



На правах рукописи

**КУЗЬМИН
ИГОРЬ АНАТОЛЬЕВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ВЫРОСТНЫХ ПРУДОВ ПУТЕМ
КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИХ ЭКОСИСТЕМУ**

Специальность 03.00.10 – ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва - 2007

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии
"Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного
хозяйства" (ВНИИПРХ)

Научный руководитель:

кандидат биологических наук

Шмакова Зинаида Ивановна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук,

профессор

Козлов Владимир Иванович

кандидат биологических наук

Шестерин Иван Семенович

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт
ирригационного рыбоводства (ГНУ ВНИИР Россельхозакадемии)

Защита состоится «24» апреля 2007 г. в 11 часов на заседании диссертационного
совета Д.307.003.01 при ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт
пресноводного рыбного хозяйства" («ВНИИПРХ») по адресу: 141821, Московская
обл., Дмитровский р-н, пос. Рыбное

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП "ВНИИПРХ"

Автореферат разослан «23» марта 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Белобородова М.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В современных экономических условиях прудовое рыбоводство может быть рентабельным только при наличии низкозатратных технологических приемов выращивания рыбы, начиная с посадочного материала.

В связи с этим на первый план выступает необходимость интенсификации прудового рыбоводства в части производства посадочного материала путем воздействия, в первую очередь, на производственные процессы в экосистеме пруда и оптимизацию трофических связей. Выявление возможностей получения максимальной естественной рыбопродуктивности и снижение затрат комбикормов - одна из главных проблем прудового рыбоводства.

К настоящему времени получены убедительные данные по эффективности применения методов повышения естественной кормовой базы при выращивании сеголетков карпа, в основном в монокультуре (Богатова, 1980; 1985; Жемаева, Богатова, 1985; Богатова и др., 1989; Шмакова, 1998; Шмакова и др., 2000). Сведений по направленному формированию естественной кормовой базы прудов при выращивании рыб в поликультуре сравнительно мало (Киселева, 1988; Шмакова, 2001).

Работ по совершенствованию технологических приемов выращивания посадочного материала прудовых рыб в условиях I-ой зоны рыбоводства недостаточно. Недостаточно полно изучены производственные процессы при направленном воздействии на экосистему выростных прудов и оценена эффективность функционирования прудовых экосистем при выращивании рыб в поликультуре.

Цель и основные задачи исследований. Целью настоящей работы являлась оценка эффективности воздействия на прудовую экосистему комплекса мероприятий, направленных на повышение продуктивности основных звеньев трофической цепи при выращивании рыбопосадочного материала в поликультуре.

В процессе исследований решались следующие задачи:

- оценка влияния комплекса методов интенсификации на производственные процессы в прудовых экосистемах и повышение естественной кормовой базы рыб;
- отработка оптимального состава поликультуры рыб для наиболее полного использования кормовых ресурсов прудов;
- мониторинг состояния экосистемы прудов при направленном воздействии на производственные процессы и выращивании рыбы в условиях разного состава поликультуры;

- оценка эффективности трансформации энергии в прудовой экосистеме от первичной продукции планктона до рыбопродукции в разных вариантах интенсификации продукционных процессов и состава поликультуры выращиваемых рыб.

Научная новизна. Впервые проведены комплексные гидробиологические и ихтиологические исследования на продукционном уровне с расчетом элементов энергетического баланса, позволившим определить степень использования естественной кормовой базы при выращивании сеголетков карпа в поликультуре с растительными рыбами в условиях I зоны рыбоводства. Впервые применена смешанная культура зоопланктонных организмов, интродуцируемых в пруды, что позволило обеспечить рыб разноразмерным доступным кормом. Впервые определены стартовая и среднесезонная биомасса кормовых для рыб организмов, продукция основных звеньев трофической цепи (фитопланктон, зоопланктон, зообентос), при которых наблюдается высокий рост и выживаемость молоди, выращиваемой в поликультуре. Получены данные по изменению структуры зоопланктонного сообщества в сторону доминирования и массового развития мирных форм зоопланктона за счет интродуцируемых видов. Определено, что рост продукции рыб обеспечивался проведением мероприятий, направленных на сокращение трофических цепей в экосистеме прудов. Получено два патента на «Устройства для повышения температуры в рыбоводных емкостях и водосмах» (№ 2285397, Бл. № 29, 2006 г. и № 2288578, Бл. № 34, 2006 г.).

Практическая значимость. Результаты экспериментальных исследований по направленному формированию кормовой базы выростных прудов позволили отработать и рекомендовать для первой зоны рыбоводства эффективный комплекс интенсификационных мероприятий, обеспечивающих высокую естественную рыбопродуктивность, а также оптимальную схему поликультуры рыб, при которой достигаются относительно высокие величины рыбной продукции при эффективном рыбохозяйственном освоении кормовых ресурсов. Определено, что в условиях I зоны рыбоводства выращивание сеголетков в поликультуре, белый амур-толстолобик-каarp, оптимально в соотношении 1 : 2 : 3, при общей плотности посадки из расчета 60 тыс. шт/га.

Апробация. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на заседаниях научно-методического совета и Ученого Совета ВНИИПРХ (2003-2006), представлены на международных научно-практических конференциях: «Аквакультура и интегрированные технологии: Проблемы и возможности» (Москва, 2005), «Aquatic ecology at the dawn of XXI century» (Санкт-Петербург, 2005),

«Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водосмов Европейского Севера» (Вологда, 2005).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ и получено 2 патента.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и выводов, списка литературы и 2-х приложений. Работа изложена на 155 страницах, содержит 14 таблиц и 28 рисунков. Список цитируемой литературы насчитывает 237 источников, из которых 35 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность научному руководителю, заведующей лабораторией, к.б.н. З.И. Шмаковой, к.б.н. В.Д. Степанову, к.б.н. Н.А. Тагировой, И.Ю. Бадаевой, а также сотрудникам лаборатории экологической токсикологии оказавшим помощь в ходе выполнения работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Состояние вопроса интенсификации прудового рыбоводства (литературный обзор)

Аналитический обзор литературных материалов по тематике исследований показал, что к настоящему времени накоплено большое количество данных, характеризующих значение естественных кормов в питании молоди карпа и растительноядных рыб и влияние интродукции кормовых организмов на развитие естественной кормовой базы в прудах и улучшение рыбоводных показателей выращивания рыбы. Имеются отдельные работы, в которых рассматриваются вопросы оценки эффективности трансформации энергии в звеньях основных пищевых цепей экосистемы прудов, но они относятся, главным образом, к выращиванию карпа в монокультуре.

