

Федеральное агентство по рыболовству

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»**

**Филиал по пресноводному рыбному хозяйству
ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры

Выпуск 92

2-е издание



Астрахань – 2022

УДК 639.3/6
ББК 47.2
С 23

С23 Сборник научных трудов. Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – Вып. 92. 2-е издание. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2022. – 126 с.

Сборник научных трудов ВНИИПРХ включает статьи, посвященные исследованиям по всем основным направлениям научного обеспечения аквакультуры: технологии выращивания, ихтиопатологии, криобиологии, кормлению рыб и селекционно-племенной работе. Несколько статей посвящены вопросам мониторинга естественных водоемов рыбохозяйственного значения. Собранные вместе, статьи сборника формируют представление о тематике исследований, выполняемых в настоящее время в Филиале по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»). Научные статьи представлены в авторской редакции.

УДК 639.3/6
ББК 47.2
С 23

ISBN 978-5-00201-078-3

© Филиал по пресноводному рыбному
хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»), 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Илясова В.А., Мельченков Е.А., Калмыкова В.В., Козовкова Н.А., Воробьёв А.П., Арчибасов А.А., Мищенко А.В. Анализ закономерного хода сперматогенеза у сибирского осетра при искусственном воспроизводстве в зависимости от абиотических факторов	4
Кукин М.С., Токарева С.Б., Юхименко Л.Н., Сафронова А.С. К вопросу о резистентности рыбопатогенных бактерий к ципрофлоксацину	13
Юхименко Л.Н., Токарева С.Б., Кукин М.С. Эпизоотологическое и эпидемиологическое значение подвижных аэромонад	17
Шмакова З.И., Ускова С.С., Бадаева И.Ю., Христенко Г.И., Ерёмкин С.С., Кусочкин В.С. Гидробиологический мониторинг водоемов рыбохозяйственного значения Центрального региона России	27
Докина О.Б., Ковалёв К.В., Пронина Н.Д., Миленко В.А., Новосёлова Ю.А. Усовершенствованная криозащитная среда для низкотемпературной консервации спермы радужной форели	39
Корабельникова О.В., Пронина Н.Д., Докина О.Б., Дементьев В.Н., Ковалёв К.В., Костоусов В.Г., Сергеева Т.А. Опыт использования спермы карпа после длительной транспортировки	49
Ананьев В.И., Федяев В.Е., Мельченков Е.А., Мищенко А.В. К вопросу экономической эффективности использования криоконсервированной спермы в промышленном осетроводстве	60
Королькова М.С., Мышкин А.В., Щербина М.А., Бондаренко О.А., Козлова Е.Ю. Использование горохового концентрата «Протелон» в качестве альтернативного источника белка в комбикормах для молоди осетровых рыб массой от 3,0 до 8,0 г	66
Мустаев С.Б., Амелин М.Ю., Монахов И.А., Комышев Б.В., Караваева М.С. Влияние вида корма на эффективность выращивания сеголеток и двухлеток карпа в прудах	74
Мустаев С.Б., Амелин М.Ю., Монахов И.А., Комышев Б.В., Караваева М.С. Эффективность выращивания двух- и трехлеток карпа в прудах при свободном выборе ими двух разнокачественных кормов	83
Демкина Н.В., Иванёха Е.В., Лукин Н.С., Дума Л.Н. Сравнительная характеристика генотипической изменчивости волжского сазана и загорского карпа	91
Симонов В.М., Шарт Л.А. Показатели морфотипа двухлетков кроссов парских и ангелинских карпов	97
Никитенко А.И., Горячев Д.В., Клец Н.Н., Родимова З.Н., Пшеничников П.А., Карпов В.А., Назаров А.С., Кондуков С.А., Федюшкина И.Ю., Журенкова Е.Ю. Современное состояние ихтиофауны Кершинского водохранилища	104
Никитенко А.И., Артеменков Д.В., Горячев Д.В., Клец Н.Н., Пшеничников П.А., Родимова З.Н. Рост обыкновенного судака <i>Sander lucioperca</i> (Percidae) в Белгородском водохранилище	115

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОГО ХОДА СПЕРМАТОГЕНЕЗА У СИБИРСКОГО ОСЕТРА ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

В.А. Илясова, Е.А. Мельченков, В.В. Калмыкова,
Н.А. Козовкова, А.П. Воробьёв, А.А. Арчибасов, А.В. Мищенко
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*

*E-mail: ilyasova_va@vniiprh.ru, melchenkov_ea@vniiprh.ru,
kalmykova_vv@vniiprh.ru*

В статье представлен закономерный ход сперматогенеза у самцов сибирского осетра ленской популяции с учетом особенностей развития половых клеток в условиях индустриального предприятия с годовой суммой тепла 5600 градусо-дней. Созрели самцы в возрасте 1400 суток, на первое созревание потребовалось 21483 градусо-дней со средней температурой 15,3 °С и средней массе тела 5,19 кг. Цитологическая дифференцировка пола происходит в половозрелом состоянии, которое обеспечивают волны сперматогенеза, которые характеризуются интенсивным протеканием от III до VI стадий зрелости семенников. При VI стадии зрелости неиспользованные сперматозоиды перезревают и подвергаются естественному процессу резорбции. При контроле степени половой зрелости у самцов в преднерестовый и нерестовый периоды во времени в условиях индустриального предприятия с годовой суммой тепла 5600 градусо-дней открываются пути управления закономерным ходом сперматогенеза в годичном половом цикле.

Ключевые слова: сибирский осетр, сперматогенез, сумма тепла, закономерности, градусо-дни, стадия зрелости.

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения путей управления в ходе сперматогенеза в преднерестовый и нерестовый периоды важно знать особенности развития половых клеток с целью разработки методов контроля степени половой зрелости рыб в индустриальных условиях.

При использовании универсальной шестибальной шкалы, описанной для разных видов рыб, период созревания у самцов происходит асинхронно [Персов, 1947, 1975; Буцкая, 1955; Сакун, Буцкая, 1963; Трусов, 1964; Алтуфьев и др., 1986; Илясова, 1988, 1989, 1995; Багров и др., 2020]. Критерием периода созревания служат волны сперматогенеза, которые проходят с последовательным протеканием от III до VI стадий зрелости семенников в основу, которых положены цитологические критерии.

