

57-ка

Калининградский технический институт рыбной
промышленности и хозяйства
МРХ СССР

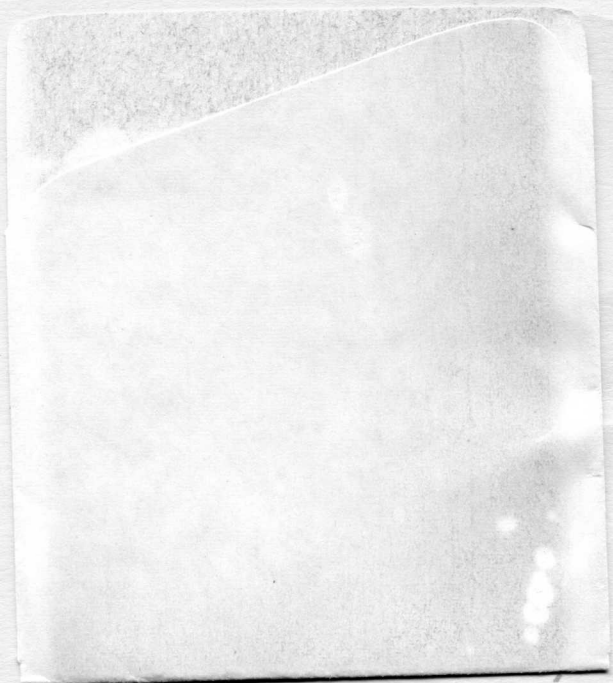
на правах рукописи

АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ Аэлита Вячеславовна

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ПРУДОВ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ
С ПРОДУКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ
ИНТЕНСИВНОГО РЫБОВОДСТВА

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

г. Калининград, 1974 г.



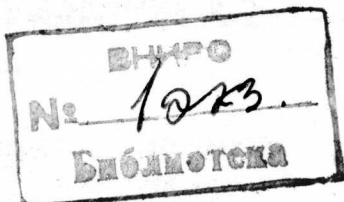
Калининградский технический институт рыбной
промышленности и хозяйства
МРХ СССР

На правах рукописи

АЛЕКСАНДРИЙСКАЯ Аэлита Вячеславовна

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ПРУДОВ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ
С ПРОДУКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ
ИНТЕНСИВНОГО РЫБОВОДСТВА

* АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
на соискание ученой степени кандидата
биологических наук



Калининград, 1974 г.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

1950

1950

1950



Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ).

Научный руководитель - д. г. н. проф. РОССОЛИМО Л.Л.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

1. Доктор биологических наук ПОЛЯКОВ Г.Д.
2. Кандидат биологических наук доцент ТАМАНСКАЯ Г.Г.
3. Ведущая организация - Украинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства. г. Киев.

Автореферат разослан " 4 " сентября 1974 г.

Защита диссертации состоится " 8 " октября 1974 г. в 10 часов на заседании совета Икhtiологического ф-та Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства. (236000. г. Калининград обл., Советский проспект, 1, ауд. 275, телефон 2-67-23).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Ваш отзыв на автореферат в 2-х экз., подписанный и заверенный печатью учреждения, прислать на имя ученого секретаря совета института.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА Г.В.КОНОВАЛОВА

Среди эффективных методов интенсификации прудового рыбодства важная роль принадлежит удобрению прудов. Теория удобрения по причине крайней сложности процессов взаимодействия между внесенными веществами, водой, почвой и гидробионтами разработана недостаточно. Во многом это связано со слабой изученностью почвы прудов, определяющей их биологическую продуктивность. Исследования, посвященные установлению зависимостей между химическими свойствами почвы, гидробионтами и рыбопродуктивностью, весьма немногочисленны (Meehan and Margull, 1943; Stangenberg, 1949; Herber, 1965; Wróbel, 1967).

В задачу наших исследований входило изучение некоторых вопросов генезиса прудовых почв, характера их изменения в условиях интенсивного рыбодства, а также взаимосвязи химических свойств почвы с продукционными процессами.

Результаты исследований изложены в диссертации объемом 193 стр. машинописного текста, иллюстрированной 33 табл., 20 рисунками и фотографиями. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов и списка литературы, включающего 284 наименования, в том числе 81 на иностранных языках.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа выполнялась в 1963-1972 гг. на 25 производственных прудах рыбоводов Псковской, Тульской, Тамбовской, Курской, Белгородской, Воронежской областей и Краснодарского края и на 44 опытных прудах Центральной экспериментальной базы ВНИИПРХ (Московская обл.). Площади прудов колебались от 0,05 до 300 га,

глубины - от 0,5 до 3,0 м. В прудах в основном выращивали карпа в монокультуре; в некоторых случаях применяли небольшую подсажку растительноядных рыб.

В опытных прудах испытывали 12 вариантов удобрения прудов и кормления рыбы. В качестве удобрительных веществ использовали аммиачную селитру, сульфат аммония, аммиачную воду, у-перфосфат и фосфоритную муку. Количество азотных удобрений, внесенных за сезон, составляло от 2 до 37 ц/га, фосфорных - от 1 до 5 ц/га. Количество задаваемого рыбе искусственного корма колебалось в пределах от 6 до 64 ц/га. В связи с тем, что карп обладает сильным удобрительным эффектом, в различных вариантах опыта было рассчитано суммарное количество азота и фосфора, поступившее в пруды за сезон с удобрениями и кормами (табл. I). Основное внимание уделялось изучению режима азота, поскольку дозы азотных удобрений различались в значительно большей степени, чем фосфорных.

