

27 МАЯ 1997

КАТАСОНОВ Вячеслав Яковлевич

**СЕЛЕКЦИЯ И ПРОМЫШЛЕННОЕ
РАЗВЕДЕНИЕ КАРПА**

Специальность 03.00.10 - Ихтиология

ДИССЕРТАЦИЯ

в виде научного доклада
на соискание ученой степени
доктора биологических наук

МОСКВА 1997

Официальные оппоненты:

Доктор биологических наук,
профессор

Доктор биологических наук,
профессор

Доктор биологических наук,
профессор

ВОЛЧКОВ Ю.А.

СИМАКОВ Ю.Г.

ЛАВРОВСКИЙ В.В.

Ведущая организация:

Федеральный селекционно-
генетический центр
по рыбоводству Минсельхозпро
России

Защита состоится "3" июня 1997 года в 11 ча
на заседании Диссертационного совета Д.117.04.01 при Всерос
сийском научно-исследовательском институте прудового рыбной
хозяйства (ВНИИПРХ) по адресу: 141821, п. Рыбное, Дмитроп
ский р-н, Московская обл.

С диссертацией в виде научного доклада можно ознакомиться
в библиотеке ВНИИПРХа.

Диссертация в виде научного доклада разослана
"30" апреля 1997 г.

Ученый секретарь Диссертационного
совета, кандидат биологических наук

Трямкина С.П.

ОБЪЕМ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Рыбоводство - относительно молодая развивающаяся отрасль. Почти до последнего времени человек обеспечивал себя рыбной продукцией в основном за счет ее добычи в естественных водоемах. Разведение и выращивание рыб ограничивается пока лишь единичными видами: в нашей стране - это в основном карп, в меньшем объеме так называемые растительноядные рыбы, форель, некоторые виды осетровых и сиговых рыб. Ряд объектов культивирования (белый амур, белый и пестрый толстолобики, пелядь и др.) находятся лишь на начальной стадии одомашнивания и практически не отличаются от исходных "диких" форм. В некоторых случаях для выращивания рыб используют молодь, отлавливаемую из естественных водоемов.

Возросшие потребности населения в обеспечении полноценным белковым питанием, а также истощение запасов рыб в естественных водоемах ставят задачу интенсивного развития рыбоводства, превращения ее в высокоэффективную отрасль, конкурентоспособную по отношению к другим отраслям животноводства. Важная роль в решении этой задачи принадлежит селекции и племенной работе, направленным на создание высокопродуктивных пород и кроссов и их эффективное использование.

В настоящей работе дано обобщение тридцатилетнего периода исследований автора и руководимого им коллектива по селекции и племенной работе с рыбами. Главное внимание при этом уделяется методическим аспектам, учитывающим биологические особенности рыб как объекта селекции, а также специфику самой отрасли - развивающегося рыбоводства. Исследования выполнены на карпе. Однако полученные результаты экспериментальных работ и теоретического обобщения могут быть распространены и на другие объекты рыбоводства.

Цель и задачи работы. Цель работы заключалась в разработке научных основ и совершенствовании методов селекции и промышленного разведения в рыбоводстве.

Для достижения этой цели предстояло решить следующие задачи:

1. Проанализировать биологические особенности рыб как объекта селекции и определить методические подходы к селекции и промышленному разведению рыб;
2. Разработать эффективные методы селекционной оценки и отбора рыб;
3. Провести исследования по частной генетике карпа;
4. Выполнить работы по селекции среднерусского карпа;
5. Усовершенствовать организацию селекционно-племенного дела и биотехнику племенной работы с рыбами;
6. Определить основные принципы создания генетических коллекций спермы рыб в низкотемпературном банке.

Фактический материал. В диссертации подведены итоги исследований, выполненных автором и руководимым им коллективом в 1967-1997 гг. Фактической основой для обобщения послужили материалы научных работ, опубликованные самостоятельно или в соавторстве с сотрудниками ВНИИПРХ, а также других научно-исследовательских учреждений.

Работа выполнена в рамках комплексной программы "Пруд" (подпрограмма "Генофонд"), тематического плана ВНИИПРХ (№ госрегистрации тем 76069852 (1976-1982 гг.), 01830055206 (1983-1985 гг.), 0186 0127916 (1986-1990 гг.), задания ГКНТ СССР 0.40.01.0701 Н7 (1981-1985 гг.), планов научно-технического сотрудничества между СССР и ВНР по теме 3.0 (1987-1990 гг.), задания ГКНТ России по проекту "Биотехнология в рыбоводстве" (1993-1997 гг.), Координационного плана Федерального селекционно-генетического центра рыбоводства Минсельхозпрода России (1994-1997 гг.).

При анализе и обобщении результатов экспериментальных работ использованы литературные источники отечественных и зарубежных авторов.

Научная новизна и теоретическая значимость. На основании результатов выполненных исследований и их теоретического обобщения разработаны система организации и методы ведения селекции и

племенной работы в рыбоводстве, учитывающие биологические особенности рыб и специфику самой отрасли. Определены принципиальные различия методических подходов к выращиванию и отбору рыб при селекции и промышленном разведении. Получены данные по особенностям проявления и взаимосвязи ряда селекционных признаков, положенные в основу совершенствования методов селекционной оценки и отбора племенных рыб. Разработаны методы комплексной оценки племенных рыб, сочетающие оценку производителей по их собственному фенотипу и качеству их потомства. Получены новые сведения по частной генетике объекта разведения и апробировано их использование в практической селекции. Разработаны научные основы формирования генетических коллекций спермы рыб в низкотемпературном банке. Результаты экспериментальных работ и теоретических исследований нашли свое отражение в опубликованных автором монографии и первом в стране учебном пособии для ВУЗов.

Практическое значение и реализация результатов работы. В итоге выполненных исследований разработан и предложен для практического использования комплекс методов по селекции и промышленному разведению рыб. Усовершенствованы методы их отбора. Разработан и апробирован в практической селекции карпа способ повышения жизнеспособности рыб с использованием отбора по устойчивости к гипоксии. Предложен экспресс-метод селекционной оценки производителей, позволяющий существенно повысить эффективность селекционной работы с рыбами. Усовершенствован ряд технологических приемов и уточнены нормативные показатели, касающиеся выращивания племенных рыб, бонитировки производителей и получения от них потомства. Разработана и впервые в рыбоводстве унифицирована система мечения племенных рыб.

В результате работ, выполненных по созданию породы среднерусского карпа, сформирован комплекс племенных групп (отводок) IY-Y поколений селекции, промышленные гибриды которых получили широкое использование в производстве.

Практической реализацией научных разработок является также

создание первого в стране коллекционного низкотемпературного банка спермы рыб.

Апробация работы. Результаты научных исследований, составляющих основу диссертации, ежегодно (1967-1996 гг.) рассматривались на Ученом совете ВНИИПРХ, Методическом совете по генетике и селекции рыб, Координационном Совете по генетике и селекции рыб Минрыбхоза СССР, Научно-консультативном Совете по генетике и селекции рыб Ихтиологической Комиссии, Всесоюзных совещаниях по генетике, селекции и гибридизации рыб (Ленинград, 1967 г.; Ростов-на-Дону, 1981 г.; Тарту, 1987 г.), XIV Международном генетическом конгрессе (Москва, 1978 г.), Международном семинаре "Повышение продуктивности прудовых рыб с помощью селекции и гибридизации" (ВНР, г.Сарваш, 1978 г.), Всесоюзной конференции по товарному прудовому и озерному рыбному хозяйству (Рыбное, 1978 г.), Международном симпозиуме по генетике карпа (Венгрия, Сарваш, 1990 г.), Международном симпозиуме "Карп" (Венгрия, Будапешт, 1993 г.), Всероссийском научно-производственном совещании по проблемам развития пресноводной аквакультуры (п.Рыбное Московской обл., 1993 г.), Рабочем совещании "Сохранение биоразнообразия гидробионтов с использованием методов криоконсервации" (г.Лудино Московской обл., 1994 г.; г.Москва, 1995 г.), Научно-методической конференции "Современная аквакультура: проблемы образования и освоения новейших технологий (п.Рыбное Московской обл., 1996 г.), научных чтениях, посвященных памяти В.С.Кирпичникова (Ленинград, 1996 г.), а также на ряде совещаний Минрыбхоза СССР, Минсельхоза СССР, Межведомственной Ихтиологической Комиссии.

Публикации. Результаты исследований по теме изложены в 65 опубликованных работах общим объемом 60 печатных листов.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ И ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ РЫБ

Несмотря на имеющиеся достижения в области практической селекции и промышленного разведения рыб, их теоретические основы еще

слабо разработаны. Специальных работ, посвященных теории селекции рыб, в литературе очень мало.

Автором проанализирован ряд теоретических положений и сделана попытка обоснования методических подходов к селекции и промышленному разведению рыб, учитывающих их биологические особенности и специфику самой отрасли - товарного рыбоводства.

Биологические особенности рыб, как объекта селекции

Методические подходы к селекции и промышленному разведению рыб имеют ряд принципиальных отличий по сравнению с системой, принятой в зоотехнии, что связано с биологическими особенностями рыб. К числу таковых относятся прежде всего их высокая плодовитость, наружное оплодотворение, обитание в водной среде.

По плодовитости рыбы значительно превосходят домашних животных. У лососевых рыб число потомков, полученных от самки за один нерест, достигает нескольких тысяч. Плодовитость карповых рыб исчисляется сотнями тысяч. Так, от элитных самок парского карпа ежегодно получают до 700 и более тысяч личинок (Боброва, 1993 г.).

Высокая плодовитость рыб позволяет проводить отбор с чрезвычайно высокой интенсивностью, в десятки и даже сотни раз превышающей возможности отбора у домашних животных.

Важной биологической особенностью является наружное оплодотворение, свойственное большинству видов культивируемых рыб. Возможность непосредственно воздействовать на мужские и женские половые клетки, а также на развивающиеся эмбрионы существенно расширяет арсенал методов селекции и позволяет применять специальные генетические методы (гиногенез, мутагенез, полиплоидия и др.), применение которых в селекции домашних животных затруднено или практически невозможно вообще.

Специфической особенностью рыб является их обитание в водной среде, затрудняющее непосредственный контакт селекционера с объектом. При выращивании рыб нельзя, например, вести индивидуальный

учет поедания кормов, что делает невозможным проведение прямого отбора по этому признаку.

Обитание рыб в водной среде создает большие трудности в управлении условиями их выращивания. В то же время рост и развитие рыб непосредственно зависят от ряда внешних факторов и прежде всего, как у всех пойкилотермных животных, от температуры. Большая паратипическая изменчивость признаков, обусловленная прямым влиянием на них внешних факторов, затрудняет выявление у рыб генетических различий.

Сравнительно мелкие размеры большинства разводимых рыб определяют относительно невысокие затраты на выращивание и содержание производителей, в то время как объем продукции, получаемой при выращивании их потомства, довольно значительный. Так, общая масса товарных двухлетков, выращиваемых из потомства, получаемого от одной самки карпа за один нерест, составляет от 10 до 50 т и более, что в десятки раз превышает соответствующие показатели у домашних животных.

На рыбах очень сложно вести индивидуальный учет, который позволял бы проследить за каждой особью от момента ее рождения. Это связано, во-первых, с массовостью материала, и, во-вторых, с большой сложностью индивидуального мечения, которое на ранних стадиях рыб (личинки, мальки) вообще невозможно. В связи с тем, что систематического индивидуального учета на рыбах не ведется, ряд селекционных методов, широко используемых в зоотехнии, как, например, отбор по родословной, в отношении рыб практически неприемлем.

Перечисленные особенности рыб определяют необходимость специфических подходов к их разведению. В рыбоводстве, как и в растениеводстве, селекционер имеет дело в основном с массовым материалом. Существенные отличия, однако, имеются и по сравнению с растениеводством. Очевидно, что рыбоводство должно иметь свою систему приемов и методов селекции и племенной работы, построенную на общих принципах, но учитывающую биологические свойства рыб.

Сорыи и методы разведения рыб

Работы, проводимые с племенным материалом, направлены на решение двух основных задач: 1) выведение новых или совершенствование существующих пород (породных типов, кроссов и т. п.) - селекция и 2) выращивание полноценных производителей и получение от них потомства для товарного выращивания - **промышленное разведение или племенная работа**. В животноводстве решение этих двух задач осуществляется одновременно, то есть племенная работа, проводимая в промышленных стадах, включает, как правило, и комплекс селекционных мероприятий. Совершенно другое положение в рыбоводстве, так как методические подходы к работе с племенным материалом при селекции и промышленном разведении рыб существенно различны.

Селекция предполагает генетическое совершенствование объекта, что достигается применением направленного отбора. Благодаря высокой плодовитости рыб интенсивность отбора может быть чрезвычайно высокой. Селекционируемый материал до момента отбора, проводимого преимущественно в товарном возрасте, необходимо выращивать в условиях, близких к производственным. При селекции недопустимо применение каких-либо оптимизирующих факторов, существенно отличающихся от реальных производственных условий. Интенсивный отбор на таком фоне может привести к нежелательным последствиям - генетическому закреплению у рыб повышенных потребностей, обеспечение которых при промышленном выращивании практически нереально или экономически нецелесообразно.

Совершенно другие методические подходы должны быть при промышленном разведении. Поскольку при этом не ставится задача генетического преобразования объекта, проведение интенсивного отбора не требуется. Условия выращивания племенного материала с самого начала должны быть, по возможности, наиболее оптимальными, обеспечивающими максимальное выявление у производителей генетических потенций.

Селекция и племенная работа, таким образом, являются взаимосвязанными, но разными формами в системе разведения,

предусматривающими решение разных задач и требующими различного подхода к выращиванию и отбору рыб.

Основные направления и цели селекции рыб

Селекционные работы с объектом товарного рыбоводства преследуют две основные цели: улучшение продуктивных свойств объекта разведения и создание пород, приспособленных к конкретным условиям культивирования. Разграничение этих целей в определенной мере условно, так как в любом случае речь идет о повышении продуктивности на фоне конкретных условий выращивания.

При прудовом выращивании особое значение имеет приспособленность рыб к определенным температурно-климатическим условиям. Так, в северных районах рыбоводства (и отчасти в умеренной зоне) главной задачей является повышение общей холодостойкости и особенно зимостойкости рыб. При разведении в южных районах возникает необходимость повышения устойчивости рыб к высокой ("запредельной") температуре. Зональные различия могут касаться и таких важнейших экологических факторов, как гидробиологический и гидрохимический режимы прудов, особенности токсикологической обстановки и эпизоотической ситуации.

При селекции рыб в специфических условиях индустриальных хозяйств (установки с замкнутым водоснабжением, садковые и бассейновые хозяйства на водоемах-охладителях энергетических объектов и т. п.) первостепенное значение имеют повышение стрессоустойчивости объекта, приспособленности к чрезвычайно высокой плотности посадки при выращивании в сравнительно небольших емкостях, питанию почти исключительно комбикормом при отсутствии естественной пищи, высокому содержанию в воде экзосметаболитов.

В работах со сравнительно новыми одомашниваемыми объектами (растительоядные, сиговые, осетровые) ведущим направлением является повышение приспособленности к факторам domestikации. Важное значение при этом имеет способность одомашниваемых рыб нормально развиваться

в новых экологических условиях, которые могут существенно отличаться от естественной среды обитания осваиваемого вида.