Развитие половых клеток, состояние семенников и всего организма в целом взаимосвязаны и находятся во взаимозависимости от абиотических факторов среды – в частности, температуры воды и общей суммы тепла в градусо-днях. Познание закономерностей развития половых клеток, продолжительности функционирования половых желез, ритмов размножения, обеспечат пути управления нерестом при искусственном воспроизводстве для целенаправленного формирования маточных стад.

В статье представлен закономерный ход сперматогенеза у зрелых самцов осетровых рыб на примере сибирского осетра ленской популяции с учетом особенностей развития половых клеток в условиях индустриального предприятия с годовой суммой тепла 5600 градусо-дней.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для анализа развития половых клеток у самцов сибирского осетра ленской популяции использовали гистологические методы [Ромейс, 1953; Микодина и др., 2009].

Рыба выращивалась на индустриальном предприятии отдела «Конаковский» Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»). От 50-ти впервые созревших самцов сибирского осетра генерации 2017 г. в возрасте 1400 суток брались пробы гонад методом биопсии, с последующей фиксацией их в 70%-ном спирте. После обезвоживания готовили срезы толщиной 7-8 мкм на микротоме РОТМИК-2. Освобожденные от парафина срезы окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну с последующим обезвоживанием и заключением в балъзам. При описании стадий зрелости гонад и развития половых клеток использовали универсальную шкалу [Сакун, Буцкая, 1963; Трусов, 1964]. Изучение и анализ гистологических срезов осуществляли с использованием микроскопа микромед-2 и цифровой камеры для микроскопа серии TourCam.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В индустриальном предприятии отдела «Конаковский» использовались впервые созревшие 4-х летние самцы сибирского осетра при общей сумме тепла 21483 градусо-дней со средней температурой 15,3 °С и средней массе тела 5,19 кг. Исследования касались изучения и анализа хода сперматогенеза с учетом особенностей развития половых клеток в индустриальных условиях с заданным температурным режимом, с годовой суммой тепла 5600 градусо-дней.

Различают четыре периода сперматогенеза: размножение сперматогоний, рост, деления созревания и спермиогенез [Сакун, Буцкая, 1963; Трусов, 1964]. Первыми признаками дифференцировки по полу у сибирского осетра генерации 2017 г. на втором году жизни было анатомическое формирование соматических тканей гонады по форме и строению единичных первичных половых клеток – сперматогоний, которые могут быть критериями ранней половой диагностики пола (рисунок 1).

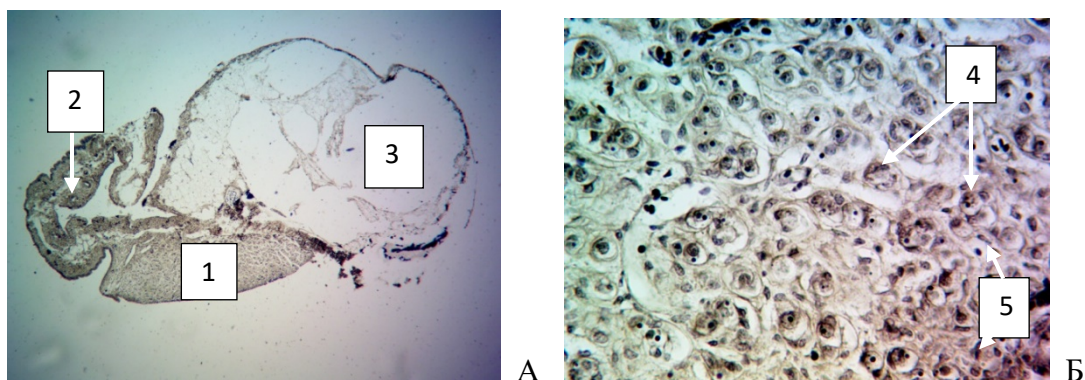


Рисунок 1 - Анатомическая дифференцировка пола у самцов сибирского осетра:

- А. 1) гонада; 2) рудимент яичника; 3) жировое тело. Ув.ок.10× об.4×
 Б. 1) фрагмент гонады в I стадии зрелости: 4) первичные сперматогонии;
 5) соединительнотканые клетки гонады. Ув.ок.10× об.40×

Цитологическая дифференцировка пола у самцов происходит в половозрелом состоянии в полностью сформированной железе [Сакун, Буцкая, 1963, Персов, 1975].

Началом вторичного полового признака, цитологической дифференцировки пола в семенниках, являются волны сперматогенеза, которые в период созревания происходят асинхронно и характеризуются интенсивным протеканием III, III-IV, IV, IV-V, V, V-VI и VI стадий зрелости.

Определение пола у самцов рыб носит генотипический характер и состоит из нескольких этапов. Первый этап волны сперматогенеза – митотические деления сперматогоний до сперматоцитов I порядка размером от 7,0 до 5,0 мкм. Второй этап – мейоз, это два деления созревания, ведущие к уменьшению вдвое числа хромосом – сперматоциты II порядка размером от 3,6 до 3,2 мкм и сперматиды с гаплоидным набором хромосом размером от 2,7 до 2,3 мкм. Асинхронный характер волны сперматогенеза III стадии зрелости семенника показан на рисунке 2.

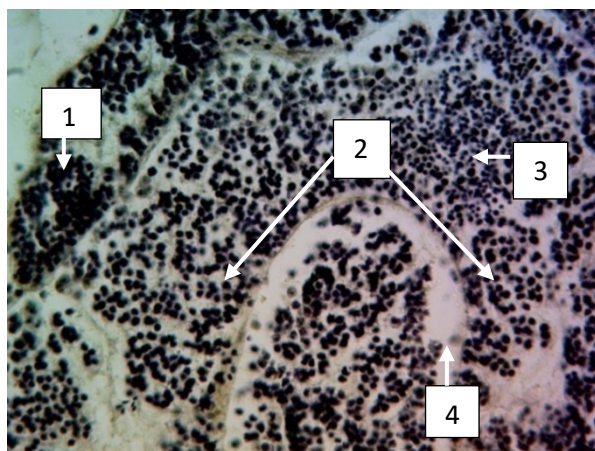


Рисунок 2 - Фрагменты семенника III стадии зрелости у самцов в трехлетнем возрасте, что соответствует цитологической дифференцировке пола, в цистах находятся:

- 1) сперматоциты I порядка; 2) сперматоциты II порядка; 3) сперматиды;
 4) фолликулярный эпителий цист. Ув.ок.10× об.40×

Третий этап – спермиогенез, характеризуется как IV стадии зрелости семенника, в ходе которого сперматиды преобразуются в сперматозоиды. Цисты со зрелыми сперматозоидами показаны на рисунке 3.