Пробы почвы отбирали дюрчерпателем Мордухай-Болтовского. В опытных выростных прудах один образец почвы брали с каждой 50 м², в нагульных - с каждой 100 м², а в производственных - с каждого гектара площади. В слое почвы 0-5 см определяли активную, обменную и гидролитическую кислотности; сумму обменных оснований и степень насыщенности ими почв; общее и водорастворимое органическое вещество; общий, легкогидролизуемый, минеральный азот (аммонийный, нитридный, нитратный); общий и подвижный фосфор. Анализ почв проводили по общепринятым методикам, изложенным в пособиях "Руководство по химическому анализу почв" (Ариункина, 1961) и "Агрохимические методы по-

Таблица I

Количество азота и фосфора, внесенного в опытные пруды в разных вариантах удобрения и кормления рыбы; г/м² (кг/га-10), 1963-1968 гг.

| Варианты опытов | : Выростные пруды | | : Нагульные пруды | |
|---|-------------------|----------|-------------------|-----------|
| | : азот | : фосфор | : азот | : фосфор |
| I | : 2 | : 3 | : 4 | : 5 |
| 1. Контроль без удобрения и кормления | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. Кормление (без удобрения) | 2,1 - 31,9 | 0,6-4,9 | 10,9 - 20,9 | 2,0 - 2,9 |
| 3. 1 мг N/л + 0,05 мг P/л + компост, 100 л/га | 15,6 - 16,4 | 0,6-0,8 | - | - |
| 4. 5 мг N/л + 0,05 мг P/л | 83,2 | 0,8 | - | - |
| 5. 5 мг N/л + (0,05-0,1 мг P/л) + кормление | 82,4 | 3,2 | 145,5 | 4,1 |
| 6. 5 мг N/л + 0,05 мг P/л + компост, 100 л/га | 74,9 - 83,2 | 0,6-0,8 | - | - |
| 7. 5 мг N/л + 0,05 мг P/л + компост, 100 г/га + кормление | 87,3 - 99,9 | 2,6-3,4 | - | - |
| 8. Внесение минеральных удобрений по биологической потребности водорослей + кормление | 20,7 | 5,3 | 33,1 | 6,3 |

Продолжение таблицы I

| I | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------|---------|------|-----|
| 9. Внесение сульфата аммония, аммиачной воды и суперфосфата по гидроагрохимическим показателям + кормление | 24,4-36 I | 3,0-8,7 | - | - |
| 10. Аммиачная вода + фосфоритная мука по дозу + кормление | 24,4 | 3,6 | - | - |
| 11. 2,0 мг м/л + 0,5 мг г/л + кормление | - | - | 59,1 | 6,7 |
| 12. Внесение минеральных удобрений по интенсивности "цветения" воды + кормление | - | - | 17,1 | 3,5 |

следования почв" (1955). Определения концентрации водородных ионов почвенного раствора (pH_p) и твердой фазы почвы (pH_c), а также минеральных соединений азота выполняли в пробах из сырой почвы, так как при высушивании образцов происходит изменение величин этих показателей. Водные и солевые вытяжки из почвы фильтровали через фильтр "синяя лента", предварительно отмытый от ионов аммония в 1 н растворе хлористого калия. Расчет данных проводили на абсолютно сухую навеску почвы.

Пробы воды из прудов отбирали батометром. В них определяли pH, свободную углекислоту, кислород. Перманганатную окисляемость, аммонийный, нитритный и нитратный азот определяли в воде, профильтрованной через мембранный фильтр № 5. Анализы выполняли согласно руководства А.О.Алекина (1954), Н.С.Строгачова и Н.С.Бузиновой (1969).

Определение скорости и величины накопления взвесей, поступающих из толщи воды на ложе прудов в течение сезона, проводили с помощью "ловчих стаканов". Этот метод применяли ранее другие исследователи (Зимичова и Трифонова, 1961; Акимов, 1967; Волбова , 1957).

Поступление минерального азота из почвы в воду определяли методом постановки колпаков на дно прудов (Пирогова, 1953; Семенович, 1959, 1960; Трифонова, 1963 и др.). Колпаки имели площадь $0,035 \text{ м}^2$, высоту $0,265 \text{ м}$, объем $0,0093 \text{ м}^3$. время их экспозиции составляло три суток. Пробы воды из-под колпаков отбирали раз в сутки с помощью резиновых шлангов, закрепленных на определенных горизонтах, по изменению содержания минерального азота в воде под колпаками за время экспозиции определя-

ли величину поступления этого элемента из почвы.

За время исследований было проведено 8300 анализов (4294 определений в почве и 4006 - в воде). Наша работа являлась частью комплексных исследований лабораторий гидрохимии и естественной кормовой базы ВНИИПРХ. Это позволило сопоставить результаты наших наблюдений с данными по развитию фитопланктона и бактериопланктона, полученными другими экспериментаторами.

К ВОПРОСУ О ГЕЛЕВИСЕ ПРУДОВЫХ ПОЧВ

В настоящее время в рыболовной литературе отсутствует четкое определение природного тела, составляющего ложе спусковых прудов. Одни исследователи называют его почвой (Андрющенко и др., 1958; Батенко, 1967; Нербер, 1965), другие - илами, грунтами, донными отложениями (Гулая, 1956; Коненко, 1961; Астаполич и Марцинкевич, 1970). Причем эти термины часто употребляются авторами как синонимы.

На наш взгляд, ложе спусковых рыболовных прудов представлено специфическими почвами, которые образуются в результате взаимодействия первичных почв и органико-минерального материала, поступающего из толщи воды в форме осадков. Формирование почв спусковых прудов происходит в условиях двух фаз почвообразования: наземного и подводного. Седиментация состоит из водной толщи на ложе прудов приводит к образованию ила. Величина его накопления за год определяется интенсивностью процессов аккумуляции в подводный период и разложения в период осушения прудов. Состав ила зависит от качества и количества осаждающихся взвесей. Ил много плодороднее ниже-

лежащей почвы (Заченко, 1973). В нем отмечено увеличение доли собственно гумусовых веществ, в то время как в почве (анаэробные условия) наблюдается упрощение состава гумуса, повышение концентрации фульвокислот (Виноградов, 1968).

Как показали наши наблюдения, в наилке рыбоводных прудов по сравнению с нижележащей почвой примерно в 4 раза выше содержание органического вещества, в 7 раз больше общего, в 4 раз — легкогидролизуемого и в 8 раз — аммонийного азота, ниже величина отношения общего углерода к общему азоту, несколько меньше величина pH (табл. 2).

Ввиду указанных отличий, мы предлагаем выделить наилку в самостоятельный горизонт прудовых почв и обозначить его как A_0 . С учетом последнего можно будет давать более точную и более полную характеристику прудовых почв.

