61	549	235	162	270	89	94	209	
Среднемесячная биомасса										
1	0,5	0,40	7,10	7,65	22,95	4,07	2,91	1,00	6,59	
2	1,0	0,12	2,26	4,17	0,59	0,55	0,46	0,34	1,21	
3	1,5	0,13	1,76	2,32	1,34	2,20	0,62	0,30	1,24	
4	5,0	0,11	1,66	1,90	1,71	1,75	0,42	0,33	1,13	

и биомасса зоопланктона упали. Встречалась личинка *Dreissena* (до 1,5 тыс. экз./м³ в сентябре). В составе зоопланктона глубоководной ст. 4 руководящими формами из кладоцер были *Daphnia cucullata* и *Boeckmannia longirostris*, что наблюдалось и в 1950-е годы [7].

Таким образом, максимальная численность и биомасса зоопланктона на протяжении всего сезона (в июле) наблюдалась в июле в верхнем горизонте (ст. 1) (табл. 4). Ст. 2 и 3 мало отличались по численности и биомассе зоопланктона от глубоководной ст. 4. В среднем за сезон численность и биомасса зоопланктона на мелководье была выше, чем в глубоководной зоне, в 3 раза.

Сравнивая защищенное мелководье Б. Корчевского залива в 1973 г. и район Борка в Рыбинском водохранилище в 1974 г. (когда заливался весь верхний горизонт), видим, что массовое развитие зоопланктона в верхнем горизонте в Корчевском заливе наступает раньше (в конце мая) за счет *Boeckmannia longirostris*, которая дает биомассу до 22,8 г/м³; у Борка в это время этот горизонт еще не был затоплен, а первый максимум зоопланктона в верхнем поясе верхнего горизонта наступает в середине – конце июня за счет *Polyphemus pediculus* (до 11,14 г/м³). Но уже в середине июля верхний пояс верхнего горизонта высох, тогда как в это время в Корчевском заливе на ст. 1 наблюдался второй чрезвычайно высокий максимум в развитии зоопланктона за счет *Ceriodaphnia pulchella* (до 46,6 г/м³).

Ст. 2 и 3 с глубинами 1–1,5 м в Корчевском заливе мало отличаются по численности и биомассе зоопланктона от глубоководной ст. 4. В прибрежье у Борка они занимают также промежуточное положение между верхним горизонтом и открытым водохранилищем. На глубинах 1–1,5 м в обоих случаях доминируют и прибрежные, и

Т а б л и ц а 5

Численность, тыс. экз./м³ и биомасса, г/м³ (2) зоопланктона
прибрежных мелководий Нижнего плеса Иваньковского водохранилища в 1973 г. (на глубине 0,5-1,5 м)

С т а н ц и я	У		УІ		УШ		Х	
	I	2	I	2	I	2	I	2
Омутнинский зал.	463	1,03	502	2,04	157	2,47	84	0,29
Коровинский зал.	327	1,13	144	1,16	229	1,46	79	0,27
Перетрусковский зал.	246	1,1	211	1,39	251	0,82	41	0,17
IV разрез, б.пойма	657	2,18	306	2,13	222	1,95	74	0,39
Б.Корчевский зал.	1024	3,71	658	4,72	291	2,27	117	0,55
Городище, б.пойма	881	0,93	460	2,86	261	1,26	92	0,42
Скрялево, б.пойма	1636	2,47	353	0,88	343	2,93	86	0,36
Средняя:	748	1,66	376	2,17	251	1,88	82	0,35

пелагические формы клadoпер (В Корчевском заливе — *Boeckella longirostris*, *Daphnia cucullata*, *Chydorus sphaericus*, у Борка те же первые два вида, но вместо третьего *Polyphemus*).

Зоопланктон других прибрежных районов Иваньковского водохранилища

В мелководной прибрежной зоне водохранилища за пределами Корчевского залива было сделано 24 станции, из них основное количество (19) станций приходится на Иваньковский (Нижний плес). Пробы брались на глубинах 0,5–1,5 м, преимущественно в зарослях макрофитов.