В условиях совместного выращивания сеголетков карпа и растительноядных рыб для I-ой зоны рыбоводства эти вопросы не изучены, единичны также сведения об эффективности трансформации энергии в выростных прудах при направленном воздействии на экосистему.

Глава 2. Материал и методы исследований

Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательской темы ФГУП «ВНИИПРХ» «Разработка ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих повышение эффективности товарного прудового и промышленного рыбоводства в Центральном и Южном регионах России»

Исследования проведены по схеме представленной на рисунке 1.

Рис.1 Схема исследований



Сбор гидробиологического и ихтиологического материала проведен в прудах экспериментально-производственного объединения "Якоть" ФГУП "ВНИИПРХ", территориально расположенном в 1-ой рыболовной зоне. Ежегодно было задействовано до 10 выростных прудов площадью от 0,03 до 0,05 га. В экспериментах выращивали сеголетков карпа, белого амура и гибрида белого х пестрого толстолобиков (в дальнейшем по тексту "толстолобик"). Основу экспериментов при выращивании рыболовного материала составили варианты зарыбления прудов как по возрасту и соотношению количества личинок видов рыб в поликультуре и общей плотности зарыбления, так и по срокам зарыбления прудов отдельными видами рыб (табл. 1).

Таблица 1

Схема зарыбления экспериментальных выростных прудов

Годы	Варианты	Состав поликультуры	Дата зарыбления	Плотность посадки, тыс. шт/га	Средняя масса, г
2001	I	Б. амур	10.06	40,0	0,002
		Толстолобик	10.06	40,0	0,001
		Карп	26.06	20,0	0,2
2002	I	Толстолобик	1.07	20,0	0,03
		Карп	3.07	10,0	0,2
2003	I	Б. амур	9.06	30,0	0,05
		Толстолобик	7.06	30,0	0,03
	II	Карп	1.07	30,0	0,1
2004	I	Б. амур	28.06	10,0	0,03
		Толстолобик	28.06	20,0	0,02
		Карп	1.07	30,0	0,05
	II	Б. амур	28.06	20,0	0,03
		Толстолобик	28.06	20,0	0,02
Карп	1.07	20,0	0,05		
2005	I	Б. амур	11.06	40,0	0,002
		Толстолобик	11.06	40,0	0,001
	II	Б. амур	1.07	10,0	0,13
		Толстолобик	1.07	20,0	0,04

Для стимулирования развития естественной кормовой базы применен комплекс мероприятий, способствующих повышению естественной рыбопродуктивности (рыхление ложа прудов, известкование, внесение органических и минеральных удобрений), внесение зеленой растительности в качестве субстрата для развития зообентоса или корма для рыб (ряски), а также культуры кормовых организмов зоопланктона.

В период выращивания молоди рыб осуществлялся сбор материала по гидрохимическому и гидробиологическому режиму прудов, росту и питанию выращиваемых рыб. Методы сбора и обработки гидрохимического и гидробиологического материала общепринятые. Во второй половине вегетационного периода, когда снижалось развитие кормовой базы, для кормления сеголетков использовали комбикорм К-110.

Естественную рыбопродуктивность прудов по карпу и белому амуру рассчитывали, суммируя прирост рыб до начала кормления только за счёт естественной пищи и часть прироста в период кормления за счет естественной пищи.

На основании данных по продукции основных трофических уровней проведены расчёты трансформации энергии по звеньям пищевой цепи, что позволило судить об эффективности функционирования экосистемы прудов в разных вариантах выращивания сеголетков рыб.

Глава 3. Абиотические условия выращивания сеголетков в прудах **Температура воды и кислородный режим прудов.**

В условиях нестабильности погодных условий в период выращивания сеголетков рыб и их неравнозначности в годы исследований температурный режим выростных прудов весьма различался в отдельные годы по срокам наступления и продолжительности эффективных для роста температур. Оптимальные для роста молоди рыб температуры воды в выростных прудах отмечались преимущественно в июле - первой половине августа. В этот период среднедекадные температуры воды были в пределах 19 - 24⁰С. Сумма эффективных температур для молоди растительноядных рыб (более 18⁰С) за период выращивания сеголетков в годы исследований была в пределах 1061 - 1260 градусо-дней, для молоди карпа сумма эффективных температур (более 16⁰С) составила 1272 - 1468 градусо-дней. Следовательно, температурный режим практически во все годы исследований не соответствовал оптимальным условиям выращивания сеголетков, белого амура и толстолобика.

Содержание растворенного в воде кислорода в толще воды колебалось преимущественно в пределах 6,0 - 8,0 мг/л, непосредственно у дна содержание кислорода в отдельные годы кратковременно понижалось до 3,5 -1,5 мг/л, что было связано, с повышением температуры воды и увеличением содержания органических веществ.

Гидрохимический режим прудов.

Водородный показатель (рН) воды в опытных прудах в течение вегетационного сезона изменялся от 7,1 до 9,5.

Бихроматная окисляемость в прудах по вариантам выращивания сеголетков рыб в течение сезона изменялась в пределах от 16,6 до 55,8 мг О₂/л. В динамике бихроматной окисляемости отмечалось ее возрастание в конце июля - начале августа, что связано с увеличением органической нагрузки на экосистему пруда по мере роста продукционных процессов, особенно при наличии высоких температур воды.