Принято считать, что с течением времени дно водоемов покрывается специфическим илом и первоначальная разница в почвах, послуживших им ложем, более или менее исчезает. Однако наши исследования показали, что даже после 30-40 лет эксплуатации прудов их почвы в большой степени сохраняют сходство химического состава с землями, на которых они расположены (табл. 3). Например, почвы прудов, сформировавшиеся на болотных землях, так же, как и последние, характеризуются кислой реакцией среды, высокой гидролитической кислотностью, значительным содержанием органических веществ, азотных и фосфорных соединений в малодоступных формах. Наши наблюдения подтверждаются исследованиями С.М. Драчева (1971), который установил, что даже спустя 22 года с момента образования Рубинского водохранили-

Таблица 2

Химическая характеристика наилка (1-3 мм) и нижележащей почвы (до 5 см)
в конце вегетационного сезона 1967 г. в выростных прудах при разных вариантах опыта.

| Варианты | :Внесено за : :сезон, 2 : г/м ² | | :Пруд: | :Образ- : цн : воц- : соле- : ний : вой | | | : рН | :Органи+Угле- : :ческое:род : :вещест.общай, : :во, : % : % | | :Азот : :об- : щий, : :С:п : % | | :Азот : :легко- : :гидроли- : :зуемый, : :мг/100г : :образца : | | :N-NH ⁴ в, :мг/100г : :образца : |
|---|--|------------------|--------|---|-------------------|--------------------|-------|--|------|--------------------------------------|---------------------------|---|--|---|
| | :азо- : :та | :фос- : :фора | | : цн | : воц- : : ний | : соле- : : вой | | : % | : % | : % | : мг/100г : :образца : | : мг/100г : :образца : | | |
| I. Контроль (кормление) | 31,9 | 4,4 | I | наилка | 7,32 | 7,31 | 11,98 | 3,08 | 0,82 | 3,7 | 53,2 | 4,19 | | |
| | | | | почва | 7,94 | 7,55 | 3,07 | 0,85 | 0,08 | 10,6 | 10,4 | 1,06 | | |
| II. Аммиачная в да + су- перфосфат+ кормление | 36,1 | 8,1 | 2 | наилка | 7,24 | 7,31 | 10,40 | 2,24 | 0,90 | 2,7 | 81,2 | 7,20 | | |
| | | | | почва | 7,96 | 7,61 | 2,53 | 1,16 | 0,12 | 9,6 | 15,6 | 0,47 | | |
| III. Сульфат ам- мония+супер- фосфат+кори- ление | 36,1 | 8,1 | 4 | наилка | 7,60 | 7,65 | 11,02 | 3,06 | 0,76 | 4,0 | 24,8 | 3,82 | | |
| | | | | почва | 7,80 | 7,55 | 3,63 | 1,77 | 0,16 | 11,0 | 2,9 | 0,87 | | |

Таблица 3

Химические свойства почвы сельскохозяйственных полей
и производственных рыбосоводных прудов, 1970 г.

| Показатели | : золотые почвы | | : Серые лесные почвы | | : Черноземные почвы | |
|---|-----------------|---------|----------------------|---------|---------------------|---------|
| | : поля | : пруды | : поля | : пруды | : поля | : пруды |
| pH _p | 5,9-6,5 | 6,2-7,0 | 6,0-7,5 | 6,1-7,8 | 7,2-7,8 | 7,7-8,0 |
| Гидролитическая кислотность, мг/100 г почвы | 13-40 | 10-32 | 4-7 | 1-5 | 2-5 | 0,5-0,8 |
| Степень насыщенности почв основаниями, % | 50-75 | 58-80 | 70-85 | 65-98 | 84-97 | 98-99 |
| II Органическое вещество, % | 17-59 | 20-57 | 4-6 | 3-8 | 6-10 | 6-8 |
| Общий азот, % | 0,8-2,0 | 0,6-1,5 | 0,2-0,3 | 0,2-0,5 | 0,3-0,5 | 0,4-0,6 |
| Легкогидролизуемый азот, мг/100 г почвы | 28-53 | 23-80 | 6-14 | 15-30 | 10-19 | 19-38 |
| Подвижный фосфор, мг/100 г почвы | 3-10 | 5-16 | 12-28 | 17-49 | 4-5 | 0,2-9,2 |

- Примечания: 1. Наблюдения проводили на 22 взрослых и нагульных прудах.
2. Показатели для сельскохозяйственных полей взяты по литературным данным ("Вопросы генезиса и плодородия почв. 1966; "Почвоведение", 1969).

ща донные отложения различных частей его по химическому составу более близки к затопленным почвам, лежащими под ними, нежели между собой.

В то же время затопленные, в частности прудовые, почвы имеют некоторые особенности. Согласно нашим данным, в почве старых прудов по сравнению с первоначальными почвами ниже кислотность, выше степень насыщенности поглощающего комплекса обменными основаниями (табл. 3). Также же различия в химических свойствах были выявлены С.А.Владыченским (1968) и И.К.Паламарчуком (1972) при сравнении донных осадков с незатопленными почвами. Кроме того, поверхностный слой прудовых почв по сравнению с соответствующими зональными землями богаче общим, легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором (табл. 3). Возможно, большее содержание общего и легкогидролизуемого азота в почве прудов обусловлено разницей в окислительно-восстановительных условиях, существующих в прудовых и наземных ("сельскохозяйственных") почвах и регулирующих скорость и полноту распада органических веществ в целом и азотсодержащих веществ, в частности. По-видимому, в силу того, что в анаэробных условиях процессы разложения легкогидролизуемых соединений до конечных минеральных веществ (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) замедлены, происходит накопление легкогидролизуемого азота и повышение его доли от общего.

Рост концентрации подвижных фосфатов в общем поверхностном слое почвы засоленных прудов, вероятно, объясняется созданием в них щелочных условий, которые, как известно, благоприятствуют переходу фосфатов из труднорастворимых соедине-

ний (с железом, кальцием, гуминовыми кислотами и другими веществами) в растворимые.

Таким образом, можно сказать, что ложе прудов представлено специфическими почвами, которым присущи как сходство с первичными землями, на которых они образовались, так и особенности, приобретенные ими в процессе эксплуатации водоемов. Это следует учитывать при разработке методов удобрения рыбоводных прудов в различных почвенно-климатических зонах.