Эти сборы показали, что зоопланктон в прибрежной зоне по всему водохранилищу имеет такой же характер, что и в Корчевском заливе. Везде преобладают прибрежные и эвритопные виды клadoпер (*Ceriodaphnia pulchella*, *Diaphanosoma*, *Chydorus sphaericus*, *Polyphemus*, *Boeckella longirostris*), местами с примесью пелагических (*Daphnia cucullata*). Летом во многих местах встречались *Boia micrura* (с численностью до 14000 экз./м³) и личинки дрейссены. В августе возрастает количество хидорид. Средняя биомасса в июне и августе сравнительно невысока (1,9–2,2 г/м³); пониженная биомасса, как и наличие пелагических форм, обусловлены тем, что зоопланктон собирался преимущественно не на самом верхнем горизонте, а на глубине около 1 м.

Рассматривая отдельно зоопланктон в защищенных и открытых участках побережья, видим, что, во-первых, он богаче, однако разница между ними гораздо меньше, чем в Рыбинском водохранилище. В защищенном побережье Иваньковского водохранилища биомасса зоопланктона в среднем составляет 4,12 г/м³, т.е. только вдвое выше, чем на открытом (1,99 г/м³). Главная причина это-

Т а б л и ц а 6

Численность и биомасса зоопланктона различных
типов мелководий Иваньковского водохранилища (август 1973 г.)

Станция	Глубина, м	Тип мелководий	Численность, тыс. экз./м ³	Биомасса, г/м ³
(Нижний) Иваньковский плес				
Коровинский з-в	0,5-1,5	Защищенное	229	1,4
Омутнинский з-в	0,5-1,5	Защищенное	157	2,4
Перетрусовский з-в	0,5-1,5	Открытое	251	0,8
IV разрез, л/б пойма	I -1,5	Открытое	222	1,9
Б.Корчевской з-в	0,5-1,5	Защищенное	291	2,2
Залив Бабня	0,5-1,5	Защищенное	423	4,6
Городище, л/б пойма	0,5-1,5	Открытое	261	1,2
Р.Созь	0,5-1,0	Открытое	245	0,6
Скрылево, л/б пойма	0,5-1,5	Защищенное	343	2,9
Водянский плес:				
Устье, р.Орша	0,5	Защищенное	628	9,0
с.Кривое	0,5-1,0	Открытое	331	5,2
Шошинский плес:				
р.Шоша, устье	0,5-1,0	Защищенное	1689	6,3
Средняя биомасса по водохранилищу:		Защищенное при- брежье	537	4,1
		Открытое при- брежье	262	1,9

го заключается, конечно, в том, что в сравнительно небольшом и узком Иваньковском водохранилище прибойная волна, размывающая берега, значительно слабее, чем в Рыбинском.

Кроме того, как указывалось, во время рейсов было собрано недостаточно материала по наиболее богатому верхнему горизонту.

Сравнивая зоопланктон прибрежья Иваньковского водохранилища в 1973 и 1955–56 гг., видим, что существенных изменений в нем не произошло, но в летние месяцы он стал богаче. В августе 1973 г. общая биомасса прибрежного зоопланктона в Иваньковском и Шошинском плесе в 3–5 раз больше, чем в 1956 г. Повышение биомассы зоопланктона наблюдалось и в открытых плесах (за пределами прибрежной зоны) [1].

Увеличение количества зоопланктона и появление новых видов *Moine* можно рассматривать как признак эвтрофирования водоема.

Основные результаты

1. Зоопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища по видовому составу мало изменился с 1950-х гг. Наблюдалось лишь появление личинок дрейссены, видов *Bythotrephes* временами (в 1974 г.) *Moine brachiata*, но доминирующие виды остались теми же.

2. В защищенных от волнения и зарастающих макрофитами прибрежных мелководьях Рыбинского водохранилища зоопланктон в 1971–74, как и в 1950–60-х гг., имеет совершенно иной состав и значительно богаче, чем в открытых плесах. При этом он наиболее богат в верхнем горизонте, для которого характерно, что планктон состоит почти исключительно из прибрежных, часто фитофильных форм. Средняя биомасса зоопланктона несколько выше, чем в 1960-х гг., в периоды максимумов составляет 6–8 г/м³.

3. Динамика развития зоопланктона в прибрежье также отличалась

чем в основных плесах водохранилища. Зоопланктон развивается значительно скорее и даже при позднем (майском) затоплении прибрежья его первый максимум наблюдается заметно раньше, чем за пределами прибрежья.

