

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

ЗАЙЦЕВ ВЛАСЛАВ ФЕДОРОВИЧ

УДК 577.95:574.5:597.03

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ
ПРУДОВЫХ ЭКОСИСТЕМ
/03.00.16-экология/

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Москва 1988

Работа выполнена в Астраханском техническом институте
рыбной промышленности и хозяйства

Официальные оппоненты:

Доктор биологических наук, профессор П. А. Моисеев

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор Ю. А. Привезенцев

Доктор биологических наук, профессор В. В. Хлебович

Ведущее учреждение: ИНСТИТУТ ГИДРОБИОЛОГИИ АН УССР

Автореферат разослан 16.03. 1989 г.

11 24
1989 г. на заседании
научного совета Д.053.05.71
Астраханского государственного
Университета

храниться в библиотеке
биологического факультета

направлять по адресу:
АГУ, Биологический
совет Д.053.05.71.

научного совета

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы:

Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986 - 1990 годы и на период до 2000 года предусматривают существенное улучшение организации товарного рыбоводства во внутренних пресноводных водоемах, обладающими значительными потенциальными продукционными возможностями. Их эффективное использование должно основываться на научно-обоснованных методах рационального рыбного хозяйства. В этой связи большое значение приобретает проблема создания высокопродуктивных экосистем в рыбных водоемах и управления их функционированием.

В рыбных хозяйствах рыбы оказываются в условиях существенно отличающихся от таковых естественных водоемов. Повышенная продуктивность рыбных прудовых экосистем обеспечивается прежде всего за счет подбора их сочленов, удобрения прудов и создания благоприятного режима кормления.

Разработанная полвека назад и ныне применяемая теория удобрения рыбных прудов направлена, главным образом, на улучшение условий питания продуцентов и бактерий. Между тем продуктивность водных экосистем зависит не только от наличия органического вещества в первом звене пищевой цепи, но и от особенностей его утилизации в последующих звеньях трофической цепи, была рекомендована интродукция высокопродуктивных водных беспозвоночных (Карпавич, 1975; Богатова и др., 1980).

Выяснение путей трансформации органического вещества экосистемами рыбных прудов позволяет разработать комплекс взаимосвязанных интенсификационных мероприятий (повышение плотности посадки рыбы, удобрение прудов, кормление рыбы), что способствует решению важной народнохозяйственной задачи - получению объемной и ценной рыбной продукции с внутренних водоемов нашей страны.



Цель и задачи :

Цель наших исследований заключается в том, чтобы на основе комплексного изучения особенностей использования прудовыми экосистемами созданного ими и внесенного в водоем органического вещества разработать пути и методы повышения рыбопродуктивности основных объектов рыбоводства — карпа и растительноядных рыб.

В общей проблеме управления продукционными процессами прудовых экосистем было выделено несколько основных задач (рис. I):

1. Выявить взаимосвязи между плотностью популяции рыб, их ростом, эффективностью использования естественной кормовой базы и искусственных кормов;

2. Установить влияние плотности посадки рыб на режим водоемов, выявить зависимость между обеспеченностью разводимых рыб естественными кормами и их ростом. Определить влияние различной плотности посадки рыб на физиолого-биохимические показатели молоди.

3. Определить эффективность использования рыбами комбикормов и естественной пищи в прудовых экосистемах при различной интенсивности кормления.

Выявить суточный ритм питания молоди карповых рыб и сезонную динамику эффективности использования пищи рыб при выращивании в поликультуре. Оценить объемные потери комбикормов, потребление несъеденных остатков другими гидробионтами.

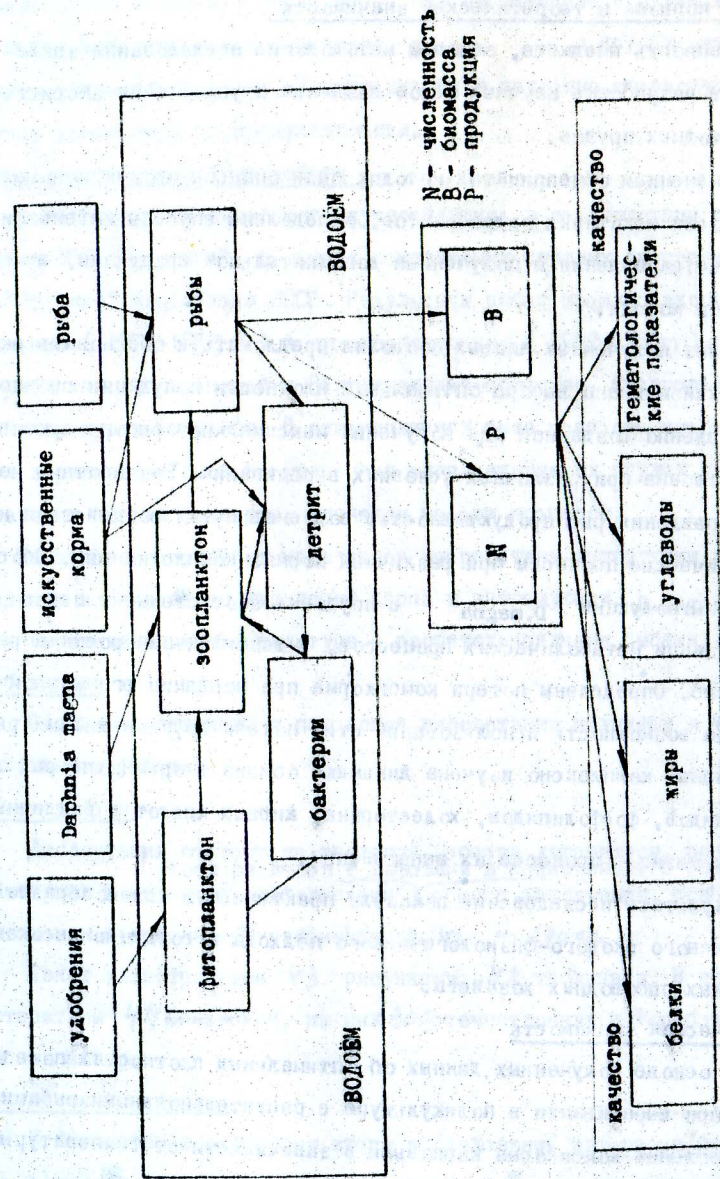
4. Оценить влияние высокопродуктивных интродуцированных планктонных ракообразных на экосистемы прудов расположенных в Волго-Каспийском бассейне.

Определить оптимальный объем интродукции *Daphnia magna* для получения максимальной рыбной продукции.

5. Изучить динамику белкового, липидного и углеводного метаболизма у выращиваемых рыб.

6. Оценить экономическую эффективность применения методов интенсификации рыбоводных экосистем.

Рис. I. Пути повышения эффективности управления продуктивностью прудовых экосистем



Научная новизна и теоретическая значимость

Особенность предмета, задач и методологии исследования заключалась в разработке научных основ создания и управления экосистемами рыбоводных прудов.

С применением общепринятых методик были оценены продукционные возможности некоторых гидробионтов, определены способы интенсификации рыбозаведения с получением дополнительной продукции, в частности молоди.

Анализ полученных данных позволил предложить и обосновать экологический принцип выбора оптимальной плотности посадки рыб целенаправленно созданной для получения максимальной рыбопродуктивности водоема при различных условиях выращивания. Разработаны методы управления рыбопродуктивностью водоемов путем воздействия на метаболические процессы при различных нормах кормления рыб. Обоснована интродукция *D. magna* в прудовые экосистемы, с целью нормализации метаболических процессов, интенсификация роста и развития рыб. Определены потери комбикорма при поедании его карпом и выявлена возможность использования этих потерь другими видами рыб.

Впервые комплексно изучена динамика обмена в организме рыб основных липидов, фосфолипидов, холестерина, жирных кислот в различные периоды жизни в процессе их выращивания.

Результаты исследований показали практическую целесообразность комплексного эколого-физиологического подхода к созданию высокопродуктивных рыбоводных хозяйств.

Практическая значимость

На основе полученных данных об оптимальных плотностях посадки карпа при выращивании в поликультуре с растительноядными рыбами; о потреблении комбикорма карповыми в зависимости от температурного и кислородного режима об эффективности применения комбикормов были разработаны

разработаны нормы кормления карпа при выращивании в поликультуре, а также методика культивирования *D. magna* в прудовых экосистемах и установлена норма её интродукции в прудовые экосистемы имея ввиду увеличение их продуктивности.

Реализация результатов работы

Выполненные исследования осуществлялись в соответствии с заданиями ВРПО "Каспрыва", в рамках комплексных целевых программ "Пруд" и "Премикс" Минрыбхоза СССР. Результаты работ прошли экспериментальные (1978-1982 гг) и производственные (1982-1988 гг) проверки в рыбхозах Астраханской и Волгоградской областей, Ставропольского и Краснодарского краев. В рекомендациях была показана необходимость при выращивании рыбы в интенсивно эксплуатируемых прудах учитывать значение многих факторов, влияющих на эти процессы.

На основе полученных материалов разработаны инструкции по применению нормирования кормления карпа и интродукции *D. magna* при выращивании в поликультуре с растительноядными рыбами.

Публикации

Основные материалы и положения диссертации изложены в 45 опубликованных работах.

Объем работы

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, раздела трех разделов с выводами в конце каждого раздела "Материал и методика исследований", общего заключения, основных выводов и практических рекомендаций, *43 л. ил 290 стр.*

Текст иллюстрирован 43 рисунками, 42 таблицами. В списке литературы 446 названий, из них 306 отечественных и 140 работ иностранных авторов.

Фактический материал

В диссертации подведены итоги исследований автора за период 1978-1988 гг и продолжающихся в настоящее время, предусмотренных планом комплексных исследований Астраханского технического института рыбной промышленности и хозяйства в области интенсификации

процессов рыборазведения. Фактической основой диссертации послужили многолетние данные, полученные, проанализированные, обобщенные и опубликованные автором самостоятельно или в соавторстве с сотрудниками лаборатории "Корма и кормление рыб" научно-исследовательского сектора кафедры рыбоводства (Пархоменко А.М., Киселева Л.Л., Колобовой И.Ю., Мелякиной Э.И., Николенко В.К., Козловой Н.Р., Держинской И.С., Зянченко Т.Л.) и кафедры общей химии (Кривич В.С.) упомянутого института, а также Всесоюзного научно-производственного объединения по рыбоводству (М.А. Шербина, И.Е. Богатова). При обобщениях использовались литературные данные.

Глава I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Подробный анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что подавляющее большинство авторов считают необходимым по мере увеличения плотности рыб в прудах наращивать объем и качество искусственных кормосмесей с тем, чтобы обеспечить достаточный суммарный рацион, причем отмечено, что в начальный период выращивания интенсивность потребления естественных кормов наибольшая.

Исходя из этого применяемые в настоящее время методы интенсификации направлены на интенсификацию в прудовых экосистемах начальных звеньев производственного процесса, что сопровождается недоиспользованием органического вещества, что в свою очередь сопровождается вторичным загрязнением водоемов. Продуктивность прудовых экосистем зависит как от количества органического вещества, образованного в первом звене пищевой цепи, так и от степени утилизации его в последующих звеньях (Винберг, Ляхнович, 1965).

Глава II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Осуществленные комплексные исследования включали модельные и реальные опыты, проводимые в течении десяти лет.