АКТИВНАЯ (pH_B) И ОБМЕННАЯ (pH_C) РЕАКЦИИ ПОЧВЫ ПРУДОВ

Значение реакции почвенной среды для жизни населяющих ее организмов и физико-химических процессов, происходящих в ней, общеизвестно. Достаточно хорошо изучены вопросы формирования и изменения кислотности и щелочности почв сельскохозяйственных угодий. Однако причины колебания pH периодически затопляемых почв рыбоводных прудов и роль в этом процессе как биологических факторов, так и интенсификационных мероприятий выяснены недостаточно.

Наблюдения за активной реакцией почвы впервые эксплуатируемых выростных прудов показали, что в них за вегетационный период происходило заметное подщелачивание почвенного раствора. В течение двух лет значения pH_B повысились от 5,0-7,25 до 7,65-7,90. В последующие годы, когда активная реакция почвы стала в основном щелочной, отмечены менее существенные изменения ее за сезон. Подобные колебания pH_B в заоплненной почве рисовых полей наблюдали В.А. Обухова и др. (1970), А.Т. Григун и А.Д. Васичев (1977).

Относительно причин подщелачивания почв при затоплении имеются два мнения. Одни исследователи (Столыпин, 1969; Polunin *et al.*, 1966; Takai and Kamura, 1966 и др.) считают, что данное явление наблюдается в результате создания в основной толще затопленной почвы восстановительных условий. Согласно И.Т.Астаповичу и Л.А.Марцинкевичу (1970), подщелачивание почвы в затопленных прудах происходит благодаря внесению минеральных удобрений.

Поскольку в наших экспериментах повышения pH почвенного раствора отмечалось как в удобряемых, так и контрольных прудах, мы полагаем, что причиной этому послужили изменения окислительно-восстановительного потенциала почв при заполнении прудов водой, а также особенности самих почв. По-видимому, уменьшение концентрации свободных водородных ионов в почвенном растворе происходило в результате связывания их при восстановлении окислов, аммиака, при образовании бикарбонатов и других процессах. Действие применяемых удобрений представляется нам второстепенным фактором, способствующим повышению активной реакции почвы как путем непосредственного поступления удобрительных веществ на ложе прудов, так и при биологической декальцинации. Образование и осаждение углекислого кальция может наблюдаться в случае нарушения равновесия карбонатно-кальциевой системы в воде в результате повышения интенсивности развития планктонных водорослей при удобрении.

Как показали наши исследования, изменения pH_p почвы за вегетационный период зависели от величины кислотности ее в начале сезона: чем менее кислой была исходная почва, тем незначи-

тельнее были изменения ее активной реакции за лето (рис. 1). Влияния разных количеств азота и фосфора, внесенных в пруды за сезон с удобрениями и кормами, на степень изменения pH_B не обнаружено.

Особенность динамики активной реакции почвы заключалась в сходимости ее по вариантам опыта в пределах одного сезона.

Подщелачивание кислых почв в период затопления имеет положительное значение для экосистемы прудов в целом, так как при этом улучшается не только среда обитания донных организмов, но и повышается интенсивность круговорота веществ. А это, в свою очередь, может способствовать росту естественной рыбопродуктивности.

В характере изменения обменной кислотности в первые и последующие годы эксплуатации прудов также имелись некоторые отличия. Во впервые залитых прудах отмечалось понижение не только активной, но и обменной кислотности: значения величины pH_C за вегетационный период повысились от 4,6-6,2 до 5,5-6,9. Со временем происходило повышение обменной кислотности в почве, особенно в интенсивно эксплуатируемых нагульных прудах. К концу третьего вегетационного сезона значения величины pH_C в них уменьшились с 6,26-6,70 до 5,55-6,17.

Снижение обменной кислотности в затопленной почве, по мнению Э.Б.Аблакова (1957), может наблюдаться при увеличении растворимости карбонатов в анаэробных условиях и образования бикарбонатов, при диссоциации которых ион кальция адсорбируется почвенным поглощающим комплексом. Увеличение обменной кислотности происходит в результате десорции кальция из почвен-

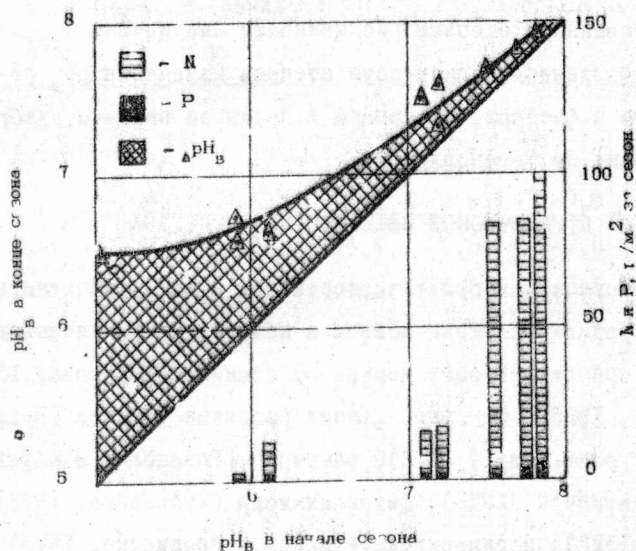


Рис. 1 Изменения $pH_{\text{в}}$ почвы в выгостных прудах за сезон при разном количестве внесенного азота, фосфора и разном исходном $pH_{\text{в}}$.

ного поглощающего комплекса и замещения его ионами водорода. Особенно заметное снижение pH_c наблюдается в случае накопления в почве значительного количества свободной углекислоты, когда в почвенном растворе константа равновесия между ионами Ca^{++} , HCO_3^- и CO_2 уже достигнута.

Сезонные колебания реакции почвенного раствора и твердой фазы почвы отмечались одновременно с изменениями суммы обменных оснований и степени насыщенности ими почвы.

Определенной зависимости степени изменения pH_c от количества азота и фосфора, внесенных в пруды за сезон с удобрениями и кормами, не установлено.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ ПРУДОВ

Биологическая продуктивность водоемов в значительной степени определяется количеством и качеством органического материала, содержащегося в донных отложениях (Горшкова, 1958; Майстренко, 1958). От него зависит развитие бентоса (Бахтина, 1969; Гурвич и др., 1972), бактерий (Розенберг и Мефедова, 1956; Антипчук, 1972), фитопланктона (Кузьменко, 1972; Скворик и др., 1972), зоопланктона (Чирков и Романенко, 1973) и химический состав воды (Старигова, 1959; Ланчикова и Каплин, 1971). В прудовых почвах содержание органического вещества менее 1,5% считается низким, 1,6-3,5% - средним, а более 3,6% - высоким (Tang and Chen, 1957).