4. Особенности зоопланктона прибрежья, при затоплении до НПГ, наиболее сильно развиты в самом верхнем горизонте с глубиной до 1 м. Но даже в условиях пониженного уровня (как в 1971 г.) в защищенном прибрежье они хорошо выражены.

Нижний горизонт прибрежной зоны (с глубиной более 1-1,5 м), лишенный хорошо развитых зарослей, занимает промежуточное положение. В составе зоопланктона есть и прибрежные, и пелагические формы, общая биомасса его ниже, чем на верхнем горизонте.

5. На открытом прибрежье Рыбинского водохранилища, с песчаным дном и сильным волнобоем, как и ранее, зоопланктон беднее, чем в открытом плесе, его средняя биомасса 0,3-0,5 г/м³. В его составе преобладают пелагические формы. Зоопланктон полузащищенных мелководий не отличается своеобразием и сходен с зоопланктоном открытого водохранилища.

6. Таким образом, характерные особенности зоопланктона прибрежной зоны в Рыбинском водохранилище сохранились, и она по-прежнему представляет собой наиболее продуктивную зону водоема, живущую другой жизнью, чем его открытые плесы. Однако площадь зарастающего прибрежья за последние десятилетия сильно сократилась, и поэтому роль прибрежной зоны в продуктивности водохранилища должна была значительно уменьшиться.

7. В Иваньковском водохранилище прибрежная зона отличается более густыми и несколько иными по составу зарослями в защищенных участках и ослабленным прибойным волнением в размыве в открытых участках.

Зоопланктон в прибрежной зоне здесь тоже сильно отличается от зоопланктона открытых плесов и значительно богаче его, особенно в верхнем горизонте.

8. По составу он в общем сходен с зоопланктоном Рыбинского, но отличается преобладанием видов *Ceriodaphnia* над *Bosmina longirostris*, которая населяет здесь и открытые плесы, более частой встречаемостью *Sida* и других фитофильных кладопер, наличием *Moina micrura*, но немногочисленностью личинок дрейссены.

9. По обилию в Иваньковском водохранилище зоопланктон в прибрежье значительно богаче, чем в Рыбинском. Средняя биомасса зоопланктона в несколько раз больше, чем в Рыбинском водохранилище. В период максимумов в Иваньковском водохранилище в верхнем горизонте биомасса зоопланктона, особенно за счет *Ceriodaphnia*, составляет 10–30 г/м³. Но различие между защищенным и открытым прибрежьем здесь заметно меньше, так как открытое прибрежье далеко не так обеднено прибоем, как в Рыбинском (летняя биомасса зоопланктона здесь около 2 г/м²).

10. В обоих исследованных водохранилищах в зоопланктоне прибрежной зоны наблюдаются признаки эвтрофирования, выражающиеся в появлении видов *Moina* в некотором повышении обилия.

Литература

1. Д з ю б а н Н.А. и Р и в ь е р Т.К. Современное состояние зоопланктона Волги. "Волга-2". Вторая конференция по изучению водоемов бассейна Волги. Борок, 1974.
2. Д ь я ч е н к о И.П. Фауна зарослей прибрежной зоны Иваньковского и Угличского водохранилищ. Изв. Гос.НИИОРХ, т.67. Л., 1968.
3. З и м и н о в а Н.А. и К у р д я н В.П. Формирование

