



003483432

На правах рукописи

КАРАЧЕВ РОМАН АЛЕКСЕЕВИЧ

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ОСЕТРОВЫХ И КАРПОВЫХ
РЫБ В ПОЛИКУЛЬТУРЕ В УСЛОВИЯХ САДКОВОГО
ТЕПЛОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Специальность 06.02.04 – частная зоотехния, технология производства
продуктов животноводства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

19 ИЮН 2009

Москва 2009

Работа выполнена на кафедре аквакультуры
Российского государственного аграрного университета – МСХА
имени К. А. Тимирязева

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Власов Валентин Алексеевич

Официальные оппоненты:

доктор сельскохозяйственных наук

Жигин Алексей Васильевич

кандидат биологических наук,
доцент

Баранов Алексей Анатольевич

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт
пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ).

Защита диссертации состоится 7 декабря 2009 года в 14³⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д 220.043.07 при Российском государственном аграрном
университете – МСХА имени К. А. Тимирязева по адресу: 127550,
Москва, ул. Тимирязевская, 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке
РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева.

Автореферат разослан «6» ноября 2009 г. и размещён на сайте универси-
тета www.timacad.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета



О. А. Калмыкова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Высокий потребительский спрос на деликатесную продукцию в последнее десятилетие стимулирует развитие промышленного товарного осетроводства, особенно после выхода федерального закона, запрещающего промысел осетровых рыб. В этой связи весьма актуальными являются исследования, направленные на изучение и разработку оптимальных режимов индустриального выращивания осетровых.

В индустриальных хозяйствах, в частности, садкового типа занимаются выращиванием ценных видов рыб. С целью получения дополнительной продукции в садки к основному объекту также подсаживают добавочных рыб. Известно, что при выращивании растительноядных рыб в поликультуре с другими объектами достигается высокий ресурсосберегающий эффект. Потребляя активно размножающийся фито- и зоопланктон, детрит и используя их для наращивания массы, толстолобики возвращают нам в виде ценного животного белка утерянные биогены (Виноградов В. К., 1985; Шерман И. М. и др., 1999). Процесс к тому же сопровождается биологической мелиорацией водоемов, их санитарное состояние значительно улучшается (Садыхова Е. Я. и др., 1986; Fuhrmann B. et al., 1984).

Цель и задачи исследований. Целью данной работы являлось рыбо-водно-биологическое обоснование способа садкового выращивания осетровых и карповых рыб в поликультуре при их пространственном разделении.

В соответствии с поставленной целью требовалось решить следующие задачи:

- определить термический и кислородный режимы в садках;
- изучить рост, выживаемость и рыбопродуктивность основных и добавочных объектов поликультуры;
- установить эффективность использования корма осетровыми рыбами;
- оценить основные репродуктивные качества производителей растительноядных рыб;
- изучить экстерьерно-интерьерные показатели и мясные качества товарной рыбы;
- провести химический анализ мяса товарной рыбы;
- рассчитать удельную органическую нагрузку на водоём при выращивании рыб в поликультуре, а также коэффициента возврата потерянных биогенов в хозяйственный оборот;
- дать количественную оценку ресурсосберегающей роли добавочных объектов на примере энергетического баланса установки;
- рассчитать экономическую эффективность нового способа выращивания рыб в садках.

Научная новизна. Впервые при садковом выращивании рыбы в поликультуре применен приём пространственного разделения основных (осетровые) и добавочных (карповые) объектов. Определены коэффициенты возвра-

та потерь биогенов и энергии в хозяйственный оборот.

Практическая значимость. Поликультура рыб в садках при пространственном разделении объектов позволяет:

- увеличить эффективность использования комбикормов и повысить коэффициент трансформации энергии корма в рыбопродукцию;
- повысить экономическую эффективность выращивания рыб;
- снизить отрицательное воздействие рыбохозяйственной деятельности на экологию водоёма.

Апробация работы. Материалы работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях: «Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России» (ноябрь 2006 г.), молодых учёных в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева (май 2007 г.), «Проблемы аквакультуры» (ЕАРАЗА-Аква Лого, октябрь 2007 г.), «Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК» (Россельхозакадемия, декабрь 2007 г.), «Технология выращивания. Кормление рыб и сохранение их здоровья» (октябрь 2008). Участие в выставке «Золотая осень» в 2007 – 2009 гг. (показ стенда).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 научных работ. Получен патент на изобретение «Способ выращивания рыбы в поликультуре в садках» (Патент № 2330406 от 10.08.2008 г.).

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов, рекомендаций производству, списка литературы и приложений. Работа изложена на ~~157~~ страницах машинописного текста, содержит 17 рисунков, 31 таблицу, 27 приложений. Список литературы содержит 180 наименований источников, включая 32 иностранных.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2. 1. Общая схема исследований

Опыты проведены в условиях тепловодного рыбоводного хозяйства при ГРЭС-3 им. Р. Э. Классона г. Электрогорска Московской области. Производственная база находилась на водоёме-охладителе площадью 8 га. Рыбу выращивали в садках на линии тяжёлого типа ЛМ-4М.

Материалом исследований служили следующие виды рыб. В качестве основных объектов поликультуры использовали ценных рыб – осетровых: двухгодовики, трёхгодовики стербела – гибрида стерляди и белуги (*Acipenser ruthenus*, Linné × *Huso huso*, Linné); четырёхгодовики ленского осетра (*Acipenser baerii* Brandt) и четырёхгодовики ленбела – гибрида ленского осетра и белуги (*Acipenser baerii* Brandt × *Huso huso*, Linné). Добавочными объектами являлись годовики, двухгодовики и трёхгодовики гибридов пёстрого (*Aristichthys nobilis*, Rich.) и белого толстолобиков (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.); производители пёстрых и гибридов толстолобиков; двух-, трёхгодовики и ремонт белого амурса (*Stenopharyngodon idella*, Val); а также двухгодови-

ки зеркального карпа (*Cyprinus carpio*, L.). В производственной проверке к осетровым рыбам были подсажены годовики и двухгодовики кои.

Общая схема проведённых исследований представлена на рис 1.

2. 2. Методы исследований

Расчёт всех рыбоводных показателей и исследования их динамики проведены в соответствии с общепринятыми в рыбоводстве методами.

На основе полученных в период опытов данных прироста рыб за сезон, количества израсходованного корма, данных состава корма по сырому протеину и общему фосфору, а также биохимического анализа мяса рыбы проведён расчет удельной органической нагрузки на водоём (Кантола Т., 2006) изученных моделей поликультуры. На базе данной системы расчётов нами был введён коэффициент, названный коэффициентом возврата потерь биогенов (K_{BB} , %), отражающий степень возврата биологически важных элементов в хозяйственный оборот за счёт утилизации добавочными рыбами неиспользованных ресурсов при производстве основной продукции. Этот коэффициент в равной мере показывает и степень снижения экологической нагрузки на водоём: чем он выше, тем меньше нагрузка.

Коэффициент рассчитывали по формуле:

$$K_{BB} = \frac{N_{\text{утил}}}{N_{\text{нагр}}} \times 100 \%, \text{ где}$$

$N_{\text{утил}}$ – количество азота, кг, трансформированного в рыбопродукцию за счёт использования добавочными объектами теряющихся ресурсов;

$N_{\text{нагр}}$ – удельная азотная нагрузка на водоём, кг азота.

Все данные биометрически обработаны (Плохинский Н. И., 1969; Лакин Г. Ф., 1980).

2. 3. Рыбоводно-биологические основы метода пространственного разделения основных и добавочных объектов поликультуры

Пространственное разделение объектов осуществляли, как это показано на рис. 2.

На свободной ячее садковой линии установили основной (большой) садок 3 размером 3 м×4 м×5 м, объёмом 60 м³. Полезный объём составляет 54 м³. Размер ячее дели соответствовал 20 мм. Его зарыбили растительоядными рыбами (добавочными объектами). Затем непосредственно внутри этого садка установили малый садок 2 размером 2,5 м × 4 м × 2,5 м, объёмом 25 м³ (полезный объём – 20 м³) с шагом ячее 10 мм. В малый садок посадили осетровых (основной объект). Таким образом, общий полезный объём системы составляет 54 м³, причём пространство выращивания осетровых рыб занима-



Рис. 1. Схема исследований

ет в нём 20, а добавочных – оставшиеся доступные для них 34 м³ объёма основного садка.