В содержании трех форм азота - аммонийного азота, нитритов и нитратов, как в начале сезона выращивания молоди рыб, так и в их динамике в течение сезона в годы исследований не прослеживалась какой-либо общей закономерности. В начале сезона содержание аммонийного азота в прудах колебалось в широких пределах - от 0,15 до 1,24 мгN/л. При малых начальных значениях аммонийного азота в течение сезона прослеживалось его увеличение. Начальная концентрация нитритного азота была в пределах 0,02 - 0,1 мгN/л, в дальнейшем отмечалось незначительное возрастание до 0,13 - 0,22 мгN/л.

Содержание нитратов колебалось в пределах 1,24 - 2,95 мгN/л при отсутствии какой-либо закономерности в динамике - минимальные и максимальные значения отмечались как в начале, так и в конце сезона.

В разные годы картина содержания минерального фосфора в прудах весьма различалась. Так, в 2003 году в конце второй декады июня минеральный фосфор был в пределах 0,07 - 0,14 мгP/л, но уже в конце первой декады июля его значения возросли до 0,65 - 0,68 мгP/л, после чего отмечалось постепенное снижение концентрации минерального фосфора до 0,21 - 0,24 мгP/л в конце августа. Совершенно иначе выглядит динамика минерального фосфора в 2005 году, когда в начале июля его концентрация по вариантам экспериментов составляла 0,19 - 0,45 мгP/л, но уже со второй половины июля началось постепенное снижение ее до 0,07 - 0,09 мгP/л в конце августа. В содержании минерального фосфора в воде прудов по разным вариантам выращивания не прослеживается какая-либо закономерность, но тенденция снижения его концентрации в течение сезона выращивания все же отмечается.

В целом следует отметить, что рассмотренные гидрохимические показатели были в пределах рыбоводных норм.

Глава 4. Гидробиологический режим прудов

4.1. Фитопланктон и первичная продукция.

Удобрение прудов определило темпы первичного продуцирования и уже в июне, к моменту зарыбления прудов, в составе фитопланктона отмечалось развитие протококковых водорослей. В этот период биомасса фитопланктона составляла 3,4 – 5,0 мг/л. Фитопланктон активно использовался в питании зоопланктоном, что в совокупности с другими факторами, температурным в их числе, тормозило темпы продуцирования фитопланктона, и величины его биомассы оставались примерно на прежнем уровне. По мере выедания зоопланктона молодью рыб, а также становлении относительно высоких температур воды в прудах процессы первичного продуцирования существенно ускорились, что определило рост биомассы фитопланктона в конце июля - начале августа, в отдельных случаях до 20 - 24 мг/л. Для водной толщи прудов был характерен положительный продукционный баланс. Средние за сезон величины чистой продукции колебались по годам и вариантам экспериментов в пределах 25,4 – 46,6 кДж/м² сутки. По величине первичной продукции экспериментальные пруды следует рассматривать как высокопродуктивные.

4.2 Зоопланктон прудов.

Интродукция в пруды кормовых для рыб организмов в количестве 0,5 – 1,0 кг/га привела к перестройке зоопланктонного сообщества и значительному увеличению его развития главным образом за счет интродуцируемых видов. Основу зоопланктона прудов составляли: *Brachionus calicyflorus*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Daphnia magna*, *D. longispina*, *Bosmina longirostris*, *Moina macroscopa*, *Cyclops strenuus*, *Eudiaptomus gracilis*.

В течение вегетационного периода прослеживалась смена доминирующих видов в следующей последовательности: мелкие коловратки, затем *Bosmina longirostris*, *Moina macroscopa*, *D. longispina*, *Daphnia magna*, во второй половине сезона - *Asplanchna priodonta*, *Eudiaptomus gracilis* и *Cyclops strenuus*.

Ко времени посадки в пруды растительноядных рыб биомасса зоопланктона составляла 4,0 – 6,0 г/м³, и была достаточной для питания рыб на начальном этапе выращивания, главным образом за счет коловраток и науплиальных стадий веслоногих рачков и мелких форм ветвистоусых ракообразных. Максимальное развитие зоопланктона, в зависимости от сроков залития и зарыбления прудов, отмечено в конце июня, начале и середине июля, когда биомассы в прудах с поликультурой рыб достигали 32 – 83 г/м³, в основном за счет развития ценных в кормовом отношении для рыб

ветвистоусых ракообразных. В третьей декаде июля и августе развитие зоопланктона снижалось из-за интенсивного потребления его рыбой.

Включение с третьей декады июля в рацион молоди рыб комбикорма не приостановило снижение количественного развития зоопланктона, что позволяет судить о том, что молодь рыб продолжала использовать зоопланктон в питании. Тенденция снижения количественного развития зоопланктона сохранялась до середины августа. К этому времени подросшая молодь рыб сменила акцент питания, и потребность в зоопланктоне заметно снизилась, что определило возрастание его количественного развития в основном за счет коловраток и мелких форм ветвистоусых рачков.

Среднесезонная биомасса зоопланктона в прудах по вариантам экспериментов в разные годы была в пределах $10,6 - 20,7 \text{ г/м}^3$, при среднесуточной продукции $3,1 - 7,6 \text{ г/м}^3$ (табл. 2). Продукция мирных видов зоопланктона значительно превышала продукцию хищных. Прослеживается зависимость количественного развития зоопланктона от общей плотности выращиваемых рыб.

Следовательно, интенсификационные мероприятия способствовали высоким темпам продуцирования зоопланктона и в течение 20-30 дней с момента зарыбления прудов биомассы были высокими и достаточными для питания и роста выращиваемых рыб только за счет естественной пищи.

4.3 Зообентос прудов.