Изучение органического вещества в почвах рыбоводных прудов, расположенных в дерново-подзолистой зоне, показало, что его количество изменялось в пределах от 2 до 9% (табл. 4). Ба-

Таблица 4

Баланс органического вещества в почве
прудов за сезон, 1963-1967 гг.

| Пруды | | Внесено за сезон, кг/га: | | | Органическое вещество почвы, % | | | |
|-----------|------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------|------------------------------------|---|
| Категория | Количество | кормов | азот- ных удобр- ний | азота кормов и удо- рений | весна | осень | измене- ния за сезон, (Δ) | Δ, % от исходно- го содер- жания |
| | | : | : | : | : | : | : | : |
| Выростные | 4 | 0 | 0 | 0 | 2,2 | 1,9 | -0,3 | 13,6 |
| | 4 | 760 | 0 | 27 | 2,4 | 2,1 | -0,3 | 12,5 |
| | 4 | 0 | 450 | 160 | 3,4 | 2,9 | -0,5 | 14,7 |
| | 1 | 4630 | 0 | 171 | 4,4 | 5,0 | +0,6 | 13,5 |
| | 1 | 4760 | 390 | 257 | 4,0 | 4,5 | +0,5 | 12,5 |
| | 1 | 6340 | 0 | 318 | 2,9 | 3,9 | +1,0 | 34,4 |
| | 2 | 6430 | 210 | 361 | 4,1 | 5,4 | +1,3 | 31,7 |
| | 2 | 0 | 2140 | 749 | 3,2 | 2,8 | -0,4 | 12,5 |
| | 1 | 1580 | 3670 | 824 | 4,8 | 5,7 | +0,9 | 18,7 |
| | 4 | 0 | 2380 | 832 | 3,1 | 3,2 | +0,1 | 3,2 |
| Нагульные | 2 | 1220 | 2140 | 873 | 2,5 | 2,3 | -0,2 | 8,0 |
| | 2 | 2370 | 2140 | 999 | 3,4 | 4,5 | +1,1 | 32,3 |
| | 2 | 5000 | 0 | 209 | 9,1 | 7,5 | -1,6 | 17,5 |
| | 2 | 5110 | 340 | 331 | 8,2 | 7,4 | -0,8 | 9,7 |
| | 2 | 5280 | 790 | 591 | 8,0 | 6,3 | -1,7 | 21,2 |
| | 2 | 4050 | 3710 | 1455 | 8,4 | 7,7 | -0,7 | 8,3 |

ланс органического вещества не зависел от количества внесенных в пруды удобрений и кормов. В то же время в выростных прудах намечается зависимость баланса органического вещества от величины отношения среднесезонных биомасс фитопланктона и бактериопланктону. Положительный баланс наблюдался в случае трехкратного превышения среднесезонной биомассы фитопланктона над бактериопланктонной. В нагульных прудах данная зависимость не прослеживалась.

Отсутствие накопления органического вещества в ложе нагульных прудов к концу сезона при интенсивной форме рыбоводства, на наш взгляд, можно объяснить быстрой минерализацией его в этих прудах. Одной из важных причин, ускоряющих минерализацию органического вещества в почве нагульных прудов является сильное взмучивание ложа при поисковой деятельности двухлетков карпа, особенно в условиях уплотненных посадок.

Повышение интенсивности взмучивания и накопления взвесей в "ловчих станках", установленных в прудах отмечалось с осеню по мере роста карпа (табл. 5). При этом скорость накопления взвесей в нагульных прудах была примерно в 100 раз выше, чем в выростных. Потери органического вещества из почвы нагульных прудов за вегетационный период были больше в тех прудах, где вес рыб и взмучивание ложа были выше (табл. 4 и 5). В нагульных прудах они составляли 8,3-21,2 % от содержания органического вещества в почве весной, в выростных прудах - не более 15 % (табл. 6).

Отрицательный баланс органического вещества в почве рыбоводных прудов наблюдали также А.С.Константинов и Б.В.Додоно-

Таблица 5

Накопление осадков в "ловчих стаканах"
нагульных прудов в течение сезона в зави-
симости от роста карпа при разных дозах
удобрений на фоне кормления (50 ц/га),

1965 г.

| Удобрения, ц/га | | Накопление осадков, г/м ² в сутки | | | |
|-----------------|----------------|--|-----|-----|------|
| азотные | фосфор- ные | Вес карпа, г | | | |
| 0,0 | 0,0 | 16 | 38 | 58 | 180 |
| | | 29 | 129 | 238 | 308 |
| 3,4 | 3,6 | 20 | 36 | 77 | 166 |
| | | 24 | 140 | 216 | 295 |
| 7,9 | 4,0 | 17 | 73 | 106 | 247 |
| | | 27 | 116 | 258 | 332 |
| 37,7 | 3,3 | 19 | 55 | 65 | 131 |
| | | 22 | 104 | 195 | 265 |
| Месяцы | | V + VI | VI | VII | VIII |

ва (1958), Meehan and Marzulli (1943) и др.

Уменьшение содержания органического вещества в почве к осени, несмотря на постоянное поступление в пруды кормов, экскрементов рыб и отмершего планктона, говорит о том, что в прудах с высокими плотностями посадки карпа происходил интенсивный круговорот веществ.

Наши наблюдения показали, что влияние удобрения прудов и кормления рыбы на баланс органического вещества в почве осуществлялось опосредованно, путем формирования в прудах определенных соотношений продукционно-деструкционных процессов. Причем, в выростных прудах содержание органического вещества в почве в значительной степени обуславливалось величиной отношения биомассе фитопланктона к бактериопланктону. В нагульных прудах в условиях уплотненных посадок карпа роль этого фактора перекрывалась влиянием взмучивания ложа при поисковой деятельности рыб, способствующего интенсивной минерализации органического вещества в нем.

АЗОТ ПОЧВЫ ПРУДОВ

Одним из основных процессов биологического круговорота является трансформация органического вещества, при которой происходит речесобуждение содержащихся в нем питательных элементов, в частности важнейшего биогена - азота.