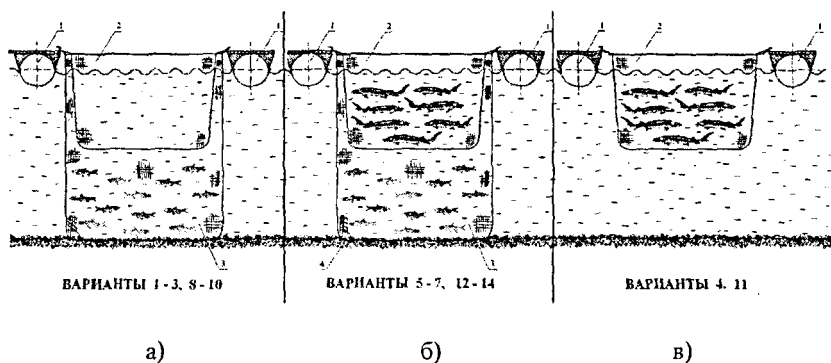


Рис. 2. Схема постановки опытов:

а – контроль по добавочным рыбам; б – поликультура; в – контроль по стербелу

Известно, что детрит имеет важное значение в питании толстолобиков, в отдельных случаях он занимает до 90 % рациона (Виноградов, 1985; Садыхова и др., 1986). Поэтому непременным условием эффективной работы системы является доступ толстолобиков к донным отложениям. Технически это обеспечивается либо расположением большого садка на дне водоёма, либо (при больших глубинах) подшиванием к донной части большого садка плотного материала, удерживающего органические остатки. В наших опытах донную часть большого садка растягивали по дну водоёма.

Пространственное разделение объектов поликультуры позволяет предотвратить потребление добавочными рыбами дорогостоящего комбикорма, используемого для кормления стербела. Отсутствие доступа к корму стимулирует растительноядных наряду с потреблением зоо- и фитопланктона осваивать другие трофические ниши, в частности, остатки кормов и экскременты осетровых. При этом в хозяйственный цикл возвращается значительная часть естественных потерь кормовых ресурсов. Кроме того, толстолобики регулируют биопродукционные процессы в области локального загрязнения, улучшают качество воды и тем самым способствуют повышению скорости роста и рыбопродуктивности ценных объектов. Подсаживание белого амура, поедающего нитчатые водоросли, покрывающие садки, способствует улучшению водообмена и снижению затрат труда на очистку садковой дели от перифитоновых обрастаний.

2. 4. Схема основной опытной части

Исследования проведены в повторе в период 2007 – 2008 гг. В каждом сезоне эксперимент состоял из 7-ми вариантов: 2007 г. – № 1 – 7, 2008 г. – № 8 – 14.

В опытах изучали и сравнивали эффективность садкового выращивания стербела в поликультуре с каждой из трёх возрастных групп толстолоби-

ков: годовиками, двухгодовиками гибридов толстолобиков и производителей (пёстрыми толстолобиками и гибридами), с дополнительной посадкой белого амура и карпа. При этом применили разработанный способ пространственного разделения основного и добавочных объектов поликультуры.

Исследования 2007 г. проведены по следующей схеме. В большие садки вариантов поликультуры № 5, 6 и 7 были посажены соответственно годовики, двухгодовики гибридов толстолобиков и производители – пёстрые толстолобики и гибриды толстолобиков (табл. 1). В 7-м варианте соотношение по массе пёстрых и гибридов толстолобиков было 1,7 : 1. В большие садки 5-го и 6-го вариантов дополнительно посадили двухгодовиков белого амура, а в 7-й вариант – трёхгодовиков.

В малые садки вариантов № 5 – 7 посадили двухгодовиков стербела.

По каждому из трёх вариантов поликультуры вели контрольное выращивание: по растительной – в вариантах № 1, 2 и 3, по стербелу – № 4. Растительная в контроле имели возможность потреблять исключительно естественную кормовую базу. Средняя масса и ихтиомасса рыб в контролях те же, что и в соответствующих вариантах поликультуры.

Схема опытов 2008 года имеет аналогичную структуру (табл. 1). Однако с учётом результатов выращивания рыб в 2007 г., были скорректированы плотность посадки видов в некоторых вариантах. Большие садки вариантов поликультуры № 12 – 14 зарыблены соответственно годовиками, двухгодовиками и производителями толстолобиков. Нагрузка ихтиомассы годовиков толстолобиков (вариант № 12) установлена без существенных изменений – 0,9 кг/м², а двухгодовиков (вариант № 13) и производителей (вариант № 14) толстолобиков была снижена соответственно на 45 и 35 % по сравнению с опытами 2007 г. с целью предотвращения достижения критической ихтиомассы выращиваемыми в поликультуре рыбами. Соотношение производителей пёстрых и гибридов толстолобиков изменилось и составило 1,2 : 1.

С целью повышения биопродукционного эффекта поликультуры был введён ещё один добавочный объект. В большие садки посадили двухгодовиков зеркального карпа.

Малые садки зарыбили трёхгодовиками стербела.

Контрольное выращивание проводили в вариантах № 8 (годовики толстолобиков + карп + амур), № 9 (двухгодовики толстолобиков + карп + амур), № 10 (производители толстолобиков + карп + амур) и № 11 (стербел).

Для чистоты эксперимента с целью ограничения пространства выращивания карповых рыб в контроле до 34 м³, по аналогии с вариантами поликультуры со стербелом, внутрь большого садка устанавливали пустой малый садок размером 2,5 м × 4 м × 2,5 м.

Выращивание стербела во всех вариантах (№ 4 – 7 и 11 – 14) проводили

1. Схема опытов (над чертой – кг, под чертой – кг/м²)

Показатель	Опыты 2007 г.							Опыты 2008 г.						
	контроль				поликультура			контроль				поликультура		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ихтиомасса при посадке	<u>11.6</u> 1,0	<u>55.8</u> 4,6	<u>131.8</u> 11,0	<u>100.0</u> 10,0	<u>111.5</u> 9,3	<u>156.5</u> 13,0	<u>232.1</u> 19,3	<u>13.3</u> 1,1	<u>32.2</u> 2,7	<u>88.5</u> 7,4	<u>100.0</u> 10,0	<u>113.2</u> 9,4	<u>132.2</u> 11,0	<u>191.6</u> 16,0
в т.ч. стербел	—	—	—	<u>100.0</u> 10,0	<u>100.0</u> 10,0	<u>100.0</u> 10,0	<u>100.0</u> 10,0	—	—	—	<u>100.0</u> 10,0	<u>100.0</u> 10,0	<u>100.0</u> 10,0	<u>100.0</u> 10,0
добавочные рыбы	<u>11.6</u> 1,0	<u>55.8</u> 4,6	<u>131.8</u> 11,0	—	<u>11.5</u> 1,0	<u>56.5</u> 4,7	<u>132.1</u> 11,0	<u>13.3</u> 1,1	<u>32.2</u> 2,7	<u>88.5</u> 7,4	—	<u>13.2</u> 1,1	<u>32.2</u> 2,7	<u>91.6</u> 7,6
в т.ч. двухгодовики. карпа	—	—	—	—	—	—	—	<u>0.6</u> 0,4	<u>0.8</u> 0,4	<u>1.0</u> 0,4	—	<u>0.6</u> 0,4	<u>0.8</u> 0,4	<u>1.0</u> 0,4
растительноядные рыбы – всего	<u>11.6</u> 1,0	<u>55.8</u> 4,6	<u>131.8</u> 11,0	—	<u>11.5</u> 1,0	<u>56.5</u> 4,7	<u>132.1</u> 11,0	<u>12.7</u> 1,1	<u>31.4</u> 2,6	<u>87.5</u> 7,3	—	<u>12.6</u> 1,0	<u>31.4</u> 2,6	<u>90.6</u> 7,5
в т.ч. годовики толстолоби- ков	<u>10.5</u> 0,9	—	—	—	<u>10.4</u> 0,9	—	—	<u>11.3</u> 0,9	—	—	—	<u>11.3</u> 0,9	—	—
двухгодовики толстолобиков	—	<u>54.2</u> 4,5	—	—	—	<u>55.0</u> 4,6	—	—	<u>30.3</u> 2,5	—	—	—	<u>30.2</u> 2,5	—
производители гибридов толстолобиков	—	—	<u>47.7</u> 4,0	—	—	—	<u>48.5</u> 4,0	—	—	<u>37.8</u> 3,1	—	—	—	<u>40.8</u> 3,4
производители пёстрых толстолобиков	—	—	<u>82.0</u> 6,8	—	—	—	<u>81.5</u> 6,8	—	—	<u>47.2</u> 3,9	—	—	—	<u>47.6</u> 4,0
белый амур	<u>1.11</u> 0,1	<u>1.5</u> 0,1	<u>2.1</u> 0,2	—	<u>1.1</u> 0,1	<u>1.5</u> 0,1	<u>2.1</u> 0,2	<u>1.4</u> 0,1	<u>1.1</u> 0,1	<u>2.5</u> 0,2	—	<u>1.3</u> 0,1	<u>1.2</u> 0,1	<u>2.2</u> 0,2
Средняя масса рыб:														
стербел, г	—	—	—	654	654	654	654	—	—	—	1538	1429	1471	1449
годовики толстолобиков, г	56	—	—	—	56	—	—	60	—	—	—	59	—	—
двухгодовики толстолоб., г	—	565	—	—	—	565	—	—	572	—	—	—	549	—
производители гибридов толстолобиков, кг	—	—	4,8	—	—	—	4,8	—	—	4,7	—	—	—	5,1
производители пёстрых толстолобиков, кг	—	—	11,7	—	—	—	11,6	—	—	11,8	—	—	—	11,9
белый амур, г	221	305	707	—	214	299	713	277	230	833	—	258	238	750
двухгодовики карпа, г	—	—	—	—	—	—	—	120	160	202	—	114	156	194