- рельефа и грунтов мелководий Рыбинского водохранилища. Тр. Инст.биол.внутр.вод АН СССР, 1968, 16 (19).
4. И л ь и н а Л.К. и Н е б о л ь с и н а Т.К. Естественное воспроизводство рыбных запасов водохранилищ Волги. "Волга-2". Вторая конференция по изучению водоемов бассейна Волги. Борок, 1974.
 5. К у р д и н В.П. Формирование рельефа и грунтов банок расширенной части Волжского плеса Рыбинского водохранилища. Тр. Инст.биол.внутр.вод АН СССР, 1965, 7 (10).
 6. М е л ь н и к о в а В.Л. Мелководья Иваньковского водохранилища. В об. "Влияние Иваньковского водохранилища на природу и хозяйство прибрежных территорий". Калинин, 1973.
 7. М о р д у х а й - Б о л т о в с к а я Э.Д. Зоопланктон Иваньковского и Угличского водохранилищ в 1955-56 гг. Тр. Инст.биол. водохр. АН СССР, 1959, I (14).
 8. М о р д у х а й - Б о л т о в с к о й Ф.Д. Материалы по среднему весу беспозвоночных бассейна Дона. Тр. проблемн. и тематич. совещ. ЗИН АН СССР, 1954, вып.2.
 9. М о р д у х а й - Б о л т о в с к о й Ф.Д. Фауна беспозвоночных прибрежной зоны Рыбинского водохранилища (общий обзор). Тр. Дарвинского гос.заповедника "Природные ресурсы Молого-Шекснинской низины. Рыбинское водохранилище", (часть III). Вологда, 1974.
 10. М о р д у х а й - Б о л т о в с к о й Ф.Д., М о р д у х а й - Б о л т о в с к а я Э.Д. и Я н о в с к а я Г.Я. Фауна прибрежной зоны Рыбинского водохранилища. Тр. биол.ст. "Борок" АН СССР, 1958, 3.
 11. М о р д у х а й - Б о л т о в с к о й Ф.Д. и С т о л б у н о в а В.Н. О нахождении *Notna brachista* (Jurine, 1820)

- (Cladocera) в Рыбинском водохранилище. Информ. бюлл. Инст.биол. внутр.вод АН СССР, 1975, 28.
12. Н е и з в е с т н о в а - Ж а д и н а Е.С. Планктон Иваньковского водохранилища в 1937-38 гг. Тр. Зоолог. инст. АН СССР, 1941, т. УП.
13. С м и р н о в Н.Н. Chydoridae фауны мира. В кн. "Фауна СССР. Ракообразные", т. I, вып. 2, 1971.
14. С о р о к и н Ю.И. Сезонная динамика продуктивности планктона прибрежья и открытой части Волжского плеса Рыбинского водохранилища. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 1969, 3.
15. С т а р и к о в а Д.М. и С о р о к и н Ю.И. Сезонные наблюдения за динамикой биологических процессов в Волжском плесе и прибрежной зоне Рыбинского водохранилища. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 1971, II.
16. С т о л б у н о в а В.Н. О зоопланктоне прибрежной зоны Рыбинского водохранилища по данным 1971 г. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 1973, 20.
17. С т о л б у н о в а В.Н. Особенности зоопланктона прибрежной зоны Рыбинского водохранилища в 1972 г. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 1974, 22.
18. С т о л б у н о в а В.Н. Видоизмененная модель планктонобатометра ДК для работы в прибрежной зоне. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 1976, 34.
19. С т о л б у н о в а В.Н., Р и в ь е р И.К., П и д г а й - к о М.Л. Новые для Иваньковского водохранилища виды планктонных Cladocera Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 1975, 28.
20. Ф е н ю к В.Ф. Донная фауна Иваньковского и Угличского водохранилищ. Тр. Инст. биол. водохр. АН СССР, 1959, I (4).

21.Экзерцев В.А., Белавская А.П., Кутова Т.Н. Растительность Рыбинского водохранилища. В сб.

"Рыбинское водохранилище и его жизнь". "Наука", 1970.

22.Экзерцев В.А. и Довбня И.В. Годовая продукция гидрофильной растительности водохранилищ Волги. "Волга-2" Вторая конференция по изучению водоемов бассейна Волги. Борок, 1974.

СОДЕРЖАНИЕ

Ф.Д.Мордухай-Болтовской. Исследования мелководной прибрежной зоны водохранилищ верхней Волги	3
С.С.Бакастов. Изменение площадей и объемов мелководий Рыбинского водохранилища в зависимости от его наполнения	13
В.П.Курдин. Особенности формирования и распределения донных отложений мелководий Рыбинского водохранилища . . .	23
С.С.Бакастов. Температурный режим осушной зоны Рыбинского водохранилища	42
Т.Ф.Микрякова. Некоторые данные по содержанию биогенов в прибрежных водах Рыбинского водохранилища	57
В.Е.Синельников. Об особенностях распада легкоокисляющихся органических веществ в воде мелководьев (модельные опыты)	65
Г.Л.Марголина, В.В.Куклин. Микробиологические процессы в зарослях высших водных растений Рыбинского водохранилища	74
Е.Л.Башкатова. Фитопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища по наблюдениям 1971-1972 гг.	84
И.Л.Пырина, Е.Л.Башкатова, Л.Е.Сигарева. Первичная продукция фитопланктона в мелководной зоне Рыбинского водохранилища в 1971-1972 гг.	106
В.А.Елизарова и Л.Е.Сигарева. Содержание пигментов фитопланктона в мелководной зоне Рыбинского водохранилища	133
Б.Ф.Жуков. Бесцветные жгутиконосцы в мелководной зоне Рыбинского водохранилища	148
Н.В.Мамаева. Планктонные инфузории прибрежной зоны Рыбинского водохранилища	152