В работах с некоторыми видами рыб большое внимание уделяется улучшению репродуктивных показателей. Повышение плодовитости может иметь прямое хозяйственное значение в отношении лососевых и осетровых рыб, продуцирующих деликатесный пищевой продукт - красную и черную икру. Селекция по этому признаку, однако, имеет важное значение и применительно к другим видам культивируемых рыб, поскольку умеренный отбор по плодовитости способствует обычно улучшению физиологического статуса и тем самым приводит к повышению общей жизнеспособности объекта разведения.

Селекция по другим признакам: экстерьерным, интерьерным, некоторым физиологическим показателям, - имеет вспомогательное значение и направлена в основном на решение указанных выше задач.

Технологические требования при селекции рыб

Известно, что разные породы, а также отдельные особи по разному реагируют на условия содержания. Хорошо отселекционированные породы проявляют свойственную им высокую продуктивность только при достаточно высоком биотехническом уровне, в то время как в неблагоприятных условиях и, особенно, при ограниченном неполноценном питании более приспособленными оказываются обычно беспородные животные.

Таким образом, проявление признаков зависит от определенного сочетания наследственных факторов и условий среды. Взаимодействие генотип-среда особенно сильно проявляется у признаков с низкой наследуемостью, обладающих высокой паратипической изменчивостью, к которым относятся и показатели продуктивности.

При селекции домашних животных обычно стремятся создавать оптимальные условия, способствующие более полному проявлению продуктивности у каждой особи. Применительно к селекции рыб такой подход неприемлем по следующим причинам. Продуктивность у рыб является групповым показателем. С хозяйственной точки зрения важна

не столько масса отдельной рыбы, сколько общая продукция, то есть масса всех выращенных рыб в расчете на единицу площади или объема водоема. Показатели индивидуальной и общей продуктивности, таким образом, по существу являются разными признаками. Так, при редкой посадке рыбы растут быстрее, чем при плотной, однако выход продукции с единицы площади пруда при этом снижается. Оптимизация условий, способствующая достижению более высоких индивидуальных показателей, в этом случае отрицательно сказывается на величине общей продукции.

Другой особенностью, которая должна учитываться при выращивании селекционируемого материала, является сильное влияние на продуктивность рыб природных факторов. Природными факторами в значительной степени определяется уровень развития естественной кормовой базы в водоеме, непосредственно влияющий на выход рыбной продукции. В прудовых условиях приходится учитывать также воздействие на рыб дефицита кислорода, повышенной эвтрофикации водоема и т.п. Выращивание селекционируемого материала необходимо вести на фоне этих естественных факторов. Искусственная их оптимизация недопустима, так как может привести к снижению приспособленности рыб к реальным производственным условиям. Это же относится и к технологическим (управляемым человеком) факторам: удобрению прудов, качеству кормов и т.п. Условия выращивания племенного материала при селекции должны соответствовать прогрессивной, но реальной при промышленном выращивании технологии, при которой будут культивировать создаваемую или улучшаемую породу. Селекционер должен владеть такой технологией и предвидеть основные тенденции ее развития в перспективе.

Изложенные требования к условиям выращивания селекционируемого материала распространяются только на период, предшествующий основному отбору, проводимому в "товарном возрасте". В дальнейшем основной задачей является выращивание физиологически полноценных производителей, что достигается за счет оптимизации условий (разреженной посадки, достаточного кормления высококачественным кормом и т.п.). Выращенные в таких условиях производители могут

полной мере проявить свои наследственные различия по репродуктивным свойствам (скорость полового созревания, плодовитость, жизнеспособность потомства и др.), что позволяет вести отбор по этим важным признакам.

СОЗРЕВАННИЕ МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ РЫБ

Термин "селекция" в дословном переводе означает отбор. Однако в современном представлении он имеет более широкий смысл, поскольку в селекционной работе наряду с отбором применяют и другие приемы, в первую очередь, целенаправленный подбор производителей и скрещивание. На рыбах все большее ее широкое использование получает также ряд специальных генетических методов селекции.

Автором выполнен комплекс исследований, направленных на повышение эффективности методов селекции рыб. Экспериментальные работы выполнены на карпе. Полученные результаты, однако, могут быть применимы (с определенными коррективами) и к другим объектам рыбоводства.

Селекция рыб по скорости роста

Скорость роста является важнейшим селекционным признаком, непосредственно связанным с продуктивностью. Быстрорастущие особи, как правило, дают более высокий выход продукции с единицы площади (или объема) водоема при меньших затратах на ее производство.

При проведении селекционных работ необходимо учитывать следующие особенности роста рыб:

1. Рыбы растут в течение всей жизни, однако наиболее интенсивный рост наблюдается до начала полового созревания. У большинства объектов рыбоводства (каarp, растительноядные рыбы, форель и др.) самки крупнее, чем самцы, что связано с более ранним созреванием самцов, тормозящим соматический рост.

2. Скорость роста рыб сильно подвержена влиянию условий среды. Как у всех пойкилотермных животных, рост рыб, в первую очередь,

зависит от температуры внешней среды. Существенное влияние на рост рыб оказывают обеспеченность естественной пищей, качество корма, гидрохимический режим. При определенных условиях возможна полная остановка роста в продукционном возрасте.

3. Изменчивость массы тела характеризуется определенной динамикой. По нашим наблюдениям, коэффициент вариации массы тела у личинок карпа колеблется в пределах 3-5%. У мальков гораздо выше - 40-50%. В дальнейшем изменчивость постепенно снижается: коэффициент вариации массы тела составляет у сеголетков 20-30%, двухлетков - 15-20%, трехлетков - 12-15%, у старших возрастных групп около 10%.

4. При выращивании разновозрастных рыб большое влияние на рост может оказывать фактор взаимодействия. Влияние этого фактора четко прослеживается при сравнении результатов раздельного и совместного выращивания групп рыб, различающихся по начальной массе тела. В обоих случаях рыбы с большей начальной массой оказываются после выращивания, как правило, крупнее. Однако при совместном выращивании эти различия выражены сильнее, причем тем больше, чем выше плотность посадки рыб. Поэтому более точная оценка сравниваемых групп может быть дана при их раздельном выращивании в сходных условиях при достаточном числе повторностей.

Непосредственной характеристикой скорости роста является прирост массы тела за определенный промежуток времени. Однако величина этого показателя зависит от исходной массы, уравнивать которую для всех сравниваемых групп очень сложно или практически невозможно. Израильскими рыбоведами (Moav, Wohlfarth, 1976) в связи с этим предложено при учете результатов экспериментов вводить поправочные коэффициенты, позволяющие корректировать значения конечной массы с учетом различий в исходной массе. Однако, как показали проведенные нами исследования, величина поправочного коэффициента не может быть постоянной: она зависит от конкретных значений исходной массы, длительности выращивания и т. п.

Большой интерес представляет использование для характеристики скорости роста расчетных показателей, так называемых коэффициентов

роста, определяемых по соответствующим уравнениям, описывающим закономерности роста. В ихтиологии широкое распространение получил, например, расчет константы роста (С), предложенный И. И. Шмальгаузенем (1935). Однако величина этого показателя с возрастом рыб закономерно изменяется, что затрудняет ее использование в качестве стандартной характеристики.

В рыбоводстве в последнее время широкое использование в качестве характеристики роста рыб нашел так называемый "коэффициент массонакопления" (Км), рассчитываемый по уравнению С. А. Баранова с соавторами (Баранов и др., 1979; Толчинский, Резников, 1980):

$$K_m = \{3 (M_k^{1/3} - M_0^{1/3})\} / \Delta t,$$

где M_0 и M_k - значения начальной и конечной массы, Δt - время выращивания рыб.

Нами была исследована возможность использования этого показателя для решения селекционных задач. Эксперименты выполнены на двухлетках и трехлетках создаваемой породы среднерусского карпа. При этом несколько групп рыб одного и того же происхождения вначале выращивали отдельно при различной плотности посадки, благодаря чему было достигнуто их существенное различие по массе. Рыб разных групп в последующем метили и в дальнейшем выращивали совместно. На основании данных по их начальной и конечной массе рассчитывали K_m .

Установлено, что значение K_m у рыб одного и того же происхождения отрицательно коррелирует с величиной их исходной массы. Для обеспечения стабильности этого показателя нами предложено определять его откорректированное значение (K_m'):

$$K_m' = K_m + 0.015M_0^{1/3} \quad \text{или}$$

$$K_m' = \{3 (M_k^{1/3} - 0.5M_0^{1/3})\} / \Delta t$$

В табл. 1 в качестве примера рассмотрены результаты разных способов расчета показателей роста.

Таблица 1

Характеристики роста трех групп карпа

№ группы	Возраст рыб, лет	Масса рыб, г		Характеристики роста*)		
		начальная	конечная	С	Км	Км'
1	2+	510	1725	1.22	0.12	0.24
	3+	1668	2759	0.50	0.06	0.24
	4+	2330	3367	0.37	0.05	0.25
	5+	2824	4113	0.37	0.06	0.27
2	2+	635	1799	1.04	0.11	0.24
	3+	1680	2728	0.48	0.06	0.24
	4+	2829	3716	0.27	0.04	0.25
	5+	3317	3999	0.18	0.03	0.25
3	2+	468	1237	0.97	0.09	0.21
	3+	1010	2116	0.77	0.08	0.23
	4+	2047	2774	0.31	0.04	0.23
	5+	2630	3682	0.31	0.05	0.25

*) С - константа роста, рассчитанная по И.И. Шмальгаузену (1935); Км - коэффициент массонакопления - по С.А. Баранову с соавторами (1979); Км' - откорректированное значение Км; метод расчета в тексте.

Как видно из таблицы, значения С и Км у рыб одного и того же происхождения не постоянны: с увеличением возраста, а следовательно, и исходной массы рыб они существенно снижаются. В то же время откорректированные значения (Км') остаются практически без изменения, что позволяет использовать этот показатель в качестве стандартной характеристики роста определенной группы рыб.

Отбор рыб по устойчивости к гипоксии

Повышение устойчивости рыб к дефициту кислорода (гипоксии) может иметь непосредственное практическое значение, особенно при культивировании объектов в условиях заморных водоемов. Нас этот признак интересовал прежде всего в плане выяснения возможности его использования для повышения жизнеспособности рыб.

Использование в селекции карпа отбора рыб по устойчивости к гипоксии впервые было предложено О.П. Поповым (Попов, Красавина, 1974; Попов, 1975). В его опытах рыб подвергали шоковому воздействию резкого дефицита кислорода, то есть помещали в предварительно обескислороженную воду и выдерживали до достижения гибели основной части рыб. Сохранившихся более устойчивых особей оставляли для

дальнейшего выращивания. Такой способ назван нами отбором по устойчивости к острой гипоксии.

Нами совместно с И.Ф.Гырей разработан способ разделения и отбора рыб по устойчивости к хронической гипоксии. Отличие этого способа заключается в том, что рыбу помещают в воду с нормальным содержанием кислорода. В течение определенного времени (1-2 ч) содержание кислорода в воде с рыбами снижается до критического уровня (1 мг/л и ниже), при котором рыбы начинают подплывать к поверхности воды, более обогащенной кислородом. Для отпугивания рыб от поверхности воды применяли постукивание по верхней части емкости, в которой содержали рыб, или использовали слабое электрическое поле. После определенного времени ослабленные особи теряли реакцию на испуг и оставались у поверхности воды, где их отлавливали, в то время как наиболее стойкие рыбы более длительное время находились у дна.

В результате проведенных опытов было показано, что устойчивость рыб к острой и хронической гипоксии не зависят друг от друга и в некоторых случаях обнаруживают даже отрицательную корреляцию.

Устойчивость к хронической гипоксии является довольно стабильным признаком. В проведенных опытах (Гыря, 1986) повторяемость этого признака, определенного у рыб в разном возрасте (сеголетки-двухлетки), составила 70-75%. Устойчивые к гипоксии карпы обладали по сравнению с неустойчивыми повышенным уровнем дыхания, о чем свидетельствует более быстрое падение концентрации кислорода в воде в респираторе с рыбами (рис.1)

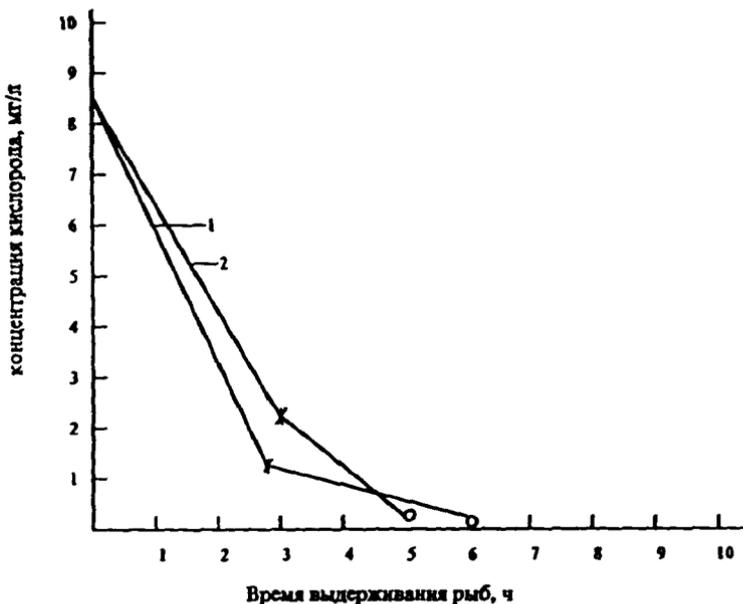


Рис. 1. Интенсивность потребления кислорода устойчивыми (1) и неустойчивыми (2) к хронической гипоксии особями (обобщенные данные по 10 опытам на сеголетках карпа); X - критическая, O - пороговая концентрации кислорода в воде.

При определенной (критической) концентрации кислорода (около 1 мг/л) интенсивность дыхания у устойчивых рыб резко снижается, и в дальнейшем они более экономно, чем неустойчивые особи, расходуют кислород.

Для устойчивых карпов характерен в среднем более низкий по сравнению с неустойчивыми порог критической концентрации (табл. 2). Еще большие различия наблюдаются в отношении пороговой (предельно допустимой) концентрации, при которой рыбы впадают в шоковое состояние. Так, устойчивые карпы (сеголетки) выдерживали снижение концентрации кислорода до 0.06 мг/л, в то время как неустойчивые начинали погибать уже при концентрации 0.23 мг/л.

Таблица 2

Основные характеристики дыхания рыб,
разделенных по устойчивости к гипоксии

Группа рыб	Масса рыб, г	Интенсивность потребления кислорода, мг/кг ч	Критическая концентрация кислорода, мг/л	Пороговая концентрация кислорода, мг/л
сеголетки				
Устойчивые	22.4 ± 0.7	317 ± 16	0.7 ± 0.12	0.06 ± 0.01
Неустойчивые	18.6 ± 0.7	215 ± 10	1.4 ± 0.20	0.23 ± 0.0
двухлетки				
Устойчивые	545 ± 28.3	141 ± 16	1.30 ± 0.10	0.05 ± 0.01
Неустойчивые	419 ± 34.7	118 ± 17	1.48 ± 0.10	0.19 ± 0.02

Особи с повышенной устойчивостью к гипоксии обладают более высокими показателями продуктивности. Особенно четкими оказались различия по выживаемости рыб (рис. 2 Б).