по традиционной технологии. Кормление осуществляли вручную гранулированными комбикормами с использованием подвесных кормушек, дробно 4 – 6 раз в сутки. Осетровых в контроле и поликультуре кормили по одним нормам.

Для кормления использовали комбикорм рецепта ОТ-6 (44 % сырого протеина, 12 % сырого жира) с размером гранул 6 мм. Нормы рациона устанавливали на основе рекомендаций фирмы-производителя, в зависимости от ихтиомассы рыб и температуры воды, а также корректировали с учётом поедаемости и содержания растворённого кислорода. Суточная норма комбикорма составляла от 0,1 % массы рыб в период весенней адаптации до 1,8 % в период интенсивного роста.

2. 5. Производственная проверка

Производственную проверку проводили в двух вариантах – № 15 и 16. Конструктивная особенность – внутри одного большого садка располагались два малых садка. Габариты больших садков составили $4 \text{ м} \times 11 \text{ м} \times 5 \text{ м}$ (220 м^3), а каждого из малых садков – $4 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 2,5 \text{ м}$ (50 м^3).

В большой садок 15-го варианта были посажены трёхгодовики гибридов толстолобиков ($3,48 \text{ кг/м}^2$) массой 1,6 кг, несколько особей белого амура массой 450 г ($2,68 \text{ кг/м}^2$) и зеркального карпа – 150 г ($2,3 \text{ кг/м}^2$). Каждый из малых садков зарыбили трёхгодовиками стербела массой 1,52 кг (15 кг/м^2) и двухгодовиками цветного карпа (средняя масса 570 г, $2,4 \text{ кг/м}^2$) в равной пропорции, поэтому кормление осуществляли по одной норме.

Большой садок варианта № 16 зарыбили производителями пёстрого толстолобика массой 9,1 кг ($1,03 \text{ кг/м}^2$), гибридов – 4,45 кг ($2,43 \text{ кг/м}^2$), а также белого амура массой 4,3 кг ($0,29 \text{ кг/м}^2$). В малый садок № 1 в качестве основного объекта поликультуры посадили четырёхгодовиков ленского осетра ($2,24 \text{ кг}$, $6,62 \text{ кг/м}^2$), в малый садок № 2 – четырёхгодовиков ленбела ($2,73 \text{ кг}$, $6,54 \text{ кг/м}^2$). Малые садки также дополнительно зарыбили годовиками кои из расчёта $0,7 \text{ кг/м}^2$ при массе рыб 56 г. Ихтиомасса и средняя масса осетровых и кои в обоих малых садках пропорционально равны, поэтому объём рациона одинаков.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3. 1. Рост и рыбопродуктивность стербела и добавочных рыб в условиях поликультуры

Данные исследований 2007 г. (табл. 2) показали, что наилучшие результаты выращивания стербела достигнуты в вариантах № 5 и 6: рыбопродуктивность составила соответственно 14,43 и $14,51 \text{ кг/м}^2$, что превышает контрольный вариант на 8,8 и 9,3%. Затраты корма на 1 кг продукции при этом снизились на 8,2 и 9,0 %.

Стербел, выращенный в 5 и 6-м вариантах, показал более высокий темп роста (табл. 3, рис. 3). Средняя масса и упитанность (K_u) рыб превосхо-

2. Основные рыбоводные показатели выращивания рыбы в 2007 г.

Показатель	№ варианта						
	1	2	3	4	5	6	7
Ихтиомасса общая, кг:	97,36	167,60	137,83	227,80	361,20	411,14	364,70
в т. ч. стербел, кг	—	—	—	227,80	242,80	241,80	220,50
растительноядные – всего, кг	97,36	167,60	137,83	—	118,40	169,34	144,20
в т. ч. двухлетки толстолобиков, кг	94,80	—	—	—	115,10	—	—
трёхлетки толстолобиков, кг	—	164,00	—	—	—	164,50	—
производители гибридов толстолобиков, кг	—	—	47,40	—	—	—	49,00
производители пёстрого толстолобика, кг	—	—	87,20	—	—	—	89,40
белый амур, кг	2,56	3,60	3,23	—	3,34	4,84	5,80
Прирост рыбопродукции	<u>86,02</u> 7,17	<u>111,82</u> 9,32	<u>11,28</u> 0,94	<u>132,67</u> 13,27	<u>252,18</u> 21,0	<u>257,89</u> 21,5	<u>144,44</u> 12,0
в т. ч. стербел	—	—	—	<u>132,67</u> 13,27	<u>144,31</u> 14,43	<u>145,05</u> 14,51	<u>126,94</u> 12,69
растительноядные рыбы – всего	<u>86,02</u> 7,17	<u>111,82</u> 9,32	<u>11,28</u> 0,94	—	<u>107,87</u> 8,99	<u>112,84</u> 9,40	<u>17,50</u> 1,46
в т. ч. двухлетки толстолобиков	<u>84,57</u> 7,05	—	—	—	<u>105,00</u> 8,75	—	—
трёхлетки толстолобиков	—	<u>109,75</u> 9,15	—	—	—	<u>109,50</u> 9,13	—
производители гибридов толстолобиков	—	—	<u>4,97</u> 0,41	—	—	—	<u>5,94</u> 0,50
производители пёстрого толстолобика	—	—	<u>5,20</u> 0,43	—	—	—	<u>7,90</u> 0,66
белый амур	<u>1,45</u> 0,12	<u>2,07</u> 0,17	<u>1,11</u> 0,09	—	<u>2,87</u> 0,24	<u>3,34</u> 0,28	<u>3,66</u> 0,31
Средняя масса рыб:							
стербел, г	—	—	—	1529	1630	1623	1531
двухлетки толстолобиков, г	536	—	—	—	665	—	—
трёхлетки толстолобиков, г	—	1708	—	—	—	1714	—
производители гибридов толстолобиков, кг	—	—	5,27	—	—	—	5,44
производители пёстрого толстолобика, кг	—	—	12,47	—	—	—	12,77
белый амур, г	510	720	1075	—	834	968	1930
Затраты корма на 1 кг рыбопродукции стербела, кг	—	—	—	1,70	1,56	1,53	1,78
Затраты корма на 1 кг общей продукции, кг	—	—	—	1,70	0,89	0,86	1,56

Примечание: над чертой – кг, под чертой – кг/м²

дили контроль, но достоверных различий по этим показателям в конце опытов между вариантами найдено не было. Величина суточного прироста массы была выше, чем в контроле соответственно на 11,5 и 10,9 %, относительного прироста массы – на 15,4 и 14,4%, удельной скорости роста – на 0,04 и 0,04%, коэффициента массонакопления – на 8,5 и 6,4 %. Выживаемость рыб в указанных вариантах была одинаковой и составила 97,4 %.