Экспериментальный материал собран на рыбопитомнике "Чаганский" и зональном рыбопитомнике ВРПО "Касприба" Астраханской области. Качество воды (температура, pH, содержание кислорода, органических и взвешенных веществ) регистрировалось с помощью автоматической установки "Хориба" (Япония). Кобальт определяли атомно-абсорбционным методом.

В исследовании были выбраны основные рыбоводные объекты: карп - *Carpinus carpio*, белый амур - *Steopharungodon idella* (Val), пестрый толстолобик - *Aristichthys nobilis* (рисбелый толстолобик - *Hypophthalmichthys molitrix*).

Рост и питание рыб изучали на основе проб, полученных во время контрольных обловов (три раза в месяц). Измерения, взвешивания и анализ питания проводились по методике И.В. Правдина (1966) и П.А. Пирожникова (1963).

Определение суточных рационов было основано на учете содержимого пищеварительного тракта рыб, отбираемых по 10 экземпляров из уловов, получаемых каждые 4 часа. Пробы обрабатывались по модифицированному методу Байкова (Шербина, Рекубрятский, Киселев, 1982). Данные о количестве химуса служили исходным материалом для реконструкции общей массы потребленной пищи, которую рассчитывали с учетом переваримости кормов в различных частях кишечника, а также времени прохождения пищи через него.

Химический состав кормов и тела рыб, определяли по методикам А.А. Лазаревского (1988), Б.М. Куравлева (1963), М.А. Шербина (1983).

Гематологические исследования проводили согласно методикам П.А. Коржуева (1962) и Н.Г. Ивановой (1970).

Общие липиды определяли по Фолчу (Козначев, Гришина, 1977), фосфолипиды по Блору (1969), холестерин - по Чилку (1962). Жирные кислоты исследовали методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе фирмы "Янако" (Япония).

Интродукция *D. magna* в выростные пруды проводили по методике

И.Е. Богатов (1969). Общее представление об объектах исследования и распределения экспериментального материала можно получить из таблицы I.

Культуру *D. magna* культивировали в малковых прудах площадью 0,15-0,3 га, с использованием азотобактерина и кобальта в дополнение к обычному комплексу удобрений.

Азотобактерин получали культивированием *Azotobacter chroococcum* на жидкой среде Федорова, при непрерывной аэрации. Аборигенные штаммы азотобактерина выделяли из почвы прудов. В качестве кобальтового удобрения использовали соль $CoCl_2$.

Первичную продукцию определяли скляночным методом в модификации Г.Г. Винберга (1960). Сбор проб фитопланктона и их обработку проводили по методике И.А. Киселева (1969). Численность бактерий определялась в счетной камере Бюркера и прямым микроскопированием на мембранных фильтрах марки "Симпор" с диаметром пор 0,23 мкм, окрашенных эритрозином (Разумов, 1932).

При расчете биомассы бактерий учитывали уменьшение объема сухих клеток на фильтре в 3 раза (Троицкий, Сорокин, 1967). Скорость размножения бактерий определяли общепринятыми методиками (Романенко, Кузнецов, 1974). Расчет продукции бактериопланктона проводили по И.В. Горбунову и др. (1975), а количество сапрофитов определяли чашечным методом (выращивали 24 часа при 27°C на агаре Чапека и крахмальном агаре - Родина, 1955).

Пробы зоопланктона собирали по инструкции А.А. Юсевой (1979). Для подсчета планктона, собранного планктонной сетью путем процеживания 100 л прудовой воды, пользовались методикой И.А. Киселева (1969). Индивидуальный вес массовых видов ракообразных и коловраток вычисляли на основе зависимости веса (w) от длины тела (L) данного вида (Балушкина, Винберг, 1979). Биомассу зоопланктона определяли по численности и весу организмов различных размерно-возрастных групп. Продукцию вычисляли физиологическим методом

Таблица I
Объекты и распределение исследуемого материала

Этап	Вариант опыта	Плотность посадки, тыс. экз./га		Интенсификационные мероприятия	агрегатное состояние корма	интродукция <i>D. magna</i> кг/га
		личная карна	молоди раскормленные			
первый	I II	65 80 100	40 40 40	XX	-	-
второй	I II III IV	100 100 100 100	50 50 50 50	XX	-	-
третий	I II III	100 100 100	55 55 55	XXX	-	-

x - из 40 тыс. экз./га растительных рыб на долю белого амура приходилось 10, белого и пестрого толстолобиков по 15 тыс. экз./га;
 xx - из 50 тыс. экз./га растительных рыб на белого амура приходилось 10, белого и пестрого толстолобиков - по 20 тыс. экз./га;
 xxx - из 55 тыс. экз./га на растительных рыб на долю белого амура приходилось 10, белого и пестрого толстолобиков - 25 тыс. экз./га.

применяя известное соотношение величины продукции (p) и дыхания (R), связанных через коэффициент использования ассимилированной энергии пищи на рост (K_2) (Винберг, 1956, Пегель, 1965, Винберг, 1966, Шушкина, 1968, Сушеня, 1972, Андронникова, 1976).

Все расчеты проводили на ЭВМ БГ - Ю 35 по разработанной нами программе (Зайцев, Киселева, Брумштейн, 1984).

При определении эффективности продуцирования основных звеньев пищевых цепей для возможности сравнения продукции различных трофических уровней все полученные величины вырежали в калориях. Калорийность 1 г сырого бактериопланктона была принята равной 1 ккал, *Asplanchna* - 0,2 ккал/г, прочих коловраток - 0,42 ккал/г, ветвистоусых - 0,5 ккал/г, веслоногих - 0,6 ккал/г; 1 г сырой массы карпа до начала кормления - 0,8 ккал/г, молоди карпа - 1,3 ккал/г, молоди растительноядных рыб - 1,15 ккал/г.

Определение кобальта в теле дафний проводили атомно-абсорбционным методом (Морозов и др., 1974). Подготовку проб к атомно-абсорбционному методу осуществляли мокрым озолением (Прайс, 1976).

Выращивание рыбы проводили согласно "Рекомендации по выращиванию карпа в поликультуре с растительноядными рыбами" (1982). Кормление карпа в 1978-84 гг. проводили кормами рецепта I-100, а в 1985г - РЗГ-К.

Статистическую обработку материалов проводили общепринятыми методиками (Плохинский, 1981). Для графического обобщения материалов использовали метод, предложенный В.С. Сарвино (1980).

Исследование корреляционных связей проводили на ЭВМ БГ-Ю 35

Глава III. Особенности формирования экосистемы рыбоводных прудов с различной плотностью посадки рыб.

3.1. Гидрологический, гидрохимический и биопродукционный режим рыбоводных прудов.

Исследования первого этапа показали, что гидрологический режим и изучаемых водоемов в отдельные годы имел свои особенности (Рис.2).

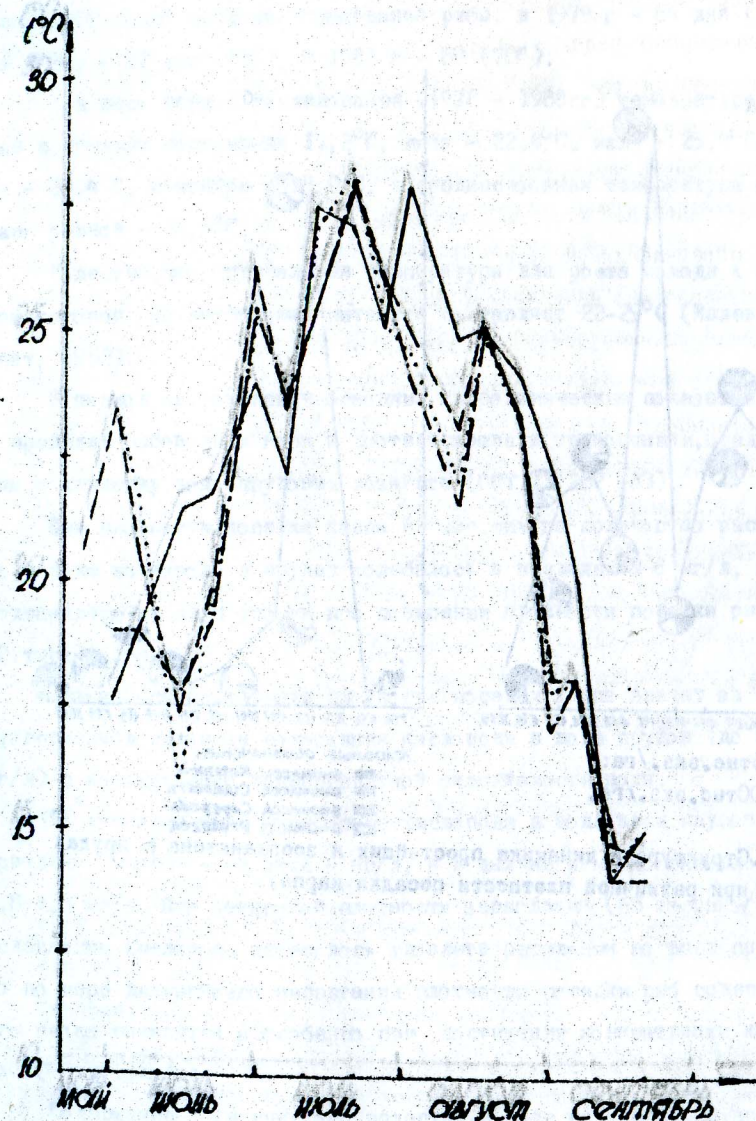


Рис.2. Изменение средней температуры воды в прудах.

---- 1978г.
 - - - 1979г.
 1980г.
 - · - · - 1981г.

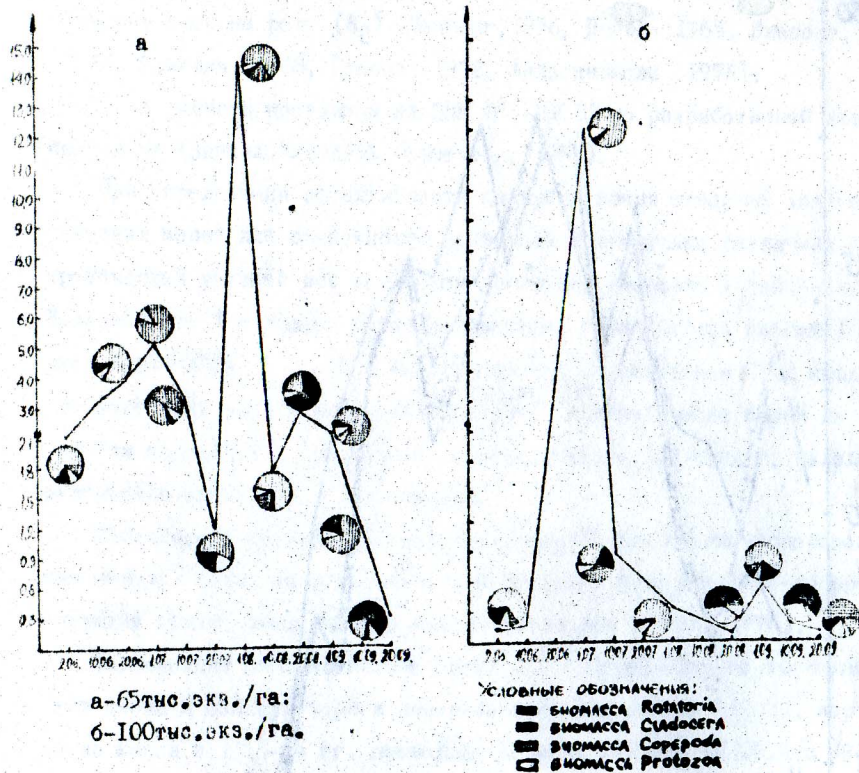


Рис. 3. Структура и динамика простейших и зоопланктона в прудах при различной плотности посадки карпа.

