

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
Филиал КузГТУ в г. Белово
Великотырновский университет им. Святых Кирилла и Мефодия, Велико Тырново, Болгария
Шуменский университет им. Епископа Константина Преславского, Шумен, Болгария



300 ЛЕТ
КУЗБАССУ

ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ И ОБРАЗОВАНИИ

Сборник статей

ЧАСТЬ 2

КЕМЕРОВО, БЕЛОВО, ВЕЛИКО-ТЫРНОВО, ШУМЕН
2019

УДК 082.1
ББК 65.34.13 (2Рос – 4Кем)

Редколлегия:

Законнова Л. И., д.б.н. (отв. редактор), Россия
Блюменштейн В. Ю., д.т.н., профессор, Россия
Бонджолов, Х. И., проф. д-р, Болгария
Колев Г. В. - д.и.н. профессор, Болгария
Петрова М. М., д-р, профессор, Болгария

Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. участников XII Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании», 21-22 марта 2019 г., Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2019. – Ч. 2. 352 с.

В сборнике содержатся пленарные доклады и статьи участников секций «Биотехнологии», «Рациональное природопользование и актуальные проблемы техносферной безопасности», «Здоровьесберегающие технологии», «Математика и информатика» XII Международной научной конференции «Инновации в технологиях и образовании», которая состоялась 21-22 марта 2019 г.

Печатается по решению редакционно-издательского совета КузГТУ.

УДК 082.1
ББК65.34.13 (2Рос – 4Кем)

ISBN 978-5-00137-063-5

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», 2019

© Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» в г. Белово, 2019

© Великотырновский университет им. Святых Кирилла и Мефодия, 2019

ГНУ ВНИИР. Сборник научных докладов. Т.2 – Москва, 11–13 апреля 2005 г. /ГНУ ВНИИ ирригационного рыбоводства – Москва, 2005 г. – С 128–133.

9. Егоров, Е.В. Состояние и перспективы товарного рыбоводства Западной Сибири / Е.В. Егоров, А.А. Ростовцев, В.А. Рудов // Научн. конф. «Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования»: Тез. докл., Томск, 22–23 янв. 1998 г. – Томск, 1998. – С. 222–224.
10. Законнова, Л.И. Итоги и перспективы работ по созданию высокопродуктивного стада беловского карпа / Л.И. Законнова // Научн. конф. «Биологическая продуктивность водоемов Западной Сибири и их рациональное использование»: Тез. докл., Новосибирск, 16–18 июля 1997 г. – Новосибирск, 1997. – С. 75–76.
11. Зонова, А.С. Об изменчивости плодовитости карпа (на примере рыб ропшинской породной группы) / А.С. Зонова // Известия ГосНИОРХ. – 1976. – Т. 107. – С. 25–40.
12. Смирнов, Е.В. Проявление гетерозиса в садках на теплых водах / Е.В. Смирнов, О.Л. Некрасова // Сб. научн. трудов ГосНИОРХ. – 1986. – Вып. 254. – С. 87–94.
13. Яблоков, А.Г. Способ формирования ремонтно–маточных стад радужной форели с учетом их биохимических характеристик / А.Г. Яблоков // Тез. докл. VI Всесоюзной конференции по экологии, физиологии и биохимии рыб. – Вильнюс. – 1985. – С. 284–285.

УДК 639.371.5 : 502.656

СЕЛЕКЦИЯ – ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ИСКУССТВЕННО СОЗДАННЫХ ЭВТРОФИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОДОЕМАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Л.И. Законнова¹, И.В. Никишкин²

¹Филиал КузГТУ в г. Белово, ²ООО «Беловское рыбное хозяйство»

Одной из мер сохранения биоразнообразия в естественных и искусственных водоемах может стать расширенное производство рыбной продукции интенсивными методами в условиях промышленных рыбоводных предприятий. Объектами рыборазведения могут стать как аборигенные, так и интродуцированные виды и породы одомашненных форм рыб, такие как, например, карп *Cyprinus carpio carpio*, прошедшие успешные породоиспытания в новых условиях. Наиболее перспективным нам представляется индустриальное карповодство на теплых сбросных водах энергетических предприятий, которое имеет ощутимые преимущества по сравнению с прудовым, так как обеспечивают снижение трудозатрат на производство товарной рыбы и делают тепловодное рыбоводство высокорентабельным и продуктивным.