3. Интенсивность роста стербела (над чертой – 2007 г., под чертой – 2008 г.)

Показатель	Монокультура (контроль)	Поликультура			
	вар. 4/11	вар. 5/12	вар. 6/13	вар. 7/14	
Средняя масса, г					
в начале опыта	<u>652±13</u> 1543±24	<u>652±13</u> 1543±24	<u>652±13</u> 1543±24	<u>652±13</u> 1543±24	
в конце опыта	<u>1596±38</u> 2540±53	<u>1657±45</u> 2516±54	<u>1615±43</u> 2411±47	<u>1547±47</u> 2564±50	
Коэффициент упитанности (K_y)					
в начале опыта	<u>0,72±0,01</u> 0,80±0,01	<u>0,72±0,01</u> 0,80±0,01	<u>0,72±0,01</u> 0,80±0,01	<u>0,72±0,01</u> 0,80±0,01	
в конце опыта	<u>0,93±0,01</u> 0,91±0,01	<u>0,95±0,01</u> 0,91±0,01	<u>0,94±0,01</u> 0,91±0,01	<u>0,88±0,01</u> 0,94±0,01	
Суточный прирост, г/сут.	4,78 5,47	5,33 5,82	5,30 5,01	4,79 6,21	
Удельная скорость роста (C_w), %	0,46 0,27	0,50 0,30	0,50 0,26	0,46 0,32	
Относительный прирост (ΔM), %	<u>133,79</u> 65,41	<u>149,24</u> 74,95	<u>148,17</u> 62,68	<u>134,10</u> 78,81	
Коэффициент массонакопления (K_M)	<u>0,047</u> 0,034	<u>0,051</u> 0,038	<u>0,050</u> 0,033	<u>0,047</u> 0,039	

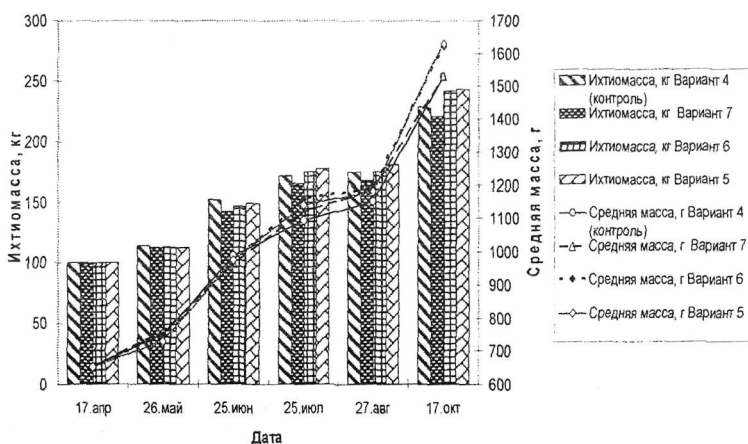


Рис. 3. Динамика роста трёхлеток стербела в период исследования

В варианте № 7 стербел рос менее интенсивно. При отсутствии существенных различий с контролем по средней массе, рыбопродуктивность оказалась ниже на 4,3 % ($12,7 \text{ кг/м}^2$) из-за меньшей выживаемости (94,1 против 97,4%) и упитанности рыб (0,88 против 0,93). Причём, различие величины упитанности статистически достоверно ($B_3 \geq 0,999$).

Затраты корма на единицу прироста 7-м варианте повысились на 4,7%.

Показатели интенсивности роста имеют примерно равные с контролем величины.

Результат выращивания рыб в поликультуре напрямую связан с плотностью посадки добавочного объекта. Поскольку температура воды в середине сезона выращивания достигает максимальных значений (рис. 4), а кислородный режим, несмотря на проточность воды, становится достаточно напряжённым, в условиях переуплотнённой посадки достигается критическая ихтиомасса, создаётся неблагоприятный гидрохимический и санитарный режим. Условия выращивания ухудшаются, угнетается рост рыб.

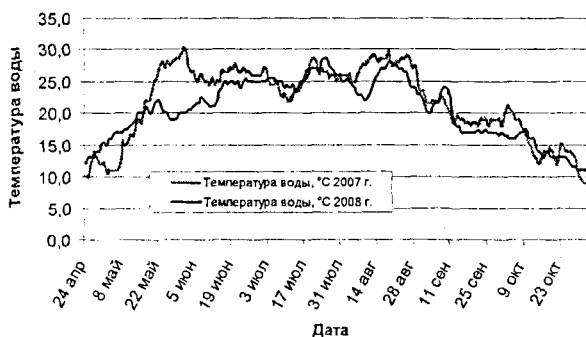


Рис. 4 Термический режим садков

Основным индикатором состояния экосистемы садков являлся кислородный режим. Содержание растворённого кислорода в воде в малых садках вар. № 6 и 7 составило 7,6 и 7,5 мг/л, № 5 — 8,2, тогда как в контроле — 7,8 мг/л.

Так, в варианте № 7 при выращивании стербела с производителями толстолобиков высокая общая ихтиомасса основного и добавочных объектов поликультуры негативно повлияла на показатели рыбопродуктивности и жизнеспособности более требовательного к условиям содержания объекта — стербела. При этом не установлено снижение прироста ихтиомассы растительноядных рыб. Наоборот, он на 55,1 % был выше, чем в контроле (1,5 против 0,9 кг/м²). Общая рыбопродуктивность производителей толстолобиков выше на 36,1% (1,2 против 0,8 кг/м²), выживаемость этих рыб в обоих случаях соответствовала 100 % (табл. 2). Данный факт можно объяснить высокими адаптивными возможностями растительноядных рыб к неблагоприятным условиям среды. Существенных различий по средней массе и упитанности рыб не установлено.

Коэффициент упитанности в контроле и поликультуре соответствовали: для пёстрых толстолобиков — $2,27 \pm 0,04$ и $2,28 \pm 0,02$, для гибридов — $1,98 \pm 0,03$ и $1,94 \pm 0,04$. Скорость роста рыб была несколько выше при выращивании в поликультуре: коэффициент массонакопления пёстрых толстоло-

биков составил 0,012, гибридов – 0,011 (против 0,08 и 0,010 в контроле). Причём, наибольший прирост отмечен у пёстрых толстолобиков: доля их продукции в 7-м варианте составила 57,1 %, в 3-м – 51,1 %.

В варианте № 6 поликультуры стербела с трёхлетками толстолобиков зависимость иная. Общая рыбопродуктивность растительноядных рыб составила 9,40 кг/м², что лишь незначительно превышает величину в контроле (9,32 кг/м²), прирост же массы толстолобиков в 6-м варианте оказался даже несколько ниже контрольного показателя (9,13 против 9,15 кг/м²). Средняя масса и упитанность толстолобиков не имела достоверных различий. Коэффициент упитанности в поликультуре и контроле практически равен (0,061 и 0,060). Выход рыбы и в том, и в другом случае составил 100 %.

Полученные результаты можно объяснить повышенной плотностью посадки добавочного объекта. Что характерно, переуплотнение повлияло только на рост толстолобиков. Несмотря на обилие кормовых ресурсов, эффект ограничения, недостатка пространства ввиду повышенной плотности посадки, вызывали стресс у рыб, вследствие чего темп роста значительно замедлялся, а ожидаемый уровень рыбопродуктивности не был достигнут. Естественная кормовая база и большой объём дополнительных ресурсов были использованы недостаточно полно, поскольку прирост ихтиомассы толстолобиков в варианте № 6 не превысил величину в контроле (вариант № 2), где рыба имела возможность потреблять исключительно естественные пищевые объекты.