В 1978 г было 88 дней, когда вода была выше 20°C, что соответствовало 70% всего периода выращивания рыбы, в 1979 г - 84 дня (60%), в 1980 г - 72 дня (51%), в 1981 г - 89 (70%).

За весь период исследований (1978 - 1988 гг) температура воды в мае в среднем составляла 17,2°C, июне - 22,4°C, июле - 25,9°C, августе - 23,4°C, сентябре - 18,0°C, а среднесезонная температура оказалась равной - 22,3°C.

Известно, что оптимальная температура для роста молоди карпа, при которой она интенсивно питается составляет 22-29°C (Ивлев, 1939; Шпет, 1952).

В период исследований основные гидрохимические показатели были в пределах рыболовных норм и соответствовали требованиям, предъявляемым к качеству воды прудовых хозяйств (ГОСТ 15 282 -83).

При плотности посадки карпа 65 тыс. экз./га количество растворенного в воде кислорода в прудах колебалось в пределах 3-8 мг/л, и оно сохранялось на этом уровне при повышении плотности посадки рыб до 80 тыс. экз./га.

Дальнейшее увеличение плотности посадки карпа влечет за собой существенное снижение содержания кислорода в воде прудов (до 0,8 мг/л) с возрастанием перманганатной окисляемости воды.

До середины июля содержание кислорода в воде всех прудов было довольно высоким - не ниже 4 мг/л, а в дальнейшем оно снижалось до 0,8-4,5 мг/л. При невысокой плотности зарыбления (65 тыс. экз./га) содержание кислорода оставалось удовлетворительным во всех прудах, но по мере дальнейшего нарастания плотности посадки рыб содержание его резко снижается и особенно при достижении концентрации карпа до 100 тыс. экз./га.

Содержание органического вещества в воде находилось в пределах 11-18 мг/л. С увеличением плотности посадки рыб перманганатная окисляемость воды повышается. Так при плотности посадки личинок 65 тыс. экз./га окисляемость составляла 14 мг/л, при 80 тыс. экз./га

соответственно 15,2 мг О/л, при 100 тыс. экз./га - 18 мгО/л. Фиксируемость во всех прудах повышалась в июле-августе, что связано с более высокой температурой, усиливающей окислительно-восстановительные процессы, и с накоплением в воде органических веществ (остатки искусственного корма, отмирание водорослей и т. п.).

Активная реакция воды колебалась в пределах 7,3-8,4, т. е. была благоприятной для жизнедеятельности рыб.

Содержание свободной углекислоты в воде находилось в пределах 5,0-7,0 мг/л и как правило оно возрастало от весны к осени. С увеличением плотности посадки карпа содержание аммонийного азота, как правило, возрастало.

Содержание биогенных элементов в воде прудов в течение всего сезона варьировало в широких пределах и зависело прежде всего от времени внесения и массы азотных и фосфорных удобрений. Концентрация нитратного азота колебалась от 0,06 до 0,17 мг/л, аммонийного - от 0,01 до 1,2 и фосфора - от 0,01 до 0,58 мг/л.

В период исследований продукционно-деструкционные процессы в водоемах при разных плотностях посадки протекали следующим образом (табл. 2)

Таблица 2.

Баланс органического вещества в изучаемых прудах (ккал/м² сезон)

Плотность посадки, тыс. экз./га	Фотосинтез (Ф)	Деструкция орг-го вещества (Д)	Ф - Д
65	1042,0	557	445
80	1025	737	288
100	330	365	-35

Интенсивность фотосинтеза фитопланктона в водоемах с плотностью карпа 65-80 тыс. экз./га составляла 1042-1025 ккал/м² сезон, тогда как при плотности 100 тыс. экз./га она не превышала 330 ккал/м². Следует отметить, что наибольшего разнообразия в видовом

отношении достигали протококковые водоросли (46% от общего числа видов).

В сезонной динамике фитопланктона наблюдались два пика, приходившиеся на июль и август.

А. Ф. Антипчук (1971) отмечает, что с возрастанием количества рыбы в прудах растет численность и биомасса микроорганизмов. Известно, что роль бактерий сводится к трансформации энергии, заключенной в веществе отмирающего фитопланктона, неиспользованного комбикорма и продуктов метаболизма рыб к простейшему и макрозоопланктону (Горбунов, 1976), который служит источником питания молоди карпа и растительноядных рыб.

Отмечена тенденция увеличения численности микроорганизмов по мере возрастания плотности посадки рыбы (табл. 3)

Таблица 3

Бактериопланктон изучаемых прудов (среднее за сезон)

Плотность посадки карпа, тыс. экз./га	Численность, млн. кл./мл	Биомасса, мг/л	Продукция, мг/л	Продукция, ккал/м ²
65	14,83	10,77	23,22	348,3
80	18,25	13,37	25,80	387,0
100	22,79	17,20	33,54	503,1

Зоопланктон прудов представлен в основном широко распространенными формами, характерными для евтрофных водоемов. Выявлено 52-77 видов гидробионтов, принадлежащих к трем основным группам - Rotatoria, Cladocera, Copepoda.

В качественном составе зоопланктона исследуемых прудов отмечено значительное сходство. С увеличением плотности посадки рыб количество планктонных гидробионтов уменьшается с 2,78 г/м³ при плотности посадки рыб 65 тыс. экз./га до 1,9 г/м³ (в среднем за сезон) при плотности посадки 100 тыс. экз./га (рис. 3). Кроме того при повышении плотности посадки личинок карпа увели-

15
 чивалось число видов зоопланктонных организмов в воде: при плотности посадки 65 тыс. экз/га число этих видов этих организмов было минимальным (22); при 80 тыс. экз/га этот показатель составлял 25, а при плотности посадки 100 тыс. экз/га - 27 (за счет развития более мелких форм, но общая биомасса их уменьшилась).

По мнению Одумс Ю. видовое богатство и разнообразие биоценозов формируется в результате приспособления к силе и качественному составу приходящегося энергетического потока и связанного с ним поступления ресурсов питания.

В условиях ограниченного энергетического притока, более выгодным для поддержания стационарного состояния зоопланктонного сообщества представляется увеличение численности видов. В этом случае, видимо, достигается определенная надежность использования дефицитного источника энергии благодаря наличию многих альтернативных путей её обеспечения.

Увеличение плотности посадки карпа от 65 до 100 тыс. экз./га приводит к снижению среднесезонной биомассы зоопланктона в 1,4 раза, а суммарной продукции почти в 5 раз (табл. 4).

Таблица 4.

и простейших
 Продукция зоопланктона изучаемых прудов (среднее за сезон) (г/м³)

Группы организмов	Плотность посадки, тыс. экз./га		
	65	80	100
Суммарная	2531,30	1154,13	560,56
Rotatoria	201,39	77,64	1,73
Cladocera	3286,60	1275,70	280,67
Sopropoda	1109,39	384,65	23,79
Trotzoza	421,99	195,77	32,47

В донной фауне исследуемых водоемов преобладали личинки хирономид, составлявших 88,96% численности и 82-98% всей биомассы бентоса, и от циклов развития которых зависела общая биомасса зообентоса.

Количество бентосных организмов в среднем за сезон варьировала от 80 до 440 экз/м², при биомассе 0,6-2,35 г/м². Увеличение плотности посадки рыбы с 65 до 100 тыс. экз./га приводит к уменьшению биомассы бентоса соответственно с 1,25 до 1,09 и 0,62 г/м² в среднем за сезон.

3.2. Особенности жизнедеятельности разводимых рыб в экосистемах с различной плотностью посадки.

Установлено, что при повышении плотности посадки личинок карпа от 65 до 100 тыс. экз./га потребление пищи ухудшалось. Относительная масса пищевых комков карпа в прудах с посадкой карпа 100 тыс. экз./га в июле была в 1,5 раза меньше по сравнению с аналогичным показателем в прудах с плотностью посадки 65 тыс. экз./га. Молодь, выращиваемая при более высокой плотности посадки, уже в конце июня испытывала недостаток в естественной пище и была вынуждена раньше перейти на потребление искусственных кормов (рис. 4). Как отмечают Г.И. Шпет и Н.Н. Харитоновна (1970), Ф.Г. Мартышев (1970), И.Б. Богатова (1975) и др., вносимые искусственные корма, менее полноценные в пищевом отношении, не обеспечивают в полной мере потребность растущего организма в питательных веществах, особенно в протеине. Установлено (Харитоновна, 1984), что наиболее эффективно используется энергия естественных комков; её эффективность уменьшается по мере увеличения в рационе доли искусственных комков. Увеличение плотности посадки рыбы с 65 до 100 тыс. экз./га привело к быстрому выеданию естественной пищи в водоемах и уменьшению её доли в рационе молоди и отрицательно сказалось на росте рыбы и накоплении массы (рис. 5). Карп стандартной массы (25г) был получен только в прудах, где плотность посадки личинок была минимальной (65 тыс. экз/га). Живая масса молоди карпа, выращенной при более высокой плотности посадки (80 и 100 тыс. экз./га) была на II и 39% ниже, чем при минимальной плотности посадки (65 тыс. экз./га). В среднем за сезон среднесуточные

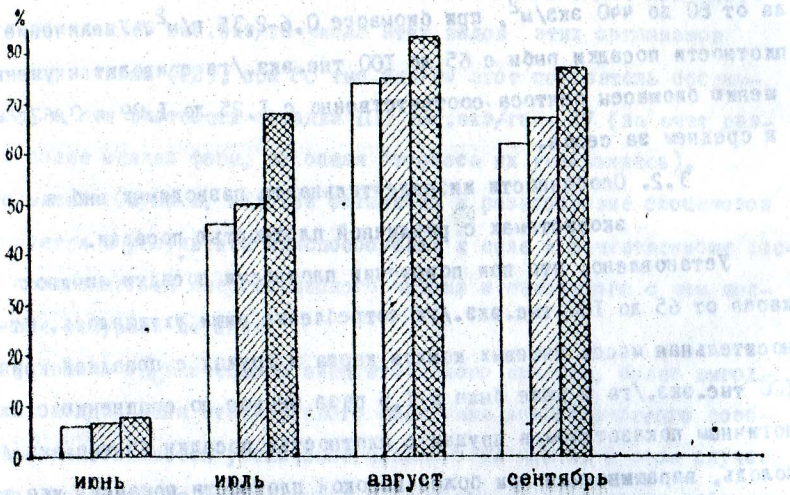


Рис. 4. Сезонный ритм потребления искусственных кормов карпом.