- Н.В.Мамаева. К вопросу о значении инфузорий в жизни мелко-
водной зоны Рыбинского водохранилища 162
- В.Н.Столбунова. Зоопланктон прибрежной зоны Рыбинского и
Иваньковского водохранилищ в 1971-1974 гг. 170

Contents

Ph.D.Mondukhai-Boltovskoi. Studies of the shallow shore zone of the Upper-Volga reservoirs.	3
S.S.Bakastov. Changes of the areas and volumes of the shallows of the Rybinskoe reservoir depending on its filling	13
V.P.Kurdir. Formation of the bottom sediments and their distribution in the Rybinskoe reservoir.	23
S.S.Bakastov. Temperature regime of the temporary drying zone of the Rybinskoe reservoir.	42
T.F.Mikryakova. Some data on the content of the nutrients in the shore waters of the Rybinskoe reservoir.	57
V.E.Sinelnikov. On the decomposition of easilyoxidizable organic matter in the water of the shore zone (the model experiments).	65
G.L.Margolina, V.V.Kuklin. Microbiological processes in the growths of macrophytes in the Rybinskoe reservoir.	74
E.L.Bashkatova. Phytoplankton of the shore zone of the Rybinskoe reservoir. in 1971-1972.	84
I.L.Pyrine, E.L.Bashkatova, L.E.Sigareva. Primary production in the shore-zone of the Rybinskoe reservoir in 1971-1972.	106
V.A.Elizarova, L.E.Sigareva. Content of photosynthetic pigments in the phytoplankton of the shore zone of the Rybinskoe reservoir.	133
B.F.Zhukov. Colourless flagellates in the shallow shore zone of the Rybinskoe reservoir.	148
N.V.Mamaeva. Planctonic ciliates of the shore zone of the Rybinskoe reservoir.	152

- N.V.Mamaeva. On the importance of ciliates in the life
of the shore zone of the Rybinskoe reservoir. I62
- V.M.Stolbunova. Zooplankton of the shore zone of the Ry-
binskoe and Ivankovskoe reservoir in 1971-1974. I70

УДК 574.5

Исследования мелководной прибрежной зоны водохранилищ верхней Волги. М о р д у х а й – Б о л т о в с к о й Ф.Д.
В об. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр.Инст.биол.внутр.вод АН СССР, вып.33 (36). Ярославль, 1976, с. 3-12.

В связи с разработкой проблемы эффективности водохранилищ со 1971 г. в Институте биологии внутренних вод АН СССР началось всестороннее изучение прибрежной зоны Рыбинского и Иваньковского водохранилищ, необходимость которого вызывалась еще и значительными изменениями, которым подверглись эти водоемы за последние десятилетия. Основные наблюдения и еженедельные сборы были выполнены в Рыбинском водохранилище на 5 постоянных станциях в районе Бурка в 1971-74 гг., а в Иваньковском – на 4 постоянных станциях, в Б.Корчевском заливе в 1973-74 гг. Кроме того, во время нескольких рейсов в обоих водохранилищах была обследована прибрежная зона по всему водоему.

Результаты исследований по всем сторонам жизни прибрежной зоны (гидролого-гидрохимический режим, водоросли и беспозвоночные планктона) публикуются вместе в одном сборнике.

Илл.6.

УДК 551.482.211

Изменение площадей и объемов мелководий Рыбинского водохранилища в зависимости от его наполнения.

Б а к а с т о в С.С. В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр. Инст.биол.внутр.вод АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 13-22.