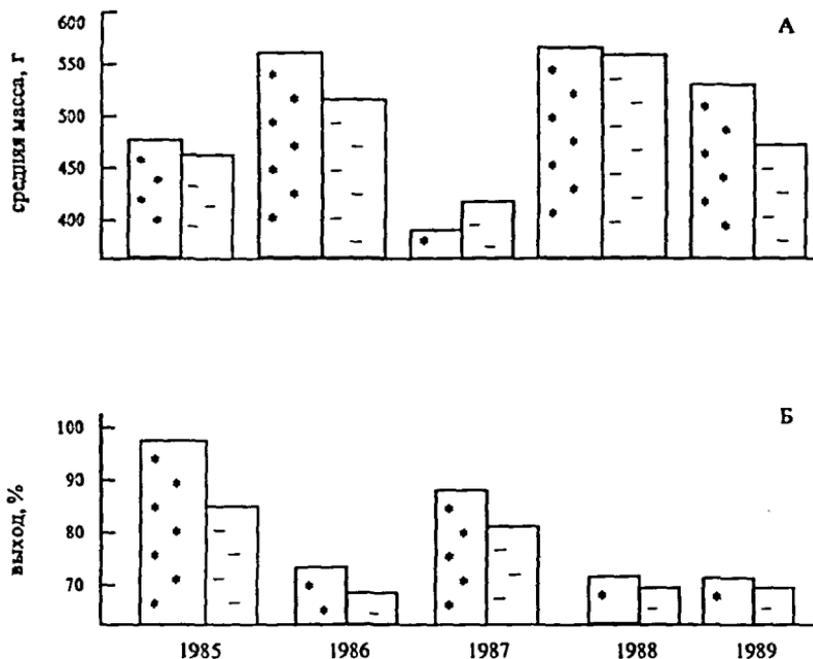


Рис. 2. Сравнительная характеристика темпа роста (А) и выживаемости (Б) рыб, разделенных по устойчивости к гипоксии.
[*] - устойчивые; [-] - неустойчивые

При раздельном выращивании в прудах устойчивые к гипоксии рыбы имели преимущество по рыбопродуктивности в пределах 4-13%, оплате корма - 4-32%.

Устойчивость к гипоксии, таким образом, является важнейшим селекционным признаком, коррелирующим с показателями продуктивности и прежде всего с жизнеспособностью рыб. Примечательно, что разделение рыб по этому признаку, основанное на поведенческой реакции, осуществляется как бы автоматически, что значительно упрощает отбор по нему.

Методы отбора, основанные на поведенческих реакциях, представляют исключительный интерес и могут найти широкое использование в селекции рыб. Помимо устойчивости к гипоксии, к ним можно отнести воздействие на рыб ряда других экстремальных факторов: высокой или низкой температуры, электрического поля, определенных концентраций химических веществ и т.п. Применение этих методов может быть особенно эффективным на ранних возрастных стадиях рыб, на которых возможен более массовый охват материала. Возможная при этом гибель части особей не нанесет существенного экономического ущерба, в связи с невысокой индивидуальной стоимостью рыб на этих стадиях.

Экспресс-метод селекционной оценки производителей

Основным методом селекции рыб является массовый отбор, то есть оценка и отбор для воспроизводства лучших по внешнему виду особей. Индивидуальный отбор, при котором производится оценка используемых для воспроизводства особей по генотипу, в частности оценка производителей по потомству, в рыбоводстве применяется крайне редко, что связано с большими методическими сложностями его осуществления (Кирпичников, 1987). Для надежной оценки генотипа производителей необходимо выращивание полученного от него потомства до достижения товарного возраста в многократной повторности. Проведение таких селекционных экспериментов требует больших затрат, особенно при прудовом выращивании рыб. Даже при наличии довольно мощной экспериментальной базы (50-60 прудов) одновременно можно оценивать

лишь ограниченное число производителей. В то время как основная часть селекционного стада при этом остается не охваченной отбором.

Автором совместно с В.Н. Дементьевым разработан и апробирован в селекции среднерусского карпа метод комбинированного отбора, сочетающего в себе оценку производителей по собственному фенотипу и качеству полученного от них потомства.

Основное внимание при этом было уделено экспресс-методам оценки качества потомства - по результатам его тестирования в раннем возрасте (на стадии личинок). Из комплекса исследованных признаков наиболее подходящими для использования в качестве тестов оказались активность питания личинок и их устойчивость к повышенной температуре. Эти два признака совместно с показателями, определяемыми у самих производителей (масса тела, экстерьерные признаки), предложено использовать при расчете обобщенного показателя - селекционного индекса (I_s), позволяющего с довольно высокой точностью прогнозировать продукционные свойства производителей (табл. 3).

Таблица 3

Результаты селекционной оценки самцов

Методы оценки, показатели	№ производителей						
	32	3	23	20	6	78	67
Предварительная оценка экспресс-методами (I_s) ^{*)}	1.39	0.66	0.17	-0.10	-0.38	-0.66	-1.10
Оценка выращенного потомства							
- продуктивность себлетков, ц/га	12.4	11.5	10.2	11.3	9.7	5.5	6.8
- темп роста двухлетков (Кл ²)	0.158	0.161	0.152	0.157	0.156	0.151	0.150

^{*)} Усредненные значения нормированного отклонения по комплексу признаков

На основании результатов проведенных исследований предложена следующая схема отбора самцов карпа (рис. 3).



Рис. 3. Схема отбора самцов карпа с использованием экспресс-метода оценки.

Отбор включает 3 этапа. На 1-ом этапе (в период бонитировки производителей) отбирают около 12-15 наиболее крупных особей с хорошим экстерьером, от которых в период нерестовой кампании получают потомство. Перешедших в подвижное состояние личинок каждого потомства тестируют по активности питания и устойчивости к повышенной температуре (37°C). По данным бонитировки самцов и тестирования полученных от них личинок, рассчитывают селекционный индекс, на основании которого составляют прогноз ценности каждого из производителей. Лучших по этому показателю 5-6 самцов оценивают по потомству классическим способом с выращиванием рыб до товарного (двухлетнего) возраста. По результатам рыбоводной оценки отбирают лучших производителей для воспроизводства.

Описанный способ отбора, отработанный на самцах карпа, по-видимому, может быть использован и в работе с самками. Дополнительно при этом необходимо учитывать такой важнейший селекционный показатель, как плодовитость рыб. При работе с самками следует иметь в виду, что на качество потомства в раннем возрасте сильное влияние может оказывать материнский эффект, снижающий надежность селекционной оценки производителей на основании результатов тестирования личинок.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ОКРАСКИ У КАРПА

Цветные карпы широко распространены в странах Юго-Восточной Азии как объект декоративного рыбоводства. В последние годы они завезены для этих же целей в ряд европейских государств, а также в Израиль.

В нашу страну декоративные карпы (кои) были завезены из Японии в 60-х годах. Осуществить их воспроизводство не удалось из-за отсутствия половозрелых самок.

Выращенные несколько самцов были скрещены с самками из местного стада. У гибридов первого поколения были обнаружены два доминантных, не свойственных обычным карпам, типа окраски, названных нами светлая окраска и "рисунок". У гибридов второго поколения наблюдали более сложное расщепление по окраске. При этом было идентифицировано 3 основных типа окраски тела: голубой, оранжевый и белый.

Наследование доминантных типов окраски

Рисунок. Особи с этим типом окраски имеют блестящую светло-желтую полосу вдоль основания спинного плавника и такого же цвета треугольный орнамент на голове. У гибридов первого поколения все особи имели этот признак, во втором поколении наблюдали расщепление на особей с рисунком и без рисунка (в соотношении 3:1). Такой характер расщепления в F_1 и F_2 свидетельствует о простом моногенном характере наследования признака, контролируемого доминантным геном, обозначенным нами символом D.

Светлая окраска. Особи данного типа характеризуются наличием у рыб более светлого, золотисто-желтого оттенка в окраске всего тела. Светлые особи имеют устойчивую концентрацию черного пигмента в центре меланофоров и в связи с этим похожи на обычных карпов, длительное время выдержанных на светлом фоне.

У гибридов первого поколения 50% рыб имели светлую окраску. В F_2 наблюдали расщепление на светлых и темных (с обычной окраской) рыб, соотношение которых у личинок и мальков было близко 3:1. При дальнейшем выращивании рыб относительное число светлых карпов уменьшилось. При этом было отмечено, что в первую очередь погибали интенсивно светлые особи. У выращенных сеголетков соотношение светлых и темных рыб было близко 2:1.

Такой характер расщепления в F_1 и F_2 дал основание предположить, что признак светлой окраски тела контролируется одним геном с промежуточным наследованием и полуплетальным эффектом. Ген светлой окраски тела обозначен нами символом L . Его летальное действие проявляется в гомозиготном состоянии (LL) в постэмбриональный период.

Наследование рецессивных типов окраски

К рецессивным типам окраски относятся оранжевая, голубая и белая.

Микроскопические исследования наружных покровов рыб показали, что при обычной окраске тела хорошо развиты все известные для карпа типы пигментных клеток - меланофоры, ксантофоры и гуанофоры. Голубая окраска связана с отсутствием желтой пигментации, то есть с редукцией ксантофоров. У оранжевых рыб отсутствует меланофоры. У белых рыб не обнаружено ни меланофоров, ни ксантофоров.

Голубая (стальная) окраска впервые была обнаружена у гибридов F_2 при соотношении рыб с этим типом окраски и обычных карпов 1:3. При скрещивании голубых особей между собой все потомки имели этот же тип окраски. Следовательно, голубая окраска является простым рецессивным признаком, контролируемым геном (r), обуславливающим в гомозиготном состоянии редукцию желтого пигмента в наружных покровах карпа.

Оранжевая окраска. Рыбы с этим типом окраски на эмбриональной стадии лишены пигментных клеток и поэтому прозрачны, за исключением глаз, которые остаются нормально черными. В последующем (через 15-20 дней) у них развиваются ксантофоры и рыбы приобретают оранжевую окраску.

При скрещивании F_1 с оранжевыми особями среди личинок наблюдали расщепление на нормально окрашенных и прозрачных особей в соотношении близком 3:1. В F_2 это соотношение было близким к 15:1. Среди выращенных сеголетков число оранжевых рыб оказалось несколько сниженным, что, вероятно, связано с избирательным, более интенсивным выведением их рыбоядными птицами.

Анализ расщепления в F_1 и F_2 позволил заключить, что оранжевая окраска проявляется при наличии рецессивных дупликатных генов, обозначенных символами b_1 и b_2 . Прозрачные эмбрионы и развивающиеся из них прозрачные особи являются двойными гомозиготами - $b_1b_1b_2b_2$.

Белая окраска. Рыбы с этим типом окраски, как и оранжевые особи, на личиночной стадии лишены пигмента (за исключением глаз) и выглядят поэтому прозрачными. Отсутствие обоих типов пигментов (черного и желтого) сохраняется и в последующем, что обуславливает проявление у рыб белой окраски.

Белые особи среди гибридов встречались очень редко. Они имеют пониженную жизнеспособность, что затрудняет выращивание половозрелых производителей и проведение гибридологического анализа. Можно предположить, что отсутствие обоих типов пигментов является следствием совместного действия генов, обуславливающих редукцию желтого и черного пигментов. Особи с белой окраской в соответствии с этим имеют генотип $ggb_1b_1b_2b_2$, то есть являются тройными гомозиготами рецессивами.

Ниже приведены возможные генотипы карпа с учетом выявленных генов окраски (табл. 4).

Таблица 4

Генетика разных типов окраски

Типы окраски	Мутантные гены	Генотип рыб
Дикий тип	-	ddllRRB ₁ B ₂ B ₂ *)
"Рисунок"	D	D-llRRB ₁ B ₂ B ₂ *)
Светлая	L	ddLlRRB ₁ B ₂ B ₂ *)
Голубая	г	ddllrrB ₁ B ₂ B ₂ *)
Оранжевая	b ₁ , b ₂	ddllR-b ₁ b ₁ b ₂ b ₂
Белая	г, b ₁ , b ₂	ddllrrb ₁ b ₁ b ₂ b ₂

*) Кроме указанных сочетаний генов могут быть генотипы с одним доминантным геном R; из дубликатной системы B₁, B₂ могут присутствовать 1, 2, 3 или все 4 доминантных гена.

Все исследованные гены окраски имеют аутосомный характер проявления, не сцеплены друг с другом, а также с известными генами чешуйного покрова.

Плейотронное действие генов окраски:

Наиболее полно изучено плейотропное действие гена светлой окраски (L) и рисунка (D). Признаки, для которых установлено влияние этих генов, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты исследования плейотропного действия генов доминантных типов окраски *)

Признаки	Количество проб	Общее количество исследованных рыб	Возраст рыб, годы	Среднее различие и его достоверность светлые - темные (L - l)	Среднее различие и его достоверность с рисунком - без рисунка (D - d)
Средняя масса, г	19	70 тыс.	0+	+8.5	-0.4
	6	20 тыс.	1+	+31.7	-6.0
Выживаемость в летний период, %	6	20 тыс.	1+	-13.2	-0.3
Выживаемость в зимний период, %	7	50 тыс.	1	-7.7	-12.3
Содержание белка в сыворотке крови, г%	8	541	0+, 1, 1+	-0.3	+0.01
Относительная длина головы (С/1), %	8	828	"-	+0.04	-0.04
Относительная высота тела (1/Н)	6	660	"-	-0.02	+0.01
Отношение длин задней и передней камер плавательного пузыря	8	796	"-	-4.9	+5.9
Относительная длина кишечника (In/1), %	6	608	0+, 1+	+10.6	-3.1

*) Двумя чертами отмечены различия, достоверные при уровне \leq меньше 0.01, одной - при \leq меньше 0.05.

Установлено достоверное влияние гена L почти на все исследованные признаки. Действие гена D оказалось менее выраженным: достоверным оно оказалось лишь для трех признаков: выживаемости рыб в зимний период, относительной длины головы и соотношения длин камер плавательного пузыря.

Влияние гена L на экстерьерные и интерьерные признаки в определенной степени сходно с действием на них рецессивного гена чешуи - s, обуславливавшего большую выраженность черт, свойственных культурному карпу (Кирпичников, 1937; Головинская, 1940 и др.). Ген D, напротив, определяет более "сазаний" тип телосложения и в этом отношении имеет некоторое сходство с доминантным геном чешуи - S.

По данным дисперсионного анализа установлено достоверное взаимодействие генов D и L по ряду морфологических признаков, наиболее четко проявляющееся в двухлетнем возрасте рыб.

Плейотропного действия гена голубой окраски (g) не выявлено. Дубликатные гены оранжевой окраски (b_1 , b_2) проявили отрицательное влияние на рост и выживаемость рыб.

Полученные сведения по генетике окраски у карпа представляют непосредственный практический интерес. Изменения в окраске, не оказывающие существенного отрицательного влияния на показатели продуктивности у рыб, могут быть использованы для маркирования племенных групп. Данные по генетике окраски у карпа важны также для организации декоративного рыбоводства.