- - 65 тыс. экз/га
- ▨ - 80 тыс. экз/га
- ▩ - 100 тыс. экз/га

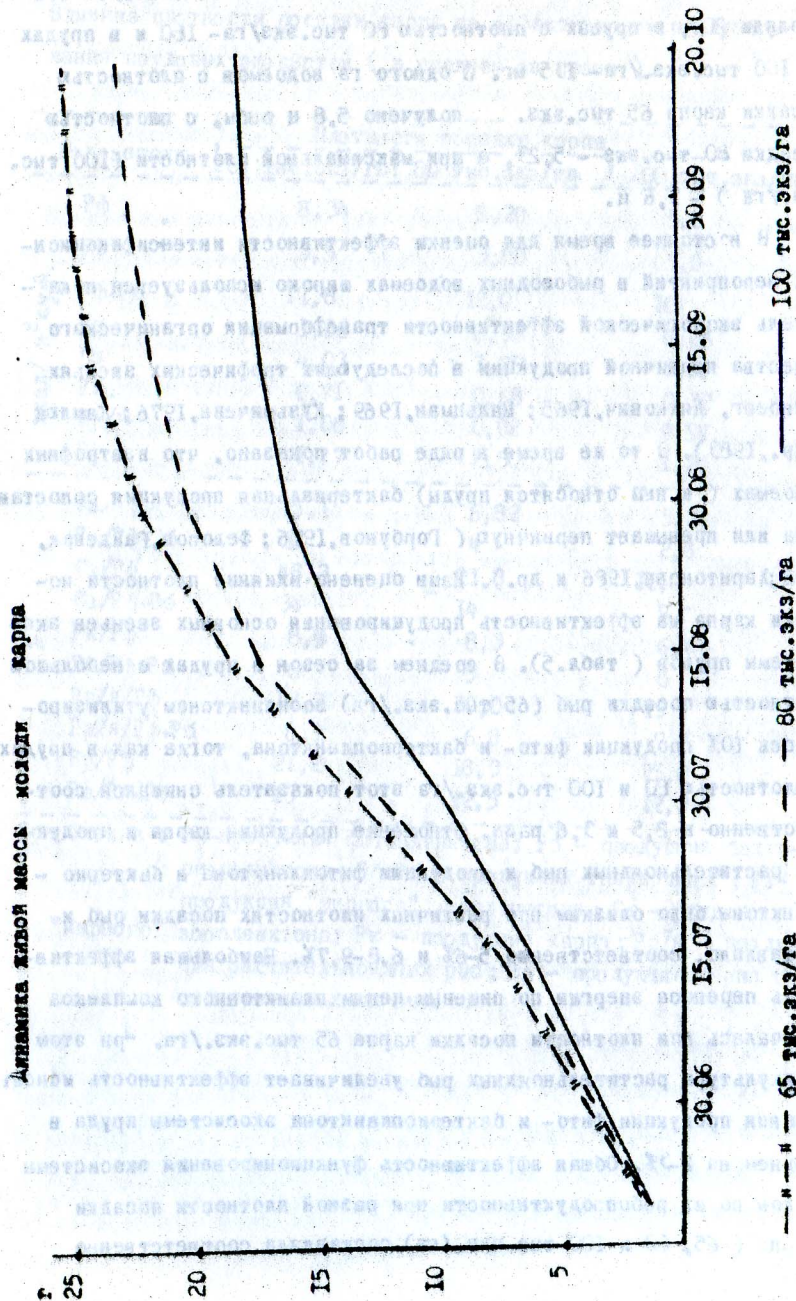


Рис. 5.

приности карпа в прудах с плотностью посадки 65 тыс. экз./га составляли 200, в прудах с плотностью 80 тыс. экз./га - 160 и в прудах со 100 тыс. экз./га - 135 мг. С одного га водоемов с плотностью посадки карпа 65 тыс. экз. получено 5,8 ц рыбы, с плотностью посадки 80 тыс. экз. - 5,23, а при максимальной плотности (100 тыс. экз./га) - 3,6 ц.

В настоящее время для оценки эффективности интенсификационных мероприятий в рыбопродуктивных водоемах широко используется показатель экологической эффективности трансформации органического вещества первичной продукции в последующих трофических звеньях (Винберг, Ляхович, 1965; Мальцман, 1969; Кузьмичева, 1976; Камлик и др., 1983). В то же время в ряде работ показано, что в эвтрофных водоемах (к ним относятся пруды) бактериальная продукция сопоставима или превышает первичную (Горбунов, 1976; Федоров, Райденко, 1986; Харитонов, 1986 и др.). Нами оценено влияние плотности посадки карпа на эффективность продуцирования основных звеньев экосистемы прудов (табл. 5). В среднем за сезон в прудах с небольшой плотностью посадки рыб (65 тыс. экз./га) зоопланктоном утилизировалось 10% продукции фито- и бактериопланктона, тогда как в прудах с плотностью 80 и 100 тыс. экз./га этот показатель снижался соответственно в 2,5 и 3,6 раза. Отношение продукции карпа и продукции растительноядных рыб к продукции фито- и бактериопланктона было близким при различных плотностях посадки рыб и составляло, соответственно 5-6% и 6,8-9,7%. Наибольшая эффективность переноса энергии по пищевым цепям планктонного комплекса отмечалась при плотности посадки карпа 65 тыс. экз./га. При этом поликультура растительноядных рыб увеличивает эффективность использования продукции фито- и бактериопланктона экосистемы пруда в среднем на 2-3%. Общая эффективность функционирования экосистемы прудов по их рыбопродуктивности при разной плотности посадки карпа (65; 80 и 100 тыс. экз./га) составляла соответственно

Таблица 5.

Влияние плотности посадки карпа на эффективность продуцирования прудовых экосистем (в среднем за сезон).

Показатели	Плотность посадки карпа		
	65 тыс. экз./га	80 тыс. экз./га	100 тыс. экз./га
Рф	8,34	8,20	5,0
Рб	3,5	3,80	5,0
Рф+Рб	11,8	12,0	10
Рз	1,26	0,36	0,28
Сз	4,03	1,79	0,90
Рк	0,71	0,68	0,32
Рр/я	1,06	0,82	0,97
Р	1,77	1,50	1,29
Рз/	15,1	6,82	5,3
Рз/Рф+Рб	10	4	2,8
Сз/Рф	48,3	21,8	17,0
Сз/Рф+Рб	34	14	9,0
Рк/Рф	8,5	8,3	6,4
Рк/Рф+Рб	6	5	6
Рр/я/Рф	12,7	10,0	19
Рр/я/Рф+Рб	8,9	6,8	9,7
Рр/Рз	21,2	18,3	25,0
Рр/Рф+Рб	15	12,5	12,9

Примечание: Рф - продукция фито- и бактериопланктона; Рб - продукция бактериопланктона; Рф+Рб - продукция "первичная"; Рз - продукция "мирного" зоопланктона; Сз - рацион "мирного" зоопланктона; Рк - продукция карпа; Рр/я - продукция растительноядных рыб; Рр - продукция карпа и растительноядных рыб.

15; 12,5; 12,9 %.

Плотность посадки карпа оказала соответственное влияние и на физиологическое состояние рыбы, её подготовленности к зимнему голоданию. Зимование у рыб характеризуется в физиологическом отношении пониженной ферментативной активностью. С прекращением приема пищи извне и питанием за счет собственных ресурсов расход энергии в зимнее время молодью происходит за счет питательных веществ в организме рыб, накопленных в период летнего выращивания (Щербина, 1979).

При нормальных условиях зимовки карп расходует до 20-30% потенциальной энергии организма. Доля белка в общих тратах энергии составляет 30-40, жира 60-70% (Поляков, 1964; Щербина, 1974).

Считается, что осенью молодь карпа содержит 72-78 % воды, 12-13% протеина и не менее 4-5% жира, но при различных плотностях эти показатели существенно отличаются от нормы (табл. 6).

Таблица 6.

Общий биохимический состав молоди карпа

Плотность посадки, тыс. экз./га	Содержание в сыром веществе, %			
	воды	протеина	жира	минеральных веществ
65	76,8±0,28	13,6±0,19	6,22±0,13	3,01±0,06
80	77,5±0,13	12,96±0,20	6,00±0,20	3,00±0,06
100	79,0±0,15	11,2±0,11	6,58±0,24	2,7±0,06

Нами установлено (Зайцев, Пархоменко, 1982), что по мере увеличения плотности посадки доля естественного корма в питании молоди сокращалась, что привело к уменьшению содержания сырого протеина в мышцах карпа до 11,2% (табл. 6), выращенных при максимальной плотности (100 тыс. экз./га), тогда как при плотности 65 тыс. экз./га его концентрация была выше на 22% и составляла 13,6% ($P < 0,01$).

В мышцах карпа, выращенного при плотности 65 и 80 тыс. экз./га

осенью было обнаружено приблизительно одинаковое количество жира - 6,22 и 6,0% на сырое вещество ($P > 0,01$). В мышцах карпа выращенного при высокой плотности посадки (100 тыс. экз./га) содержалось 1,3% жира, тогда как в печени концентрация достигала 10%.

По-видимому, использование рыбой большого количества искусственного корма оказывает стимулирующее действие на отложение жира в мышцах карпа, что согласуется с результатами работ многих исследователей (Сиверцев, 1963; Мартышев, 1970; Щербина, 1980; Сорвачев, 1982).

Гематологические исследования так же свидетельствуют о том, что физиологическое состояние молоди карпа, выращенной при максимальной плотности посадки было хуже, чем в других вариантах (табл. 7).

В крови карпа, выращенного при минимальной плотности посадки содержалось больше эритроцитов и гемоглобина. Высокое содержание гемоглобина и эритроцитов в крови, а также большой запас питательных веществ в теле рыб, выращенных при меньших плотностях посадки, обеспечивает широкие приспособительные возможности для её выживания в неблагоприятных условиях зимовки.

Результаты первого этапа исследований показали, что при увеличении плотности посадки карпа от 65 до 100 тыс. экз./га быстро истощивается естественная кормовая база прудов и без достаточного количества естественной пищи молодь неадекватно использует искусственные корма, полностью не соответствующие стернотипу питания рыбы. В связи с этим ухудшается рост и развитие рыб, снижается их жизнеспособность. Рыба, выращенная при максимальной плотности посадки медленнее растет, ей свойственна повышенная смертность, что приводит к снижению рыбопродуктивности прудов.

Установлено отчетливое влияние увеличения плотности посадки на интенсивность накопления белка, жира и минеральных веществ в мышцах рыб. В условиях повышенной плотности посадки в теле карпа накапливается меньшее количество органических веществ, особенно азотсодержащих соединений. Содержание липидов в мышцах снижается, а в печени, под воздействием потребления искусственных кормов, активизируется митоз.

Таблица 7

Гематологические показатели карпа, выращенного в экосистемах с различной плотностью посадки ($M \pm m$)

Показатели	Плотность посадки, тыс. экз./га		
	65	80	100
Гемоглобин, г%	8,21 \pm 0,26	7,80 \pm 0,30	7,26 \pm 0,17
Гематокрит	40,21 \pm 0,38	29,80 \pm 0,35	28,51 \pm 0,42
Эритроциты, млн/мм ³	1,62 \pm 0,15	1,40 \pm 0,19	1,26 \pm 0,24
Масса эритроцитов, %	8,0 \pm 0,32	10,80 \pm 0,22	15,5 \pm 0,27
Лейкоциты, тыс/мм ³	22,6 \pm 0,41	27,3 \pm 0,32	27,0 \pm 0,23

Наиболее оптимальной в наших исследованиях является плотность посадки личинок карпа 65 тыс. экз./га.

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Термический режим изучаемых водоемов оставался благоприятным для жизнедеятельности разводимых рыб в течение всего времени исследований.