В работе приводятся результаты подсчетов величины площадей и объемов мелководных участков для всего Рыбинского водохранилища и отдельно для основных его плесов до изобаты в 1, 2, 3 и 4 м от НПУ. Анализируется изменение величины осушаемых и затопляемых мелководных территорий водохранилища, происходящее в результате годовых колебаний уровня, за 1947-1973 гг., приводятся соответствующие им величины объемов воды мелководий, оценивается частота и повторяемость осушения и затопления площадей мелководий определенных размеров.

Табл.4, илл.1, обл.3 назв.

УДК 551.482.212

Особенности формирования и распределения донных отложений мелководий Рыбинского водохранилища. К у р д и н В.П. В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ. Тр.Инст.биол.внутр.вод АН СССР, вып.33(36). Ярославль, 1976, с. 23-41.

В статье рассматривается комплекс донных отложений мелководий Рыбинского водохранилища. При перестройке первичного рельефа мелководий под воздействием ветровых волн и ветровой эрозии произошло нивелирование их поверхности. Основная площадь мелководий оказалась занятой обнаженными песчаными и супесчаными почвами и вторичными пылеватými и мелкими песками.

Распределение вторичных песков непостоянно, так как на их расположение большое влияние оказывает ветровой перенос грунта. При летовании мелководий они, примерно до изобаты 1,0-1,5 м, зарастают частухой подорожниковой, ситником членистым и другой высшей растительностью.

Завершенность формирования рельефа мелководий позволяет приступить к выяснению возможности защиты наиболее перспективных участков от волнения и к проведению мелiorативных работ, направленных на присоединение отшнуровавшихся заливов к Главному плесу водохранилища. При положительном решении этих вопросов будут частично восстановлены нерестилища фитофильных рыб, площади для их нагула и угодья естественного воспроизводства водоплавающей дичи.

Табл.2, илл.7, биол.14 назв.

УДК 551.482.214.

Температурный режим осушной зоны Рыбинского водохранилища.
Б а к а о в С.С. В сб. "Гидробиологический режим
прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр.
Инст. биол. внутр. вод АН СССР, вып. 33(36). Ярославль,
1976, с. 42-56.

Работа основана на материалах наблюдений над изменением температурного режима в воде и грунте зоны временного осушения Рыбинского водохранилища за 2 года. Рассматриваются особенности формирования температурного режима в зависимости от различных в разные годы гидрометеорологических условий. Сопоставляются сезонный ход температуры в грунтах весной, при раннем и позднем их затоплении, ход температуры в воде и грунте на открытых и зарастающих участках мелководий в летне-осенний период. Рассматриваются особенности зимнего промерзания илов и супесчаного грунта в зависимости от высоты снежного покрова и суровости зимы, изменения годового хода температуры в двухметровом слое грунта и другие элементы режима.

Илл. 6, биол. I назв.

УДК 556.55(470.316)

Некоторые данные по содержанию биогенов в прибрежных водах Рыбинского водохранилища. М и к р я к о в а Т.Ф.
В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр.Инст.биол.внутр.вод
АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 57-64.

В работе содержатся сведения по биогенным элементам, а именно: нитратам, нитритам, аммиаку и фосфатам в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища. Отмечено повышенное содержание минерального азота и фосфатов в весенний и осенний периоды как в прибрежье, так и на глубине. Летом наблюдается отчетливый минимум минеральных форм N , содержание которых измеряется сотыми или тысячными долями $мг N/л$ и нередко снижается до аналитического нуля. Аммонийный азот выражается близкими величинами и составляет десятые доли $мг N/л$. Количество фосфатов в разные периоды колеблется от тысячных до сотых долей $мг P/л$.

Табл.1, вкл.12, библ.3 назв.

УДК 543.338

Об особенностях распада легкоокисляющихся органических веществ в воде мелководьев (модельные опыты).

С л и н е л ь н и к о в В.Е. В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр. Инст. биол. внутр.-вод. АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 65-73.

Изучен распад олеиновой кислоты, животного жира, глицерина в воде аквариумов, в которые была добавлена бытовая сточная вода. Показано, что в условиях больших концентраций легкораспадающихся органических веществ при их распаде образуются химически активные продукты. Механизм окисления органических веществ в условиях концентрированных сред, которые нередко образуются на мелководьях, отличается от механизма их окисления в водоемах с низкими концентрациями органики.