Среднесезонная биомасса зообентоса по вариантам выращивания сеголетков и по годам колебалась в пределах $0,6 - 4,4 \text{ г/м}^2$. К моменту посадки молоди рыб, биомасса зообентоса в отдельные годы была высокой - в пределах $5,8 - 9,6 \text{ г/м}^2$, преимущественно за счет личинок хирономид, но уже во второй половине июля отмечалось резкое снижение биомассы зообентоса до $0,2 \text{ г/м}^2$. Сезонные изменения численности и биомассы кормового для рыб зообентоса определялись, в основном, жизненными циклами развития личинок хирономид и степенью выедания их рыбой.

Внесение в прибрежную зону прудов подвяленной зеленой растительности удобренной дрожжевой бражкой и птичьим пометом из расчета $10,0$ и $0,5 \text{ кг/га}$ соответственно, способствовало развитию мелких личинок хирономид, биомасса которых составляла от $25,4$ до $133,1 \text{ мг/кг}$ растительности. Полученные результаты позволяют рассматривать этот метод интенсификация как эффективный, способствующий усилению развития кормовых для рыб зообентосных организмов.

Биомасса и продукция основных групп зоопланктона.

Годы	Вар	Группы организмов	Биомасса в среднем за сезон		Среднесуточная продукция г/м ³	Продукция за сезон ц/га
			г/м ³	%		
2001	I	Rotatoria	0,6	2,9	0,28	3,13
		Cladocera	18,2	87,9	7,1	78,1
		Copepoda	1,9	9,2	0,25	2,75
		Общая	20,7	100,0	7,6	83,8
2002	I	Rotatoria	0,14	0,9	0,07	0,7
		Cladocera	14,9	93,0	5,52	53,5
		Copepoda	0,98	6,1	0,12	1,2
		Общая	16,02	100,0	5,71	55,4
2003	I	Rotatoria	0,6	5,7	0,14	1,45
		Cladocera	7,7	72,6	2,65	27,6
		Copepoda	2,3	21,7	0,26	2,7
		Общая	10,6	100,0	3,05	31,7
	II	Rotatoria	0,8	4,9	0,35	1,7
		Cladocera	10,3	63,1	4,03	41,9
		Copepoda	5,22	32,0	0,63	6,5
		Общая	16,32	100,0	5,01	50,1
2004	I	Rotatoria	0,48	2,9	0,24	2,3
		Cladocera	13,2	81,1	4,6	44,1
		Copepoda	2,6	16,0	0,31	2,9
		Общая	16,28	100,0	5,2	49,3
	II	Rotatoria	0,17	1,2	0,09	0,9
		Cladocera	13,64	86,0	5,3	50,9
		Copepoda	2,03	12,8	0,25	2,4
		Общая	15,86	100,0	5,64	54,2
2005	I	Rotatoria	0,02	0,1	0,01	0,1
		Cladocera	14,05	85,1	5,9	59,0
		Copepoda	2,44	14,8	0,29	2,9
		Общая	16,51	100,0	6,2	62,0
	II	Rotatoria	0,0	0,0	0,0	-
		Cladocera	16,32	87,4	6,1	61,0
		Copepoda	2,36	12,6	0,28	2,8
		Общая	18,69	100,0	6,39	63,8

Глава 5. Питание и пищевые взаимоотношения сеголетков растительноядных рыб и карпа

Анализ данных по питанию сеголетков рыб, выращиваемых при разном соотношении видов и плотностей посадки, показал, что на начальном этапе зоопланктон, при обильном развитии, был одним из основных компонентов в рационе молоди рыб. При

ранней посадке (в первой декаде июня) в пруды неподрощенных личинок растительноядных рыб основу их питания составляли коловратки, ранние копеподитные стадии веслоногих рачков и мелкие формы ветвистоусых рачков. При более поздних сроках зарыбления карпом, когда в прудах отмечались высокие биомассы интродуцированных ветвистоусых рачков, последние составляли основу питания молоди белого амура и карпа, дальше по мере роста в их питании появляются бентосные организмы. В прудах со снопами подвяленной растительности в питании карпа и белого амура уже на раннем этапе отмечаются мелкие фитофильные личинки хирономид. В этот период степень сходства состава пищи белого амура и карпа при совместном выращивании составляла 30 - 40%.

Сеголетки толстолобика в начальный период выращивания помимо зоопланктона потребляли фитопланктон и детрит. Во второй половине сезона спектр питания толстолобика состоял из зоопланктона (8,2%), фитопланктона (70,8%) и детрита (21,0%) (рис. 1). Наиболее часто в пищевом комке встречались протококковые, диатомовые и эвгленовые водоросли, на их долю приходилось от 3,4 до 49,0 % массы пищевого комка. Доля детрита в его питании возрастала по мере роста сеголетков и составляла в августе и начале сентября до 67-90% массы пищевого комка.

При низкой плотности выращивания карпа совместно с толстолобиком (опыты 2002 г.) во второй половине сезона в питании карпа на долю зоопланктона приходилось 23,6%, зообентоса – 14,6%, детрит составил 4,3% и комбикорм 57,5% (рис. 1). При выращивании карпа в монокультуре в его питании до середины июля преобладали зоопланктонные организмы и фитофильные формы личинок хирономид, развитие которых в этот период было наиболее интенсивным. Со второй декады июля и в августе в питании карпа комбикорм составлял от 60 до 80%, детрит – от 7 до 11%, животные организмы от 9 до 32% массы пищевого комка.

В целом за годы исследований в питании карпа во второй половине сезона естественная пища, в зависимости от плотности посадки, составляла от 11,5 до 22,4%, комбикорм - 54,7 - 76,4%, детрит - 12,1 - 22,9% массы пищевого комка (рис. 2).

Молодь белого амура по мере роста и при уменьшении биомассы зоопланктона охотно потребляла ряску, другую растительность, комбикорм. Растительность составляла до 80% массы пищевого комка, на долю ряски приходилось до 66%. В условиях высокой общей плотности выращиваемых рыб по выходу (52 – 68 тыс. шт/га) доля комбикорма в питании белого амура доходила до 44%.