Увеличение плотности посадки карпа выше определенного предела (выше 80 тыс. экз./га) приводит к резкому снижению содержания кислорода в прудах, достигающего наибольшей степени (до 1,8 мг/л) наблюдается в июле и августе. Обратная зависимость в гидрохимическом режиме прудов отмечена для перманганатной окисляемости. Достоверных различий в других параметрах химического режима не обнаружено.

Увеличение плотности посадки карпа с 65 до 80 и 100 тыс. экз./га

приводит к снижению продуцирования органического вещества в водоемах в 1,5 и 4 раза соответственно.

На развитие бактериопланктона в прудах существенное влияние оказывает плотность посадки карпа. С увеличением численности карпа с 65 до 80 и 100 тыс. экз./га с повышением общего количества бактерий, возрастает их биомасса (в 1,3 и 1,7 раза), а также интенсифицируется (в 1,1 и 1,4) продуцирование ими органического вещества.

На формирование зоопланктона и зообентова большое влияние оказывает плотность посадки карпа. Резкое снижение количественных показателей гидробионтов происходит при плотности посадки личинок выше 80 тыс. экз./га. На протяжении периода вегетации наблюдается замена крупных форм зоопланктона мелкими, чем плотнее посадка карпа, тем раньше происходит элиминация крупных видов.

Увеличение плотности посадки карпа с 65 до 80 и 100 тыс. экз./га приводит к снижению эффективности переноса энергии по пищевым цепям планктонного комплекса и трансформации первичной и бактериальной продукции в общую рыбопродукцию на 2,5%.

2. Плотность популяции карпа оказывает существенное влияние на рост, развитие и жизнеспособность составляющих её особей. Установлена отрицательная корреляция между плотностью посадки и массой молоди карпа. По мере увеличения плотности популяции карпа происходит замедление его роста. Среднесуточные приросты массы карпа, выражаемого при плотности посадки 65 тыс. экз./га в 1,1 и 1,5 раза соответственно больше, чем при плотности посадки 80 и 100 тыс. экз./га. С возрастанием плотности популяции с 65 до 80 и 100 тыс. экз./га ухудшалась обеспеченность рыбы естественной пищей в 2-4 раза и увеличивалась доля используемого искусственного корма. Повышение плотности посадки от 80 до 100 тыс. экз./га привело к снижению жизнеспособности молоди на 14%.

Оптимальной плотностью посадки личинок карпа в выростные водоемы в поликультуре с растительноядными рыбами при изученной

технологии производства является 65 тыс. экз./га при одновременном нахождении 10 тыс. экз./га белого амура, 20 тыс. экз./га белого и 20 тыс. экз./га пестрого толстолобика.

3. Сравнительный анализ химического состава молоди карпа установил достоверную ($P < 0,01$) зависимость накопления протеина в организме рыбы от степени потребления естественной пищи. С увеличением плотности посадки происходит снижение содержания протеина в теле карпа. В мышцах карпа выпущенного при плотности 65 тыс. экз./га содержалось $13,62 \pm 0,19\%$ сырого протеина, а при плотности 80 - 100 тыс. экз./га - соответственно $12,96 \pm 0,20\%$ и $11,20 \pm 0,11\%$. Высокая плотность посадки карпа отражается и на его гематологических показателях. Число эритроцитов и количество гемоглобина в крови молоди, выпущенной при плотности посадки 100 тыс. экз./га оказалось на 28 и 10% соответственно ниже, по сравнению с этими показателями водоемов с минимальной (65 тыс. экз./га) плотностью посадки.

Глава IV. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЫБАМИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПИЩИ И КОМБИКОРМОВ В ПРУДОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ КОРМЛЕНИЯ.

Многими исследователями установлено, что суточное потребление корма рыбами зависит от ряда абиотических и биотических факторов. Наиболее сильное влияние оказывает температура и уровень концентрации кислорода в воде. Повышение температуры воды вызывает у карпа увеличение интенсивности обменных процессов, соответственно изменяется количество потребляемой пищи и степень её использования (Шпет, 1952; 1953 и др.). На эффективность использования комбикорма влияет состояние естественной кормовой база и соотношение искусственных и естественных кормов в суточном рационе рыб. Одной из проблем трофологии является проблема интенсивности питания. Эта проблема включает в себя вопрос о факторах, определяющих величину рациона и одним из

таких факторов является количество пищевых объектов (Ивалев, 1945, 1955).

Изучение соотношения естественных и искусственных кормов в рационе рыб является одним из общепринятых элементов рыбохозяйственных исследований, но полученные к началу наших исследований результаты противоречивы и не позволяют однозначно ответить на данный вопрос (Харитоновна, 1974; Шербина и др., 1984).

Изучение экологии и физиологии питания карпа и растительноядных рыб способствует разработке более эффективного применения в рыбодоводстве кормления рыб, что позволяет выявить оптимальную плотность посадки и допустимые соотношения естественной пищи и комбикормовых смесей.

Разработке методов направленного воздействия на эффективность использования естественной и искусственной пищи рыбой в прудовых экосистемах в зависимости от нормы кормления и агрегатного состояния в условиях южных районов Европейской части СССР посвящены исследования второго этапа, изложенные в отдельной главе.

Было установлено, что величина биомассы фитопланктона находится в прямой зависимости от количества внесенного в водоем комбикорма.

Биомасса водорослей в среднем за сезон в прудах с нормой кормления 6,0% от массы карпа составила 1222 мг/м^3 , тогда как при 4,5% норме она снизилась до 854 мг/м^3 , и при 3% оказалась минимальной - 578 мг/м^3 .

Максимальный пик развития фитопланктона приходится на II декаду июля, что связано с увеличением массы внесенных комбикормов в пруды и повышением температуры воды. В этот период в водоемах возрастает содержание органического вещества и происходит бурное развитие фитопланктона, в составе которого доминирующее положение занимает синезеленые водоросли (главным образом

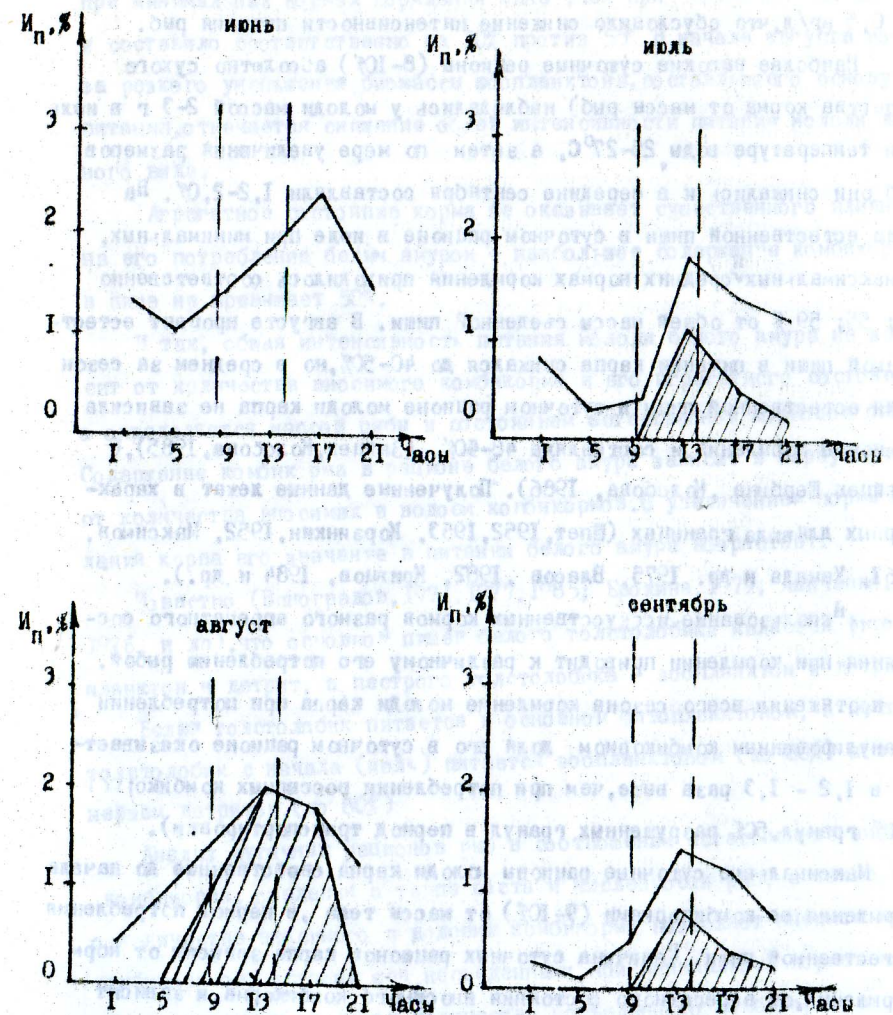
Anabena sp., Meristopedia sp).

Биомасса зоопланктона до начала кормления колебалась от 5,2 до 12 г/м³ (первая декада июля), а затем имела близкие значения, составляя в среднем при минимальных нормах кормления (3% от массы рыбы) - 1,62 г/м³, при средних (4,5% от массы рыбы) - 2,1 г/м³, максимальных (6% от массы рыбы) - 1,3 г/м³. В среднем за период выращивания, наибольшей (7,7 г/м³) биомасса зоопланктона оказалась в прудах со средними нормами кормления, а наименьшей (2,3 г/м³) в прудах с максимальными нормами.

Материалы о суточной динамике индексов потребления у рыб и наблюдения за кислородным и температурным режимом изучаемых водоемов позволили охарактеризовать интенсивность питания молоди карпа на протяжении суток в течение всего вегетационного сезона (рис. 6). Ранее было показано (Ляхнович, 1958; Пег, 1950), что карп с трехдневного возраста питается исключительно зоопланктоном, потребляя ветвистоусых и веслоногих ракообразных, а также коловраток, причем соотношение этих организмов в рационе зависит от плотности корма и определяется индивидуальными размерами кормовых объектов и рыб.

Таким образом, являясь основой кормовой базы в прудах, зоопланктон определяет характер питания карпа. Установлено, что в период, когда молодь карпа питалась только естественной пищей индексы потребления в течение суток были выше, чем при питании искусственными кормами. Анализ пищевого комка карпа показал, что независимо от норм кормления, в первую половину суток питание происходило только в основном за счет естественной пищи. Во вторую половину дня рыба питалась комбикормом в течение 4-6 часов, следующих за его внесением в пруды. В прудах с максимальными нормами кормления (6% от массы рыбы), уже в конце июля карп был не в состоянии использовать весь предлагаемый ему корм, также как и в последующем - до середины сентября.

Рис. 6. Суточный ритм питания молоди карпа в выростных прудах



▨ - доля комбикорма в кишечнике; — — — время кормления
 Ось ординат - индексы потребления кишечника карпа в сухом веществе в % от массы тела,
 Ось абсцисс - время суток в часах.

Неполная поедаемость вносимого комбикорма при максимальных нормах приводила к ухудшению кислородного режима: на 28 день кормления содержание растворенного в воде кислорода в утренние часы снижалось до 0,5 мг/л, что обусловило снижение интенсивности питания рыб.