Одним из методов интенсификации ведения аквакультуры традиционно является селекционная работа с культивируемыми рыбами, направленная на повышение их продуктивных и воспроизводительных качеств.

В соответствии с разработанным авторским методом создается новая специализированная порода карпа, адаптированная к разведению и выращиванию в условиях тепловодного рыбоводства в Западной Сибири, не имеющая аналогов.

Цель исследований: разработка и реализация методов повышения продуктивных и воспроизводительных качеств двухлинейного маточного стада тепловодного беловского карпа, сформированного на основе местной беспородной группы рыб.

Для реализации цели был разработан новый метод повышения продуктивных и воспроизводительных качеств двухлинейного маточного стада тепловодного беловского карпа, при котором две линии, чешуйчатая и «разбросанная», формируются только на основе местного беспородного стада. Метод не предполагает использования генетических модификаций, селекционные линии были сформированы путем традиционного отбора и подбора естественных генотипов производителей рыб.

Породные преимущества получены уже на уровне первого селекционного поколения, в то время как при стандартной селекции такой эффект проявляется только в 5-6 поколениях селекции.

Разработана оптимальная схема повышения продуктивных качеств межлинейных гибридов беловского карпа, выявлены и внедрены в производство механизмы закрепления биологических особенностей производителей, обуславливающих гетерозисный эффект по темпу роста и выживаемости помесных форм, начиная с первого селекционного поколения.

Выявлена положительная динамика продуктивных и воспроизводительных признаков рыб в шести селекционных поколениях беловского тепловодного карпа и проанализированы причины отклонения отдельных параметров от теоретически ожидаемых.

Создана универсальная модель селекции рыб, которая позволила сократить сроки создания адаптированных высокоплодовитых пород рыб в несколько раз по сравнению с традиционными методами селекции.

Разработанный метод может быть использован не только в рыбоводстве, но и при селекции любых сельскохозяйственных животных, разведение которых предполагает получение гетерозисного эффекта при межотводочном и межлинейном разведении.

Все работы выполнены в производственных условиях ООО «Беловское рыбное хозяйство». Начиная с первого селекционного поколения ремонтно-маточное стадо используется практическими рыбоводами для получения промышленного гетерозисного межлинейного посадочного материала, что способствует увеличению выхода товарной рыбы с единицы садковой площади и снижению трудозатрат на единицу производимой

продукции. Полученный по новой технологии в условиях ООО «Беловское рыбное хозяйство» рыбопосадочный гибридный материал карпа используют для выращивания товарной рыбы в Кемеровской, Томской, Новосибирской областях, Красноярском и Алтайском краях, республике Хакасия.

Принципы формирования исходного селекционного стада беловского карпа

1. Двухлинейное разведение на основе местного беспородного стада карпа.
2. Использование в качестве генетических маркеров генов чешуйного покрова и альбумино-трансферринового комплекса.
3. Ассортативный подбор по генам чешуйного покрова при формировании чешуйчатой (SSnn) и разбросанной (ssnn) линий.
4. Достижение генетической разобщенности между линиями за счет ассортативного подбора производителей чешуйчатой линии и гетерогенного – разбросанной линии по альбумино-трансферриновому комплексу плазмы крови.
5. Ступенчатый отбор производителей по морфологическим и репродуктивным параметрам.

Группа местного беспородного карпа рассматривается как популяция с общим генетическим пулом, при разделении которого путем создания барьера в виде ассортативного подбора одной линии и гетерогенного – другой, возникает обособленность популяций, которая приводит к генетической разобщенности, достаточной для получения гетерозисного эффекта.