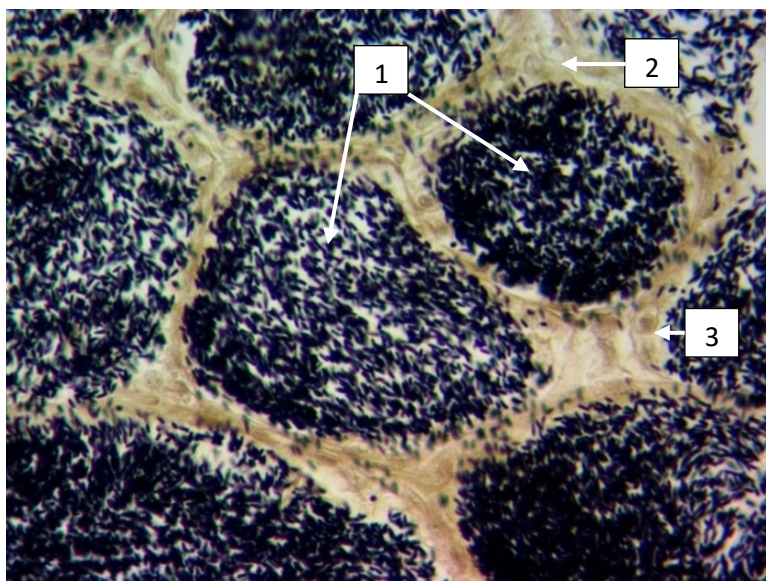


Рисунок 3 - Фрагмент семенника IV стадии зрелости: 1) цисты со зрелыми сперматозоидами; 2) фолликулярный эпителий цист, приобретающий кубическую форму; 3) первичные сперматогонии. Ув.ок.10× об.40×

Сформированные сперматозоиды выходят из цист в семенные каналцы и направляются к общему выводному протоку, расположенному в верхней части семенника. Присутствие цист со зрелыми сперматозоидами и пустыми от спермы характеризует переход семенников в IV-V стадию зрелости (рисунок 4).

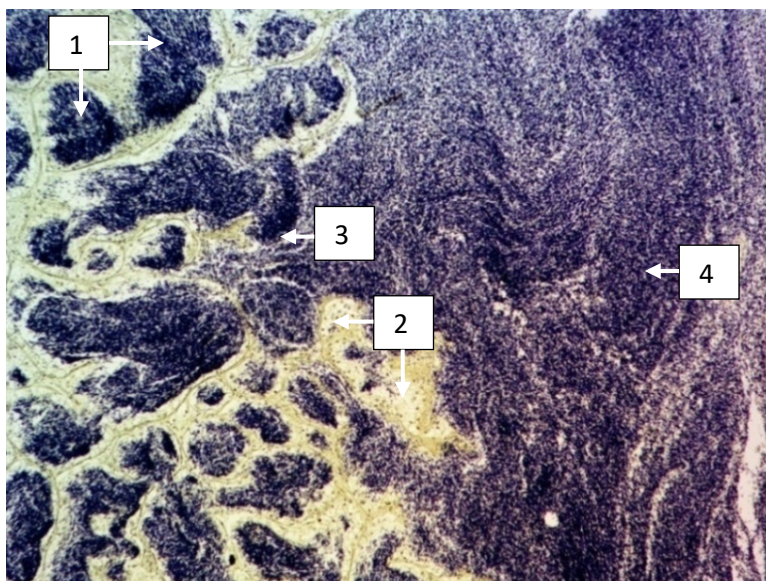


Рисунок 4 - Фрагмент семенника IV-V - стадий зрелости: 1) цисты со зрелыми сперматозоидами; 2) опустевшие цисты; 3) выход сперматозоидов из цист; 4) зрелые сперматозоиды в выводном протоке Ув.ок.10× об.10×

Зрелые сперматозоиды палочковидной формы в выводном протоке характеризуют V стадию зрелости, рисунок 5.

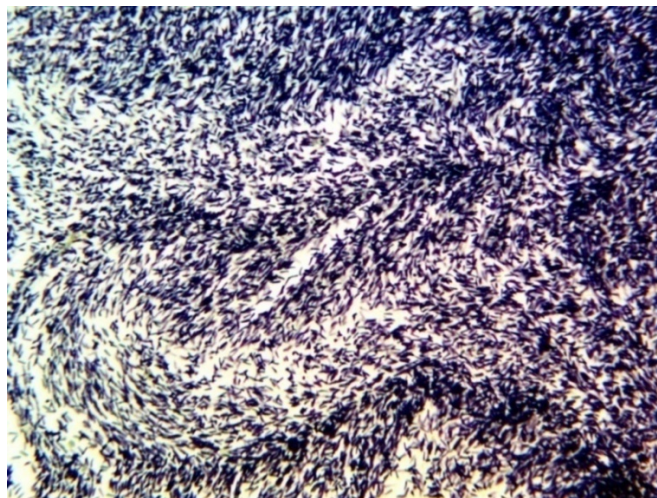


Рисунок 5 – Зрелые сперматозоиды палочковидной формы.
Ув.ок.10× об.40×

Одновременно с выходом сперматозоидов в выводной проток в цистах идет процесс резорбции перезревшей спермы, который осуществляется клетками фолликулярного эпителия [Кулаев, 1927; Персов, 1947; Сакун, 1954; Буцкая, 1959; Серебрякова, 1964].

Показателем процессов резорбции в семенниках, уже IV-VI стадии зрелости, является присутствие в цистах наряду с остаточными сперматозоидами и цист с неиспользованными сперматозоидами, слившиеся в сплошные непросвечивающие массы (рисунок 6).