Наиболее высокие суточные рационы (8-10% абсолютного сухого вещества корма от массы рыб) наблюдались у молоди массой 2-3 г в июле при температуре воды 25-27°C, а затем по мере увеличения размеров рыб они снижались и в середине сентября составляли 1,2-2,0%. На долю естественной пищи в суточном рационе в июле при минимальных,

максимальных и средних нормах кормления приходилось соответственно 60; 55; 59% от общей массы съеденной пищи. В августе процент естественной пищи в питании карпа снижался до 40-50%, но в среднем за сезон доля естественной пищи в суточном рационе молоди карпа не зависела от нормы кормления и составляла 48-50%. (Зайцев, Колосова, 1985), (Зайцев, Щербина, Колосова, 1986). Полученные данные лежат в характерных для вида границах (Шпет, 1952, 1953, Корзинкин, 1952, Максимов, 1961, Хамада и др. 1975, Власов, 1982, Крицков, 1984 и др.).

Использование искусственных кормов разного агрегатного состояния при кормлении приводит к различному его потреблению рыбой. На протяжении всего сезона кормление молоди карпа при потреблении гранулированным комбикормом доля его в суточном рационе оказывается в 1,2 - 1,3 раза выше, чем при потреблении рассыпных комбикормов (50% гранул, 50% разрушенных гранул в период транспортировки).

Максимальные суточные рационы молоди карпа естественные до начала кормления ее комбикормами (9-10%) от массы тела, в период потребления естественной пищи. Величина суточных рационов карпа зависит от норм кормления, от агрегатного состояния вносимого комбикорма, и зависит от температуры воды, массы рыбы, а также кислородного режима и состояния естественной кормовой базы. Было отмечено (Зайцев, Колосова, 1984, 1985), что наряду с карпом комбикорм в большом количестве потребляет белый амур. Количество внесенных комбикормов не оказало су-

щественного влияния на величину суточных рационов данного вида. Однако содержание комбикорма в пище белого амура в начале августа при минимальных нормах кормления ниже, чем при средних на 25% и составило соответственно на 30% против 55%. В начале августа из-за резкого уменьшения биомассы зоопланктона, составляющего основу питания, отмечается снижение общей интенсивности питания молоди данного вида.

Агрегатное состояние корма не оказывает существенного влияния на его потребление белым амуром - наибольшее содержание комбикорма в пище не превышает 50%.

Итак, общая интенсивность питания молоди белого амура не зависит от количества вносимого комбикорма и его агрегатного состояния, а определяется массой рыбы и состоянием естественной кормовой базы. Содержание комбикорма в рационе белого амура зависит в первую очередь от количества вносимых в водоем комбикормов. С увеличением нормы кормления карпа его значение в питании белого амура возрастает.

Известно (Виноградов, 1971, 1977, 1985; Ерохина, 1979, Данченко, 1974, 1976, и др.), что основным пищей белого толстолобика является фитопланктон и детрит, а пестрого толстолобика - зоопланктон и детрит.

Белый толстолобик питается в основном фитопланктоном, а пестрый толстолобик с начала (июль) питается зоопланктоном (до 80%) а в дальнейшем детритом (до 80%).

Анализ суточных рационов рыб в соотношении естественной пищи и комбикорма, сведения о темпе роста и численности рыб, а также данных о количестве вносимого в водоем комбикорма позволяет оценить потери комбикормов, оставшиеся несъеденными. При минимальных нормах кормления в среднем за сезон количество несъеденного комбикорма составило 49% к внесенному, а при увеличении норм в 1,5 и 2 раза его доля возрасла соответственно до 58-64%.

В качестве основных критериев в оценке эффективности использования

естественной пищи и комбикормов в прудовых экосистемах мы приняли темп роста, выживаемость и физиологическое состояние рыб, а также рыбопродуктивность.

При средних нормах кормления молоди карпа характеризовалась равномерным темпом роста, среднесуточный прирост в июле составил 2,5-3,0%, а в августе 1,2-1,6%, в сентябре 0,5-0,6% к массе рыбы. Относительная скорость роста снижалась от весны к осени с увеличением массы рыбы. Подобная закономерность отмечена и для других видов (Драгин, 1947, Смирнов и др. 1972, Рыжков 1979). К концу вегетационного периода масса карпа составила 30г, его выживаемость - 3%, рыбопродуктивность 10 ц/га. При максимальных нормах кормления масса карпа осенью составила 30г, а выживаемость была ниже на 15% (Рыбопродуктивность 6-7 ц/га) по сравнению таковой при средних нормах кормления.

При минимальных нормах кормления наиболее интенсивный рост карпа происходит в начале июля (среднесуточный прирост составил 14,3%), но уже со второй половины июля темп роста замедляется и в августе прирост составил 0,4 - 0,9% от массы рыбы. К концу вегетационного периода молоди достигла массы 22г, ее выживаемость - 30%, а рыбопродуктивность составила 6-7 ц/га.

При кормлении рассыпными искусственными кормами прирост молоди карпа отставал на 30-50% от такового при кормлении гранулированными кормами, что нашло отражение на выживаемости (27%) и рыбопродукции (4,5 ц/га).

Оценивая качественный состав полученной рыбопродукции при различной интенсивности кормления необходимо отметить, что с началом кормления относительное количество влаги в мышцах уменьшается до конца вегетационного периода, причем в варианте с минимальными нормами кормления в среднем 7%, в условиях средних и максимальных норм - 10%. Снижение относительного количества влаги в мышцах карпа сопрягается с увеличением относительного количества жира, достигавшего максимума

в конце вегетационного периода (табл.8).

Таблица 8

Общий биохимический состав мышц карпа при различной интенсивности кормления

Нормы кормления	Содержание		Содержание в сыром веществе, %	
	воды, %	протеина	жира	минеральные вещества
минимальные	77,2 ± 0,3	13,2 ± 0,18	5,6 ± 0,2	2,9 ± 0,06
средние	75,8 ± 0,25	14,2 ± 0,2	6,5 ± 0,14	3,0 ± 0,06
максимальные	76,1 ± 0,16	13,8 ± 0,19	6,2 ± 0,13	3,0 ± 0,06

Известно, (Рябова, 1972, Кудряшова, 1961 и др.), что молодь карпа, питавшаяся естественной пищей и не получавшая искусственных кормов имела больше протеина в мышцах по сравнению с рыбами, получавшими искусственные корма.

В течении всего вегетационного периода (май-октябрь) относительное количество протеина при всех нормах кормления возрастает от 3 (минимальная норма кормления); до 4% (средняя и максимальная нормы кормления), достигая максимальных показателей в конце вегетационного периода.

Изложенное позволяет сделать следующие выводы:

1) Диапазон колебания суточных рационов молоди карпа в прудовых экосистемах при температурах 13-27°C составляет 0,6-10% сухого вещества и они определялись массой рыб, состоянием естественной кормовой базы, температурой воды, кислородным режимом. Максимальная активность питания отмечена в период потребления естественной пищи (в основном зоопланктонные организмы).

Доля естественной пищи в рационах молодежи в первой декаде кормления (конец мая) достигала 50-70%; в июле - августе снижалась до 30-40%, осенью возрасла до 5-70%. Среднее содержание естественной пищи в рационах составило 4-37%.

2) Агрегатное состояние корма (гранулы, россыпь) оказывает влияние на интенсивность потребления комбикорма. В суточном рационе доля комбикорма при кормлении карпа гранулами в 1,3 раза выше, чем при кормлении россыпью. Применение гранулированных комбикормов по сравнению с рассыпными, при одинаковых нормах и кратности кормления приводит к снижению на 27% непроизводительных потерь и уменьшению затрат вносимых комбикормов на 30%.

3) При средних нормах кормления (4,5% от массы тела) молодь карпа характеризуется высоким и относительно равномерным темпом роста. Среднесуточный прирост в июле составил 2,4-5,4%, в августе 1,2-1,6%, в сентябре 0,5-0,6%. Средняя масса молоди в конце выращивания достигала 30г. При минимальных нормах кормления (3% от массы тела) наиболее интенсивный рост молоди данного вида наблюдается в июле, во второй половине июля прирост снижается до 1,5-2%; а в августе до 0,9% от массы тела. К концу выращивания рыбы в прудах карп достиг массы 22г.

При максимальных нормах кормления суточный прирост карпа в июле составил 2,3-6,6%, в августе 1,3-1,6%, в сентябре 0,4-0,83%. Средняя масса в осенний период составила 30г.

Выживаемость карпа в прудах при кормлении комбикормом: по минимальной, средней и максимальной норма составило соответственно: 30; 35; 20, а рыбопродукция соответственно: 7-6; 10; 6-7 ц/га.

4) Оптимальными нормами кормления молоди карпа в условиях VI зоны рыбоводства является таковые в пределах 4-4,5% от массы тела рыб. При выращивании карпа в поликультуре с растительноядными рыбами, дополнительное внесение комбикормов на растительноядных рыб, как рекомендовано "Рыбоводно-биологическими нормами для эксплуатации прудовых хозяйств" (1985) нецелесообразно.

Глава V. ОПТИМАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА УПРАВЛЯЕМЫХ И НЕУПРАВЛЯЕМЫХ ПРУДОВ.

Продуктивность водных экосистем зависит от образующегося в процессе фотосинтеза органического вещества (первичной продукции),

от аллохтонного органического вещества, принесенного извне в водную среду, от интенсивности процессов утилизации и минерализации органического вещества от комплекса биотических и абиотических факторов.

При слабой утилизации органического вещества, оно оседает на дно водоема, поглощает большое количество кислорода, и таким образом способствует понижению продуктивности. С накоплением в водоемах неиспользованного органического вещества происходит старение экосистем. Старение происходит медленнее, когда основными продуцентами органического вещества являются планктонные водоросли. Однако при высоком развитии фитопланктона, но слабом его потреблении растительноядными беспозвоночными значительная часть первичной продукции так же остается недоиспользованной и отлагается на дне водоема.

Кроме того, недоиспользованный рыбами искусственный корм оседает на дно водоема и разлагается бактериями.

В нашу задачу входило так же разработку методов управления продукционно-деструкционными процессами путем целенаправленного воздействия на структуру водных биоценозов. Такое воздействие может быть осуществлено введением в них высокопродуктивных видов и подавлением менее продуктивных.

Приривистый характер экосистемы и биоценозов спускных рыбопродуктивных водоемов открывает возможность при осушении дна изменить не только характер биотопа, но и структуру биоценоза. При залитии водоемов, когда гидробионты еще только начинают переходить в деятельное состояние сохраняется возможность ввезти в состав биоценоза высокопродуктивные формы, среди которых *D. magna* может рассматриваться, как приоритетная. Высокая продукционная способность и широкая экологическая валентность этого вида позволяют при введении его в состав биоценозов прудов значительно повысить естественную кормовую базу.

Был разработан интенсифицированный метод разведения дафний в прудах-питомниках, с внесением в них кроме органических

выростных водоемах 1980-1986 гг бактериальная продукция в среднем за сезон составила $625-922 \text{ ккал/м}^2$ и превышала первичную в 1,2-1,8 раза. Продукция образованная гетеротрофными бактериями из поступающего в водоем органического вещества является как бы эквивалентной первичной продукции (Константинов, 1979, Салыхова, 1985) и продуктивности животных водных экосистем находится в прямой связи с продуктивностью бактерий (Горбунов, 1946, 1976).

Следовательно, скорость процесса продуцирования в последующих трофических звеньях эвтрофных водоемов, определяется не только первичной, но и бактериальной продукцией. Поэтому эффективность переноса энергии в экосистемах прудов между начальными и последующими звеньями цепи нами определялись по величине использования не только первичной, но и суммарной продукцией фито- и бактериопланктона - так называемой "первопищи". (Федоров, Гайденок, 1986).