СЕЛЕКЦИЯ СРЕДНЕРУССКОГО КАРПА

Работы по созданию породы среднерусского карпа, проводимые в экспериментальном хозяйстве "Якоть" Московской обл., были начаты в 1962 г. по инициативе К. А. Головинской. С 1974 г. они были продолжены под руководством автора диссертации. Селекция направлена на повышение темпа роста и жизнеспособности рыб в условиях прудового выращивания, прежде всего, в рыбхозах первой и второй зон рыбоводства.

Схема и методы селекции

В основу схемы создания породы (рис. 4) положен принцип синтетической селекции (Головинская, 1969). На подготовительном этапе (1962-1972 гг.) было заложено исходное племенное ядро, состоящее из нескольких помесных групп, полученных от скрещивания производителей разного происхождения: украинских (У), нивских (Н), курских (К) и загорских (З) карпов. Первые две группы представляли интерес в связи с их высоким темпом роста и выраженным карповым экстерьером. Курские карпы, включающие около 70% наследственности амурского сазана, были использованы в скрещиваниях с целью повышения жизнеспособности селекционного материала. Загорские карпы (завезенные из Загорского рыбхоза Московской обл.) представляли собой локальную группу, прошедшую несколько поколений отбора в местных условиях.

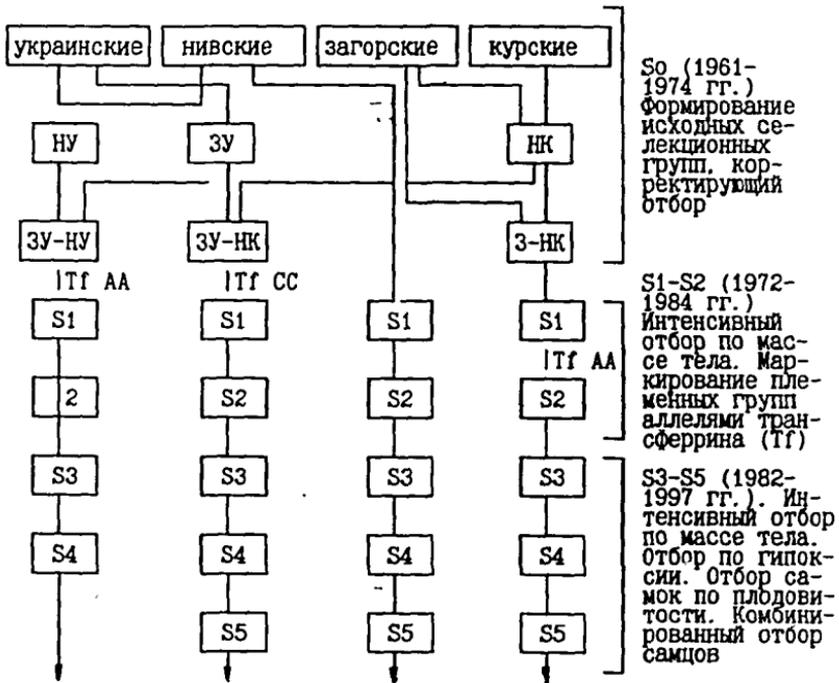


Рис. 4. Схема и методы селекции среднерусского карпа

От скрещивания производителей перечисленных групп получили вначале простые (двойные) помеси, которых впоследствии скрестили друг с другом или с одной из исходных групп. В результате было получено несколько синтетических исходных групп - отводок. Некоторые из них, проявившие какие-либо отрицательные свойства, в последующем были выбракованы. В настоящее время селекционируемое стадо включает 3 группы синтетического происхождения (ЗУ-НК, ЗУ-НУ, З-НК), а также одну исходную группу - загорских карпов.

На подготовительном этапе работ (при проведении синтетических скрещиваний) стремились сохранить максимальную гетерогенность племенного материала (Головинская, 1969). Интенсивного отбора рыб в этот период не проводили: выбраковывали лишь особей, явно отставших в росте, а также дефектных и больных рыб. Позднее, при селекции заложенных групп, интенсивность отбора была существенно увеличена.

Основным признаком при отборе была масса тела рыб. Учитывали также экстерьерные показатели и состояние здоровья рыб. Наиболее напряженный отбор (V=10-20%) осуществляли среди двухлетков, среди остальных возрастных групп проводили корректирующий отбор. До основного отбора рыб выращивали в условиях близких к производственным, в последующем - по технологии, рекомендуемой при выращивании племенных рыб (Катасонов, 1982).

При получении потомства первого (отводки ЗУ-НУ и ЗУ-НК) или второго (отводка З-НК) селекционных поколений для воспроизводства подбирали производителей с определенным типом трансферрина, что обеспечило возможность генетического маркирования этих племенных групп.

Начиная с третьего поколения селекции, ведется отбор самок по плодовитости. Одновременно с этим было начато применение комбинированного отбора самцов, сочетающего оценку производителей по фенотипу и качеству потомства в раннем возрасте. В большинстве групп применяли также отбор рыб (в возрасте годовиков) по устойчивости к дефициту кислорода.

Рыбоводно-биологическая характеристика селекционируемых групп

К настоящему времени по всем селекционируемым группам выращены производители четвертого поколения (табл. 6). По двум из них (З-НК и Загорская) осуществлено воспроизводство и получено потомство пятого поколения.

Таблица 6

Состав селекционного стада создаваемой породы среднерусского карпа* (осень 1996 г.)

Наименование отводки, чешуйный покров	Ген-маркер	Возраст рыб	Количество, шт.		Средняя масса, кг	
			самки	самцы	самки	самцы
З-НК, разбр.	Tt A	7+	12	16	5.2	4.0
Загорские, Чеш	-	6+	53	14	5.9	4.6
ЗУ-НК, разбр.	Tt C	5+	36	20	4.8	3.9
ЗУ-НУ, Чеш.	Tt A	5+	86	52	4.1	3.5

* - четвертое поколение селекции

Результаты выращивания селекционируемых групп карпа (табл. 7) в возрасте сеголетков были довольно высокими.

Таблица 7

Рыбоводные показатели селекционируемых групп карпах

Группа рыб	Сеголетки			Выход годовиков из зимовки, %	Двухлетки		
	выживаемость, %	средн. масса, г	рыбопрод., кг/Га		выживаемость, %	средн. масса, г	рыбопрод., кг/Га
ЗУ-НК	75.0	18.3	1330	58.3	28.7	470	660
ЗУ-НУ	47.0	34.2	1390	51.7	67.5	295	1180
З-НК	96.5	24.8	1910	48.7	63.5	436	1410
Загорские	29.2	36.6	1090	74.8	82.5	591	1835

Пониженный выход рыб из зимних прудов, вероятно, был связан с их травматизацией при разборе, учете и мечении, осуществляемым перед посадкой на зимовку. При выращивании двухлетков имели место случаи хищения рыб браконьерами, в связи с чем их выход осенью оказывался недостаточным. Тем не менее, рыбопродуктивность нагульных прудов в большинстве случаев была выше нормативных значений (800-1000 кг для первой зоны рыбоводства).

Сравнительно неплохие показатели выживаемости и темпа роста получены по большинству групп и при последующем выращивании (табл. 8).

Таблица 8.

Сравнительная характеристика ремонтных групп

Наименование отводки	Показатели*)		
	выживаемость, %	коэффициент роста (Км')	коэффициент упитанности
ЗУ-НК	95.2	0.247	3.34
ЗУ-НУ	87.7	0.232	2.87
З-НК	94.2	0.235	3.12
Загорские	76.7	0.246	3.15

*) усредненные значения по возрастным группам ремонта (от двухгодовика до 5+).

Отводка ЗУ-НК выделяется среди остальных более высокоспинным экстерьером и имеет повышенные темп роста и выживаемость. Сравнительно неплохие показатели роста и экстерьера были у загорских карпов. На последнем месте по комплексу признаков оказалась отводка ЗУ-НУ.

В результате селекции произошло изменение ряда рыбоводно-биологических показателей. Особенно заметно это сказалось на репродуктивных признаках (табл. 9).

Таблица 9.

Изменения репродуктивных показателей самок*) в процессе селекции

Показатели	Поколения селекции		
	II	III	IV
Масса икры, полученной от 1 самки, г	332	487	714
Рабочая плодовитость			
- абсолютная, тыс. шт.	310	343	656
- относительная, тыс. шт/кг	83	76	146
Кол-во личинок на 1 самку, тыс. шт.	136	206	412

*) усредненные значения по шестигодовикам разных отводок

За два поколения направленного отбора абсолютная плодовитость самок увеличилась более чем в 2 раза. Соответственно повысился выход

личинки на 1 самку, который достиг у самок четвертого поколения в среднем более 400 тыс.шт. (при нормативном значении в I зоне рыбоводства для карпа 150 тыс.шт.).

На основании выполненных исследований составлен прогнозный стандарт создаваемой породы (табл.10).

Таблица 10

Прогнозный стандарт породы среднерусского карпа

Показатели	Пол рыб**)	Создаваемая порода	Нормативные значения**)
Масса тела, кг	самки	4.5-5.0	3.6-4.0
	самцы	3.0-3.5	2.5-3.0
Экстерьер			
- коэффициент упитанности	самки	3.0-3.5	2.8-3.4
	самцы	2.8-3.2	2.6-3.1
- индекс высокоспинности (l/h)	самки	2.6-2.8	2.6-2.9
	самцы	2.6-3.0	2.7-3.0
- индекс обхвата (O/l), %	самки	90-95	85-95
	самцы	80-90	80-90
- индекс длины головы (lg/lт), %	самки	26.0-27.0	-
	самцы	26.0-28.0	-
Репродуктивные показатели			
- коэффициент зрелости, %	самки	15-18	-
	самцы	9-12	-
- рабочая плодовитость, тыс.шт. икринок	самки	500-600	300-500
- выход личинок на 1 самку, тыс.шт.	самки	400-450	150-200
Показатели продуктивности потомства при промышленном выращивании			
а) себлетки			
- выживаемость от неподрощенных личинок, %	-	50-60	30-32
- средняя масса рыб, г	-	25-30	25
- рыбопродуктивность, кг/га	-	1000-1200	800-1000
б) выход годовиков из зимовки, %	-	70-80	70-75
в) двухлетки			
- выход, %	-	80-90	85
- средняя масса, г	-	400-450	350-370
- рыбопродуктивность, кг/га	-	1200-1400	800-1000
- кормовые затраты, ед.	-	3.0-3.5	3.5
Продуктивность одного "гнезда" производителей, т	-	40-50	10-12

*) Самки в возрасте 6 лет, самцы - 4 года

**) для I и II зон рыбоводства

Как следует из изложенного выше, по большинству исследованных признаков селекционируемые отводки соответствуют прогнозному стандарту, что дает основание для перехода к завершающему этапу

работ над породой - массовой репродукции племенного материала и подготовке к государственной апробации.

Биохимический полиморфизм

Систематический анализ биохимического полиморфизма племенных отводок проводили с самого начала их селекции (Трувеллер и др., 1971, 1973; Московкин и др., 1973; Катасонов и др., 1986; Демкина, Катасонов, 1981 и др.) При этом преследовали следующие основные задачи: (1) мониторинг чистоты племенных групп, (2) оценка генетических различий между ними и (3) контроль за генетическими изменениями племенного стада в процессе селекции.

Исследования проведены по пяти системам белков: трансферрины, эстеразы I и II, преальбумины и миогены.

Первоначально в селеционируемых группах было выявлено 4 аллеля трансферрина (Tf): а, b, с и d. Аллель Tf^d была обнаружена в основном у загорских карпов. Отводка ЗУ-НК была мономорфной по трансферрину С. В остальных трех группах преобладал Tf^a, реже встречался Tf^c, еще реже Tf^b.

Данные исследований были использованы для генетического маркирования селеционируемых групп карпа. С этой целью на начальном этапе селекции при воспроизводстве подбирали производителей с определенным типом белка: в группах ЗУ-НУ и ЗНК - с трансферрином А, в группе ЗУ-НК - трансферрином С. Карпы ЗУ-НУ и З-НК имеют разный тип чешуйного покрова (первые - чешуйчатые, вторые - разбросанные) и таким образом все три селеционируемые группы по генетическим маркерам различаются между собой.

Используемых для воспроизводства производителей этих групп систематически проверяли "на чистоту" по соответствующим маркерным трансферринам. И тем не менее, при обследовании выращенного потомства, как правило, выявляли особей с несвойственными типами трансферрина, что, вероятно было связано с засорением. Это

свидетельствует о чрезвычайной важности обеспечения регулярного генетического контроля за "чистотой" селекционируемого материала.

Для маркирования группы загорских карпов планировали использовать Tg^d. Во втором поколении селекции было проведено насыщение племенной группы этим аллелем. При этом для воспроизводства подбирали производителей гомо- и гетерозиготных по трансферрину D. Однако этот ген, обычно редко встречающийся в культурных стадах, имеет, по-видимому, отрицательный селективный эффект, в связи с чем произвести генетическое маркирование группы загорских карпов пока не удалось.

Из других белковых систем наиболее полно исследованы эстеразы (табл. 11).

Таблица 11

Характеристика племенных групп четвертого поколения селекции по генам эстераз

Наименование группы	Возраст рыб	Частота аллелей				
		o	a	b	c	z
		эстеразы сыворотки крови (Est-I)				
ЗУ-НК	0+	-	0.42	0.58	-	0
	2+	-	0.58	0.42	-	0
	5	-	0.34	0.58	0.04	0.03
ЗУ-НУ	0+	-	0.44	0.56	-	0
	2	-	0.58	0.42	-	0
З-НК	1+	-	0.03	0.97	-	0
	5	-	0.00	1.00	-	0
Загорские	0+	-	0.27	0.71	0.02	0
	4	-	0.31	0.36	0.33	0
		эстеразы мышц (Est-II)				
ЗУ-НК	0+	0.21	0.14	0.57	0.08	-
ЗУ-НУ	0+	0.52	0.09	0.31	0.08	-
З-НК	2+	0.12	0.35	0.52	0.01	-
Загорские	0+	0.55	0.06	0.32	0.07	-

Отмечены четкие различия исследованных групп карпа по обоим типам эстераз. Для ЗУ-НК и ЗУ-НУ характерна относительно высокая частота Est-I^a. В то же время они достоверно отличаются друг от друга по распределению аллелей Est-II. У карпов ЗУ-НУ существенно выше частота нулевого аллеля - Est-II^o. Для карпов группы З-НК характерна почти полная гомозиготность по Est-I^b.

Динамика изменений, произошедших в процессе селекции по локусу трансферрина, может быть прослежена у загорских карпов. Со второго поколения селекции почти полностью исчез аллель Tf^b . В результате направленного подбора для воспроизводства производителей с аллелем Tf^d во втором поколении частота его существенно увеличилась (до 48% в потомстве S_3). Однако в последующем она опять снизилась до исходного уровня (примерно 15%).

По локусу Est-I существенных изменений в частотах разных аллелей не наблюдали, за исключением карпов группы З-НК, у которых частота медленного аллеля (b) в потомстве четвертого поколения существенно возросла. Потомство пятого поколения оказалось полностью гомозиготным по этому аллелю.