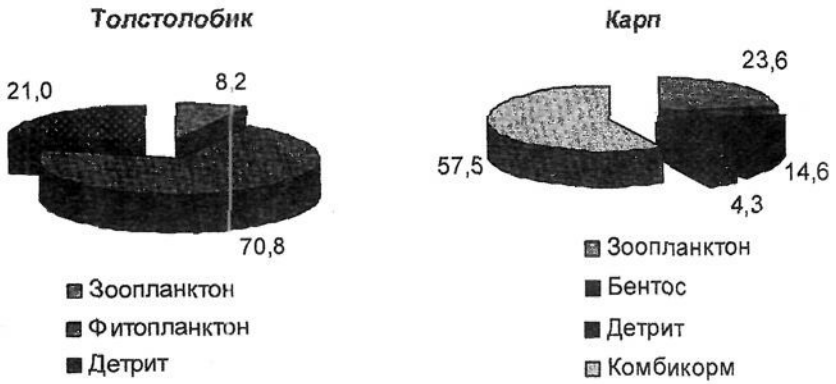


Рис. 1 Соотношение (%) основных компонентов пищи в рационе толстолобика и карпа

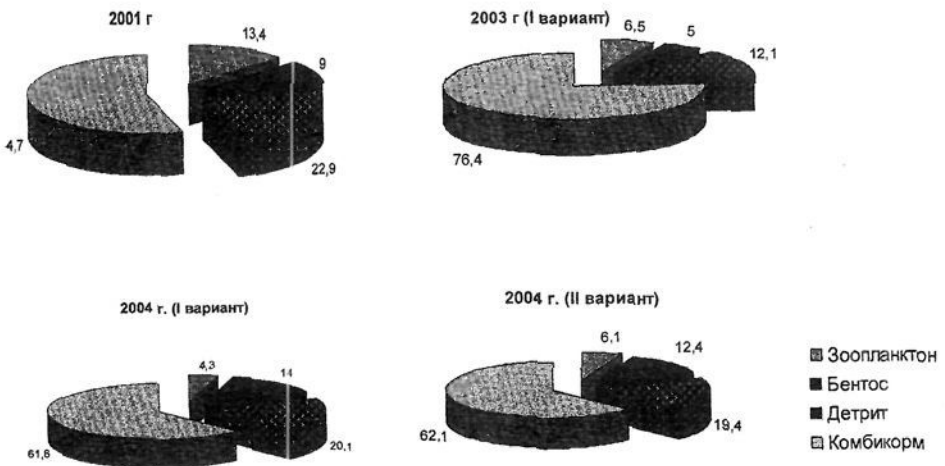


Рис. 2 Соотношение (%) кормовых компонентов в питании карпа в поликультуре

Глава 6. Рыбоводные результаты выращивания сеголетков карпа и растительноядных рыб

Результативной оценкой эффективности мероприятий по стимулированию развития естественной кормовой базы при выращивании сеголетков рыб в моно- и поликультуре является величина общей рыбопродуктивности и доля в ней естественной рыбопродукции. Рыбоводные результаты выращивания сеголетков представлены в таблице 3.

Значительные колебания величин рыбопродукции из выростных прудов, в пределах 7,5 - 16,9 ц/га, связаны с условиями экспериментов выращивания сеголетков, включающими качество молоди рыб при посадке их в пруды, вариантности поликультуры и плотностей посадки.

На результатах выращивания сказывались и погодные условия, температура воздуха и опосредованно - температура воды в прудах. При выращивании сеголетков в условиях неполной поликультуры (опыт 2005 г.): в варианте посадки неподрощенной личинки толстолобика и белого амура (плотность - по 40 тыс.шт./га) - рыбопродукция составила 7,9 ц/га, в варианте посадки подрощенной личинки толстолобика (20 тыс.шт./га) и белого амура (10 тыс.шт/га) - 7,5 ц/га. Столь малые различия в рыбопродукции по указанным вариантам выращивания позволяют сделать предположение о нецелесообразности посадки в выростные пруды неподрощенной молоди, поскольку в этом случае конечная средняя масса сеголетков значительно меньше, чем в варианте с посадкой на 20 дней позже подрощенной молоди. Однако в 2001 г. в условиях относительно теплого лета при посадке в выростные пруды неподрощенной личинки белого амура и толстолобика (по 40 тыс.шт/га) и через 15 дней дополнительно 20 тыс.шт/га подрощенной молоди карпа, конечная средняя масса белого амура и толстолобика была в пределах 24 г при выходе около 50%. Следовательно, результативность выращивания сеголетков белого амура и толстолобика от неподрощенной молоди в значительной мере зависит от температурного фактора. Средняя навеска карпа составила 55,4 г при выходе 54%. Максимальная средняя навеска карпа получена в 2002 г. в варианте его выращивания с толстолобиком в соотношении 1:2 при плотности посадки 30 тыс. шт./га. В условиях низкой плотности посадки и отсутствии трофической конкуренции со стороны толстолобика, сеголетки карпа достигли максимальной за все годы исследований средней навески - 86,5 г. При выращивании карпа в монокультуре при плотности посадки 30 тыс. шт./га средняя навеска при выходе 93,6% составила 48,0 г, что также значительно превышает нормативы для сеголетков карпа в 1 зоне рыбоводства.

Оценивая результаты выращивания сеголетков в разных вариантах плотности в поликультуре, следует отметить, что наиболее высокие показатели общей рыбопродукции получены при выращивании сеголетков от подрощенной молоди в варианте поликультуры с общей плотностью посадки 60 тыс.шт./га в соотношении белый амур : толстолобик : карп = 1 : 2 : 3. В этом варианте очень высокий процент выхода у всех видов рыб поликультуры - не менее 80%, средняя масса сеголетков на выходе - 17 г у белого амура и толстолобика и 48 г - у карпа. Общая рыбопродукция в этом варианте составила 16,9 ц/га. Рыбоводные результаты по данному варианту позволяют рассматривать его как перспективный для условий 1 зоны рыбоводства. При выращивании карпа в монокультуре при такой же начальной плотности и близких температурных условиях рыбопродуктивность составила 13,5 ц/га.