Целесообразность оценки эффективности функционирования прудовых экосистем по степени утилизации продукции "первопищи" особенно очевидна для прудов, в которых карп выращивается в поликультуре с растительноядными рыбами - активными потребителями фито и бактериопланктона (Сорокин, Харитоновна, 1984, 1986; Федоров, Гайденок, 1986, Федоров, 1987).

Представляется возможным (Зайцев, Киселева 1986, 1987, 1989) - оценить влияние различных норм и продукции *D. magna* на эффективность продуцирования основных звеньев пищевой цепи экосистем выростных прудов при выращивании карпа в поликультуре с растительноядными рыбами.

Анализ влияния различных норм интродукции *D. magna* в пруды до начала кормления карпа (табл. II) показывает, что интродукция дафний не оказывает отрицательного влияния на величину первичного продуцирования в прудах. Снижение бактериальной продукции при увеличении количества интродуцируемых дафний свидетельствует, что они являются мощным активизатором вовлечения бактериальной продукции в биологический круговорот, при этом воспроизводство энергии "первопищи" в рыбопродукции увеличивается по сравнению с контролем; при интродукции дафний 0,2 кг/га в 1,3 раза, 0,5 кг/га - 2,4 раза, 1,0 кг/га - 3 раза.

Таблица II

Энергетический баланс основных звеньев экосистемы прудов до начала кормления карпа

Показатели	Варианты опытов			
	I	II	III	IV
Рф	$3,08 \pm 0,46$	$4,47 \pm 1,07$	$3,37 \pm 1,08$	$2,97 \pm 0,44$
Рб	$5,71 \pm 0,98$	$4,45 \pm 0,89$	$2,63 \pm 0,34$	$2,20 \pm 0,49$
Рф+Рб	8,77	8,92	6,0	5,17
Рз	$0,42 \pm 0,09$	$0,84 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,04$	$1,51 \pm 0,10$
Сз	1,32	2,93	3,42	4,38
Рк	$0,49 \pm 0,03$	$0,67 \pm 0,03$	$0,81 \pm 0,06$	$0,88 \pm 0,05$
Рз/Рф	13,63	18,79	31,45	50,84
Рз/Рф+Рб	4,68	9,42	17,66	29,20
Сз/Рф	42,85	65,55	101,48	147,47
Сз/Рф+Рб	15,2	32,84	57,00	84,72
Рк/Рф	15,91	14,95	24,03	29,63
Рк/Рф+Рб	5,57	7,51	13,50	17,02

Примечание: Рф - продукция фитопланктона;
Рб - продукция бактериопланктона;
Рф+Рб - продукция "первопищи";
Рз - продукция "мирного" зоопланктона;
Рк - продукция карпа;
Сз - рацион зоопланктона.

В период кормления в прудах всех вариантов опытов, по сравнению с периодом до начала кормления карпа, происходило увеличение как первичной, так и бактериальной продукции (табл. 12).

В период кормления, в прудах, где проводилась интродукция дафний, продукция "первопищи" увеличивалась по сравнению с контролем в 1,2 - 1,4 раза, а эффективность функционирования прудов по их рыбопродукции увеличилась немного.

За весь период выращивания рыбы продукция первопищи практически не различалась (табл. 13). В прудах при интродукции дафний 0,5 и 1,0 кг/га степень утилизации продукции "первопищи" карпом были в 1,5 раза выше, чем в контрольных прудах.

Соотношения функциональных характеристик рассмотренных звеньев пищевой цепи показывают, что эффективность функционирования прудовых экосистем зависит не только от количества органического вещества, образованного в первом звене пищевой цепи, но и в большей степени от его утилизации последующих трофических звеньев. Так, высокая эффективность функционирования экосистем прудов наблюдалась в период развития в них дафний 1,0 кг/га, где процент воспроизводства продукции "первопищи" в рыбопродукции составил 17,0%, что в 3,0 раза выше, чем в прудах, где интродукция не проводилась.

В целом за весь период выращивания наибольшая эффективность переноса энергии по пищевым цепям планктонного комплекса отличалась в прудах при интродукции дафний 1,0 кг/га, приходящая к высокому проценту воспроизводства энергии "первопищи" в рыбопродукции. При этом поликультура растительноядных рыб увеличивает эффективность использования продукции первого звена трофической цепи в среднем на 7%, интродукция дафний в количестве 1,0 кг/га на 5%. Общая эффективность функционирования прудов по их рыбопродуктивности при выращивании карпа в поликультуре с растительноядными рыбами и интродукцией дафний 1,0 кг/га составляет 16%.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

Таблица 12

Энергетический баланс основных звеньев экосистем прудов в период кормления карпа

Показатели	варианты опытов			
	I	II	III	IV
Pф	6,95±1,07	8,97±1,31	9,13±0,59	9,86±1,40
Pб	8,73±0,72	10,9±0,85	13,26±1,25	9,56±0,38
Pф+Pб	15,68	19,87	22,39	19,42
Pз	0,23±0,02	0,26±0,03	0,29±0,04	0,31±0,04
Сз	0,89	0,84	0,96	0,99
Pк	0,95±0,11	1,19±0,10	1,52±0,04	1,32±0,09
Pр/я	1,24±0,09	1,48±0,08	0,72±0,03	1,68±0,09
Pр	2,19	2,67	2,24	3,00
Pз/Pф	3,3	2,89	3,17	3,14
Pз/Pф+Pб	1,47	1,31	1,29	1,60
Сз/Pф	12,80	9,36	10,51	10,00
Сз/Pф+Pб	5,68	4,22	4,29	5,10
Pр/Pф	31,51	29,76	24,53	30,42
Pр/Pф+Pб	13,96	13,43	10,00	15,45
Pк/Pф	13,67	13,26	16,64	13,38
Pк/Pф+Pб	6,05	5,98	6,70	6,80
Pр/я/Pф	17,84	16,50	7,88	17,04
Pр/я/Pф+Pб	7,91	7,45	3,21	8,65

Примечание: Pр - продукция карпа и растительноядных рыб.

Таблица 13

Энергетический баланс основных звеньев экосистемы
прудов за весь период выращивания карпа

Показате- ли	варианты опытов			
	I	II	III	IV
Рф	5,44±1,01	8,08±1,16	6,18±0,78	6,70±1,15
Рб	7,78±0,78	8,78±0,86	7,92±0,73	6,82±0,40
Рф+Рб	13,22	15,85	14,10	13,52
Рз	0,30±0,04	0,47±0,03	0,57±0,04	0,76±0,06
Сз	1,04	1,64	1,87	2,34
Рк	0,81±0,07	1,04±0,05	1,30±0,05	1,22±0,72
Рр	1,54±0,08	1,95±0,07	1,75±0,04	2,25±0,08
Рз/Рф	5,51	5,81	9,22	11,5
Рз/Рф+Рб	2,26	2,96	4,04	5,62
Сз/Рф	19,11	20,29	30,25	34,92
Сз/Рф+Рб	7,86	10,35	13,26	17,30
Рр/Рф	28,30	21,98	28,31	33,58
Рр/Рф+Рб	11,64	12,30	12,41	16,64
Рк/Рф	14,88	15,32	21,36	18,21
Рк/Рф+Рб	6,12	6,62	9,36	9,02

1) Впервые в условиях прудовых пресноводных водоемов южных районов СССР проведена интродукция *D. magna* при существующей технологии выращивания рыбы. Выявлена биологическая целесообразность применения кобальтовых микроудобрений в прудах-питомниках в регионах с недостаточным содержанием кобальта. Усовершенствован метод разведения *D. magna* в прудах-питомниках с использованием азотобактерина и кобальтового микроудобрения, что позволило увеличить продуктивность водоема в 3 раза и пищевую ценность выращиваемой рыбы за счет повышения её жирности.

2) Интродукция *D. magna* приводит к снижению биомассы фитопланктона только в период интенсивного развития и не оказывает отрицательного влияния на биомассу фитопланктона в период выращивания карпа в поликультуре с растительноядными рыбами. Внесение *D. magna* в выростные водоемы способствует снижению численности биомассы бактериопланктона, увеличению интенсивности микробиологических процессов и самоочищению прудов. *Daphnia magna* переселенная в водоемы в количестве 1,0 кг/га увеличивает биомассу зоопланктона в период до начала кормления карпа в 3,5 раза, а его продукцию в 2,6 раза. В среднем за сезон биомасса зоопланктона увеличивается в 2,7 раза, а его продукция в 1,8 раза по сравнению с контролем. В период "достаточной" биомассы зоопланктона (выше 5 г/м³) при интродукции *D. magna* 1,0 кг/га составляет 30-35 суток, что выше по сравнению с контролем 3,0-3,5 раза.

3) При интродукции *D. magna* 1,0 кг/га за период до начала кормления карпа комбикормами, зоопланктоном утилизируется 84,7 % продукции "первопищи", что в 5,6 раза выше, чем в контроле. В этот период доля использования рыбы первичной продукции составляет 29,6 % (контроль-15,91), а продукция "первопищи" 17%, что в 3 раза выше, чем в контрольных водоемах. Эффективность функционирования прудовых экосистем заметно увеличивается на 17%.

4) Интродукция *D. magna* в количестве 1,0 кг/га изменяет соотношение различных экологических групп за счет увеличения ветвистоусых ракооб-

разных-ценных кормовых объектов карпа и растительноядных рыб, а их использование рыбами увеличивает среднюю массу с 30г. до 40г., выживаемость мелочи карпа с 35 до 40%, растительноядных рыб с 30 до 60%; объем продукции карпа на 4 ц/га, а растительноядных рыб на 2,1 ц/га.

Заключение

Экосистемы рыбозводных прудов являются наиболее управляемыми человеком водными бассейнами с целью достижения наиболее высокой полезной рыбопродуктивности. Проведенные комплексные гидро-биологические исследования рыбозводных водоемов и эколого-физиологический анализ их обитателей позволил установить основные закономерности, свойственные биопродукционным процессам типичным рыбозводным водоемам южной части Советского Союза при различных структурах их экосистем и разработать рекомендации по целенаправленному биологическому, интродукционному, кормовому и другим методам управления этими процессами для получения наиболее высокой и качественной рыбопродукции.

Анализ биотических превращений вещества в водоеме, как элемента его экосистемы, осуществленный в отношении группы видов, объединенных функциональными признаками, позволил выявить характер и степень влияния таких интенсивных факторов, как искусственное кормление выращиваемых рыб и интродукция некоторых массовых беспозвоночных на конечную рыбопродуктивность рыбозводных прудов.

Выявленные основные закономерности процессов, определяющих биологическую продуктивность рыбозводных водоемов различных регионов страны, изменяющих объем своей конечной рыбопродуктивности при изменении плотности посадки выращиваемых рыб, интенсивности и характера их кормления, а так же от объемов биомассы интродуцированных пелагических ракообразных, позволяют разрабатывать и рекомендовать наиболее оптимальные объемы и формы этих процессов.