При исследовании потомства четвертого селекционного поколения в отводках ЗУ-НК и ЗУ-НУ обнаружено некоторое увеличение частоты нулевого аллеля миогенов (Mu^a), обычно свойственного амурскому сазану и редко встречающегося у европейского карпа (Трувеллер, 1973; Паавер, 1983).

В процессе селекции наблюдается определенная динамика в соотношении гомо- и гетерозигот по биохимическим маркерам (рис.5).

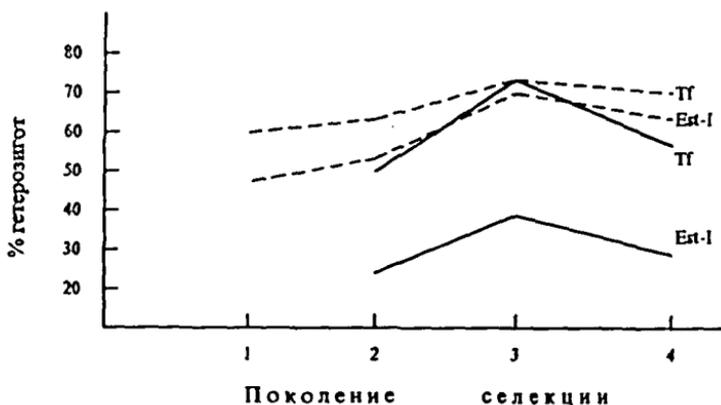


Рис.5. Доля гетерозигот в селекционных поколениях среднерусского карпа)

- молодь (сеглетки, годовики)
- выращенные производители (четыре-пятигодовики)
- Est-I --- эстеразы сыворотки крови (усредненные данные по четырем селекционируемым группам)
- Tf - трансферрины (по группе загорских карпов)

Частота гетерозиготных особей вначале постепенно увеличивалась, достигая максимума в третьем поколении селекции. Затем она несколько снизилась, что связано, очевидно, с генетической стабилизацией селекционируемого материала.

Характерно, что в одних и тех же группах частота гетерозигот существенно возрастала также с возрастом рыб (см. рис. 5), что объясняется, по-видимому, действием отбора, направленного против гомозигот.

Промышленные гибриды

Интенсивная селекция рыб неизбежно ведет к инбредной депрессии, которая может быть снята путем промышленной гибридизации. Наличие нескольких параллельно селекционируемых групп карпа представляет широкую возможность для проведения внутривидовой гибридизации. В проведенных опытах (Головинская и др., 1975; Катасонов и др., 1980) лучшие комбинации промышленных гибридов имели превосходство по сравнению с исходными группами по рыбопродуктивности прудов на 15-20%. Еще более эффективной оказалась гибридизация селекционируемых групп среднерусского карпа с парским, а также с амурским сазаном (табл. 12).

Таблица 12
Эффективность разных типов промышленного скрещивания
племенных групп (усредненные данные за 10 лет)

Группы рыб	Сеголетки			Двухлетки		
	количество прудов	выход рыб, %	рыбопродуктивн. кг/га	количество прудов	выход рыб, %	рыбопродуктивн. кг/га
Помеси между селекционируемыми группами	20	75	1700	8	76	2250
Скрещивание селекционируемых групп с парским карпом	21	75	1770	6	81	2530
Скрещивание селекционируемых групп с амурским сазаном	8	71	1610	9	80	2290
Парский карп (контроль)	10	79	1690	10	83	2280

Таким образом, гибриды, полученные при скрещивании селекционированных групп друг с другом, а также с другими племенными группами, имеют достаточно высокую продуктивность и могут быть эффективно использованы для промышленного выращивания. Дальнейшие исследования должны быть направлены на выявление среди них наиболее эффективных комбинаций. На современном этапе, по-видимому, наиболее целесообразно использовать производителей создаваемой породы для гибридизации с парским карпом, что позволяет достигать сильного проявления гетерозисного эффекта. Ежегодно ЦЭБ ВНИИПРХ "Якоть" Московской области реализует различным хозяйствам страны, расположенным в I-III климатических зонах, от 70 до 120 млн гибридной молоди. Экономический эффект от ее использования в рыбхозах составляет по расчетам от 6 до 12 млрд руб. в год.

Создание маркированной по окраске линии

В соответствии с современными требованиями новое селекционное достижение должно отличаться от других по какому-либо наследственно закрепленному признаку. С этой целью для маркирования племенных отводок создаваемой породы среднерусского карпа используются разные типы трансферрина. Однако идентификация рыб по биохимическим маркерам требует проведения специального лабораторного анализа, что практически сложно. Более удобным в этом отношении является использование в качестве маркеров генов, контролирующих окраску тела.

Создание племенной группы, маркированной по гену D (обуславливающего наличие у рыб светло-желтой полосы под спинным плавником), ведется на базе отводки У-НК (рис. 6). Первоначально ген-маркер был введен в эту группу от гибридов, полученных от скрещивания японских декоративных карпов с загорскими карпами. В последующем было проведено три поглотительных скрещивания гибридов на племенную группу У-НК. Для усиления свойств, присущих культурному карпу, возвратных гибридов третьего поколения скрестили с немецким карпом. В результате была получена синтетическая группа, обозначенная Нем/УНК⁰.



Рис. 6. Схема и методы селекции генетически маркированной группы Нем/У-НК^D.

К настоящему времени генетически маркированная группа Нем/УНК^D прошла 3 поколения селекции. Во всех трех поколениях селекции проводили интенсивный отбор рыб (двухлетков) по массе тела. Для воспроизводства отбирали около 30% самок с наиболее высокой плодовитостью. В третьем поколении селекции провели отбор (в возрасте годовика) по устойчивости к гипоксии. В 1996 г. выращенные самки S₂ и самцы S₃ проверены на гомо- гетерозиготность по маркерному гену D. Выделенных гомозиготных особей (DD) планируется использовать в следующем нерестовом сезоне для воспроизводства. В результате чего будет завершено генетическое маркирование этой группы.

Селекционируемая группа рыб обладает красивым высокоспинным экстерьером (коэффициент упитанности у самок 3.4-3.6, у самцов - 3.1-3.3) и сравнительно высоким темпом роста. По росту они в большинстве случаев несколько обгоняли рыб других селекционируемых групп. Выращенные производители проявили также относительно высокие показатели плодовитости: рабочая плодовитость самок второго поколения селекции в шестилетнем возрасте составила в среднем 713

тис. шт. икринок, относительная - 154 тыс. шт. В 1996 г. получено в расчете на одну самку 474 тыс. шт. личинок, что значительно выше, чем у других племенных групп создаваемой породы.

Производителей этой группы предполагается использовать для промышленного скрещивания с другими группами. В частности, сравнительно высокая эффективность установлена при скрещивании самок Нем/УНК⁰ с самцами амурского сазана (табл. 13).

Таблица 13

Результаты выращивания кроссов генетически маркированной линии Нем/УНК⁰ (усредненные данные по 4-м повторностям, 1994-1995 гг.)

Группы рыб	Показатели		
	выживаемость за 2 года жизни ^{*)} , %	Км двух-летков	рыбопродуктивность по двух-леткам, кг/га
Нем/УНК ⁰ x ЗНК	25	0.158	1320
Нем/УНК ⁰ x парские	26	0.173	1400
Нем/УНК ⁰ x сазан	43	0.182	1730

*) Сеголетки - годовики - двухлетки

Генетические методы в селекции среднерусского карпа

В 80-90-е гг. в лаборатории генетики и селекции ВНИИПРХа были выполнены исследования по разработке специальных методов селекции карпа (Черкас, 1979, 1984; Гомельский, 1980, 1985 и др.), включающих индуцированный гиногинез, регуляцию пола и искусственную полиплоидию. Начиная с 1991 г., эти методы планомерно используются в селекции среднерусского карпа.

В настоящее время на экспериментальной базе "Якоть" имеется несколько групп, заложенных на основе селекционируемых отводок карпа (табл. 14).

Таблица 14

**Перечень экспериментальных групп, полученных
с использованием генетических методов**

Группа рыб *)	Данные осеннего учета (осень 1996 г.)			
	возраст рыб, лет	пол рыб	штук	средняя масса рыб, кг
Загорские, G ₁	5+	самки	12	4.40
Загорские, G ₃	11+	самки	1	2.30
Загорские, G ₃ (I)	11+	самцы**)	1	1.35
Загорские, G ₃ x G ₃ (I)	4+	самки самцы**)	54	1.043
З-НК, G ₁	1+	самки	55	0.318
З-НК, Зп	1+	стерильны	165	0.517

*) В наименовании групп рыб используются следующие обозначения: G - гиногинетическое потомство, I - потомство с инвертированным полом (самцы-инверсамцы), Зп - триплоиды; цифры внизу при значке G обозначают поколение гиногинеза.

**) генетические самки (XX) с инвертированным полом

Основная цель применения индуцированного гиногинеза заключается в создании высокоинбредных линий, предназначенных для скрещивания с обычными (аутбредными) группами. При мейотическом гиногинезе высокий уровень гомозиготизации (около 80%) достигается всего за три-четыре поколения (Черкас, 1984). На группе загорских карпов получено уже третье поколение гиногинеза (G₃), и они представляют собой высокоинбредную, практически изогенную линию (Абраменко, Рекубратский, 1988).

Гиногинетические особи представлены исключительно самками. В связи с высокой инбредностью они обладают пониженной плодовитостью, что делает неэффективным их производственное использование. С целью избежания этого затруднения производится путем скармливания молодежи андрогенных гормонов (Гомельский, 1985) трансформация (инверсия) пола у гиногинетических самок и превращение их в функциональных самцов. Последних используют для скрещивания с обычными самками с целью получения однополо-женского потомства (рис.7).

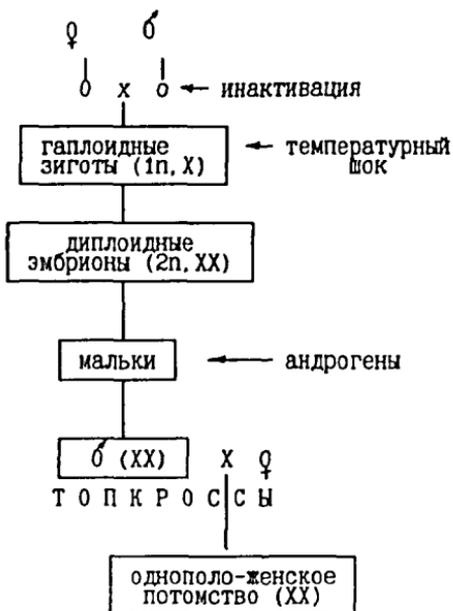


Рис. 7. Схема получения однополо-женского потомства (топкроссы)

Такая инверсия пола с получением физиологически полноценных самцов проведена на гиногинетической линии загорских карпов. Инвентированные самцы (I) использованы в скрещиваниях с аутбредными самками различных племенных групп для получения топкроссов (табл. 15).

Таблица 15
 Результаты рыбохозяйственной системы топкроссов
 (усредненные данные по 2-6м поколениям)

Группа рыб	Выход годовиков из зимовалов, %	Двулетки		
		выход %	темп роста кг	рыбо-продукт кг/га
Нем/ВНБР х Загорские, G ₁ -(I)	52.5	87.6	0.13 2	1318
З-НБ х Загорские, G ₃ -(I)	77.1	90.9	0.13 4	1562

Из исследований двух комбинаций скрещивания лучшие результаты получены по топкроссу 3-НК х Загорские, G₃-(I), проявившему более высокую выживаемость в сравнении с другим топкроссом.

В связи с тем, что для получения топкроссов были использованы самцы-инверсанты (являющиеся генетически самками), оба потомства представлены исключительно женскими особями. Это позволяет рассчитывать на дальнейшее повышение продуктивности у топкроссов в трехлетнем возрасте, в котором обычно начинается половое созревание и замедление роста у самцов.

Получение триплоидных форм (3n) рассчитано на повышение продуктивности рыб за счет стерильности, при которой отсутствуют затраты на генеративный обмен. У мужских особей развитие гонад вначале идет нормально, поэтому более предпочтительно получение и выращивание триплоидных женских особей, у которых гонады практически полностью отсутствуют. Получение однополо-женского потомства достигается за счет использования для осеменения яйцеклеток с удвоенным (с помощью шока) хромосомным комплексом спермы инвертированных самцов.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛЕМЕННОГО ДЕЛА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВЕДЕНИЕ РЫБ

Под племенным делом понимают комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на формирование высокопродуктивных племенных стад и их эффективное использование.

Система организации племенного дела в рыбоводстве

Теоретические основы организации племенного дела в рыбоводстве нашей страны впервые были разработаны К. А. Головинской (1966, 1968 и др.). С учетом опыта, накопленного в животноводстве, ею была предложена схема организации племенного дела, предусматривающая три типа рыбоводных хозяйств (рис. 8, А): 1) селекционно-племенные хозяйства высшего типа, 2) племрассадники-репродукторы и 3) промышленные хозяйства с племенным участком.

В соответствии с данной схемой созданием новых селекционных достижений занимаются селекционно-племенные хозяйства высшего типа. Отселекционированный племенной материал из таких хозяйств поступает для размножения в племрассадники-репродукторы. Последние занимаются выращиванием производителей и обеспечивают ими промышленные хозяйства.

На основании анализа состояния племенного дела в отрасли, а также с учетом биологических особенностей рыб (прежде всего их высокой плодовитости) нами внесены изменения в эту схему (рис. 8Б), предусматривающие концентрацию в специализированных хозяйствах всех работ с племенным материалом, включая и получение потомства для промышленного выращивания. Общая схема организации племенного дела в отрасли в этом случае становится двухступенчатой, так как выпадает третье звено - работа с производителями в промышленных хозяйствах. Последние получают из специализированных племенных хозяйств не производителей, как это предусматривалось классической схемой, а готовых личинок (или развивающихся эмбрионов), что существенно упрощает их функции.

Концентрация работ с племенным материалом в ограниченном числе специализированных хозяйств значительно упрощает организацию племенного дела в отрасли, сокращает общую потребность в специалистах, способствует более быстрому внедрению селекционных достижений в производство. Исключение необходимости систематической перевозки производителей уменьшает опасность распространения паразитных болезней.



Рис. 8. Принципиальная схема организации племенного дела в рыбоводстве
 А - трех-, Б - двухступенчатая системы организации

Изложенные принципы организации племенного дела были положены в основу "Схемы размещения селекционных хозяйств и репродукторов на период до 2000 г.", разработанной проектной организацией "Гидрорыбпроект" в 1987 г. Примером ее успешной реализации в карповодстве является многолетний опыт хозяйства "Якоть" (экспериментальная база ВНИИПРХ), которое ежегодно обеспечивает на договорной основе личинками и развивающимися эмбрионами до 20-30 и более промышленных хозяйств, не имеющих собственных маточных стад. По этой схеме осуществляется обеспечение промышленных хозяйств личинками растительноядных рыб, поставляемых из специализированных воспроизводственных комплексов.