В то же время, переуплотнённая посадка не оказала ингибирующего влияния на темп роста стербела. С одной стороны, это может быть связано с явлением пассивного водообмена в садках (Михеев В. П., 1982). Активное движение большой массы рыбы – стербела в малом садке и растительноядных в большом садке – способствовало ускорению выведения метаболитов осетровых за пределы малого садка. С другой стороны, активно отфильтровывая оседающие мелкодисперсные фракции несъеденного корма, экскременты и детритную массу, толстолобики создавали благоприятную среду выращивания основного объекта.

Наиболее сбалансированным по плотности посадки в опытах 2007 г. оказался вариант № 5 выращивания стербела в поликультуре с двухлетками толстолобиков. Отмечена наиболее высокая скорость роста как основного, так и добавочных объектов (табл. 2).

Общая рыбопродуктивность добавочных рыб в поликультуре была выше, чем в контроле на 25,4 %. Прирост ихтиомассы толстолобиков увеличился на 24,2 % (8,75 против 7,05 кг/м²). Средняя масса и упитанность рыб достоверно ($B_1 \geq 0,95$) выше, чем в контроле.

Выживаемость двухлеток толстолобиков по итогам выращивания в 5-м варианте была несколько ниже (91,5 % против 93,2 %), но, тем не менее, при установленной плотности посадки толстолобики в поликультуре со стербе-

лом смогли в большей мере реализовать свой продукционный потенциал, нежели при выращивании в контроле. Так, конечная масса толстолобиков в поликультуре, по сравнению с начальной, увеличилась за сезон в 11,5 раз, в контроле же – только в 9,7 раз.

Корректировка плотностей посадок позволила в исследованиях 2008 г. (табл. 4) добиться высоких результатов по всем комбинациям поликультуры.

Четырёхлетки стербела во всех комбинациях поликультуры показали более высокую рыбопродуктивность, нежели в контроле. По итогам проведённых опытов, прирост ихтиомассы основного объекта в варианте № 12 составил 7,1 кг/м², 13 – 6,7 и № 14 – 7,9 кг/м², что превышает значение данного показателя в 11-м варианте (6,3 кг/м²) соответственно на 12,9, 7,5 и 25,5 %. При этом выживаемость также повысилась соответственно на 1,5, 0,1 и 1,5%, а затраты корма на 1 кг прироста снизились на 8,4; 8,1 и 18,8 %. В то же время, достоверных различий по упитанности и средней массе между вариантами найдено не было.

Наилучший темп роста стербела наблюдали в вариантах № 12 и 14: по сравнению с контрольным выращиванием в монокультуре, коэффициент массонакопления повысился соответственно на 11,8 и 14,7 %, суточный прирост – на 6,4 – 13,5 %. Рыба, выращенная в 13-м варианте, по этим показателям приближалась к контролю.

Четырёхлетки стербела в разных вариантах росли неравномерно (рис. 5). Интенсивность роста была тем выше, чем более благоприятные условия установились в системе. Исследования кислородного режима показали, что в поликультуре он был более благоприятным: среднее содержание кислорода в садках вариантов № 11 – 14 зафиксировано на уровне 5,8; 5,8; 6,2 и 6,5 мг/л соответственно.

Добавочные рыбы при выращивании в поликультуре со стербелом по сравнению с контролем достигли более высокой рыбопродуктивности: прирост ихтиомассы растительноядных рыб в вариантах № 12 – 14 превосходил контрольный показатель на 49,1; 64,6 и 113,8% соответственно. Выживаемость двух- и трёхлеток толстолобиков также была выше на 5,8 и 1,9 %. Сохранность производителей как в контроле, так и в поликультуре – 100 %.

Средняя масса и коэффициент упитанности товарных толстолобиков достоверно выше ($B_3 \geq 0,999$). Коэффициент их массонакопления в 12 и 13-м вариантах значительно выше, чем в соответствующих вариантах контроля: для двухлеток он составил 0,072 и 0,062; для трёхлеток – 0,065 и 0,049. Производители толстолобиков в поликультуре с осетровыми росли в 2 раза интенсивнее, чем в контроле: K_m пёстрого толстолобика в 14 и 10-м вариантах опыта равен 0,028 и 0,014; гибридов – 0,018 и 0,014.

Введение карпа в экосистему большого садка способствовало повышению объёма дополнительной продукции. Заняв пустовавшую пищевую нишу,

4. Результаты выращивания рыбы в опытах 2008 г.

Показатель	№ варианта						
	8	9	10	11	12	13	14
Ихтиомасса общая, кг:	75,27	79,37	101,63	162,80	285,08	281,52	306,13
в т. ч. стербел, кг	—	—	—	162,80	170,90	167,48	178,80
растительноядные – всего, кг	72,62	77,64	98,71	—	101,89	101,15	114,49
в т. ч. двухлетки толстолобиков, кг	71,10	—	—	—	96,34	—	—
трёхлетки толстолобиков, кг	—	74,98	—	—	—	97,5	—
производители гибридов толстолобиков, кг	—	—	43,70	—	—	—	49,10
производители пёстрого толстолобика, кг	—	—	52,60	—	—	—	59,10
белый амур, кг	1,52	2,66	2,41	—	5,55	3,65	6,39
трёхлетки карпа	2,65	1,73	2,92	—	12,29	12,89	12,84
Прирост рыбопродукции:	<u>61,93</u> 5,16	<u>44,24</u> 3,69	<u>13,12</u> 1,09	<u>62,80</u> 6,28	<u>171,87</u> 14,32	<u>149,35</u> 12,5	<u>114,61</u> 9,6
в т. ч. стербел	—	—	—	<u>62,80</u> 6,28	<u>70,90</u> 7,09	<u>67,48</u> 6,75	<u>78,80</u> 7,88
растительноядные рыбы – всего	<u>59,88</u> 4,99	<u>42,38</u> 3,53	<u>11,21</u> 0,93	—	<u>89,25</u> 7,44	<u>69,76</u> 5,81	<u>23,94</u> 2,00
в т. ч. двухлетки толстолобиков	<u>59,75</u> 4,98	—	—	—	<u>84,99</u> 7,08	—	—
трёхлетки толстолобиков	—	<u>41,80</u> 3,48	—	—	—	<u>67,30</u> 5,61	—
производители гибридов толстолобиков	—	—	<u>5,90</u> 0,49	—	—	—	<u>8,30</u> 0,69
производители пёстрого толстолобика	—	—	<u>5,40</u> 0,45	—	—	—	<u>11,50</u> 0,96
белый амур	<u>0,13</u> 0,01	<u>0,58</u> 0,05	<u>-0,1</u> 0	—	<u>4,26</u> 0,36	<u>2,46</u> 0,21	<u>4,14</u> 0,35
трёхлетки карпа	<u>2,05</u> 0,17	<u>1,86</u> 0,16	<u>1,91</u> 0,16	—	<u>11,72</u> 0,98	<u>12,11</u> 1,01	<u>11,87</u> 0,99
Средняя масса:							
стербел, г	—	—	—	2544	2500	2393	2591
двухлетки толстолобиков, г	459	—	—	—	577	—	—
трёхлетки толстолобиков, г	—	1442	—	—	—	1800	—
производители гибридов толстолобиков, кг	—	—	5,46	—	—	—	6,14
производители пёстрого толстолобика, кг	—	—	13,15	—	—	—	14,78
белый амур, г	380	346	802	—	1110	913	2130
трёхлетки карпа	530	532	729	—	2458	2578	2568
Затраты корма на 1 кг рыбопродукции стербела, кг	—	—	—	3,20	2,93	2,94	2,60
Затраты корма на 1 кг всей выращенной продукции, кг	—	—	—	3,20	1,21	1,33	1,79

Примечание: над чертой – кг, под чертой – кг/м²

карп рос весьма интенсивно. Трёхлетки карпа во всех вариантах поликультуры за период опыта увеличили свою массу в 13 – 22 раза, в то время как в контроле лишь в 3 – 4 раза. При этом происходила эффективная утилизация и