Наиболее существенными в практическом отношении положениями и выводами настоящей работы являются (рис. 7):

I. В южной зоне СССР для получения максимальной рыбопродуктивности

фрагмент частной ниши рыбопродуктивности карпа в трехмерном пространстве экологических факторов

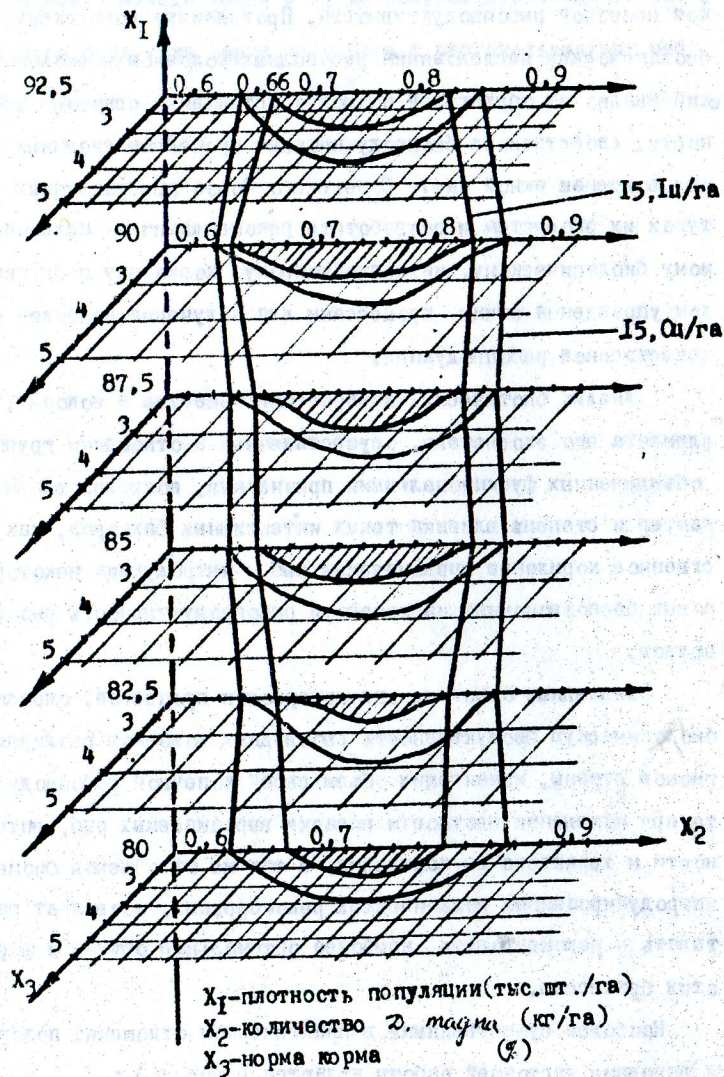


Рис. 7.

прудовых экосистем плотность посадки карпа должна составлять 90-100 тыс. экз/га, нормы кормления 4-4,5% от массы тела, а интродукция *D. magna* до 1,0 кг/га, что позволяет довести рыбопродукцию по карпу до 13-15 ц/га, а общую до 25ц/га.

2. Разработана модель, описывающая и объясняющая изменение в трехмерном пространстве рыбопродукции пруда и позволяющая оценить потенциальные объемы максимально возможного её увеличения.

3. Практическое применение данной модели с использованием трёх параметров (плотность посадки, нормирование кормления и интродукции латвийского карпа) позволяет получить до 15 ц/га карпа и при современных ценах 330-400 рублей присили, а для одного рыбопитомника площадью 200-250 га, дополнительная прибыль достигает 70-100 тыс. руб.

Результаты осуществлённых исследований позволили разработать технологию применения плотности посадки, норм кормления рыб, интродукции *D. magna* для решения таких задач рыбоводства, как увеличение численности рыб на единицу площади, улучшения режима кормления карпа, рационального использования искусственных кормов, повышения естественной кормовой базы прудов, способствующих значительному увеличению рыбопродукции в прудовых рыбных хозяйствах.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации.

1. Зайцев В. Ф., Воробьёв В. И., Самилкин П. С., Ходоровский О. А., Динамика микроэлементов в организмах некоторых гидробионтов прудов Астраханской области. Материалы Всесоюзного совещания "Формирование и регулирование естественной кормовой базы искусственных водоёмов" М., 1973, стр. 122-124.
2. Зайцев В. Ф., Соколовский А. Ф. Влияние микроэлементов на трофическую цепь рыбных прудов. Тезисы докладов УП Всесоюзного совещания "Биологическая роль и практическое применение микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине." Т. 2. Из-во "Зинатне", Рига, 1975, стр. 22-23.
3. Зайцев В. Ф., Воробьёв В. И. Микроэлементы и биологическая продуктивность водоёмов. Журнал "Рыбное хозяйство", № II, 1975, стр. 21-22.
4. Зайцев В. Ф., Соколовский А. Ф. Влияние комплексных и простых удобрений на продукционные процессы в воде прудов дельты реки Волги. Всесоюзная конференция молодых учёных "Научно-технический прогресс в рыбной промышленности" М., 1976, стр. 54-55.
5. Зайцев В. Ф., Соколовский А. Ф. Влияние кобальта на круговорот азота в прудах. Всесоюзная конференция молодых учёных "Научно-технический прогресс в рыбной промышленности" М., 1976, стр. 54-55.
6. Зайцев В. Ф., Соколовский А. Ф. Эффективность утилизации энергии первичной и бактериальной продукции в различных биотурбированных водоёмах дельты Волги. Тезисы докладов IY Всесоюзного Лимнологического совещания "Круговорот энергии и вещества в водоёмах." Листвиничное на Байкале, 1977, стр. 66-68.
7. Зайцев В. Ф. Влияние кобальта на продукционные процессы континентальных водоёмов в регионе Сибири с его недостатком. Тезисы докладов УП Всесоюзной конференции "Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине" Ивано-Франковск, 1978, стр. 25.
8. Зайцев В. Ф. Применение кобальтовых удобрений в рыбоводстве в регионе с его недостатками. Всесоюзное совещание "Совершенствование биотехники прудового рыбоводства". М., 1980.

9. Зайцев В.Ф., Пархоменко А.М. Выращивание ремонтных сеголетков карпа в условиях Чаганского рыбопитомника Астраханской области. Сборник научных трудов "Совершенствование племенной работы в рыбобоводстве". Труды Московской с/х академии им. Тимирязева, М., 1983, стр. 67-72.

10. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А., Брумштейн Ю.М., Автоматизированный комплексный расчет на ЭВМ серии ЕС биомассы и продукции водных животных. "Тезисы доклада Всесоюзной конференции, Калининград, 1982, стр. 109.

11. Зайцев В.Ф., Пархоменко А.М. Влияние плотности посадки на некоторые физиолого-биохимические особенности карпа выростных прудов, У Всесоюзная конференция по экологической физиологии и биохимии рыб. Тезисы доклада ч.3, Севастополь, 1982, стр. 42-43.

12. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. Влияние интродукции дафнии на продуктивность зоопланктона и продуктивность выростных прудов. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Создание естественной кормовой базы для повышения продуктивности рыбобоводства" М., 1984, стр. 117-118.

13. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. Разведение живых кормов для рыб в прудах-питомниках. Астрахань, 1983, С. 25 п.л.

14. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А., Брумштейн Ю.М. Автоматизированный комплексный расчет биомассы и продукции зоопланктона для некоторых водоемов Нижней Волги. Сборник "Биологическая продуктивность и качество воды и ее водохранилища." Наука, М., 1974, стр. 187-188.

15. Зайцев В.Ф., Колобова И.Ю. Характеристика суточных рационов и эффективность использования комбикормов сеголетками белого амура В кн.: "Биологические основы и производственный опыт рыбохозяйственного мелководия дальневосточных растительноядных рыб." М., 1984, стр. 124-125.

16. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А., Брумштейн Ю.М., Методика расчета на ЭВМ продукции зоопланктона. Сб. научных трудов "Биологические основы индустриальной аквакультуры". Калининград, 1984, стр. 131-135.

17. Зайцев В.Ф., Пархоменко А.М. Использование гидролизных дрожжей в смесях при кормлении сеголетков карпа. Астрахань, 1985.

18. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. Культивирование дафний в прудах-питомниках с использованием азотобактерина и кобальта. Астрахань, 1985, С. 19 п.л.

19. Зайцев В.Ф., Колобова И.Ю. Оценка технологических потерь комбикормов при различных нормах кормления сеголетков карпа в условиях У1 зоны прудового рыбобоводства. Материалы У конференции специалистов системы "Гидрорыбпроект" Астрахань, "Индустриальное рыбобоводство", 1985, стр. 139-140.

20. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. Технология разведения дафний magna в прудах-питомниках в условиях Астраханской области. Материалы У конференции специалистов системы "Гидрорыбпроект" Астрахань, "Индустриальное рыбобоводство", 1985, стр. 71-72.

21. Зайцев В.Ф., Колобова И.Ю. Потребление комбикорма сеголетками белого амура при совместном выращивании с карпом в условиях У1 зоны прудового рыбобоводства. Тезисы докладов Всесоюзной конференции по промышленному рыбобоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб. М., 1985, стр. 54-55.

22. Зайцев В.Ф., Пархоменко А.М., Макарова Т.Ф., Николаенко В.И. Липидный состав мышц и печени сеголетков карпа при выращивании в различных условиях. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по промышленному рыбобоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб. М., 1985, стр. 101-103.

23. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. Опыт направленного формирования естественной кормовой базы выростных прудов в условиях У1 зоны прудового рыбобоводства. Сборник научных трудов "Вопросы интенсификации прудового рыбобоводства. Вып. 45, М., 1985, стр. 47.

24. Зайцев В.Ф., Мальчук А.В., Колобова И.Ю. Опыт применения высокобелковых комбикормов для рыб. Астрахань, 1986, С. 2 п.л.

25. Зайцев В.Ф., Шербина М.А., Киселев Л.А., Колобова И.Ю., Провин "Что показали испытания." Журнал "Рыбобоводство" Из-во Агрпромиздат № 3, 1986, С. 1 п.л.

26. Зайцев В.Ф. Систематизирование кормления сеголетков карпа при совместном выращивании с растительноядными рыбами. Астрахань, 1986, С. 1 п.л.

27. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. К оценке эффективности функционирования прудовых экосистем. Тезисы докладов конференции "Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана." Билим, Ашгабад, 1986, стр. 215-216.

28. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А., Брумштейн Ю.М., Зинченко Т.Д. Влияние интродукции планктонных и донных ракообразных на продукционные процессы и рыбопродуктивность прудов. Тезисы докладов У съезда Всесоюзного гидробиологического общества, 1986, С. 1 п.л.

29. Зайцев В.Ф., Шербина М.А., Киселев Л.А., Колобова И.Ю., Лебедев, Дума Л. Опыт применения новой системы нормирования комбикормов. Журнал "Рыбобоводство" № 6, Агрпромиздат, М., 1986, стр. 3-5.

30. Зайцев В.Ф., Ткач А.И., Колобова И.Ю. Высокоэффективный агрм. Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Современное состояние и перспективы развития прудового рыбобоводства". М., 1987, стр. 79-80.

31. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А., Биологический баланс вещества и энергии в экосистеме выростных прудов У1 зоны рыбобоводства. Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Современное состояние и перспективы развития прудового рыбобоводства" М., 1987, стр. III-III.

32. Зайцев В.Ф., Зинченко Т.Д. Особенности формирования бентоса в выростных прудах в условиях У1 зоны рыбобоводства. Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Современное состояние и перспективы развития прудового рыбобоводства". М., 1987, стр. 43-44.

33. Зайцев В.Ф. Корма и их использование в рыбобоводстве. Владивосток 1986, стр. 90.

34. Зайцев В.Ф., Киселева Л.А. Эколого-биологические процессы в прудовых экосистемах. Журнал "Биологические науки" № 1, 1989, стр. 12-15.