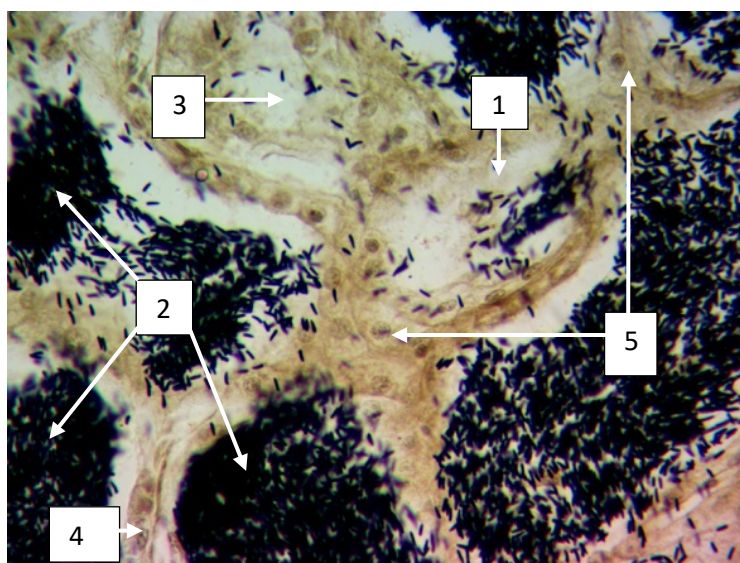


Рисунок 6 - Фрагмент семенника IV-VI стадии зрелости: 1) цисты со остатками резорбирующихся сперматозоидов; 2) массы слившихся резорбирующихся сперматозоидов; 3) опустевшие цисты; 4) фолликулярный эпителий; 5) клетки фолликулярной оболочки.
Ув.ок.10× об.40×

После нереста семенники вступают в VI стадию зрелости (выбой). Опустошение семенных канальцев приводит семенники в дряблое состояние. В цистах остатки сперматозоидов подвергаются резорбции как регулирующим, естественным процессом в протекании половых циклов у рыб. Стенки фолликулярной оболочки, обеспечивающие резорбцию, приобретают кубическую форму, а внутри фолликулярных клеток можно различать фагоцитированные головки сперматозоидов (рисунок 7).

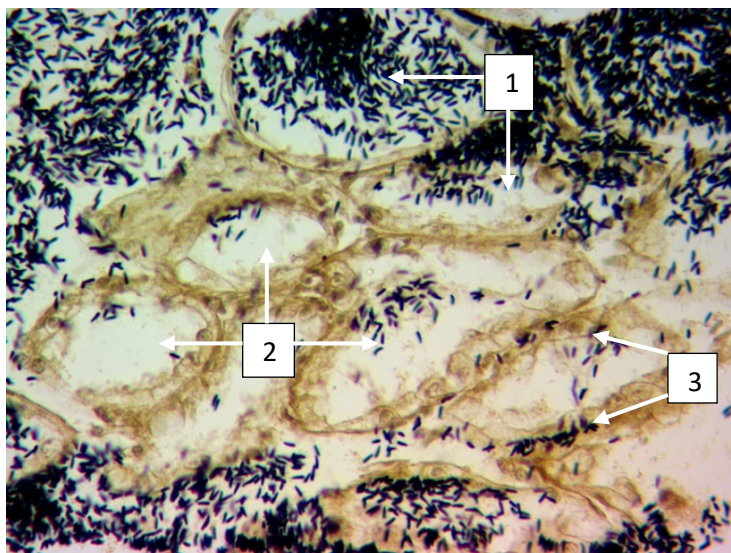


Рисунок 7 - Фрагмент семенника VI стадии зрелости (выбой): 1) цисты с остатками резорбирующихся сперматозоидов; 2) опустевшие цисты; 3) стенки фолликулярной оболочки цист со фагоцитированными головками сперматозоидов. Ув.ок.10× об.40×

В выводном протоке неиспользованные сперматозоиды также подвергаются резорбции, сливаясь в сплошные непросвечивающие массы (рисунок 8).

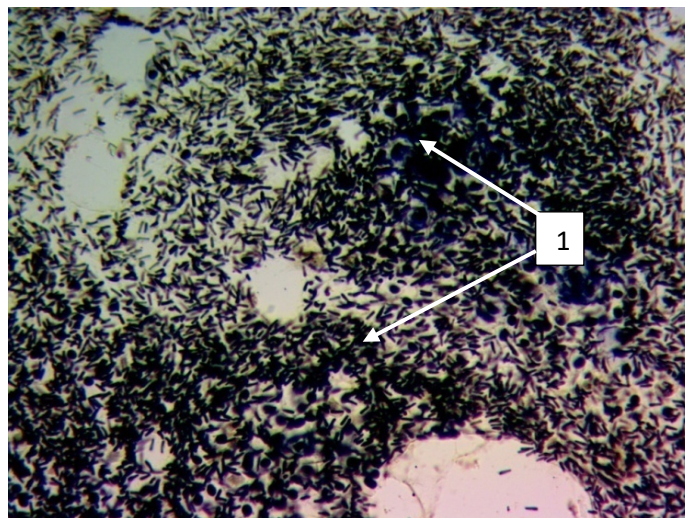


Рисунок 8 - Фрагмент выводного протока VI стадии зрелости: 1) резорбция неиспользованной спермы. Ув.ок.10× об.40×

После выбоя семенники постепенно переходят в VI – начало II-ой стадии зрелости, где происходит резорбция остатков неиспользованных сперматозоидов и формирование цист, содержащих первичные сперматогонии новой генерации половых клеток следующего полового цикла в будущем нерестовом сезоне (рисунок 9).