На основании анализа рыбоводно-биологических признаков исходного для селекции стада и динамики селекционно-значимых признаков шести поколений беловского карпа, была создана селекционная модель формирования высокопродуктивного стада производителей, при реализации которой гетерозисный эффект при межлинейных скрещиваниях был достигнут и закреплен на уровне первого поколения. Выживаемость молоди в межлинейных гибридных формах достигает 97%.

В ряду формируемых селекционных поколений, помимо указанных выше стратегических задач реализации селекционных принципов, мы решали возникающие тактические задачи, которые ни в коей мере не нарушали основного стратегического направления селекции беловского карпа. Так, например:

При формировании первого, второго и третьего селекционных поколений разработали и проверили в производственных условиях оптимальную схему межлинейных скрещиваний.

При формировании второго селекционного поколения исследовали корреляционные связи морфологических и репродуктивных параметров с целью выявления экстерьера особей с оптимальной реакцией на гормональное стимулирование.

Во втором и третьем селекционных поколениях годовиков из чешуйчатой линии исследовали с целью подтверждения гомозиготности по альбумино-трансферриновому комплексу плазмы крови. Расщепления по данному признаку не обнаружено, как это и предполагалось.

При формировании третьего селекционного поколения определяли селекционную ценность карпов-«агрессистов» для возможного корректирования схемы раннего массового отбора по массе тела. В нашем случае не было выявлено каких-либо нарушений фертильности у самок-«агрессисток», поэтому мы сохранили метод раннего массового 20% отбора по массе тела и в последующих поколениях.

На стадии четвертого-пятого селекционных поколений мы изучали ряд экологических аспектов селекции беловского карпа и возможность присутствия в генофонде популяции нежелательных летальных генов. При этом нами были выявлены региональные, экологические и экономикообразованные особенности селекции беловского тепловодного карпа.

Результативность работы по селекции тепловодного беловского карпа мы оценивали по следующим критериям: эффективность селекции при создании линий «в себе» и гетерозисный эффект при межлинейной гибридизации:

Для этого исследовали:

- Динамику рыбоводно-биологических показателей шести поколений беловского карпа как результат ступенчатого отбора производителей
- Динамику рыбоводно-биологических показателей межлинейных гибридов как результат ступенчатого отбора производителей

Анализ динамики рыбоводно-биологических показателей производителей чешуйчатой и разбросанной линий беловского карпа на протяжении шести поколений селекции выявил ряд закономерностей, позволяющих аппроксимировать полученные эмпирические ряды данных, что может быть использовано не только для прогноза параметров очередных селекционных поколений, но и для объяснения отклонений эмпирических величин от теоретически ожидаемых в прошедших селекционных поколениях.

Для анализа были выбраны следующие параметры: масса тела рыб – как признак высоко коррелированный с основными морфологическими селекционно-значимыми признаками; и плодовитость самок – как признак с высокой степенью наследуемости.

По массе тела отбор производили однократно, по окончании периода промежуточного подрачивания сеголетков. Напряженность отбора в каждом селекционном поколении составляла 20%; относительная величина селекционного дифференциала постепенно снижалась к седьмому селекционному поколению, достигая своего максимума в разбросанной линии на уровне третьего селекционного поколения, в 1995 г., когда вследствие неблагоприятной экономической ситуации качество и режим кормления сеголетков были неудовлетворительными

Эмпирическая кривая динамики морфологических параметров самок беловского чешуйчатого карпа шести селекционных поколений отражает процессы, происходившие на протяжении всего периода селекции у производителей обоих полов, как в чешуйчатой, так и в разбросанной линии.