Двухступенчатая схема организации селекционно-племенного дела применима в основном к карпу и растительноядным рыбам, обладающим высокой плодовитостью. В форелеводстве, по-видимому, более эффективна трехступенчатая система, так как централизованное

обеспечение промышленных хозяйств личинками (или эмбрионами) форели сталкивается с серьезными трудностями, связанными с относительно невысокой плодовитостью этих рыб.

СОЗЕРЖЕНСТВОВАНИЕ БИОТЕХНИКИ ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ С КАРПОМ

Уточнение норм плотности посадки племенных рыб

Плотность посадки является важнейшим технологическим фактором, влияющим на качество выращенных рыб. При прудовом выращивании от нее зависит, прежде всего, степень обеспеченности рыб естественной пищей, что соответствующим образом отражается на их росте и развитии. Исходя из этого, ряд авторов (Мартышев и др., 1969, 1971, 1974; Маслова, 1983 и др.) рекомендует применять очень редкую (однократную) плотность посадки ремонта и производителей карпа, рассчитанную на прирост массы рыб в основном за счет естественной пищи. К. А. Головинская (1960) на основании проведенных исследований пришла к заключению о целесообразности умеренной (трехкратной) плотности. В некоторых зарубежных странах принята более плотная (пяти-шестикратная) плотность посадки племенных рыб (Гамаюн, Кренке, 1982). Из практического опыта промышленных хозяйств известно, что хороших производителей карпа можно получить даже при отборе рыб из товарных двухлетков, выращенных при довольно плотной (примерно десятикратной) плотности посадки.

Таким образом, рекомендуемые разными авторами нормы плотности посадки различаются в 8-10 раз, что говорит о недостаточной изученности этого вопроса. С учетом этого нами были организованы исследования по уточнению нормативов плотности посадки при выращивании ремонта карпа разного возраста.

Схема опытов предусматривала выращивание рыб при трех разных уровнях посадки: разреженной, умеренной и плотной. Умеренная посадка соответствовала принятым в карповодстве нормативным значениям, разреженная - в три раза ниже, плотная - в три раза выше умеренной.

Проведено четыре серии опытов на рыбах разного возраста (сеголетки - четырехлетки), в которых применяли разную плотность посадки. До и после проведения опытов рыбу разных вариантов содержали совместно при умеренной плотности посадки.

Выращенные при разной плотности рыбы существенно отличались по массе. В последующем эта разница уменьшилась. В опытах, в которых применяли разную плотность посадки рыб в возрасте сеголетков, различия по массе в дальнейшем (у созревающих самок) приняли даже обратный характер: рыбы, выращенные на ранней стадии при плотной посадке, оказались впоследствии крупнее рыб двух других вариантов, что соответствующим образом отразилось на репродуктивных показателях производителей (табл. 16).

Таблица 16

Характеристика самок, выращенных в возрасте сеголетков при разной плотности посадки

Вариант опыта	Сеголетки		Шестигодовики (самки)			
	плотность посадки, шт./га	средняя масса рыб, г	Средняя масса рыб, кг	Масса гонад г	Плодовитость,	
					абсолютная, тыс. шт.	относительная, тыс. шт./кг
1	10000	184	3.3	368	254	74
2	30000	87	3.7	429	327	84
3	90000	48	4.0	464	377	99

Выращенные самцы этой серии опытов в первом варианте (редкая посадка в возрасте сеголетков) к концу выращивания (четырегодовики) оставались более крупными по сравнению с рыбами других вариантов. У них была несколько больше и масса гонад. Однако они уступили рыбам третьего варианта по выходу личинок (табл. 17).

Таблица 17

Характеристика самцов, выращенных в возрасте сеголетков при разной плотности посадки

Вариант опыта	Плотность выращивания сеголетков, шт./Га	Четырегодовики (самцы)			
		средняя масса рыб, кг	масса гонад, г	объем зякулята, мл	выход личинок от заложённой икры, %
1	10000	2.7	196	10.4	49.1
2	30000	2.6	216	7.0	65.1
3	90000	2.1	159	9.0	62.8

Применение высокой плотности посадки на последующих возрастных стадиях (двухлетки - четырехлетки) оказало отрицательное влияние на качество выращенных производителей, причем, тем сильнее, чем больше был возраст рыб, используемых в опыте.

С учетом результатов исследований предложено внести коррективы в нормативы плотности посадки племенных рыб, а именно, в сторону увеличения плотности посадки на первом году выращивания и некоторого ее снижения в период, предшествующий созреванию производителей.

Бонитировка племенных рыб. Бонитировкой называют качественную оценку племенных животных. По результатам бонитировки племенное стадо разделяют на несколько групп (классов), различающихся по племенной ценности.

Задачи и методы бонитировки селекционных и промышленных стад различны. При селекционной работе основная задача состоит в выявлении генетически лучших производителей. При этом в первую очередь учитывают признаки, соответствующие выбранному направлению селекции, или коррелятивно связанные с ними. Набор таких признаков и методы их оценки в каждом конкретном случае различны и определяются соответствующими селекционными программами.

Основная цель бонитировки промышленного стада состоит в распределении племенных рыб на группы по степени готовности к нересту и предполагаемой плодовитости. Порядок проведения бонитировки, набор учитываемых признаков и методы их оценки при этом в основном однотипны и не зависят от породной и даже видовой принадлежности рыб. Методы бонитировки племенных рыб и используемый при этом инвентарь, в том числе и разработанный автором, подробно рассмотрен в соответствующей инструкции (Катасонов, 1982).

Заводской способ воспроизводства карпа. Потомство карпа получают в основном заводским способом, отличающимся рядом преимуществ по сравнению с естественным нерестом производителей. В настоящему времени этот метод достаточно хорошо отработан. Единственным узким местом, на наш взгляд, является большая перегрузка инкубационных цехов, связанная с необходимостью получения

личинок в относительно короткий срок (15–20 дней) после наступления нерестовой температуры. Одним из путей в решении этого вопроса может быть передержка заранее полученных эмбрионов или предличинок с использованием гипотермии. Гипотермию эмбрионов и личинок можно применять и в обычные нерестовые сроки, в случае задержки их реализации по какой-либо причине.

Исследования в данном направлении были предприняты в селекционно-генетическом центре ВНИИПРХ с 1984 по 1986 гг. Установлено, что применение охлаждения до 10–12°C позволяет продлить инкубацию икры и выдерживание предличинок суммарно до 10–12 суток. Более глубокое охлаждение в опытах вызывало повышенную гибель развивающейся икры и вылупившихся эмбрионов. Исследования в этом направлении следует продолжить с использованием специальных протекторов, повышающих устойчивость икры и развивающихся эмбрионов к холодному стрессу.

Другим направлением снижения нагрузки на инкубационные цехи является переход на производство и поставку промышленным хозяйствам вместо личинок развивающихся эмбрионов, что позволит значительно сократить потребности в оборудовании, предназначенном для инкубации икры и выдерживания личинок и увеличить производительность цехов. В результате исследований, выполненных по заданию ВНИИПРХ Калининградским техническим институтом (Рыблина и др., 1989), были отработаны технология и нормы транспортировки развивающихся эмбрионов карпа длительностью до 18 ч без существенного снижения их выживаемости.

Мечение племенных рыб. Мечение является необходимым технологическим элементом при ведении племенной работы с рыбами. Серийное мечение используется, например, для маркирования групп рыб, различающихся по происхождению, возрасту и полу. Индивидуальное мечение, при котором каждая рыба имеет свою отличительную метку, необходимо при паспортизации производителей, а также при специальных селекционных исследованиях, как, например, оценка производителей по потомству.

Наиболее распространенными ранее способами мечения племенных рыб были подрезание парных плавников (Головинская, 1972) и выжигание меток с помощью сильно разогретого клейма. В ихтиологических исследованиях применяли в основном подвесные метки. Известны были также способы мечения рыб активными красителями (Мельникова, Савостьянова, 1968), криоклеймение (выжигание клеток сильно охлажденным клеймом), "мягкое" термальное клеймение и другие (Нусатов, 1967). Нами были проведены исследования по оценке эффективности разных способов мечения применительно к работе с племенными рыбами. Для некоторых из них была усовершенствована технология и разработаны специальные устройства, упрощающие процедуру мечения и повышающие сохранность меток (авт. свидетельства № 369883, 549116, 608507).

Из числа известных способов мечения наиболее пригодными в работах с племенными рыбами оказались пять: подрезание плавников, мечение активными красителями, криоклеймение, "мягкое" термальное клеймение, выжигание меток концентрированным раствором азотно-кислого серебра ($AgNO_3$). Выбор того или иного способа определяется конкретной целью мечения (серийное или индивидуальное, краткосрочное или долгосрочное), а также зависит от вида рыб. Ниже представлена рекомендуемая нами система мечения рыб.

Способ мечения

Подрезание плавников

Мечение активными красителями

(М - проционовые или марки "Х", 4%-ный раствор). Места введения раствора:

а) в области боковой части тела

Назначение меток

Маркирование групп, различающихся по происхождению, возрасту (парные плавники) и полу (самкам подрезают верхнюю, самцам нижнюю лопасти хвостового плавника)

Маркирование групп, различающихся по происхождению

б) у основания спинного плавника	Маркирование групп, различающихся по племенному качеству: у первого луча - "Элита", посередине - 1 класс
в) в области затылка (красный краситель)	Метка пола (наносится самцам)
г) в области спины (желтый краситель)	Маркирование групп, различающихся по возрасту
д) в области брюшка	Индивидуальное долгосрочное мечение
Криоклеймение и "мягкое" термальное клеймение	Индивидуальное и серийное мечение карпа с редуцированным чешуйным покровом и рыб с мелкой чешуей (толстолобик, форель и др.)
Выжигание меток раствором азотно-кислого серебра	Краткосрочное индивидуальное мечение

Мечение растворами красителей особенно удобно применять для рыб с крупной чешуей (карп, белый амур); при этом метки сохраняются практически на протяжении всей их жизни.

Нами предложено при индивидуальном мечении племенных рыб красителями пользоваться определенной системой их нанесения на теле рыб. При этом место введения красителя соответствует определенной цифре, а цвет красителя ее определенному разряду (синий - единицы, красный - десятки, оранжевый - сотни).

Метки, нанесенные раствором азотно-кислого серебра, сохраняются обычно недолго и поэтому могут быть рекомендованы только для краткосрочного мечения (например, на период от проведения бонитировки до нерестовой кампании). "Мягкое" термальное клеймение и криоклеймение позволяют получать более длительно сохраняющиеся (до одного сезона и дольше) метки, но эти способы пригодны только для мечения рыб с редуцированным чешуйным покровом (зеркальные карпы) или с мелкой чешуей (форель, пелядь и др.).

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ СПЕРМЫ РЫБ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ БАНКЕ

Низкотемпературная консервация (криоконсервация) половых клеток, и прежде всего спермиев, широко применяется в животноводстве. На рыбах первые успешные опыты криоконсервации спермы были проведены в 50-х годах (Blaxter, 1953, 1955). К настоящему времени в основном отработаны методы низкотемпературной консервации спермы многих видов лососевых, карповых и осетровых рыб (Копейка, Новиков, 1983; Копейка, 1986; Копейка, Ананьев, 1994; Цветкова, 1994, 1995, 1996 и др.). При использовании для осеменения икры размороженной спермы удается получать десятки и сотни тысяч особей, что вполне достаточно для решения природоохранных и некоторых селекционных задач.

Во ВНИИПРХе исследования по низкотемпературной консервации спермы рыб были организованы с начала 80-х годов. Одновременно с разработкой методов криоконсервации (осуществляемой на начальном этапе при участии Института проблем криобиологии и криомедицины АН УССР) были начаты работы по созданию первого в стране низкотемпературного коллекционного банка спермы рыб. Отсутствие аналогов потребовало разработки ряда методологических вопросов, касающихся основных принципов коллекционирования и разработки соответствующих нормативных документов, определяющих порядок сбора и хранения в низкотемпературных банках генетических коллекций.

Формирование генетической коллекции в низкотемпературных банках может преследовать различные задачи, важнейшей из которых является сохранение генетических ресурсов. Особенно это важно в отношении редких и исчезающих видов рыб. По имеющимся данным, в Красную книгу Международного союза охраны природы и природных ресурсов занесено около 300 видов рыб и рыбообразных, находящихся на грани исчезновения. Из всех известных способов самым простым и доступным в экономическом отношении является криоконсервация спермы.

Разработанная нами схема предусматривает создание в стране

нескольких криобанков, в том числе головного (в п. Рыбное Московской обл.) и нескольких региональных. Головной криобанк осуществляет сбор и хранение генетической коллекции спермы важнейших видов рыб и координирует работу зональных криобанков. Зональные криобанки ведут сбор коллекции спермы рыб, обитающих в соответствующем регионе, и в методическом отношении подчинены головному криобанку.

Заложенная в криобанк сперма может быть использована для различных целей. В соответствии с этим нами предусмотрено формирование в криобанках двух видов коллекций: стратегической и рабочей.

Стратегическую коллекцию, предназначенную для бессрочного хранения генетической информации, содержат отдельно от рабочей. При этом каждый образец этой коллекции необходимо размещать, как минимум, в двух биохранилищах, а особенно ценные (редкие) образцы дублировать в разных криобанках. Объем криоконсервированной спермы и число расфасовок должны быть достаточными для обеспечения возможности ее изъятия для периодической проверки сохранности без особого ущерба ее запасу. Использование этой коллекции для других целей не допускается.

Рабочую коллекцию формируют из дополнительно собранных образцов или излишнего количества спермы, оставшейся после закладки стратегической коллекции. Объем ее может быть любым, и она может быть полностью использована для практических целей.

Коллекционированию подвергаются, в первую очередь, исчезающие ("краснокнижные") виды или внутривидовые таксоны. Необходимость срочного сбора коллекции может быть вызвана резким ухудшением экологической обстановки в ареале, угрожающем вымиранию видов. Существенный интерес для коллекционирования могут представлять промысловые виды (как, например, осетровые или лососевые), которые имеют большую хозяйственную ценность, и их генетическое разнообразие необходимо сохранить в наиболее полном виде.

В приложении к объектам товарного рыбоводства на первом плане стоит задача сохранения существующего породного разнообразия.

Причем, чем менее распространена порода, тем значительнее опасность ее утраты и тем более срочными должны быть работы по ее коллекционированию.

Важно сохранить не только все существующие породы, но и внутривидовые группы, а также исходные формы, как, например, разные подвиды и формы сазана - дикого предка карпа.

Сложной проблемой является обеспечение репрезентативности при сборе коллекции.

Применительно к исчезающему (редкому) виду исключительный интерес представляют даже единичные особи. При достаточной численности объекта собранная коллекция должна, по возможности, наиболее полно отразить генетическую структуру вида, что зависит от ряда факторов: объема выборки, ареала и многократности сбора, генетической структуры вида.

Сбор коллекции должен осуществляться, как минимум, в трех местах ареала вида и его структурных таксонов. Для мигрирующих видов необходим многократный сбор, например, в начале, середине и конце нерестового хода.

Объем требуемой коллекции и необходимые места сбора должны уточняться по данным генетических исследований. Чем сложнее генетическая структура вида, тем более многочисленной должна быть выборка и тем более обширным должен быть ареал сбора.