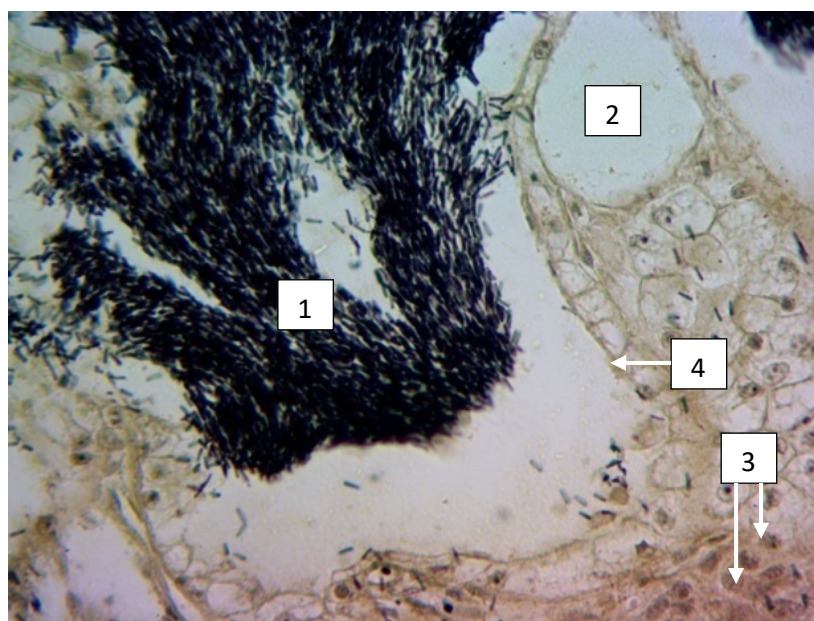


Рисунок 9 - Фрагмент семенника VI - начало II стадии зрелости: 1) цисты с остатками резорбирующихся сперматозоидов; 2) опустевшие цисты; 3) первичные сперматогонии; 4) фолликулярная оболочка. Ув.ок.10× об.40×

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс сперматогенеза в промышленных условиях показан у впервые созревших самцов сибирского осетра ленской популяции в возрасте 1400 суток, для которого потребовалось 21483 градусо-дней. Цитологическая дифференцировка пола у самцов происходит в 4-летнем возрасте в полностью сформированной железе. Созревание половых клеток у самцов осетровых рыб обеспечивают волны сперматогенеза, характеризующиеся интенсивным протеканием от III до VI стадий зрелости семенников. Определение пола у самцов рыб носит генотипический характер и состоит из нескольких этапов. Первый этап волны сперматогенеза – митотические деления сперматогоний до сперматоцитов I порядка, второй этап – мейоз, это 2 деления созревания, ведущие к уменьшению вдвое числа хромосом - сперматоциты II порядка и сперматиды с гаплоидным набором хромосом. Третий этап – спермиогенез, в ходе которого сперматиды преобразуются в сперматозоиды, характеризующие IV стадии зрелости семенника. Сформированные сперматозоиды выходят из цист в семенные каналцы и направляются к общему выводному протоку, расположенному в верхней части семенника для последующего выхода их через генитальное отверстие. Текучесть половых продуктов характеризуется как V стадия зрелости семенников. После вытекания спермы из семенных каналцев

наступает посленерестовое состояние, VI стадия зрелости, при которой неиспользованные сперматозоиды перезревают и подвергаются естественному процессу резорбции, порой сливаясь в сплошную однородную массу.

В гонадах у отнерестившихся самцов остается небольшое количество цист, которые заполнены зрелыми сперматозоидами, указывающих на возможность повторного получения спермы. В связи с этим использование самцов в нерестовом сезоне может быть неоднократным, но кратковременным в зависимости от полового цикла самок. Для осетровых рыб характерен единовременный тип икрометания, поэтому волна сперматогенеза закономерно носит сезонный характер, она всегда взаимосвязана с протеканием оогенеза, обеспечивая целенаправленное формирование искусственно создаваемых маточных стад.

При контроле степени половой зрелости у самцов в преднерестовый и нерестовый периоды во времени в условиях индустриального предприятия с годовой суммой тепла 5600 градусо-дней открываются пути управления закономерным ходом сперматогенеза в годичном половом цикле.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Алтуфьев Ю.В., Романов А.А., Долгопол А.П. Методическое пособие к изучению развития половых желез у рыб (на примере семейства *Acipenseridae* – осетровых). - Астрахань: Астраханский технический институт рыбной промышленности и хозяйства, 1986. - 57 с.
- Багров А.М., Илясова В.А., Мельченков Е.А., Калмыкова В.В. Новые объекты акклиматизации в пресноводной аквакультуре: гаметогенез, половые циклы, рыбоводное освоение // Рыбное хозяйство. – 2020. - № 3. – С. 82-87.
- Буцкая Н.А. Об особенностях функции семенников у рыб различными типами нереста // Докл. АН СССР. – 1955. - Т. 100, № 4. – С. 809-812.
- Буцкая Н.А. Фолликулярный эпителий семенников и особенности его функции, связанные с типом нереста (на примере окуневых) // Зоологический журнал. - 1959. - Т. 38, вып. 12. - С. 1844-1849.
- Илясова В.А. Гаметогенез и половые циклы веслоноса. Сообщение 2. Сперматогенез // Сб. науч. тр. «Растительоядные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации». - М.: ВНИИПРХ, 1988. - Вып. 54. - С. 35-39.
- Илясова В.А. Гаметогенез и половые циклы веслоноса (*Polyodontidae*): автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. - М., 1989. - 24 с.
- Илясова В.А. Гаметогенез и половые циклы новых объектов рыбоводства и акклиматизации в связи с искусственным воспроизводством: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. докт. биол. наук. - М., 1995. - 48 с.
- Кулаев С.И. Наблюдения над изменением семенников речного окуня в течении годового цикла // Русский зоологический журнал. - 1927. - Вып. 3. - С. 15-53.
- Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А., Микулин А.Е., Пьянова С.В., Полуэктова О.Г. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы. - М.: Изд-во ВНИРО, 2009. - 112 с.