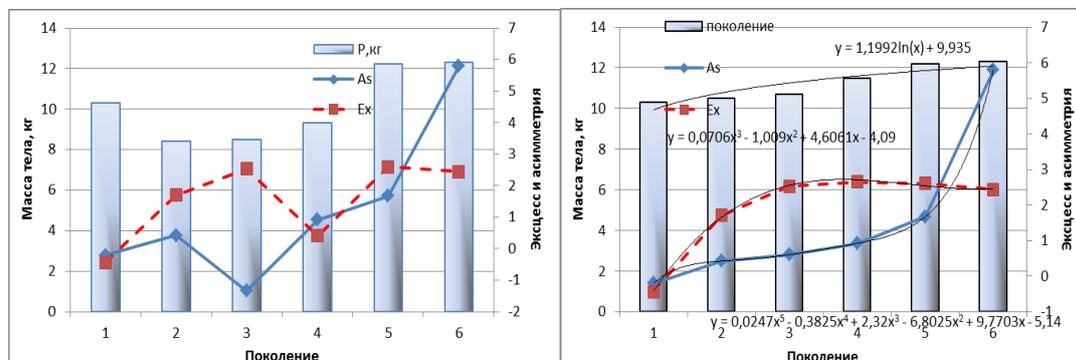


Рисунок 1 – Эмпирическая и теоретическая кривые динамики морфологических параметров самок беловского чешуйчатого карпа шести селекционных поколений

В результате аппроксимации функции нами была получена теоретическая кривая динамики массы тела, которая может быть описана следующей формулой:

$$P_{Fn} = 1,9992 \ln(n) + 9,935$$

где: P – масса тела, F – поколение, n – номер поколения.

Исследуя распределение вариантов данного признака, мы выявили динамику распределения особей в структуре стада в сторону увеличения эксцесса и асимметрии. Аппроксимация функций позволила выявить закономерности этих процессов и вывести следующие формулы для расчета асимметрии и эксцесса в селекционных поколениях беловского карпа.

$$As_{Fn} = 0,0247n^5 - 0,3825n^4 + 2,32n^3 - 6,8025n^2 + 9,7703n - 5,14$$

где: As – показатель асимметрии, F – поколение, n – номер поколения.

$$Ex_{Fn} = 0,0706n^3 - 1,009n^2 + 4,6061n - 4,09$$

где Ex – эксцесс, F – поколение, n – номер поколения.

Среди самок первого-шестого селекционных поколений проводили отбор по относительной рабочей плодовитости. Были отобраны чешуйчатые особи, относительная рабочая плодовитость которых превышала средние по группе значения этого признака на 1,0-1,5 σ , и разбросанные особи, относительная рабочая плодовитость которых равнялась средним по группе величинам, либо превышала их на 1,0-1,5 σ .

Анализ репродуктивных параметров на примере группы чешуйчатых самок выявил положительную динамику признака на протяжении шести селекционных поколений. Эмпирические кривые динамики относительной рабочей плодовитости для стада в целом и для отобранных самок сходны по характеру.

На протяжении первого–четвертого поколения, как в целом по группе, так и после отбора, наблюдалась положительная динамика величины относительной рабочей плодовитости; к пятому селекционному поколению – резкое снижение, затем к шестому селекционному поколению – повышение до теоретически рассчитанных величин.

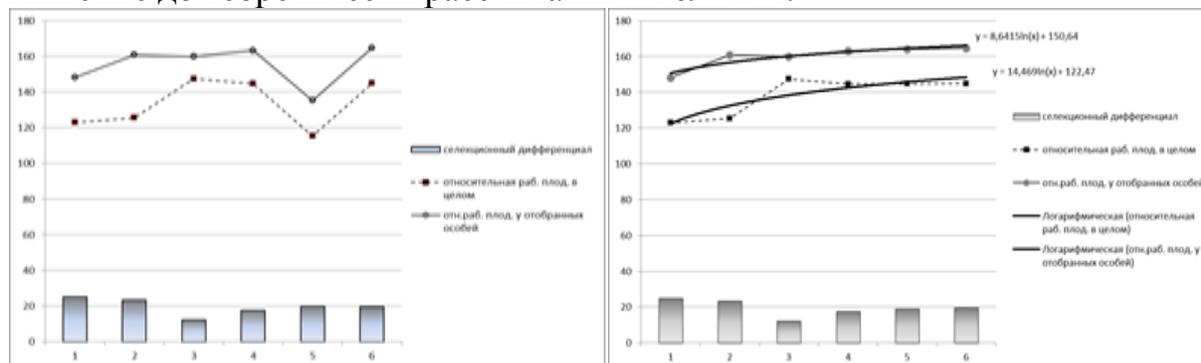


Рисунок 2 – Эмпирическая и теоретические кривые динамики относительной рабочей плодовитости самок беловского чешуйчатого карпа шести селекционных поколений