Таким образом, рыбоводный анализ результатов выращивания сеголетков в вариантах моно- и поликультуры, плотности и возраста высаживаемой в пруды ранней молоди рыб за годы исследований позволяет сделать определенные выводы об эффективности применяемых методов повышения рыбопродуктивности выростных прудов.

По всем рыбоводным показателям результаты выращивания сеголетков карпа и растительноядных рыб в разных вариантах в целом характеризовались превышением основных нормативов выращивания сеголетков по вариантам и годам выращивания, от выживаемости из личинки (в пределах 45,8 - 94%) до конечной средней массы сеголетков карпа от 35,8 до 86,5 г, белого амура - от 12,1 до 46,7 г и толстолобика от 8,1 до 24,5 г.

Колебания величин средней массы сеголетков рыб, особенно белого амура и толстолобика, определялись, в первую очередь, недостатком тепла в относительно короткий период выращивания. Наиболее интенсивный рост молоди белого амура и толстолобика отмечен в 2001 г. при более высоких значениях температуры воды, чем в последующие годы выращивания, когда средняя масса белого амура составила - 23,8 г, толстолобика - 24,5 г.

При выращивании сеголетков в поликультуре общая продукция по вариантам, отличающихся стартовой массой молоди рыб и плотностью посадки, колебалась в пределах 14,5 - 16,9 ц/га. Для монокультуры карпа при стартовой массе 0,1 г рыбопродукция была равна 13,5 ц/га. В вариантах совместного выращивания белого амура и толстолобика без карпа рыбопродукция составляла 7,5 - 7,9 ц/га (табл. 3).

Таблица 3

Рыбоводные результаты выращивания сеголетков в опытах 2001 – 2005 гг.

Годы	Вар.	Виды рыб	Дата зарыбления	Плотность посадки, тыс.шт/га	Средняя начальная масса, г	Результаты выращивания					К/З на карпа + амура
						Выход %	Ср. масса, г	Рыбопродуктивность, ц/га			
								По видам	Общая	Естество., % от общ.	
2001	I	Б. амур	10.06	40	0,002	48,8	23,8	4,8	14,5	82,7	1,7
		Толстолобик	10.06	40	0,001	45,8	24,5	4,0			
		Карп	26.07	20	0,2	54,0	55,4	5,7			
2002	I	Толстолобик	1.07	20	0,03	87,0	21,6	3,8	9,5	68,7	2,7
		Карп	3.07	10	0,2	66,0	86,5	5,7			
2003	I	Б. амур	9.06	30	0,05	49,3	12,5	1,9	16,1	70,4	1,4
		Толстолобик	7.06	30	0,03	83,0	16,1	4,0			
		Карп	1.07	30	0,1	94,7	35,8	10,2			
	II	Карп	1.07	30	0,1	93,6	48,0	13,5	13,5	48,4	1,4
2004	I	Б. амур	28.06	10	0,03	89,4	16,9	1,5	16,9	54,0	1,2
		Толстолобик	28.06	20	0,02	81,0	17,4	2,9			
		Карп	1.07	30	0,05	88,0	47,6	12,5			
	II	Б. амур	28.06	20	0,03	88,0	12,1	2,1	15,8	71,3	1,2
		Толстолобик	28.06	20	0,02	85,5	19,9	3,4			
		Карп	1.07	20	0,05	88,5	58,0	10,3			
2005	I	Б. амур	11.06	40	0,002	62,8	23,8	5,9	7,9	83,0	0,7
		Толстолобик	11.06	40	0,001	60,7	8,1	2,0			
	II	Б. амур	1.07	10	0,13	94,0	46,7	4,5	7,5	86,2	0,5
		Толстолобик	1.07	20	0,04	87,5	17,1	3,0			

Проведенные на выростных прудах мероприятия, способствующие достаточному развитию планктона для питания рыб к моменту зарыбления, а также поддержанию больших биомасс рачкового зоопланктона на период до перехода молоди на питание специфическими кормами или комбикормом, определили высокую долю продукции за счет естественных кормов в общей рыбопродукции выростных прудов. По годам в разных вариантах выращивания сеголетков в поликультуре доля естественной рыбопродукции составляла от 54,0 до 86,2%. Высокие показатели доли естественной рыбопродуктивности от общей объясняются обеспеченностью молоди рыб зоопланктонным кормом. Немаловажную роль сыграл и тот факт, что в большинстве случаев молодь карпа выращивалась в поликультуре с толстолобиком и белым амуром, которые на первых этапах выращивания, конкурируя с карпом за питание зоопланктоном, затем постепенно переходили на растительную пищу. Прирост молоди толстолобика осуществлялся только за счет естественной кормовой базы, для белого амура доля рыбопродукции за счет естественной кормовой базы в разных вариантах поликультуры была в пределах 73,2 – 86,2%. Для сеголетков карпа доля естественной рыбопродукции в вариантах выращивания в поликультуре составила 40,0 – 67,7% от общей рыбопродукции. Значительные колебания в соотношении рыбопродукции за счет естественных кормов и комбикормов, вероятно, определяются различиями в стартовой массе и сроках посадки молоди рыб в разные годы. В то же время, при выращивании карпа в монокультуре естественная рыбопродукция составила 48,4% от общей рыбопродукции, равной 13,5 ц/га, что в пересчете составит 6,5 ц/га. Эта величина намного превышает нормативы 1-й зоны рыбоводства по естественной рыбопродукции удобряемых выростных прудов (1,8 ц/га) (Сб. нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству, 1986) и подтверждает значимость проведения интенсификационных мероприятий и в условиях выращивания карпа в монокультуре.