- Персов Г.М. Семенник севрюги в период нерестовой миграции, нереста и поката // Тр. лаб. основ рыбоводства. - 1947. - Т. 1. - С. 177-185.
- Персов Г.М. Дифференцировка пола у рыб. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. - 147 с.
- Ромейс Б.С. Микроскопическая техника. - М.: Иностранная литература, 1953. - 648 с.
- Сакун О.Ф. Анализ функции половых желез у самцов и самок рыб в связи с характером нереста (на примере сырты *Vimba vimba*) // Докл. АН СССР. - 1954. - Т. 98, № 3. - С. 505-507.
- Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. - М.: Пищевая промышленность, 1963. - 36 с.
- Серебрякова Е.В. Исследование гонад производителей осетра Волгоградского водохранилища // Осетровые южных морей Советского Союза / Труды ВНИРО. М.: Пищевая промышленность, 1964. - Т. 56 Сборник 3. - С. 117-130.
- Трусов В.З. Некоторые особенности созревания и шкала зрелости половых желез осетра // Труды ВНИРО. - 1964. - Т. 56 Сборник 3. - С. 69-78.

ANALYSIS OF SPERMATOGENESIS TRENDS IN SIBERIAN STURGEONS IN ARTIFICIAL BREEDING DEPENDING ON ABIOTIC FACTORS

V.A. Ilyasova, E.A. Mel'chenkov, V.V. Kalmykova,
N.A. Kozovkova, A.P. Vorob'ev, A.A. Archibasov, A.V. Mishchenko
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)
E-mail: ilyasova_va@vniiprh.ru, melchenkov_ea@vniiprh.ru

Abstract. The paper focuses on spermatogenesis trends in male Siberian sturgeons of Lena population, considering sex cell development under industrial conditions with annual heating degree days of 5,600. The males achieved maturity at 1,400 days, where the first maturation took 21,483 degree-days with a mean temperature of 15.3 °C and mean body weight of 5.19 kg. Cytological sex determination takes place in mature species, which promotes intense spermatogenesis waves from stage III till stage VI of testicular development. At stage VI of development, unused sperm becomes overripe and is naturally reabsorbed. Monitoring of sexual maturity level in males before and during spawning under industrial conditions with annual heating degree days of 5,600 enables control of spermatogenesis trends in the annual sexual cycle.

Keywords: Siberian sturgeon, spermatogenesis, thermal constants, trends, degree-days, stage of maturity.

К ВОПРОСУ О РЕЗИСТЕНТНОСТИ РЫБОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ К ЦИПРОФЛОКСАЦИНУ

М.С. Кукин, С.Б. Токарева, Л.Н. Юхименко, А.С. Сафронова
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*
E-mail: kudin_ms@vniiprh.ru

Приведены результаты лабораторных исследований по проверке чувствительности рыбопатогенных бактерий к ципрофлоксацину. Выявлено, что 36,1 % штаммов резистентны, или слабо чувствительны к его действию. Это подтверждает снижение эффективности препаратов на основе ципрофлоксацина при лечении бактериальных болезней рыб.

Ключевые слова: антибактериальные препараты, бактериальная геморрагическая септицемия, болезни рыб, резистентность, рыбопатогенные бактерии, ципрофлоксацин.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема резистентности микроорганизмов к антибактериальным препаратам в настоящее время носит глобальный характер, затрагивая все отрасли, сталкивающиеся с инфекционными болезнями. Это относится так же и к аквакультуре, когда в рыбоводных хозяйствах возникают вспышки бактериальных заболеваний, и встает вопрос о подборе и назначении лечебных препаратов, эффективно действующих против различных групп возбудителей болезней рыб. На сегодняшний день в российском реестре лекарственных средств, разрешенных к применению в товарной аквакультуре, из антибактериальных препаратов зарегистрированы только такие препараты, действующим веществом которых является ципрофлоксацин, что очень ограничивает выбор рыбоводов при проведении лечебных мероприятий. На протяжении нескольких лет препараты ципрофлоксацина показывали высокую эффективность при лечении бактериальных болезней рыб, однако со временем стала отмечаться нарастающая тенденция к снижению эффективности данных препаратов, что обусловлено постепенным развитием резистентности рыбопатогенных бактерий к ципрофлоксацину и появлению ципрофлоксацин-зависимых мутантов [Юхименко, 2018].

Целью исследования являлось проведение проверки чувствительности к ципрофлоксацину бактерий, выделенных при комплексных ихтиопатологических исследованиях из паренхиматозных органов рыб, из воды и комбикормов; определение процента резистентных штаммов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе работы, на чувствительность к ципрофлоксацину было проверено 463 культуры бактерий различных штаммов, входящих в этиологическую структуру бактериальной геморрагической септицемии рыб (БГС) – полиэтиологического заболевания, широко распространенного в настоящее время в рыболовных хозяйствах России (таблица 1). Определение чувствительности проводили методом индикаторных дисков.

Таблица 1 – Количество культур рыбопатогенных бактерий, проверенных на чувствительность к ципрофлоксацину

Штаммы	Количество проверенных культур			Всего проверенных культур
	рыба	вода	комбикорм	
<i>Aeromonas sp.</i>	71	245	-	316
<i>Moraxella sp.</i>	10	16	4	30
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	20	17	5	42
<i>Acinetobacter baumannii</i>	16	15	4	35
<i>Citrobacter sp.</i>	24	10	1	35
<i>Enterococcus sp.</i>	-	5	-	5
Итого	141	308	14	463

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований показали, что 36,1 % проверенных штаммов (167 из 463 штаммов) оказались резистентными, или имели слабую чувствительность к ципрофлоксацину (таблица 2), а в отдельных случаях, в зоне угнетения бактериального роста вокруг диска отмечался рост колоний зависимых мутантов.