В результате аппроксимации функции нами была получена теоретическая кривая динамики относительной рабочей плодовитости самок чешуйчатого карпа, которая может быть описана следующей формулой:

$$ОРП_{F_n} = 8,6415 \ln(n) + 150,64$$

где: ОРП – относительная рабочая плодовитость, F – поколение, n – номер поколения.

Таким образом, были выявлены закономерности динамики продуктивных и воспроизводительных качеств производителей беловского карпа, позволяющие прогнозировать параметры очередных селекционных поколений, выявлять и объяснять отклонения эмпирических величин от теоретически ожидаемых в прошедших селекционных поколениях

Изучение динамики рыбоводно-биологических показателей межлинейных гибридов беловского карпа позволило выявить следующее. Промышленный гетерозисный эффект при скрещивании производителей из чешуйчатой и разбросанной линий проявлялся уже на уровне первого селекционного поколения, причем самые хорошие рыбоводные результаты дает скрещивание самок из чешуйчатой линии с самцами из линии разбросанного карпа, будем называть этот вариант Ч×Р. Этот эффект мы наблюдали на протяжении двух лет выращивания товарных гибридов.

Таким образом, оптимальная схема межлинейной гибридизации чешуйчатого и разбросанного беловского карпа, обуславливающая максимальный гетерозисный эффект по темпу роста и выживаемости: «чешуйчатые самки × разбросанные самцы». При такой схеме скрещивания выживаемость гибридных эмбрионов при инкубации достигает 97,0 %; при выдерживании предличинок превышает 99,0 %.

Разработанные рекомендации по получению промышленных гетерозисных гибридов карпа были внедрены в рыбоводную практику ООО «Беловское рыбное хозяйство», некоторые результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Получение промышленных межлинейных гибридов карпа в условиях ООО «Беловское рыбное хозяйство»

Период	Выживаемость, %		
	1991, F1	1993, F2	2011, F6
Инкубация	92,2	96,5	97,0
Выдерживание	86,4	74,4	82,8
Подращивание в лотках	88,6	95,3	*
Выращивание сеголетков	78,0	98,7	*
Выращено товарных сеголетков, тыс. шт.	1412,9	200,5	*

*Молодь была реализована после выдерживания для выращивания в других рыбхозах региона

Всестороннее изучение биологических и хозяйственных признаков производителей шести поколений ремонтно-маточного стада беловского карпа позволило выявить селекционно-значимые параметры с разной степенью наследуемости: генотипы чешуйного покрова и альбумино-трансферринового комплекса, репродуктивные признаки самок, темп роста и выживаемость рыб.

Все это позволило нам построить модель селекции беловского карпа.

Группу местного беспородного карпа можно рассматривать как популяцию с общим «генетическим пулом», при разделении которого путем создания барьера в виде ассортативного подбора одной линии и гетерогенной – другой, возникает обособленность популяций, которая приводит к генетической разобщенности, достаточной для получения гетерозисного эффекта.

По мнению ряда авторов, существует два подхода к формированию модели: первый ограничивает факторы системы небольшим количеством значимых параметров, во втором описывается взаимодействие всех элементов системы и делается вывод по всей ее интегральной совокупности.

В искусственно формируемых подпопуляциях, каковыми можно считать чешуйчатую и разбросанную линии беловского карпа, селекционно-значимым признано небольшое количество параметров (остальные параметры при этом не являются константами, но и не коррелированы с селекционно-значимыми признаками), поэтому для формирования селекционной модели целесообразным признан первый подход.