Экспертно считается, что для сохранения генофонда вида необходимо, как минимум, 500-800 образцов, внутривидовых таксонов - 200-300 образцов, локальной формы и породы - 50-100 образцов. При осуществлении генетического контроля (например, по биохимическим маркерам) можно целенаправленно формировать коллекцию, подбирая для отбора спермы гетерогенных производителей, что обуславливает возможность существенного сокращения объема выборки.

Объем каждого образца должен обеспечивать получение определенной численности потомства. В виду этого нами введено понятие *спермодозы*, под которой понимается минимальное количество замороженной суспензии спермы, обеспечивающей после размораживания осеменение 1000 шт. икринок.

Этот объем может снижаться по мере совершенствования технологии криоконсервации, обеспечивающей относительно большой выход живых клеток.

Коллекция криобанка ВНИИПРХ включает в настоящее время около двух тысяч образцов спермы разных пород карпа, а также разных видов лососевых и осетровых рыб общим объемом более 100 тыс. сперматозоидов (Цветкова, 1996). Ведется систематический контроль за сохранностью спермы в процессе ее хранения в криобанке. Установлено, что за несколько лет хранения оплодотворяющая способность спермы не только не снизилась, но имеет тенденцию к некоторому улучшению, что, возможно, связано с проявлением селективного эффекта – избирательной гибели при замораживании генетически неполноценных клеток. Не обнаружено отрицательных последствий криоконсервации и на качество полученного потомства (Цветкова, 1995).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования охватывают комплекс вопросов, касающихся селекции и промышленного разведения рыб.

Теоретически обоснована необходимость специфического подхода к селекции и промышленному разведению рыб с учетом их биологических особенностей. Уточнен ряд понятий применительно к племенному рыбоводству. Разработана система организации селекционно-племенного дела в стране, предусматривающая концентрацию в специализированных хозяйствах всех работ с племенными рыбами.

Проведены исследования по совершенствованию методов селекции рыб. Разработаны экспресс-методы селекционной оценки производителей (самцов) карпа, уточнены методы оценки рыб по скорости роста. Разработан метод повышения жизнеспособности рыб с использованием отбора по устойчивости к дефициту кислорода.

Изучены закономерности наследования основных типов окраски у карпа. Выявленные гены окраски предложено использовать для генетического маркирования племенных групп.

Выполнены работы по селекции среднерусского карпа. Проведена рыбоводно-биологическая оценка селекционируемых групп карпа и

разработан прогнозный стандарт создаваемой породы. Установлена высокая эффективность использования селекционируемых групп при промышленной гибридизации. С использованием данных исследований по биохимической генетике карпа осуществлено генетическое маркирование селекционируемых групп, позволяющих контролировать их происхождение и "чистоту".

В практической селекции карпа апробирован комплекс специальных (генетических) методов, в том числе индуцированного гиногинеза, генетической регуляции пола, триплоидии.

Проведены исследования по совершенствованию биотехники племенной работы с рыбами. Дана оценка эффективности использования на племенных рыбах разных способов мечения и осуществлено их усовершенствование. Предложена унифицированная система мечения племенных рыб. Уточнена плотность посадки карпа в прудах при племенном выращивании. Усовершенствован ряд технологических операций по заводскому воспроизводству карпа.

Разработаны основные принципы формирования генетических коллекций спермы рыб в низкотемпературном банке и осуществлены практические работы по его созданию.

ВЫВОДЫ

1. Теоретически обоснована необходимость специфического подхода к селекции и промышленному разведению рыб, учитывающего биологические особенности рыб, и, в первую очередь, такие, как обитание рыб в водной среде, присущие большинству видов культивируемых рыб наружное оплодотворение и чрезвычайно высокая плодовитость, небольшие размеры и относительно невысокая стоимость выращивания производителей.

2. Уточнены методы оценки рыб по скорости роста. Показана возможность использования в селекционных исследованиях для характеристики скорости роста рыб коэффициента массонакопления (K_m). Предложены справочные коэффициенты, позволяющие получать стабильные значения K_m , практически не зависящие от величины начальной массы рыб.

3. Разработан метод повышения жизнеспособности рыб с использованием их отбора по устойчивости к хронической гипоксии. В проведенных опытах по выращиванию двухлетков выживаемость особей с повышенной устойчивостью к гипоксии была выше по сравнению с контролем на 2-12%. Соответственно выше оказались рыбопродуктивность - на 4-13% и оплата корма - на 4-32%. Особи с повышенной устойчивостью к гипоксии характеризовались более высоким потреблением кислорода, которое резко снижалось при достижении концентрации кислорода критического уровня.

4. Разработан экспресс-метод оценки производителей (самцов) карпа, основанный на учете ряда фенотипических показателей у самих производителей (масса тела, экстерьерные показатели), и данных тестирования полученных от них личинок. Предложена схема комбинированного отбора, сочетающая в себе предварительную оценку стада производителей с использованием разработанного экспресс-метода и последующую оценку выделенных лучших самцов по потомству классическим методом.

5. Установлены закономерности наследования пяти типов окраски, в том числе двух доминантных (светлая окраска, "рисунок") и трех рецессивных (голубая, оранжевая, белая). Ген светлой окраски (L) проявляет неполное доминирование и обладает полуплетальным эффектом. Голубая окраска контролируется одним геном (г), обуславливающим отсутствие желтого пигмента. Оранжевая окраска, связанная с интенсивным развитием ксантофоров при отсутствии в наружных покровах рыб меланофоров, определяется дубликатной системой генов b_1 и b_2 . У белых особей ($ggb_1b_1b_2b_2$) отсутствуют оба типа пигментных клеток. Генетическая формула карпа с "диким" типом окраски может быть представлена в виде: $ddl1RRB_1B_2B_2$.

6. Все исследованные гены окраски имеют аутомное наследование, не сцеплены друг с другом и с известными генами чешуйного покрова (S и N). Установлено плейотропное влияние генов окраски на ряд признаков, в том числе и на жизнеспособность рыб.

7. В результате многолетних селекционных работ сформировано

племенное стадо создаваемой породы среднерусского карпа, включающее несколько параллельно селекционируемых групп, различающихся по происхождению и комплексу рыбоводно-биологических показателей. Установлено, что наиболее перспективными из них являются группы ЗУ-НК (прошедшая четыре поколения селекции) и Нем/УНК^В (третье поколение селекции). Основная часть селекционируемых групп маркирована разными генами, что обеспечивает возможность систематического контроля за чистотой племенного материала.

8. Установлена высокая эффективность промышленного скрещивания селекционируемых групп карпа друг с другом, а также с парским карпом и амурским сазаном. В проведенных опытах лучшие комбинации промышленных гибридов проявили преимущество по сравнению с контрольными (парским) карпом по рыбопродуктивности прудов на 0.1-0.2 т/га при уровне 1.79 т/га на 1 году и 2.47 т/га на 2 году жизни. С учетом результатов выполненных исследований разработан прогнозный стандарт создаваемой породы и начата ее подготовка к государственной апробации.

9. В исследованиях по белковому полиморфизму селекционируемых групп выявлено четкое их отличие друг от друга по составу аллелей генов трансферрина (Тf), сывороточных (Est-I) и мышечных (Est-II) эстераз и миогенов (My). В ходе селекции произошли изменения в частотах встречаемости отдельных аллелей, в частности возросла частота аллеля Est-I^В и My^В. Проявляется определенная динамика в изменении отношения гомо- и гетерозиготных генотипов. В первых трех поколениях частота гетерозигот постепенно возрастала, затем произошло ее снижение, что свидетельствует о генетической стабилизации селекционируемого материала.

10. В практической селекции карпа апробированы специальные генетические методы: индуцированный гиногinez, полиплоидия, генетическая регуляция пола. Выращенные самцы с переопределенным полом (генетические самцы XX) использованы для получения однополового потомства.

11. С учетом специфики товарного рыбоводства предложена

двухступенчатая система организации племенного дела в отрасли, предусматривающая создание в стране двух типов племенных хозяйств: селекционных хозяйств и репродукторов. Основная часть промышленных хозяйств по этой схеме освобождена от необходимости содержания собственных маточных стад и получает племенную продукцию (личинки, развивающиеся эмбрионы, подрощеную молодь и т.п.) из хозяйств-репродукторов.

12. Уточнена плотность посадки рыб в прудах при племенном выращивании карпа. Установлено стимулирующее влияние на репродуктивное качество выращенных производителей уплотненной посадки в возрасте сеголетков. На последующих возрастных стадиях целесообразна более редкая посадка.

13. Определены подходы к эффективному использованию инкубационных цехов. Показано, что неглубокое охлаждение (до 10-12°C) замедляет развитие эмбрионов и предличинок карпа, существенно не отражаясь на их выживаемости. Применение гипотермии обеспечивает возможность получения и инкубации икры в более ранние (донерестовые) сроки и тем самым удлиняет период работы инкубационного цеха. Разработана технология транспортировки развивающихся эмбрионов в полиэтиленовых пакетах с кислородом, применение которой позволяет существенно снизить нагрузку на инкубационные цехи.

14. На основании анализа литературных сведений и результатов выполненных экспериментальных работ определены наиболее эффективные способы мечения племенных рыб. Для некоторых из них (криоклеймение, "мягкое" термальное клеймение, нанесение меток раствором азотно-кислого серебра) произведено усовершенствование, упрощающее процедуру мечения и повышающее сохранность меток. Предложена унифицированная система мечения племенных рыб растворами активных красителей, получившая широкое распространение в рыбоводстве.

15. Разработаны принципы формирования генетических коллекций криоконсервированной спермы рыб, положенные в основу создания первого в отечественном рыбоводстве низкотемпературного коллекционного банка.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Основным методом селекции карпа является отбор по массе тела, который должен проводиться преимущественно в товарном возрасте рыб (двухлетки или трехлетки). До достижения этого возраста рыб следует выращивать в условиях, близких к производственным.

Интенсивный отбор по скорости роста может привести к снижению жизнеспособности рыб. Поскольку способов отбора по этому признаку не существует, нами предложено проводить отбор (в возрасте годовиков) по устойчивости к дефициту кислорода, коррелирующего с жизнеспособностью рыб.

Самцы карпа созревают раньше, чем самки. Это дает возможность их заблаговременной оценки до осуществления воспроизводства. Согласно предложенной нами схеме, оценка самцов осуществляется в два этапа. Вначале производят предварительную оценку всего стада самцов с применением экспресс-методов: по собственному фенотипу производителей и данным тестирования полученных от них личинок. Выделенных лучших производителей испытывают по потомству классическим способом. Такая схема позволяет охватить оценкой и отбором практически все стадо производителей при относительно небольшой численности использованных для опытов экспериментальных прудов.

Основным признаком, учитываемым при отборе самок, является плодовитость, которую целесообразно оценивать при повторном нересте, когда происходит относительная стабилизация признака.

В селекционных опытах при сравнении групп рыб по скорости роста необходимо выравнивать их по исходной массе. Чтобы избежать этой сложной процедуры, можно вводить поправочные коэффициенты, учитывающие влияние исходной массы на показатели роста. Более удобным является использование расчетных характеристик, так называемых коэффициентов роста, определяемых по уравнениям, описывающим рост. В рыбоводстве широкое использование в качестве такой характеристики получил коэффициент массонакопления (K_m),

рассчитываемый по уравнению, предложенному С. А. Барановым с соавторами. Нами показана необходимость введения при расчете K_m поправочных коэффициентов, позволяющих получить более стабильные значения этого показателя, практически не зависящие от величины исходной массы рыб.

В настоящее время широкое распространение в нашей стране получила выведенная во ВНИИПРХе (под руководством Д. П. Бобровой) порода парского карпа. Проведенные исследования показали высокую эффективность промышленного скрещивания производителей этой породы с отводками создаваемой породы среднерусского карпа, что позволяет рекомендовать этих гибридов для широкого внедрения.

Весьма перспективным, интенсивно развиваемым во многих странах направлением является декоративное рыбоводство. Полученные нами сведения по закономерностям наследования некоторых типов окраски у цветных карпов могут быть положены в основу системы их разведения. Некоторые гены окраски, не оказывающие существенного влияния на продуктивные показатели карпа, могут быть использованы также для генетического маркирования племенных групп, что обеспечивает возможность систематического мониторинга за их чистотой.

В области организации племенного дела в рыбоводстве, и в частности в карповодстве, нами предложена двухступенчатая система, предусматривающая создание в стране необходимой сети специализированных хозяйств и репродукторов. Последние занимаются массовым воспроизводством имеющихся пород и других селекционных достижений и обеспечивают промышленные хозяйства заводскими личинками или эмбрионами. Промышленные хозяйства при этом освобождаются от необходимости содержания собственных маточных стад, что существенно упрощает их функции. Расчеты показывают, что для обеспечения потребности в заводских личинках всей отрасли достаточно иметь примерно 12-15 хозяйств-репродукторов, что реально осуществить в самый ближайший период.

Наиболее узким местом в работе таких репродукторов является необходимость получения большого объема личинок в относительно

короткий период. Одним из путей решения этой проблемы может быть увеличение периода работы инкубационного цеха за счет более раннего начала нерестовой кампании. Развивающиеся эмбрионы или полученные предличинки при этом можно выдерживать до времени прогрева воды в прудах при пониженной температуре, позволяющей задерживать их развитие. Организованные нами исследования подтвердили принципиальную возможность такого подхода.

Напряженность в работе инкубационных цехов можно также существенно снизить за счет реализации инкубационными цехами вместо личинок развивающихся эмбрионов, технология транспортировки которых к настоящему времени хорошо отработана и апробирована на практике.

Из известных способов мечения рыб для использования в селекционных работах может быть рекомендовано четыре: подрезание плавников, криоклеймение, "мягкое" термальное клеймение и нанесение меток растворами активных красителей. Криоклеймение и мягкое термальное клеймение наиболее удобно для рыб с мелкой чешуей или форм карпа с редуцированным чешуйным покровом. Для рыб с крупной чешуей, в том числе и чешуйного карпа, наиболее надежным является мечение растворами красителей. При мечении этим способом следует придерживаться принятой в рыбоводстве унифицированной системы.