Таблица 2 – Результаты проверки чувствительности выделенных штаммов рыбопатогенных бактерий к ципрофлоксацину

Штаммы	Чувствительность к ципрофлоксацину, % от проверенных культур			
	резистентные (d = 0-14 мм)	слабо-чувствительные (d = 15-25 мм)	чувствительные (d = 26-34 мм)	высоко-чувствительные (d ≥ 35 мм)
<i>Aeromonas sp.</i>	6,0	30,0	31,7	32,3
<i>Moraxella sp.</i>	0	6,7	30,0	73,3
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	4,8	21,4	35,7	38,1
<i>Acinetobacter baumannii</i>	0	20,0	31,4	48,6
<i>Citrobacter sp.</i>	11,4	85,7	2,9	0
<i>Enterococcus sp.</i>	20,0	40,0	40,0	0

Из 316 проверенных культур аэромонад резистентными и слабо чувствительными к ципрофлоксацину были 36,0 %. Наибольшей устойчивостью

обладали виды и биовары: *Aeromonas caviae*, *A. sp.*, *A. sp.1*, *A. sp.3*, *A. sp.7*, *A. sp.9*, *A. sp.13* (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты проверки чувствительности выделенных видов и биоваров аэромонад к ципрофлоксацину

Виды и биовары аэромонад	Чувствительность к ципрофлоксацину, кол-во проверенных культур			
	резистентные (d = 0-14 мм)	слабо чувствительные (d = 15-25 мм)	чувствительные (d = 26-34 мм)	высоко чувствительные (d ≥ 35 мм)
<i>A. eucrenophila</i>	0	2	0	1
<i>A. sobria</i>	1	16	17	38
<i>A. caviae</i>	2	3	2	7
<i>A. sp.</i>	5	2	5	2
<i>A. sp.1</i>	1	8	6	0
<i>A. sp.2</i>	2	2	6	6
<i>A. sp.3</i>	0	5	7	0
<i>A. veronii</i>	0	1	2	5
<i>A. schubertii</i>	0	1	6	12
<i>A. sp.6</i>	0	0	2	0
<i>A. sp.7</i>	7	25	15	3
<i>A. sp.8</i>	0	2	3	3
<i>A. sp.9</i>	1	7	8	2
<i>A. sp.11</i>	0	1	2	0
<i>A. sp.13</i>	0	17	19	23
Итого	19	92	100	102

Кроме аэромонад, значительное количество устойчивых к ципрофлоксацину штаммов было выявлено среди большинства других распространенных представителей условно-патогенной микрофлоры рыбохозяйственных водоемов, способных вызывать развитие заболеваний у рыб. Среди проверенных культур неферментирующих щелочеобразователей, количество резистентных и слабо чувствительных штаммов составляло у *Acinetobacter calcoaceticus* – 26,2 %, у *Acinetobacter baumannii* – 20,0 %, у *Moraxella sp.* – 6,7 %. Наименьшую чувствительность к ципрофлоксацину показали культуры патогенного *Citrobacter sp.*, нередко являющегося одним из этиологических компонентов БГС. 97,1 % штаммов *Citrobacter sp.* имели слабую чувствительность и резистентность к данному препарату. 60,0 % культур *Enterococcus sp.*, при небольшой выборке, так же оказались слабо чувствительными и резистентными к ципрофлоксацину.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать заключение о том, что устойчивость рыбопатогенных бактерий к препаратам на основе ципрофлоксацина уже на сегодняшний день высока и составляет 36,1 %. В последующие годы, в результате повсеместного применения препаратов ципрофлоксацина хозяйствами для лечения бактериозов рыб, при отсутствии

других зарегистрированных и производимых для товарной аквакультуры антибактериальных средств, процент устойчивых к ципрофлоксацину штаммов может значительно увеличиться. Прогрессирующая антибиотикорезистентность, быстро развивающаяся вследствие генетических мутаций микроорганизмов, существенно снижает эффективность проводимых лечебных мероприятий, а со временем требует увеличения дозировок препарата и кратности его применения, что может оказывать побочные токсические действия на организм рыбы. При отсутствии альтернатив препаратам ципрофлоксацина данная проблема создает серьезную угрозу отрасли. В связи с этим, важными и актуальными задачами являются поиск, апробация и регистрация новых эффективных антибактериальных препаратов для товарной аквакультуры, а также средств профилактики бактериальных болезней рыб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Юхименко Л.Н. Эффективное обеспечение охраны здоровья рыб // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ «Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры». - М.: Сельскохозяйственные технологии, 2018. - Вып. 89. - С. 44-47.

CIPROFLOXACIN RESISTANCE IN BACTERIAL FISH PATHOGENS

M.S. Kukin, S.B. Tokareva, L.N. Yukhimenko, A.S. Safronova
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)
E-mail: kukin_ms@vniiprh.ru

Abstract. Results of laboratory verification studies of fish pathogenic bacteria sensitiveness to ciprofloxacin have been given. It has been revealed that 36,1 % of strains are resistant or slightly sensitive to its influence. It proves effectivity decrease of preparations, made on the basis of ciprofloxacin, at the control of bacterial fish diseases.

Key words: antibacterial preparations, bacterial hemorrhagic septicemia, fish diseases, resistance, fish pathogenic bacteria, ciprofloxacin.

ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ АЭРОМОНАД

Л.Н. Юхименко, С.Б. Токарева, М.С. Кукин
(обзор отечественной и зарубежной литературы)

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)

E-mail: yln1937@mail.ru, m.kukin92@mail.ru

Приведены данные отечественной и зарубежной литературы по эпизоотическому и эпидемиологическому значению подвижных аэромонад и по проблеме их чувствительности к антибактериальным препаратам.

Ключевые слова: подвижные аэромонады, эпизоотологическое и эпидемиологическое значение подвижных аэромонад, антибиотикочувствительность.

Одной из проблем инфекционной патологии, наносящей существенный ущерб рыбоводству, являлась проблема аэромоноза [Thorpe, 1972; Денисов, 1990; Пищенко, 2006; Беретарь, 2009, 2010; Кухаренко и др., 2012]. Если раньше это было обусловлено широким применением в прудовом рыбоводстве интенсификационных мероприятий, то позднее аэромонадная инфекция связывалась со снижением резистентности рыб, изменением экологической ситуации и нарушением санитарно-гигиенического режима в прудах, неудовлетворительным качеством комбикормов и их недостаточным количеством [Тлупов, 2004].