Табл. I, илл. 3, биол. 6 навв.

УДК 576.8 + 541.144.7

Микробиологические процессы в зарослях высших водных растений Рыбинского водохранилища.

Марголина Г.Л., Куклини Л.П.

В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр.Инст.биол.и внутр.вод. АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 74-ПЗ.

На основании сезонных сборов отмечена существенная разница в интенсивности микробиологических процессов и качества воды различных по степени зарастания участков прибрежной зоны Рыбинского водохранилища. Заросли различных видов растений отличаются по своим гидрохимическим и микробиологическим показателям.

Табл.3, илл.1, биол.14 назв.

УДК 577.475

Фитопланктон прибрежной зоны Рыбинского водохранилища по наблюдениям 1971-72 гг. Башкатова Е.Л.

В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 84-105.

Изучался состав и биомасса фитопланктона разнотипных мелководий Рыбинского водохранилища. Оказалось, что видовой состав фитопланктона отличается от такового глубоководной зоны. Степень различия определяется типом мелководий. Как правило, биомасса фитопланктона выше в прибрежье. Особенно выделяются мелководья подзавищенного типа с глубинами около 1 м без зарослей макрофитов.

Табл. 5, илл. 2, биол. 8 назв.

УДК 541.144.7

**Первичная продукция фитопланктона в мелководной зоне
Рыбинского водохранилища в 1971–1972 гг.**

Пырина И.Л., Башкатова Е.Л., Свигарева Л.Е. В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ".

Тр.Инст.биол.внутр.вод АН СССР, вып. 33(36), Ярославль, 1976, с.106–132.

По результатам двухлетних наблюдений за фотосинтезом фитопланктона дается сравнительная характеристика продуктивности мелководных и глубоководных участков водохранилища.

Интенсивность фотосинтеза в единице объема воды на мелководьях, особенно защищенных и полужащищенных, без зарослей, как правило, выше, чем в примыкающих участках глубоководной зоны. Однако из-за небольшой глубины (меньшей, чем фотическая зона) интегральная величина первичной продукции под 1 м² на мелководных станциях оказывается того же порядка, что и на ближайших глубоководных или ниже. Кроме того, роль мелководий в обогащении органическим веществом всего водоема лимитируется непродолжительным периодом их нахождения под водой. В целом же водные массы районов с большой протяженностью мелководной зоны (Моложский и Шекснинский плесы) продуктивнее тех, которые относятся к участкам со сравнительно небольшой площадью мелководий (Главный плес). Сезонный ход фотосинтеза в тех и других районах в основном аналогичен и повторяет динамику развития фитопланктона.

Табл.8, илл.3, библиограф.16 назв.

УДК 577.472 (028)

Содержание пигментов фитопланктона в мелководной зоне
Рыбинского водохранилища.

Е л и з а р о в а Е.А., С и г а р е в а Л.Е.

В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий
верхневолжских водохранилищ". Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР,
вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 133-147.

Состав и содержание пигментов фитопланктона разнотипных
мелководий Рыбинского водохранилища изучались в 1971-1972 гг.
Спектрофотометрическим методом анализировались хлорофиллы "а",
"b" "с" (S. COR - UNESCO, 1966), сумма растительных каротиноидов
(Parsons, Strickland, 1963), феопигменты и чистый хлоро-
филл "а" (L. senzger, 1967).

Концентрация пигментов в прибрежье обычно выше, чем в близ-
расположенных участках глубоководной зоны - 9-45 мкг/л хлорофил-
ла "а" по данным наиболее подробно изученных станций. Особенно
выделяются защищенные и полужащенные мелководья с глубинами
1-2 м без зарослей или слабо заросшие высшей водной раститель-
ностью.

Для фитопланктона мелководий характерны иные, чем в откры-
той части, величины отношения каротиноиды/хлорофилл "а" - вес-
ной они выше, а летом ниже.

Табл. 4, илл. 5, библиогр. 10 назв.

УДК 592.16

Бесцветные жгутиконосцы в мелководной зоне Рыбинского водохранилища. Жуков Б.Ф. В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр.Инст.биол.внутр.вод АН СССР, вып. 33(11). Ярославль, 1976, с. 148-151.