В целом, достаточно высокие величины продукции сеголетков рыб за счет естественных кормов и малые затраты комбикормов (кормовые затраты для сеголетков карпа и белого амура при совместном выращивании в пределах 1,2 - 1,7) позволяют судить о высокой эффективности проводимых интенсификационных мероприятий по повышению естественной рыбопродуктивности выростных прудов.

Глава 7 Эффективность трансформации энергии в выростных прудах при направленном воздействии на их экосистему

Оценка эффективности функционирования экосистемы выростных прудов проводилась на основе изучения трансформации энергии, поступающей на экосистему через первичную продукцию фитопланктона, последующие звенья продуцирования, включая и рыбопродукцию.

Отношение продукции зоопланктона к первичной продукции составило 26,2 – 29,8%. Прослеживается прямая корреляция между величиной первичной продукции и продукцией зоопланктона. Отношение продукции зообентоса к первичной продукции выразилось значительно меньшими величинами и составило 0,4 – 2,5%. Следовательно, из двух основных групп консументов, в значительной мере определяющих кормность выростных прудов, наиболее эффективно использует фитопланктон и органическое вещество толщи воды зоопланктонное сообщество.

Для белого амура при совместном выращивании с карпом и толстолобиком показатели отношения P_z/P_{ϕ} не превышали 1,0 – 1,7%, для толстолобика отношение P_z/P_{ϕ} было в 3 раз выше и составляло 3,6 – 5,4%, что указывает на более интенсивное использование им продукции фитопланктона.

Совместное выращивание белого амура и гибрида толстолобиков увеличило эффективность использования первичной продукции на 4,3 – 9,2%. Для карпа разброс величин отношения P_z/P_{ϕ} составил 9,4 – 11,8%.

Отношение общей естественной рыбопродуктивности к продукции фитопланктона составило 9,7 – 18,9%. Высокие величины отношений P_z/P_{ϕ} свидетельствуют не только об эффективной утилизации органического вещества фитопланктона, но и о существенной роли в трансформации энергии детритно-бактериального звена трофической цепи.

Сравнение полученных данных с имеющимися в литературе, свидетельствуют об эффективности функционирования прудовых экосистем при выращивании карпа в поликультуре с растительноядными рыбами и применения интенсификационных мероприятий, направленных на повышение естественной рыбопродуктивности. Показатели отношения рыбопродукции к продукции фитопланктона при применении комплексной системы воздействия на экосистему прудов в 5 – 6 раз превышают аналогичные показатели, полученные при выращивании карпа в монокультуре и применении для стимулирования развития естественной кормовой базы только удобрений (Мальцман, 1969; Кузьмичева, 1970; Ляхнович, 1974).

Трансформация энергии первичной продукции планктона на последующие звенья трофической цепи.

Показатели	Единицы измерения	2003 I вариант	2003 II вариант	2004 I вариант
Продукция фитопланктона, Pф.	кДж/м ² *сут	25,3	35,2	41,6
Продукция зоопланктона, Pз.	кДж/м ² *сут	6,7	10,5	10,9
Рацион зоопланктона, Сз.	кДж/м ² *сут	16,7	25,7	25,7
Продукция зообентоса, Pб.	кДж/м ² *сут	0,63	0,69	0,15
Естественная рыбопродуктивность за сезон:	кДж/м ² *сут			
Белый амур, Ра.	кДж/м ² *сут	0,44	-	0,43
Гибрид толстолобиков, Pт.	кДж/м ² *сут	1,36	-	1,5
Рыбопродуктивность растительноядных рыб (Ра+Pт).	кДж/м ² *сут	1,8	-	1,93
Карп, Pк.	кДж/м ² *сут	2,99	3,4	3,9
Общая естественная рыбопродуктивность (Pр/я+Pк).	кДж/м ² *сут	4,79	3,4	5,83
Pз/Pф.	%	26,5	29,8	26,2
Сз/Pз	%	65,2	74,3	44,2
Pб/Pф	%	2,5	2,0	0,4
Pз+Pб/Pф	%	29,0	31,8	26,6
Ра/Pф	%	1,7	-	1,0
Pт/Pф	%	5,4	-	3,6
Pр/я/Pф	%	7,1	-	4,6
Pк/Pф	%	11,8	9,7	9,4
Pо/Pф	%	18,9	9,7	14,0

Таким образом, направленное воздействие на основные звенья трофической цепи и подбор рыб с разным спектром питания способствовал повышению эффективности трансформации энергии по трофическим уровням.

Выводы.

1. Впервые проведена оценка эффективности воздействия на прудовую экосистему средообразующих и биопродукционных факторов, способствующих повышению естественной кормовой базы рыб и рыбопродуктивности выростных прудов.

По материалам гидрохимических, гидробиологических и рыбоводных исследований показано влияние применения комплекса интенсификационных мероприятий (рыхление и известкование ложа прудов, внесение органоминеральных удобрений, зеленой растительности в качестве субстрата для развития зообентоса, ряска для кормления белого амура, поликультуры кормовых для рыб организмов зоопланктона) на режим прудов, динамику продукционно-деструкционных процессов, состояние естественной кормовой базы и рыбоводные результаты выращивания сеголетков.

2. Установлено, что при направленном воздействии на основные звенья трофической цепи средние за сезон величины валовой первичной продукции фитопланктона изменялись по вариантам опытов от 31,2 до 58,2 $\text{г} \text{ДЖ} / \text{м}^2$ сутки, значение деструкции органического вещества колебались в пределах 19,9 – 49,7 $\text{г} \text{ДЖ} / \text{м}^2$ сутки. Для водной толщи прудов за вегетационные периоды исследуемых лет был характерен положительный продукционный баланс.