Как показали наши исследования, в почве прудов разных климатических зон содержание общего азота составляло 0,02-1,5%. Отношение общего углерода к общему азоту колебалось от 5 до

31. Количество легкогидролизуемого азота находилось в пределах от 17 до 102 мг/100 г почвы. Концентрация минерального азота, который в основном был представлен аммонийной формой, изменялась от 0,5 до 16 мг/100 г почвы. При разном уровне интенсификации за сезон на 1 м² ложа прудов накапливалось от 0,4 до 5,2 г аммонийного азота, что составляло соответственно 3,7 - 7,6 % от суммы внесенного азота с удобрениями и кормами. Содержание общего азота и его отдельных форм в почве в течение сезона, а также накопление их в ложе к осени находились в прямой зависимости от количества азота, поступившего в пруды.

В силу особых свойств поглощающего комплекса почва не только адсорбирует различные элементы из воды, но и отдает их обратно в воду. Количественная сторона процесса обмена веществами между дном и водой в рыбоводных прудах до сих пор почти не изучена. В результате проведенных экспериментов нами было установлено, что в выростных прудах в течение сезона с 1 м² почвы переходило в воду за сутки от 38 до 263 мг аммонийного азота (рис. 2). В этом случае при глубине прудов 0,7 м содержание аммония в воде повышалось на 0,05-0,38 мг/л, что могло способствовать увеличению первичной продукции фитопланктона. Более высокая скорость поступления аммонийного азота из почвы в воду наблюдалась при одновременном применении удобрения прудов и кормлении рыбы. Наибольшая отдача минерального азота почвой в воду отмечалась при интегративном развитии водорослей. Это согласуется с данными Н.А. Трифоновой (1963) и В. Олс (Olsen, 1964).

Механизм взаимосвязи между степенью развития фитопланктона и скоростью поступления аммонийного азота из почвы, очевид-

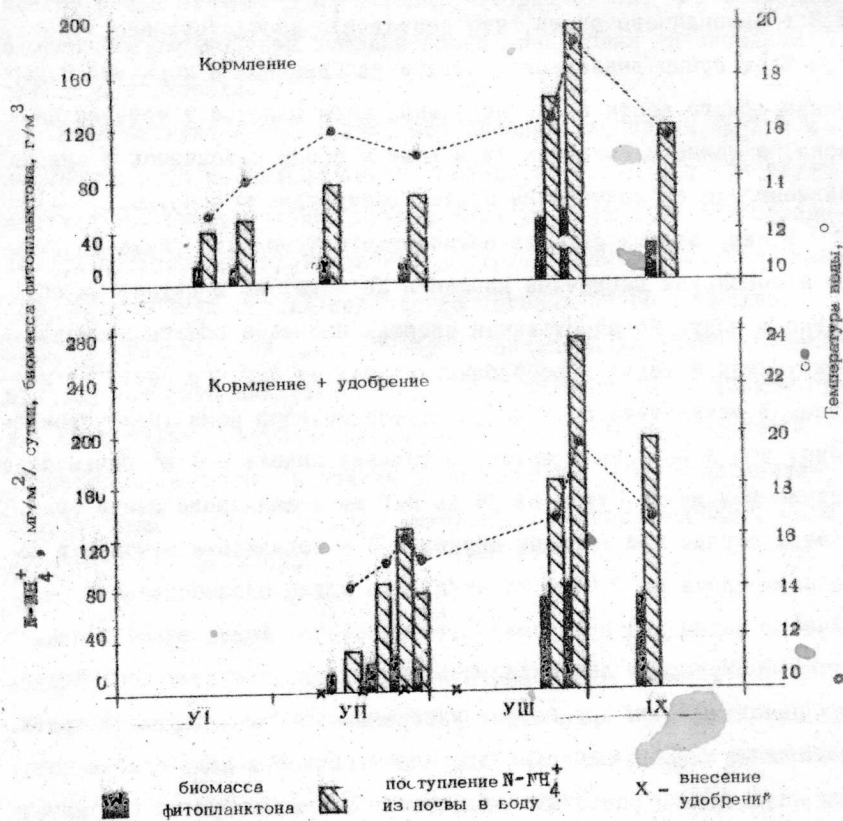


Рис. 2 Поступление аммонийного азота из почвы в воду в выростных прудах в течение сезона, 1967 г.

но, можно представить следующим образом: массовое развитие водорослей ведет к уменьшению содержания азота в воде и нарушению подвижного равновесия этого элемента между водой и почвой. Восстановление данного равновесия происходит за счет повышения скорости перехода водорастворимых азотных соединений из почвы в воду. По-видимому, вначале происходят изменения в развитии фитопланктона, а затем следуют изменения в величине обмена веществами между водой и почвой прудов.

Изучение динамики содержания общего, легкогидролизуемого и минерального азота в почве прудов показало, что в течение одного сезона она была сходной в различных вариантах опыта. Количественные изменения общего и легкогидролизуемого азота в почве прудов носили противоположный характер и зависели от соотношения продукционно-деструктивных процессов в толще воды (рис. 3). При увеличении первичной продукции планктона и повышении величины отношения среднемесячной биомассы фито- к бактериопланктону отмечалось накопление легкогидролизуемого азота в почве, и наоборот. Вероятно, поступление в ложе оседающего фитопланктона усиливало деструкцию органического вещества в почве, что приводило к уменьшению общего и повышению легкогидролизуемого азота. Интенсивный распад органического вещества в почве сопровождался понижением pH_3 и повышением pH_6 , что могло происходить в результате накопления органических кислот и свободной углекислоты в почвенном растворе, а также образования карбонатов и адсорбции их твердой фазой почвы.