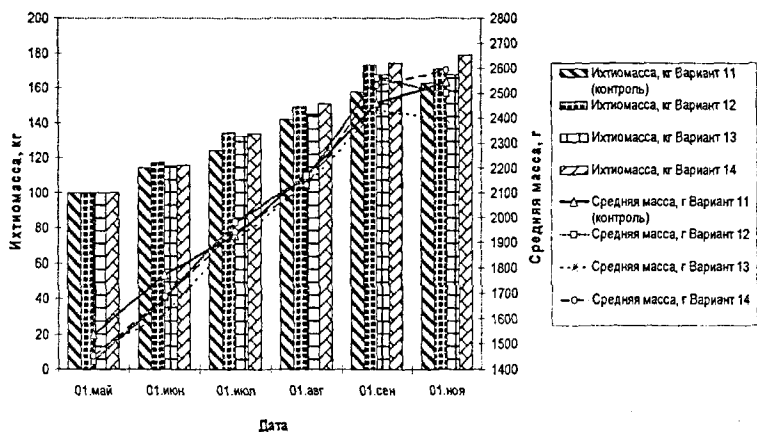


Рис. 5. Динамика роста четырёхлеток стербела в период выращивания

преобразование органики в рыбопродукцию.

Рыбоводные показатели белого амура, содержавшегося совместно с толстолобиками в большом садке с целью оказания мелиоративного эффекта, во всех вариантах поликультуры со стербелом значительно превосходили контроль ввиду обилия кормовых ресурсов. Более высокая масса амура при выращивании в поликультуре свидетельствует о его положительной роли в утилизации дополнительных органических ресурсов. Кроме того, присутствие этого объекта в поликультуре существенно снизило зарастаемость садков перифитоном.

Необходимо отметить, что в опытах 2008 г. рыбопродуктивность садков по стербелу, а также двухлеткам и трёхлеткам толстолобиков ниже, чем в опытах 2007 г. Снижение скорости роста четырёхлеток стербела, в отличие от трёхлеток, обусловлено физиологическими изменениями в организме рыб на 4-м году выращивания, связанные с развитием гонад. Прирост младших возрастных групп толстолобиков снижен, во-первых, по причине более низкой температуры воды в сезон 2-го года исследований (сумма тепла в 2007 г. составила 4189, в 2008 г. – 3967 градусо-дней), а во-вторых, из-за возникновения конкурентных отношений с карпом, на которого приходится определённая часть дополнительной продукции.

3. 2. Соотношение прироста основной и дополнительной продукции при различных комбинациях поликультуры

Анализ результатов показал, что объём дополнительной продукции, получаемой в поликультуре, в значительной мере зависит от возраста и массы посадочного материала добавочных рыб: рыбы младшего возраста обладают большим потенциалом роста, поэтому ожидаемая рыбопродуктивность

будет выше. Что характерно, при более сбалансированной плотности посадки основного и добавочных объектов она увеличивается. Так, в вариантах 5, 6, 7 доля дополнительной продукции в общем объеме получаемой рыбопродукции составила соответственно 42,8, 43,8, 12,1 %, в вариантах же № 12, 13 и 14 она увеличилась до 58,8, 56,3 и 31,2 %.

Однако наибольший интерес представляет та часть дополнительной продукции, которая получена за счёт потребления добавочными рыбами ресурсов, неиспользованных осетровыми рыбами (табл. 5).

Растительноядные рыбы и карп, выращенные в контроле, могли питаться, используя только естественную кормовую базу. Однако при выращивании в поликультуре со стербелом спектр доступных для них кормовых ресурсов существенно расширяется. Выделяемые основным объектом экскременты, имеющие определённую питательную и энергетическую ценность, а также остатки несъеденного корма обогащали рацион добавочных рыб, в результате чего их рыбопродуктивность значительно повысилась. Следовательно, разность между приростом добавочных рыб, полученным в поликультуре и контроле, даёт величину дополнительной рыбопродукции, получаемой за счёт трансформации ресурсов, выходящих из основного производства, то есть тех ресурсов, которые теряются при выращивании стербела. Доля этой продукции в общем объеме рыбопродукции за сезон 2008 г. намного выше, чем в опытах, проведённых годом ранее. Различия наиболее ощутимы между гомологичными вариантами – № 6 и 13, 7 и 14. Отмеченный факт объясняется тем, что при создании благоприятных условий эффективность использования имеющихся пищевых ресурсов повышается, а значит, в общий производственный цикл будет возвращаться больше энергии.

5. Соотношение прироста основной и дополнительной продукции в вариантах поликультуры, %

Показатели	№ варианта					
	5	6	7	12	13	14
Прирост основной продукции	57,2	56,2	87,9	41,3	43,7	68,8
Прирост дополнительной продукции:						
- за счёт естественной кормовой базы	34,1	43,1	7,8	36,0	31,1	11,4
- за счёт использования остатков корма и экскрементов осетровых	8,7	0,7	4,3	22,7	25,2	19,8

3. 3. Результаты производственной проверки

Общая рыбопродуктивность основных объектов в 15-м варианте в среднем составила 15,3 кг/м² малого садка и превзошла показатель в опытах на 5,0 – 48,4 %. Скорость роста четырёхлесток стербела выше, чем в вариантах № 12 – 14 в среднем на 17,8 %. Прирост добавочных рыб в сумме составил 4,1 кг/м². Основная продукция заняла 77,1 %, дополнительная – 22,9 %. Затраты корма на всю полученную продукцию составили 1,67 кг/кг.

В варианте № 16 общая рыбопродуктивность растительноядных рыб,

несмотря на более разреженную посадку и богатую кормовую базу, оказалась ниже, чем в 7-м и 14-м вариантах опытов ($1,42 \text{ кг/м}^2$), ввиду иного соотношения видов. Прирост ихтиомассы ленбела составил $4,3 \text{ кг/м}^2$, ленского осетра – $4,9 \text{ кг/м}^2$.

3. 4. Репродуктивные качества производителей толстолобиков

По результатам выращивания производителей толстолобиков в поликультуре со стербелом в опытах 2007 г. наряду с рыбопродуктивностью были исследованы их воспроизводительные качества.

От трёх самок пёстрого толстолобика из варианта № 7 удалось получить зрелую икру (табл. 6), от самок гибридов и самцов обоих видов половых продуктов получить не удалось.

В контроле (вариант № 3) среди гибридов отцежена икра только от одной самки, от самцов сперму не получили. Из пёстрых толстолобиков лишь самец отдал молоки в количестве $2,5 \text{ см}^3$. Сперма имела густую консистенцию, активность 4 балла. От самок же получить икру не удалось.

6. Рабочая плодовитость самок толстолобиков

№ ры- бы	Пёстрые толстолобики (вар. № 7)			Гибриды (вар. № 3)		
	Масса самки, кг	Рабочая плодови- тость, кг	Выход икры, % от массы рыбы	Масса самки, кг	Рабочая плодови- тость, кг	Выход икры, % от массы рыбы
1	10,9	0,8	7,34	5,5	0,25	4,55
2	13,0	1,7	13,08	—	—	—
3	14,0	2,0	14,29	—	—	—

По-видимому, слабая репродуктивная функция производителей в 7-м варианте обусловлена неблагоприятными условиями нагула, вызванными переуплотнённой посадкой рыб.

Таким образом, ввиду отсутствия чёткой картины и наличия противоречивых данных, вопрос репродуктивных качеств производителей, выращенных в условиях поликультуры со стербелом по методике пространственного разделения, требует отдельного тщательного изучения и проведения ряда дополнительных исследований.

3. 5. Исследования химического состава мяса рыб

Химический анализ выявил, что в мясе стербела, выращенного в условиях поликультуры, содержание влаги составляет 71,85 – 72,29 %, сухого вещества – 27,71 – 28,15 % (в контроле соответственно 70,81 и 29,19 %).

Заметно снижается содержание сырого жира, оно колеблется в пределах 6,95 – 7,49 %. Содержание сырого протеина составляет 17,47 – 18,18 %, золы – 0,75 – 0,92, БЭВ – 1,75 – 2,52 %. Достоверных различий по всем составляющим элементам не установлено.