Таким образом, при формировании двух линий беловского карпа согласно выработанным на основании анализа первичного стада принципам формирования исходного для селекции стада и анализа динамики селекцион-

но-значимых признаков шести поколений беловского карпа, была выработана следующая селекционная модель формирования высокопродуктивного стада производителей: *если* стадо производителей беловского карпа формировать на основе только местной беспородной группы рыб, применяя assortативный и гетерогенный подбор производителей по однозначно генетически наследуемым признакам при формировании линий и отбор производителей по селекционно-значимым признакам при формировании линий «в себе» (таблица 2), *тогда* гетерозисный эффект при межлинейных скрещиваниях будет достигнут и закреплен на уровне первого селекционного поколения.

Таблица 2 – Модель селекции тепловодного беловского карпа

Методическая основа	Двухлинейное разведение на основе местного беспородного стада производителей (популяция с общим «генетическим пулом») с целью получения гетерозисного эффекта.	
Направления селекции	1. Внутрилинейное улучшение продуктивности производителей при разведении «в себе».	2. Мероприятия по достижению максимального гетерозисного эффекта при межлинейных скрещиваниях.
Селекционируемые признаки	1. Относительная рабочая плодовитость самок. 2. Индивидуальная реакция самок на гормональное и негормональное стимулирование. 3. Скорость созревания икры после разрешающей инъекции. 4. Темп роста производителей.	1. Максимальная генетическая разобщенность линий. 2. Признаки с низкой наследуемостью: темп роста, выживаемость.
Методы	1. Ранний массовый отбор напряженностью 20% по массе тела, однократно. 2. Ступенчатый отбор самок по репродуктивным параметрам: – отбраковка особей с величиной индекса обхвата, превышающей среднее по группе значение более чем на $2,5\sigma$; – отбраковка особей, созревших вне интервала 120-280 градусочасов после разрешающей инъекции; – отбор самок по относительной рабочей плодови-	1. Assortативный подбор внутри линий по генам чешуйного покрова дигомозиготных чешуйчатых (SSnn) и разбросанных особей (ssnn). 2. Assortативный подбор производителей чешуйчатой линии и гетерогенный – разбросанной линии по альбумино-трансферриновому комплексу плазмы крови.

	тости.	
Критерии оценки качества селекционного поколения	<p>1. Динамика массы тела производителей. Масса производителей в шестигодовом возрасте соответствует формуле: $P_{Fn} = 1,9992 \ln(n) + 9,935$ где: P – масса тела, F – поколение, n – номер поколения.</p> <p>2. Динамика относительной рабочей плодовитости самок. Относительная рабочая плодовитость у повторно созревающих самок чешуйчатого карпа соответствует формуле: $ОРП_{Fn} = 8,6415 \ln(n) + 150,64$ где: ОРП – относительная рабочая плодовитость, F – поколение, n – номер поколения</p> <p>3. Динамика распределения особей в структуре стада в сторону увеличения эксцесса и асимметрии: $As_{Fn} = 0,0247n^5 - 0,3825n^4 + 2,32n^3 - 6,8025n^2 + 9,7703n - 5,14$ где As – показатель асимметрии, F – поколение, n – номер поколения. $Ex_{Fn} = 0,0706n^3 - 1,009n^2 + 4,6061n - 4,09$ где: Ex – эксцесс, F – поколение, n – номер поколения.</p>	<p>1. Фенотипы чешуйчатой и разбросанной линий соответствующие генотипам SSnn и ssnp.</p> <p>2. Отсутствие расщепления по типу чешуйного покрова в чешуйчатой линии.</p> <p>3. Отсутствие расщепления по генам альбумино-трансферринового комплекса в чешуйчатой линии.</p> <p>4. Гетерозисный эффект при межлинейном скрещивании, выражающийся в повышении выживаемости и темпа роста в помесных формах по сравнению с чистыми линиями.</p>

К 2011 г. в шестом поколении беловского карпа получен максимальный селекционный эффект. Выживаемость молоди в межлинейных гибридных формах стабильно достигает 97%. Цель этапа активной селекции достигнута: сформировано стадо быстрорастущих, раносозревающих особей, с высокой жизненностью на всех стадиях онтогенеза как внутри линий, так и в помесных формах.