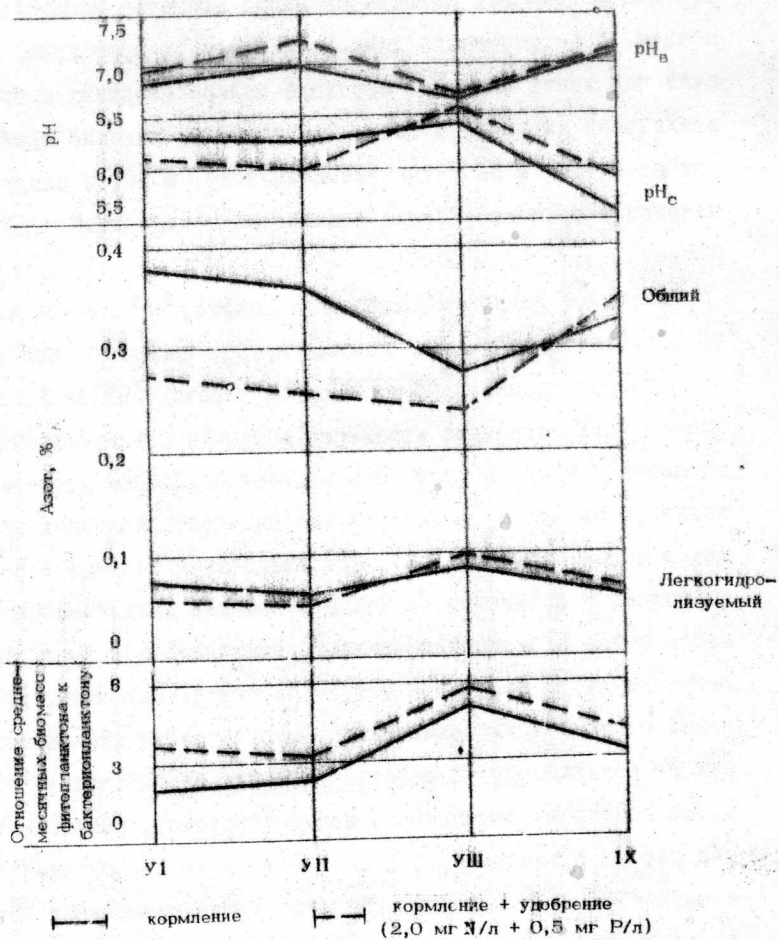


Рис. 3 Динамика азота и pH в почве нагульных прудов в течение сезона, 1965 г.

Ежедневные наблюдения за режимом органического вещества и минерального азота в полове в первые дни после заполнения прудов водой показали, что почва определенным образом реагировала на смену окислительно-восстановительных условий. В ней происходил интенсивный распад органического вещества и перераспределение восстановленных и окисленных форм азота. Так, после заполнения прудов водой и возникновения анаэробных условий в основной толще почвы, в ней наблюдалось резкое снижение концентрации нитратов, нитритов и повышение содержания растворенного органического вещества и аммонийного азота (особенно на 5-9 сутки). За это время перманганатная окисляемость почвы возросла в среднем по прудам от 14 до 44 мг $O_2/100$ г почвы, а содержание аммонийного азота увеличилось от 4,0 до 8,5 мг/100 г почвы. При этом происходило подкисление почвенного раствора и значительное уменьшение количества общего органического вещества в почве. Одновременно с ростом перманганатной окисляемости почвы наблюдалось постепенное повышение окисляемости воды, что сопровождалось падением концентрации растворенного в ней кислорода и активной реакции.

Аналогичные данные были получены другими исследователями на рисовых чеках: (Ролусав, 1969; Обухова и др., 1970; Виноград, 1945; Роппашрегина, 1964)

Повышение интенсивности процессов разложения органического вещества в затопленной почве с накоплением аммонийного азота на 8-10 сутки было установлено И.Д. Шарповым (1960), А.В. Рыбалкиной и Е.В. Коноенко (1961). Оказалось, что существование определенного периода, в течение которого происходит

максимальное накопление биогенных и растворимых органических соединений в затопленной почве, объясняется сроком полной минерализации имеющихся в наличии легкогидролизуемых органических веществ. Длительность этого периода, согласно С.И. Кузнецов, (1967), равна 3-10 суткам.

Таким образом, в первые дни после залития прудов в почве наблюдался энергичный распад органического вещества, благодаря чему повышалось содержание растворимых соединений. Это обеспечивало поступление питательных веществ из почвы в воду и определяло формирование гидрохимического и гидробиологического режимов в данный период.

После спуска воды из прудов в конце сезона в почве было отмечено увеличение количества минерального азота, причем уже не только в восстановленной, но и окисленных формах. Максимальная концентрация минерального азота в почве наблюдалась спустя 2-3 недели после осушения прудов, то есть несколько позже, чем весной. Эта разница во времени накопления минерального азота в почве, очевидно, объясняется замедленной минерализацией органических веществ в условиях более низких осенних температур.

Процессы минерализации органического вещества почвы как в подводный период, так и после осушения, имеют важное значение для экосистемы прудов, поскольку они препятствуют заилению ложа и способствуют накоплению в нем подвижных соединений, повышающих плодородие почвы и ее роль в создании естественной рыбопродуктивности.

В выростных прудах баланс аммонийного азота в почве и об-

шая рыбопродуктивность были рассмотрены в связи с разным суммарным количеством азота, внесенного в них за сезон с удобрениями и кормами (рис. 4). Оказалось, что при возрастании дозы азота, поступившего в пруды за сезон, до 40 г/м^2 (400 кг/га) одновременно увеличивались рыбопродуктивность и концентрация аммонийного азота в почве. Повышение количества азота до 75 г/м^2 за сезон не приводило к росту рыбопродуктивности, в прудах было отмечено снижение ее. Дальнейшее повышение уровня интенсификации рыбоводства за счет большего внесения азотных удобрений давало низкий экономический эффект. Это было вызвано тем, что при применении небольших доз фосфорных ($1-2 \text{ ц/га}$) и значительном количестве азотных удобрений ($20-30 \text{ ц/га}$), азот последних не полностью использовался водорослями (Кузьмичева, 1970). В результате этого в прудах происходило накопление минерального азота. В почве оно составляло $1,9-5,2 \text{ г/м}^2$ или $19-52 \text{ кг}$ аммонийного азота на га за сезон (рис. 4). Накопление аммония в почве возрастало по мере повышения количества азота, внесенного в пруды за вегетационный период.