Установлено, что в мышцах толстолобиков, выращенных в поликуль-

туре со стербелом, сухого вещества содержалось достоверно больше (21,9 % – у двухлеток и 22,7 % – у трёхлеток), по сравнению с рыбами, выращенными в контроле. Содержание жира и золы повышается, а углеводистой части (БЭВ) – несколько снижается. Возрастание доли протеина (у двухлеток 17,4 против 16,6 %, у трёхлеток – 17,9 против 17,1 %) в мышечной ткани говорит о более эффективном использовании азотистых веществ потребляемой пищи.

3. 6. Экстерьерно-интерьерные показатели рыб

Экстерьер стербела в разных условиях выращивания отличался незначительно. Существенных различий морфометрии установлено не было. Однако отмечены некоторые морфологические изменения органов рыб. Относительная масса жабр у рыб, выращенных в условиях поликультуры, увеличилась. Увеличение индексов селезёнки и печени указывает на более интенсивное протекание в организме процессов кроветворения и биосинтеза. Отмечено также значительное колебание относительной массы гонад и внутреннего жира, но чёткой закономерности не найдено. Установленный факт может быть связан с начальным этапом развития половых желёз. Выход тушки и мышц достоверно не отличается, хотя отмечена тенденция к снижению: в поликультуре он составляет по вариантам соответственно 67,68 – 68,07 и 53,41 – 53,92 % (против 68,50 и 54,28 в контроле).

Исследование морфометрии двухлеток (а в опытах 2008 г. также и у трёхлеток) толстолобиков показало достоверное превосходство всех показателей у рыб, выращенных в поликультуре, по сравнению с контролем. При изучении внутренних органов обнаружено снижение индекса длины кишечной трубки у толстолобиков в вариантах № 5 и 6, что свидетельствует о более медленном развитии пищеварительной системы. Существенных отличий по абсолютной и относительной массе тушки не обнаружено: выход тушки двухлеток составил 56,1 % (в контроле 56,4), у трёхлеток – 52,9 (против 52,8 в контроле).

3. 7. Расчёт удельной органической нагрузки на водоём и степени врата потерь биогенов в хозяйственный оборот

При выращивании рыбы в садках основными источниками загрязнения воды являются непотреблённый корм и продукты метаболизма. Многочисленные исследования показали, что лимитирующими факторами загрязнения водоёмов служат азотные и фосфорные соединения.

По результатам исследований был проведён расчёт удельной фосфорной и азотной нагрузки на водоём (табл. 7). Именно такое количество азотистых и фосфорных соединений поступало бы в водоём-охладитель, и таким образом терялось, если бы стербел выращивался в монокультуре. Но поскольку в пространстве вокруг основного объекта содержали растительноядных рыб, то некоторая часть этих ресурсов могла быть трансформирована в рыбопродукцию. На основании имеющихся данных химического состава

мышц рыб и выхода рыбопродукции рассчитан коэффициент возврата потерь биогенов (K_{BE}). С повышением выхода рыбопродукции добавочных рыб (табл. 5) показатель возрастает, что говорит о повышении экологичности и экономической эффективности производства.

7. Органическая нагрузка и коэффициент возврата потерь биогенов

Показатель	№ варианта поликультуры					
	5	6	7	12	13	14
Азотистые соединения, кг	11,81	11,42	12,35	12,61	12,00	12,20
Фосфорные соединения, кг	1,22	1,20	1,30	1,38	1,32	1,32
K_{BE} по азоту, %	5,17	0,25	1,41	8,64	9,08	5,25

С помощью коэффициента возврата потерь биогенов представляется возможным количественно сравнивать и оценивать разные варианты поликультуры, и, являясь наглядным показателем её ресурсосберегающей эффективности в цифровом выражении, показатель послужит полезным инструментом для дальнейшей работы по совершенствованию технологии.

3. 8. Энергетический баланс системы в исследованных комбинациях поликультуры

На основании данных об объёме рыбопродукции, полученной за счёт утилизации добавочными видами экскрементов, детрита, остатков кормов, рыбопродуктивности стербела химическом составе и калорийности мяса исследуемых рыб, калорийности и затратах комбикормов проведён расчёт энергетического баланса системы, который даёт количественную оценку ресурсосберегающего эффекта технологии (табл. 8).

Расчёты показали, что стербелом на продуктивный рост (прирост массы тела) используется лишь 11 – 21 % валовой энергии, причём четырёхлетки используют корм намного хуже. Остальная часть энергии тратится на энергетический обмен и теряется с выделяемыми экскретами в окружающую среду (Щербина М. А., Гамыгин Е. А., 2006; Бухарева и др., 2006).

В то же время, несмотря на низкую эффективность использования корма стербелом, произошло компенсирование потерь энергии системой за счёт добавочного объекта. Причём, в опытах 2008 г. добавочные виды рыб утилизировали много больше дополнительных ресурсов, чем в опытах 2007 г.

Ресурсосберегающий эффект в данном случае заключается в том, что растительноядные рыбы и карп, выращиваемые в большом садке в поликультуре со стербелом, потребляя не только естественную кормовую базу, но и накапливающиеся на дне остатки кормов, экскременты, детрит, трансформируют эти потерянные энергетические ресурсы в прирост массы своего тела. Следовательно, этот эффект пропорционален величине энергии, возвращённой в хозяйственный оборот (B_3). И этот показатель будет тем выше, чем более сбалансирована плотность посадки основного и добавочного объектов и чем моложе посадочный материал рыб. В данных исследованиях наибольшее

ший эффект был достигнут в 12-м и 13-м вариантах, где в производственный цикл вернулось около 20 % валовой энергии, внесённой с кормом.

8. Энергетический баланс поликультуры рыб

	2007 г.			2008 г.		
	Вар. 5	Вар. 6	Вар. 7	Вар. 12	Вар. 13	Вар. 14
Валовая энергия (ВЭ), внесённая с кормом за сезон, Мкал	1024,4	1009,8	1030,1	945,7	903,8	933,4
Обменная энергия (ОЭ) корма, затраченная на выращивание основного объекта (из расчёта 3600 ккал/кг), Мкал	808,7	797,2	813,2	745,2	713,5	736,9
Энергия, заключённая в приросте продукции стербела, Мкал	213,6	214,7	187,9	104,9	99,9	116,6
в % от валовой энергии	20,9	21,3	18,2	11,1	11,0	12,5
Энергия, заключённая в приросте дополнительной рыбопродукции за счёт добавочных рыб (Э _д), Мкал	93,5	97,8	15,2	93,8	77,4	37,4
в т.ч. энергия продукции, полученная за счёт утилизации неиспользованных ресурсов (Э _у), Мкал	18,9	0,9	5,4	39,0	38,1	25,0
Доля энергии полученной за счёт утилизации неиспользованных ресурсов в общей энергии дополнительной продукции $\phi_k = (Э_u / Э_{дл}) \times 100, \%$	20,2	0,9	35,5	41,6	49,2	66,8
Потери энергии с экскрементами $П_3 = ВЭ - ОЭ$, Мкал	215,7	212,6	216,9	200,5	190,3	196,5
Возврат энергии $В_3 = (Э_u / П_3) \times 100, \%$	8,8	0,4	2,5	19,4	20,0	12,7

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ В ПОЛИКУЛЬТУРЕ

На основе полученных результатов и методов экономического анализа (Экономический механизм ресурсосбережения в агропромышленном комплексе, 1994; Миндрин, 1997) проведён расчёт экономической эффективности производства на 100 садков стандартной садковой линии ЛМ-4М (табл. 9). Наибольший экономический эффект от пространственного разделения получен в опытах 2008 г.

Выращивание трёхлеток стербела в поликультуре с двух- и трёхлетками толстолобиков, с дополнительной посадкой белого амура (варианты № 5 и 6) оказалось высокорентабельным. При этом рентабельность производства осетровых выше, чем в контроле. Выращивание трёхлеток стербела с производителями толстолобиков (вариант № 7) несколько менее рентабельно, однако экономически оправдано.