Приведены первые для Рыбинского водохранилища данные о жгутиконосцах мелководной зоны. За период исследования обнаружено 16 видов. Дана численность, биомасса и сезонная динамика данных организмов в мелководной и глубоководной части водохранилища. Численность и биомасса зоофлагеллат в мелководной части примерно в два раза выше, чем в глубоководной, а их развитие начинается на две недели раньше.

Табл. I, биол. 3 назв.

УДК 574.5 (470.316)

Планктонные инфузории прибрежной зоны Рыбинского водохранилища. М а м а е в а Н.В. В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр.Инст.биол.внутр.вод АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с.152-161.

В планктоне прибрежья и открытой части водохранилища обнаружено 70 видов простейших, из них 65 видов инфузорий. Прибрежная зона отличалась значительно большим видовым разнообразием, чем открытое водохранилище, за счет развития зарослевых форм. Численность инфузорий здесь гораздо выше, до 20 млн.экз./м³, и их развитие наступало значительно раньше. Максимальная численность инфузорий наблюдается в мае; второй пик — за счет развития эпибионтной фауны — приходится на конец июня-июль. Далее численность инфузорий постепенно снижается.

Биомасса простейших в мае заметно больше, чем биомасса зоопланктона, но с июня по сентябрь значительно ниже ее.

Табл.4, илл.3, биол.9 назв.

УДК 574.5 (470.316)

К вопросу о значении инфузорий в жизни мелководной зоны Рыбинского водохранилища. М а м а е в а Н.В.

В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ". Тр.Инст.биол.внутр. вод АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 162-169.

Инфузории, составляющие немалую долю зоопланктона прибрежной зоны, имеют существенное значение в жизни всего водохранилища. Развиваясь весной в массовом количестве ранее других форм зоопланктона, они в этот период служат основными потребителями первичной продукции, вовлекая ее в круговорот веществ в водоеме. Опыты по питанию инфузорий показали, что около 30% продукции фитопланктона весной потребляется инфузориями. Сами инфузории служат пищей для развивающегося хищного зоопланктона и мальков ранонерестящихся рыб. В летние месяцы развитие инфузорий тормозится развитием метазойного зоопланктона, который либо конкурирует с инфузориями в питании, либо употребляет их в пищу.

Табл. I, илл. 2, биол. 5 назв.

УДК 591.524 I2(28)

Зоопланктон прибрежной зоны Рыбинского и Иваньковского водохранилищ в 1971-74 гг. С т о л б у н о в а В.Н.
В сб. "Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхововолжских водохранилищ". Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, вып. 33(36). Ярославль, 1976, с. 170-213.

По данным 1971-74 гг., в защищенных участках прибрежной зоны Рыбинского водохранилища зоопланктон имеет другой видовой состав (состоит из прибрежных форм), значительно богаче, чем в открытых плесах за пределами прибрежья, и отличается иной сезонной динамикой (более раннее наступление максимумов). Эти особенности более выражены в верхнем горизонте; в нижнем горизонте значительную примесь составляют пелагические виды и биомасса ниже. Открытое прибрежье очень бедно зоопланктоном вследствие прибоа. Общие закономерности распределения зоопланктона в прибрежной зоне остались прежними (как в 1950-х годах), хотя состав пополнился несколькими видами, а общая площадь зарастающего прибрежья сильно уменьшилась.

В Иваньковском водохранилище (по данным 1973 г.) защищенное прибрежье зарастает сильнее; зоопланктон в нем по составу немного отличается от Рыбинского, но имеет гораздо более высокую биомассу. На открытом прибрежье зоопланктон обеднен сравнительно мало в связи со слабым прибоем.

В обоих водохранилищах наблюдаются признаки эвтрофирования по составу и возрасту обилию зоопланктона.

Илл. 6, табл. 6, библ. 22 назв.

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРИБРЕЖНЫХ М.Л.КОВОДИЙ
ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Труды, вып. 33(36)

Технический редактор В. Х о д и н о в а
Корректор Л. В о р о н о в а

АК 08057. Подписано в печать 26/II-1976 г. Формат 60x84^I/16.
Печ.л. 10. Уч.-изд.л. 9,7. Заказ 1432. Тираж 800. Цена 68 коп.

Типография Ярославского политехнического института
Ярославль, ул.Советская, 14а
Отпечатано на ротапринте