Организованный в п. Рыбное низкотемпературный банк спермы рыб может сыграть важную роль в решении проблемы сохранения генетических ресурсов ценных объектов промысла и аквакультуры. При этом безотлагательно следует приступить к систематическому сбору генетических коллекций редких и исчезающих видов и внутривидовых таксонов рыб. Применительно к задачам товарного рыбоводства необходимо обеспечить возможность сохранения в низкотемпературном банке генетической информации, наиболее полно отражающей существующее разнообразие пород и внутривидовых структур культивируемых видов рыб.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Катасонов В.Я. Результаты выращивания японских декоративных карпов и их гибридов в условиях рыбхоза "Якоть" Иосковской области // Сб. науч. тр. - М.: ВНИИПРХ. - 1969. - Вып. 2. С. 181-186.
2. Катасонов В.Я. Плейотропное действие генов доминантной окраски у карпа // Материалы совещания "О смотре научно-технического творчества молодежи" (тез. докл.). - Киев, 1971. - С. 17-19.
3. Катасонов В.Я. Исследование окраски у гибридов обычного и декоративного (японского) карпа. Сообщение 1. Наследование доминантных типов окраски // Генетика. - 1973. - Т. IX, №8. - С. 59-69.
4. Катасонов В.Я. Исследование окраски у гибридов обычного и декоративного (японского) карпа. Сообщение 2. Плейотропное действие генов доминантной окраски // Генетика. - 1974. - Т. X, №12. С. 56-65.
5. Катасонов В.Я. Использование японских карпов-хромистов для создания генетически маркированных линий карпа // Тр. ВНИИПРХ. - 1974. - Т. XXIII. - С. 10-19.
6. Катасонов В.Я., Мамонтов Д.П. Мечение племенных рыб // Тр. ВНИИПРХ. - 1974. - Т. XXIII. - С. 64-71.
7. Катасонов В.Я., Мамонтов Д.П. Индивидуальное мечение племенных рыб растворами красителей // Изд-во ЦНИИТЭИРХ. - 1974. - 2с.
8. Катасонов В.Я., Храмов В.И., Негреба В.П. Организация племенной работы в рыбокомбинате "Пара" // Изд-во ЦНИИТЭИРХ. - 1974. - 3с.
9. Катасонов В.Я., Головинская К.А., Боброва Ю.П., Попова А.А. Работы по созданию породы среднерусского карпа // Матер. Всесоюз. совещ. по организации селекционно-племенной работы и улучшению маточных стад в рыбхозах страны. - М.: ВНИИПРХ, 1975. - С. 14-31.
10. Катасонов В.Я., Мамонтов Д.П. Новые методы индивидуального мечения производителей карпа // Пути повышения эффективности сельскохозяйственного производства Московской области. Тез. докл. - М., 1975. - С. 178-180.
11. Катасонов В.Я. О летальном действии гена светлой окраски у карпа // Генетика. - 1976. - Т. XII, №4. - С. 152-155.

12. Катасонов В.Я., Черкас Н.Б. Сегодня и завтра прудового рыбоводства Венгрии // Рыбоводство и рыболовство. - 1977, №1. - С. 12-13.

13. Катасонов В.Я. О создании специализированных селекционных хозяйств // Рыбоводство и рыболовство. - 1977, №4. - С. 13-14.

14. Катасонов В.Я., Боброва Д.П. Икру карпа можно обесклеить водой // Рыбоводство и рыболовство. - 1978, №1. С. 11-12.

15. Катасонов В.Я. Новая схема организации селекционно-племенного дела в рыбоводстве // Тез. докл. Всесоюзн. научн. конференции по товарному прудовому и озерному рыбоводству. - М., 1978. - С. 4-5.

16. Катасонов В.Я., Мамонтов Ю.П. Унифицировать систему мечения рыб // Рыбоводство и рыболовство. - 1978, №4. - С. 15.

17. Катасонов В.Я., Кирпичников В.С. Селекционно-генетические исследования и состояние племенного дела в прудовом рыбоводстве СССР // Сб. науч. тр. / Генетика и селекция рыб. - М.: ВНИИПРХ. - 1978. - Вып. 20. С. 3-51.

18. Катасонов В.Я. Пути улучшения селекционно-племенного дела в рыбоводстве // Сб. науч. тр. / Генетика и селекция рыб. - М.: ВНИИПРХ, 1978. - Вып. 20. - С. 52-63.

19. Катасонов В.Я., Стояновский И.И. "Мягкое" термальное клеймение племенного материала карпа // Сб. науч. тр. / Генетика и селекция рыб. - М.: ВНИИПРХ, 1978. - Вып. 20. - С. 199-210.

20. Катасонов В.Я., Стояновский И.И., Мамонтов Ю.П. Инструкция по мечению племенных рыб. - М.: ВНИИПРХ, 1979. - 27с.

21. Катасонов В.Я. Формы и методы племенной работы в рыбоводстве // Селекционно-племенная работа в прудовом рыбоводстве. - Вильнюс, 1979. - 29с.

22. Катасонов В.Я., Боброва Д.П., Стояновский И.И., Щеглова Н.В. Состояние работ по селекции среднерусского карпа // Сб. науч. тр. / Генетика и селекция рыб. - М.: ВНИИПРХ, 1980. - Вып. 28. - С. 3-24.

23. Катасонов В.Я., Орлов А.Ф. К вопросу экономической эффективности карповых племенных хозяйств-репродукторов // Сб. науч. тр./ Генетика и селекция рыб.- М.: ВНИИПРХ, 1980.- Вып.28.- С.137-144.
24. Катасонов В.Я., Щеглова Н.В. Специализированные формы (бланки) по племенной работе с рыбами.- М.: ВНИИПРХ, 1980.- 22с.
25. Катасонов В.Я., Головинская К.А. Актуальные вопросы развития исследований в области селекционно-племенной работы с рыбами // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. по генетике, селекции и гибридизации рыб.- Ростов-на-Дону, 1981.- С.24-26.
26. Катасонов В.Я. Основные положения к разработке схемы размещения селекционных хозяйств и репродукторов // Тез: докл. Всесоюзн. совещ. по генетике, селекции и гибридизации рыб.- Ростов-на-Дону, 1981.- С.94-95.
27. Катасонов В.Я. Селекция среднерусского карпа // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. по генетике, селекции и гибридизации рыб.- Ростов-на-Дону, 1981.- С.92-94.
28. Катасонов В.Я. Инструкция по племенной работе с карпом в репродукторах и промышленных хозяйствах.- М.: ВНИИПРХ, 1982.- 38с.
29. Катасонов В.Я., Стояновский И.И. Формирование и использование племенного стада в рыбопитомнике "Осенка" // Сб. науч. тр./ Генетика и селекция прудовых рыб.- М.: ВНИИПРХ, 1982.- Вып.33.- С.55-63.
30. Катасонов В.Я. К вопросу использования теоретической модели массонакопления для анализа генетических потенций роста рыб// Сб. науч. тр./ Генетика и селекция прудовых рыб.- М.: ВНИИПРХ, 1982.- Вып.33.- С.211-230.
31. Катасонов В.Я. Научные и практические аспекты развития селекционно-племенной работы в рыбоводстве // Биологические основы рыбоводства. Генетика и селекция рыб.-Л.: Наука, 1983.- С.113-120.
32. Катасонов В.Я., Боброва Д.П., Бружинская И.В., Илясов Д.И. Передовой опыт племенной работы в рыбоводстве // Экспресс-

информация. Рыбохозяйственное использование водоемов. - М.: ЦНИИТЭИРХ, 1983. - Вып. 22. - 25с.

33. Катасонов В.Я., Федорченко В.И., Багров А.М., Ефимова Е.Н., Чертихин В.Г., Гарин А.Г., Боброва Д.П., Баранов С.А., Шестерин И.С., Суслов Д.Т. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых хозяйств. - М.: ВНИИПРХ, 1985. - 54с.

34. Катасонов В.Я., Привезенцев Ю.А., Мамонтов Д.П., Цветкова Л.И. Племенное дело в карповодстве // Сб. науч. тр./ Генетические исследования, племенное дело в рыбоводстве. - М.: ВНИИПРХ, 1986. - Вып. 48. - С. 7-13.

35. Катасонов В.Я., Ильина И.Д., Демкина Н.В., Трувеллер К.А. Использование биохимических маркеров в селекции среднерусского карпа // Сб. науч. тр./ Генетические исследования, селекция и племенное дело в рыбоводстве. - М.: ВНИИПРХ, 1986. - Вып. 48. - С. 14-24.

36. Катасонов В.Я., Черфас Н.Б. Селекция и племенное дело в рыбоводстве. - М.: Агропромиздат, 1986. - 182с.

37. Катасонов В.Я., Илясов Ю.И., Цветкова Л.И., Виноградов В.К., Титарева Л.Н. Положения по организации селекционно-племенного дела в рыбоводстве. - М.: ВНИИПРХ, 1988. - 35с.

38. Катасонов В.Я., Пилиев С.А., Копейка Е.Ф. Коллекционный банк криоконсервированной спермы рыб // Рыбное хоз-во. - М., 1988, №6. - С. 66-68.

39. Рывлина И.В., Катасонов В.Я., Батухтина Н.Г., Субботина И.В. Транспортировка икры карпа с биотехникой перевозки // Норматив. - М., 1989. - 5с.

40. Катасонов В.Я., Привезенцев Ю.А., Цветкова Л.И., Мамонтов Д.П. Племенное дело в рыбоводстве // Селекция рыб. - М.: Агропромиздат, 1989. - С. 65-70.

41. Катасонов В.Я., Гичря М.Ф. Использование признака устойчивости к гипоксии в селекции карпа // Селекция рыб. - М.: Агропромиздат, 1989. - С. 70-76.

42. Катасонов В.Я., Цветкова Л.И., Титарева Л.Н. Селекционно-племенная работа в товарном рыбоводстве // Сб. науч. тр./ Вопросы

селекции, генетики и племенного дела в рыбоводстве. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - Вып. 89. - С. 3-5.

43. Катасонов В.Я., Дементьев В.Н.: Характеристика производителей, выращенных при разной плотности посадки в возрасте сеголетков и двухлетков // Сб. науч. тр. / Вопросы селекции, генетики и племенного дела в рыбоводстве. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - Вып. 58. - С. 25-34.

44. Катасонов В.Я. Научные разработки селекционно-генетического центра НПО по рыбоводству. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - 15с.

45. Катасонов В.Я., Копейка Е.Ф., Цветкова Л.И., Черепанов В.В., Очкур С.И., Бибенко О.В., Дрокин С.И. Формирование коллекции низкотемпературного банка спермы карпа // Сб. науч. тр. / Вопросы селекции, генетики и племенного дела в рыбоводстве. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - Вып. 58. - С. 66-68.

46. Катасонов В.Я. Оценка самцов среднерусского карпа по качеству потомства. Сообщение 1. Оценка самцов 3-НК. // Сб. науч. тр. / Вопросы интенсификации прудового рыбоводства. - М.: ВНИИПРХ, 1990. - Вып. 60. - С. 141-147.

47. Катасонов В.Я., Цветкова Л.И., Титарева Л.Н. Инвентаризация селекционно-племенной работы // Рыбное хоз-во. - 1990. - №3. - С. 28-30.

48. Катасонов В.Я., Цветкова Л.И., Копейка Е.Ф., Черепанов В.В. Влияние внутривидовых отличий самцов карпа на криоустойчивость спермы // Сб. науч. тр. / Растительноядные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации. - М.: ВНИИПРХ, 1991. - Вып. 61. - С. 116-123.

49. Катасонов В.Я., Гомельский Б.И. Селекция рыб с основами генетики М.: Агропромиздат, 1991. - 209с.

50. Катасонов В.Я., Демкина Н.В. Увеличение гетерозиготности в селекционных поколениях среднерусского карпа по локусам сывороточной эстеразы и трансферрина // Сб. науч. тр. / Вопросы генетического и экологического мониторинга объектов рыбоводства. - М.: ВНИИПРХ, 1992. - Вып. 68. - С. 23-29.

51. Катасонов В.Я., Цветкова Л.И., Ананьев В.И. Формирование генетической коллекции спермы рыб в низкотемпературном банке // Рыбное хоз-во. Аквакультура. Информационный пакет. - М.: ВНИЭРХ, 1994. - №3. - С.14-16.

52. Катасонов В.Я., Ананьев В.И., Цветкова Л.И. Генетическая коллекция спермы рыб // Рыбоводство и рыболовство. - 1994. - №1. - С.34-35.

53. Катасонов В.Я., Дементьев В.Н. Селекционная оценка самцов карпа по качеству потомства // Рыбоводство и рыболовство. - 1995. - №3-4. - С.20-21.

54. Катасонов В.Я., Дементьев В.Н. Экспресс-метод селекционной оценки самцов карпа (Методические указания). - М.: ВНИИПРХ, 1996. - 5с.

55. Ананьев В.И., Гахова Э.Н., Катасонов В.Я., Ротт Н.Н., Цветкова Л.И. Концепция сохранения и устойчивого использования биоразнообразия с применением методов криоконсервации геномов гидробионтов // Рыбное хозяйство. Аквакультура. Информационный пакет. - М.: ВНИЭРХ, 1997. - Вып.1. - С.1-47.

56. Катасонов В.Я., Боброва Ю.П. Промышленная гибридизация среднерусского и парского карпов // Рыбное хозяйство. Аквакультура. Информационный пакет. - М.: ВНИЭРХ, 1997. - Вып.1. - С.75-77.

57. Katassonov V.Ja., Tsvetkova L.I., Titareva L.N., Kochetov A.A., Milenko V.A. Forming the Genetic Collection of Cryopreserved Sperm in Fish ("Genetic Cryobanc") // Symposium on the Carp, 6-9 September 1993. - Budapest, 1993.

58. Katassonov V.Ja., Dementiev V.N. A Scheme for Selecting of the Common Carp Males for Offspring // Aquaculture. - 1995. - 129 (1-4). - P.216.

Изобретения

1. А. с. 369883 СССР, М. Кл2. А 01 К 61/00. Устройство для подсчета живых организмов / И. Ш. Тюттяев, А. Т. Боровков, В. Я. Катасонов (СССР). - № 1404972/28-13; Заявлено 10.11.70; Оpubл. 15.11.73, Бюл. № 11. 2с.: ил.

2. А. с. 608507 СССР, М. Кл2. А 01 К 61/00. Устройство для учета личинок рыб / А. Т. Боровков, Н. В. Житов, В. Я. Катасонов (СССР). - № 2432672/28-13; Заявлено 20.12.76; Оpubл. 30.05.78. Бюл. № 20. - 2с.: ил.

3. А. с. 511045 СССР, М. Кл2. А 01 К 11/00, А 01 К 61/00. Способ мечения рыб / В. Я. Катасонов, Д. П. Мамонтов (СССР). - № 2033277/13; Заявлено 17.06.74; Оpubл. 25.04.76, Бюл. № 15. - 2с.

4. А. с. 549116 СССР, М. Кл. 2. А 01 К 61/00, А 01 К 11/00. Устройство для мечения рыб / В. Я. Катасонов, Д. П. Мамантов (СССР). - № 2193068/13; Заявлено 27.11.75; Оpubл. 05.03.77. Бюл. № 9. - 2с.: ил.

5. А. с. 686591 СССР, М. Кл2. А 01 К 61/00. Способ выведения гибридных форм рыб при однополо-мужской стерильности / Н. Б. Черфас, В. Я. Катасонов, В. А. Илясова (СССР). - № 2562028/28 - 13; Заявлено 29.12.77.; Оpubл. 21.05.79; 4с.

6. А. с. 1037899 SU, А 01 К 61/00. Установка для выращивания рыбы / И. И. Стояновский, В. Я. Катасонов (СССР). - № 2766910/28-13; Заявлено 15.05.79; Оpubл. 30.08.83. Бюл. № 32, 5с.: ил.

7. А. с. 1066059 SU, А 01 N 1/02. Способ консервации клеточных суспензий / Н. С. Пушкарь, Е. Ф. Копейка, А. Н. Новиков, С. Т. Олейник, В. А. Агибалов, П. Ф. Сурай, В. Я. Катасонов (СССР). - № 3462410/30-15; Заявлено 31.03.82; Оpubл. 8.09.83, 3с.