Выращивание в качестве основного объекта четырёхлеток стербела для товарных целей экономически менее эффективно, по сравнению с трёхлетками, хотя показатель рентабельности довольно высокий.

9. Экономическая эффективность выращивания осетровых рыб в условиях поликультуры

Показатель	Контр.	Поликультура				Контр.	Поликультура		
	вар.4	вар.5	вар.6	вар.7	вар.11	вар.12	вар. 13	вар.14	
Чистая прибыль по стербелу, тыс. руб.	4147,5	4948,8	4925,7	4147,5	2564,2	2888,0	2777,3	3240,3	
Чистая прибыль по добавочным рыбам, тыс. руб.	—	666,8	1826,8	1896,2	—	695,2	1450,6	1734,6	
Себестоимость 1 т товарного стербела, тыс. руб.	197,9	176,2	176,3	191,9	302,5	291,0	294,2	278,8	
Экономический эффект нового технологического приема, тыс. руб. на 1 т продукции осетровых	—	10,5	2,3	5,3	—	23,9	48,2	24,9	
Рентабельность производства осетровых рыб, %	92	116	116	98	52	58	56	65	
Рентабельность производства добавочных рыб, %	—	169	269	102	—	174	266	123	
Общая рентабельность производства, %	92	120	137	99	52	67	77	78	

ВЫВОДЫ

1. Способ садкового выращивания рыбы на тёплых водах с использованием пространственного разделения основных объектов (осетровых) и добавочных рыб (растительноядные рыбы, карп) оказал положительное влияние на рыбоводные показатели, при этом получен ресурсосберегающий эффект.

2. Повышение эффективности выращивания рыбы в поликультуре при пространственном разделении основного и добавочных объектов обусловлено улучшением кислородного режима. Содержание в воде растворённого кислорода в условиях поликультуры повышается на 4,7 – 13,4 %, что обеспечивает более высокую выживаемость рыб.

3. Скорость роста основного объекта (стербела), выращенного в условиях поликультуры с карповыми рыбами, увеличилась на 10,8 – 13,5 %. Выход его продукции повысился на 8 – 25 %, по сравнению с контролем. Средняя масса трёхлеток стербела достигла 1630, четырёхлеток – 2591 г. Интенсивность роста трёхлеток была выше, чем у четырёхлеток в 1,9 – 2,0 раза.

4. Двухлетки толстолобиков в условиях поликультуры росли в 3,5 раза интенсивнее, чем трехлетки. Рыбопродуктивность двухлеток толстолобиков в поликультуре со стербелом по сравнению с контролем повысилась на 24,2 – 49,1 %, трёхлеток – на 61,0 %. Прирост массы белого амура в поликультуре повысился в 1,6 – 41,4 раза, карпа – в 5,7 – 6,5 раз.

5. Предложенный способ выращивания рыб позволил сократить затраты кормов на единицу основной продукции на 8 – 19 %, а также увеличить оплату корма за счёт получения дополнительной рыбопродукции, объём которой составил 12,1 – 58,8% общего прироста ихтиомассы.

6. Исследования репродуктивной функции производителей толстолобиков, выращенных в условиях поликультуры со стербелом, не выявили достоверных различий с контролем по основным показателям. Однако отмечена тенденция к ухудшению отдачи половых продуктов при переуплотнении посадки рыб.

7. Отмечено увеличение индексов печени и селезёнки, высокая вариабельность значений относительной массы гонад стербела. Морфометрические показатели и товарные качества стербела, выращенного в условиях поликультуры, не имели существенных различий с контролем. Упитанность белого амура и карпа в условиях поликультуры значительно возросла. Величина промеров и масса съедобных частей тушки толстолобиков в вариантах поликультуры имеют более высокие значения, по сравнению с контролем, но различия в индексах телосложения и частей тела незначительны.

8. При выращивании стербела в условиях поликультуры химический состав мяса меняется незначительно, однако прослеживается тенденция к снижению содержания в мясе сухого вещества и повышение содержания воды. У толстолобиков, выращенных в тех же условиях, возрастает содержание протеина, жира и минеральных веществ в мясе.

9. В поликультуре добавочные рыбы наряду с потреблением естественной пищи эффективно используют остатки комбикорма и детрит, при этом доля прироста рыбопродукции за счёт использования этих ресурсов составила от 8,6 до 25,2 %. В результате конверсия корма существенно повысилась: в производственный цикл возвратилось до 9 % азотистых веществ и до 20,0 % энергии.

10. Экономическая эффективность поликультуры рыб в садках при просторном разделении объектов составила 2,3 – 48,2 тыс. руб. дополнительной чистой прибыли на 1 т продукции стербела. По причине высоких затрат корма выращивание четырёхлеток стербела оказалось экономически менее выгодным, чем трёхлеток, хотя рентабельность производства в обоих случаях довольно высокая – 58 – 116%. Совместное выращивание стербела с производителями толстолобиков менее прибыльно, чем при выращивании с двух- и трёхлетками толстолобиков, однако данный тип производства также является высокорентабельным.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения выхода рыбопродукции из садков рекомендуется применять «Способ выращивания рыбы в поликультуре в садках» (патент № 2330406). Данный технологический приём позволяет улучшить гидрохимический режим садков, повысить на 20 % трансформацию энергии задаваемого корма в рыбопродукцию, получить на 8,8 – 25,5 % больше прирост массы стербела и на 25,4 – 295,3 % – добавочных рыб.

При посадке осетровых рыб из расчёта 10 кг/м² малого садка, в боль-

шой садок в зависимости от комбинации рекомендуется зарыблять карповых:

1. годовиков гибридов толстолобиков массой 55 – 60 г – 0,9 – 1,0 кг/м²;
2. двухгодовиков гибридов толстолобиков массой 500 – 600 г – 2,5 – 2,6 кг/м²;
3. производителей толстолобиков массой 4 – 10 кг – 7,0 – 7,5 кг/м².
4. дополнительная посадка белого амура производится из расчёта 0,1 – 0,2 кг/м², а карпа – 0,4 кг/м², при этом предпочтительна рыба массой 150 – 300 г.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Карачёв Р. А., Власов В. А., Липпо Е. В., Лабенец А. В. Использование метода пространственного изолирования при выращивании в поликультуре осетровых и растительноядных рыб в садках на тёплых водах // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России: Матер. 2-й междунар. науч.-практ. конф. – М.: МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. – С. 38 – 40.
2. Карачёв Р. А., Власов В. А., Липпо Е. В. Ресурсосберегающая технология садкового выращивания рыбы в поликультуре // Сб. статей Междунар. науч. конф. молодых ученых и специалистов, посвященной 120-летию академика Н. И. Вавилова. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2007. – С. 428 – 436.
3. Карачёв Р. А., Власов В. А., Лабенец А. В., Липпо Е. В. Ресурсосберегающая технология совместного выращивания осетровых и растительноядных рыб в садках // Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК»: матер. междунар. науч.-практ. конф. – М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2007. – С. 166 – 169.
4. Карачёв Р. А., Власов В. А., Лабенец А. В., Липпо Е. В. Использование пространственного изолирования при садковом выращивании рыбы в поликультуре // Проблемы аквакультуры. Вып. 2.: матер. междунар. науч.-практ. конф. по аквариологии. – М., 2007. – С. 48 – 56.
5. Карачёв Р. А. Ресурсосберегающая технология в садковом рыбоводстве // Садковое рыбоводство. Технология выращивания. Кормление рыб и сохранение их здоровья: Матер. науч. конф. Петрозаводск: ПетрГУ, 2008. – С. 7 – 10.
6. Карачев Р. А., Власов В. А., Липпо Е. В. Ресурсосберегающая технология садкового выращивания рыбы на тёплых водах // Известия ТСХА. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. – 2009. – N 2. – С. 139 – 153.
7. Патент на изобретение № 2330406 «Способ выращивания рыбы в поликультуре в садках». Власов В. А., Карачев Р. А., Лабенец А. В., Чистова Л. С., Серветник Г. Е. – М., 2008.

Отпечатано с готового оригинал-макета

Формат 60x84¹/₁₆. Усл. печ. л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ 550.

Издательство РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 44