3. Применение экологического метода интродукции поликультуры живых кормов (*Brachionus calicyflorus* + *Moina macroscopa* + *Daphnia magna*), из расчета от 0,5 до 1,0 кг/га привело к повышению обеспеченности молоди рыб мелким кормом (коловратки, науплиальные стадии копеподит, моина) на начальном этапе выращивания, и высокому уровню развития зоопланктона в течение 20 – 30 дней с момента зарыбления, главным образом за счет развития ветвистоусых ракообразных. Максимальные биомассы зоопланктона в разных вариантах экспериментов составляли от 32 до 83 $\text{г} / \text{м}^3$, среднесезонные значения биомассы были равны 10,6 – 20,7 $\text{г} / \text{м}^3$, продукция за сезон – от 31 до 84 ц/га.

4. Развитие зообентоса зависело от сроков залития прудов, температурных условий вегетационного периода, плотностей посадки выращиваемой рыбы. В составе бентосного сообщества основную роль играли личинки хирономид, среднесезонная биомасса которых колебалась от 0,6 до 2,6 $\text{г} / \text{м}^2$, продукция за сезон составила 0,2 – 1,7 ц/га. Внесение в пруды снопов зеленой растительности, удобренной дрожжевой бражкой и птичьим пометом способствовало увеличению развития на них мелких форм личинок хирономид, охотно поедаемых рыбой.

5. Спектры питания рыб, выращиваемых при разном соотношении видов и плотностей посадки, определялись наличным составом и концентрацией кормовых

организмов. Толстолобик, по мере роста, помимо потребления фитопланктона и зоопланктона использовал в питании детрит. В первой половине сезона зоопланктон был основным компонентом в питании сеголетков. Во второй половине вегетационного периода при снижении биомассы зоопланктона молодь белого амура переходила на питание высшей водной растительностью и комбикормом. Использование ряски для кормления белого амура дало хорошие результаты, доля ряски в его питании достигала до 66%. Основным потребителем комбикорма был карп, в питании которого доля комбикорма составляла 60 – 80%.

6. Наиболее высокие показатели общей рыбопродуктивности – 16,9 ц/га, получены при выращивании сеголетков в варианте поликультуры, с общей плотностью посадки подрощенной молодежи – 60 тыс. шт/га в соотношении белый амур : толстолобик : карп равном 1 : 2 : 3, при этом естественная рыбопродуктивность составила 54% от общей, кормовые затраты комбикорма на амура и карпа – 1,4 ед. Данный вариант можно рассматривать как оптимальный для условий I зоны рыбоводства.

7. Оценка эффективности трансформации энергии при выращивании сеголетков в разных вариантах моно- и поликультуры и плотностей посадки показала достаточно высокую эффективность реализации комплекса мероприятий по повышению естественной рыбопродуктивности прудов.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

Жемаева Н.П., Бадаева И.Ю., Куликова Л.В., Золотухин С.Е., Кузьмин И.А. Кормовая база и питание сеголетков черного амура при выращивании в поликультуре. // Пробл. аквакультуры и функционирование водных экосистем / Мат-лы межд. науч.-практ. конф. молодых ученых.- Киев, 25 - 28 февр., 2002г. – Киев, 2002.- С. 22 – 23.

Шмакова З.И., Тагирова Н.А., Бадаева И.Ю., Кузьмин И.А. Выращивание сеголеток белого амура в поликультуре при направленном формировании кормовой базы выростных прудов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ / Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры.– М.: Изд-во ВНИРО, 2002, Вып. 78. – С. 20-28.

Шмакова З.И., Кузьмин И.А., Тагирова Н.А., Бадаева И.Ю. Биопродукционная характеристика выростных прудов при направленном воздействии на естественную кормовую базу рыб// Сб. науч. тр. ВНИИПРХ / Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры.– М.: Компания Спутник+, 2005- Вып. 80.– С. 74-87.

Тагирова Н.А., Кузьмин И.А., Бадаева И.Ю. Гидробиологический режим выростных рыбоводных прудов при выращивании сеголетков в поликультуре // Сб. науч.

тр. ВНИИПРХ / Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры.– М.: Компания Спутник+, 2005- Вып. 80.– С. 94-101.

Степанов В.Д., Кузьмин И.А. Коэффициенты для расчета интегральных показателей валовой первичной продукции планктона прудов по данным измерений на половине прозрачности воды по белому диску// Сб. науч. тр. ВНИИПРХ / Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры.– М.: Компания Спутник+, 2005- Вып. 80.– С. 68–73.

Кузьмин И.А. Влияние интродукции продуктивных форм зоопланктона на структуру планктонных сообществ // Тез. докл. IV междунар. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера».- Вологда, 2005.- Т. 1.- С. 229 – 230.

Кузьмин И.А. Повышение продуктивности выростных прудов, путем направленного воздействия на экосистему // Тез. докл. междунар. науч. практ. конф. «Аквакультура и интегрированные технологии: Проблемы и возможности».- М., 2005.- Т. 1.- С. 147-153.

Shmakova Z.I., Kuzmin I.A. Efficiency of the energy transformation in fish grow-out ponds at the directed in fluens on an ecosystem // Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century / Professor G.G. Winberg 100th Anniversary. 3-7 October, 2005.- St.- Petersburg, 2005.- 48 p.

Патент РФ № 2285397. Устройство для повышения температуры воды в рыбоводных емкостях и водоемах // Кузьмин И.А. / Заявл. 21.12.2004, опубл. 20.10.2006. Бюл. № 29.

Патент РФ № 2288578. Устройство для повышения температуры воды в рыбоводных емкостях и водоемах // Кузьмин И.А. / Заявл. 10.06.2005, опубл. 10.12.2006. Бюл. № 34.

Отпечатано в ООО «Компания Спутник+»

ПД № 1-00007 от 25.09.2000 г.

Подписано в печать 19.03.07.

Тираж 100 экз. Усл. п.л. 1,44

Печать авторефератов (095) 730-47-74, 778-45-60