Снижение общей рыбопродуктивности при внесении высоких доз азотных удобрений и кормлении рыбы происходило в силу того, что в этих условиях наблюдалось ухудшение среды обитания карпа. Данные ситуации, очевидно, создаются в результате того, что при таком уровне интенсификации не принимается во внимание влияние кормов на среду, хотя известно, что они обладают значительным удобрительным эффектом. По нашему мнению, внесение удобрительных веществ, особенно в лагульные пруды с уп

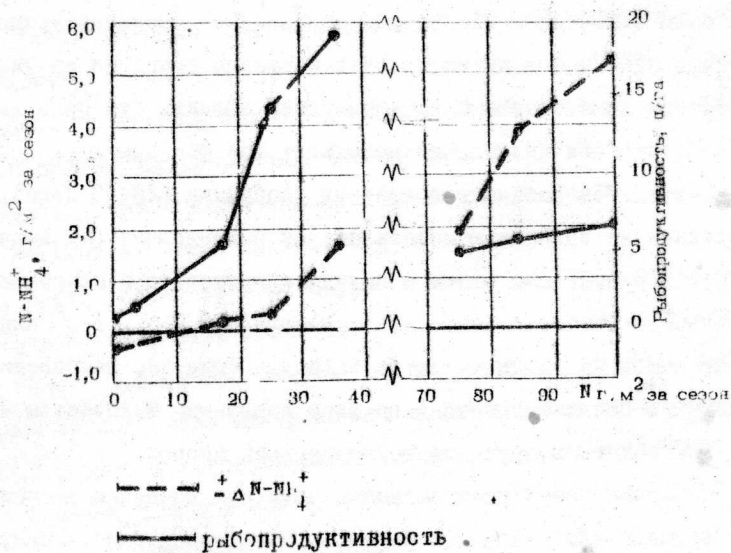


Рис. 4. Накопление аммонийного азота в почве за сезон и общая рыбопродуктивность в выростных прудах в зависимости от количества азота, внесенного в них с удобрениями и кормами.

лотнейшими посадками рыбы, следует проводить с учетом количества биогенных элементов, поступающих в пруды с кормами. В этом случае можно будет избежать непроизводительных затрат удобрений, повысить эффективность обеих интенсификационных мероприятий, а также снизить степень сезонной эвтрофикации рыбоводных прудов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В почвенном профиле рыбоводных прудов наилок можно выделить в самостоятельный горизонт, отличающийся от нижележащей почвы большим плодородием. В нем содержится примерно в 4-8 раз больше органического вещества, общего, легкогидролизуемого и аммонийного азота.

2. Почвам рыбоводных прудов присуще как сходство по химическому составу с землями, на которых они расположены, так и отличия от них, приобретенные в процессе эксплуатации водоемов. Особенностью прудовых почв является пониженная кислотность, большая степень насыщенности основаниями, более высокое содержание общего, легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора.

3. При эксплуатации рыбоводных прудов происходит подщелачивание кислых и слабокислых почв. Величина изменения $pH_{\text{с}}$ тем больше, чем кислее была исходная почва. Влияния разных доз азота и фосфора, внесенных в пруды за сезон, не обнаружено.

4. Баланс органического вещества в почве прудов определяется интенсивностью продукционно-деструкционных процессов в толще воды и почве. В выростных прудах положительный баланс наблюдается в случае трехкратного превышения среднесезонной био-

массы фитопланктона над бактериопланктоном. В нагульных прудах баланс органического вещества в почве в значительной степени зависит от интенсивности взмучивания ложа при поисковой деятельности двухлетков карпа.

5. В почве прудов содержание общего, легкогидролизуемого и минерального азота находится соответственно в пределах: 0,01-1,49, 18,2-102,1 и 0,46-15,75 мг/100 г почвы. Величина отношения общего углерода к общему азоту колеблется от 5 до 31. Изменение содержания общего и легкогидролизуемого азота за вегетационный период не зависело от суммарного количества азота, внесенного за сезон с удобрениями и кормами. В то же время накопление аммонийного азота было интенсивнее при поступлении в пруды более высоких доз азота.

6. Почва является важным поставщиком биогенных элементов. Она способна отдавать в воду от 38 до 263 мг аммонийного азота с 1 м² за сутки.

7. В первые дни после заполнения прудов водой в почве происходит интенсивное разложение органического вещества и перераспределение восстановленных и окисленных форм азота.

8. Применение высоких доз азотных удобрений (выше 10 ц/га) в прудовом рыбоводстве при монокультуре карпа нерационально, так как оно приводит к незначительному повышению рыбопродуктивности.

• По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. К вопросу о накоплении органического вещества в ложе новых выростных прудов. Вопросы прудового рыбоводства. Труды ВНИИПРХ, Т. XV, М., 1967.

2. Режим азота в прудах дерново-подзолистой зоны в связи с применением удобрений. Всесоюзная конференция молодых специалистов по прудовому рыбоводству (тезисы докладов), М., 1967.

3. Изменение химических свойств почвы ложа прудов во времени в связи с их удобрением разными дозами аммиачной селитры и суперфосфата. Вопросы прудового рыбоводства. Труды ВНИИПРХ, Т. XVI, М., 1969.

4. Обмен минеральными формами азота между водой и почвой рыбоводных прудов. Материалы XXIII Гидрохимического совещания (тезисы докладов), Новочеркасск, 1969.

5. К вопросу о заилении рыбоводных прудов. Сборник научно-исследовательских работ по прудовому рыбоводству, № 3, М., 1970.

6. Изменение химических свойств почвы во вновь построенных выростных прудах за два года эксплуатации с применением удобрений. Вопросы прудового рыбоводства. Труды ВНИИПРХ, Т. XVII, М., 1971.

7. Режим азота выростных прудов при внесении разных доз азотных и фосфорных удобрений. Биотехника выращивания прудовой рыбы. Труды ВНИИПРХ, Т. XIX, М., 1971.

8. Реакция почвы спускных прудов в условиях интенсивного рыбоводства. Вопросы прудового рыбоводства. Сборник научных трудов (вып. 9), М., 1972.

9. Реакция почвы спускных рыбоводных прудов на затопление и осушение. Сборник научных трудов. Биотехника разведения и выращивания прудовых рыб (вып. 10). М., 1973.

Тираж 200 экз.

Формат 60x90

Объем 1,4 п.л.

Подписано к печати 9/УП-74 г.

Заказ № 69

Фототапиринтный цех ВНИИПРХ, п. Рыбное Дм.тровского р-на
Московской обл.