Аэромонады – сложная в таксономическом отношении группа бактерий. Предлагалось множество классификаций, основанных на различных таксономических признаках, каждая имела свои плюсы и минусы, но не получала широкого распространения. В 1981 г. в результате изучения гибридизации ДНК-ДНК 55 штаммов *Aeromonas* на основании полученных данных об их физиологических различиях авторы признали 3 вида: *A. hydrophila*, *A. caviae* и *A. sobria*. Однако внутри каждого вида по данным гибридизации ДНК существовало несколько групп [Poroff, 1981]. В 1983 г. было сделано сообщение о выделении из речной воды нового вида аэромонад *A. media*, обладающего коричневым пигментом [Allen, 1983]. По данным фенотипических, генотипических и дифференциальных характеристик в 9-м издании Определителя бактерий Берджи (1994) [Определитель бактерий Берджи, 1997] была принята классификация, которая предусматривала разделение подвижных аэромонад на три вида: *A. hydrophila*, *A. sobria* и *A. caviae*. Однако вариабельность ферментативных характеристик заставила выделить пять биоваров только по ферментации салицина, L-арабинозы и гидролизу эскулина.

В последующем издании Определителя бактерий Берджи видовой состав аэромонад был значительно расширен (таблица 1).

Таблица 1 – Дифференциальные признаки подвижных аэромонад

Характеристики	<i>A. caviae</i>	<i>A. eucrophila</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>A. media</i>	<i>A. schubertii</i>	<i>A. sobria</i>	<i>A. veronii</i>
Сахароза, кислота	+	d	+	+	-	d	+
Трегалоза, кислота	+	+	+	+	+	d	+
Эскулин, гидролиз	+	+	+	d	-	-	+
Коричневый растворимый пигмент	-	-	-	+	-	-	-
Глюкоза (газ)	-	+	+	+	-	+	+
Примечания «+» - р-я положительная «-» - р-я отрицательная d - р-я переменная							

Некоторые характеристики, не играющие дифференцирующей роли, были нами опущены. Однако и эта классификация не являлась окончательной.

S. Joseph и A. Carnahan (1994) в обзоре, посвящённом выделению, идентификации и систематике подвижных аэромонад, на основании получения генотипических и фенотипических признаков предложили другую классификацию подвижных аэромонад (таблица 2).

Даже, если судить по этим приведённым материалам, то в вопросе о таксономии подвижных аэромонад ещё никто не поставил окончательную точку.

Таблица 2 – Определяющие признаки мезофильных видов аэромонад

Характеристики	<i>A. hydrophila</i>	<i>A. veronii bv sobria</i>	<i>A. veronii bv veronii</i>	<i>A. caviae</i>	<i>A. schubertii</i>	<i>A. jandaei</i>	<i>A. trota</i>
Эскулин гидролиз	+	-	+	+	-	-	-
VP	+	+	+	-	v	+	-
L-Арабиноза	v	-	-	+	-	-	-
Маннит	+	+	+	+	-	+	+
Сахароза	+	+	+	-	-	-	-
Индол/H ₂ S	+/+	+/+	+/+	-/-	-/-	+/+	+/+
Глюкоза (газ)	+	+	+	-	-	+	+
Примечания «+» - положительно более 70% изолятов «-» - отрицательно менее 30% изолятов V - р-я переменная							

В 2010 г. J.M. Janda и S.L. Abbot опубликовали статью, в которой приводились характеристики некоторых видов аэромонад (таблица 3).

Таблица 3 – Дифференциальные признаки видов *Aeromonas*

Вид	В % к числу изученных штаммов								
	VP	Глюкоза(газ)	L-арабиноза	Рамноза	Лактоза	Сахароза	Маннит	Эскулин	Мочевина
<i>A. hydrophila</i>	95	95	58	7	27	97	98	99	26
<i>A.veronii</i> bv. <i>sobria</i>	94	89	91	0	22	100	99	7	1
<i>A. caviae</i>	0	0	100	1	79	100	100	97	96
<i>A. veronii</i> bv. <i>veronii</i>	83	92	8	0	83	100	100	92	0
<i>A. jandaei</i>	88	100	0	0	18	0	100	0	7
<i>A. trota</i>	6	71	0	0	12	24	71	12	69
<i>A. schubertii</i>	17	0	0	0	25	0	0	0	0
<i>A. popoffii</i>	100	100	57	0	0	0	100	0	71
<i>A. bestiarum</i>	63	75	100	69	13	100	100	94	94
<i>A. media</i>	0	0	100	0	94	100	100	88	100
<i>A. eucrenophila</i>	0	73	82	20	55	64	100	82	9

В данной работе авторы рассматривали только клинические изоляты и не рассматривали те показатели, которыми пользовались мы (нет реакции с салицином), поэтому сопоставить полное соответствие некоторых биоваров не представлялось возможным, но в приближенном виде такие биовары нами от рыб не выделялись.

К аэромонадам чувствительны практически все виды рыб. Аэромоноз у растительноядных рыб и карпов описали различные авторы [Афанасьев и др., 1978, 1978а; Жезмер и др., 1990; Авдеева, Котлярчук, 2001]. Э.К. Скурат с соавторами [Скурат и др., 1997] сообщили об аэромонозе карпов и сазанов, вызванном *A. hydrophila* и *A. punctata*, в Белоруссии. В Калининградской области в учебно-опытном рыбоводном хозяйстве в микробиоценозе карпа преобладали аэромонады различных видов [Авдеева, Казимирченко, 2015].

Аналогичная ситуация отмечалась в рыбоводных хозяйствах восточных районов Украины [Мазур, Гаркуша, 2014]. Острую септицемию, вызванную патогенными штаммами *A. hydrophila*, наблюдали у больших индийских карпов на двух рыбоводных фермах в округе Западной Годавари в Индии [Karunasagar, 1989]. Массовая гибель рыбы зимой и весной в естественных водоёмах, вызванная *A. hydrophila*, была описана в Англии [Joaquin, 1987].

Неоднократно аэромоноз, вызванный подвижными аэромонадами, регистрировался у форели (*Salmo gairdneri* R.), выращиваемой в солоноватых водах [Луллу и др., 1989; Пученкова, 1991; Пученкова, Луллу, 1990], у кумжи (*Salmo trutta*) [Racicot, 1975; Stephen, 2002] и сёмги, выращиваемой на Княжегубском рыбоводном заводе [Иранманеш, 2018], у тихоокеанских лососей в Приморье [Плюснин и др., 1989; Шкурина, Принцевская, 2003] и Магаданской области [Витомскова, 2003; Видищев, 2011], у двухлесток лосося (*Salmo salar* L.) в Швеции [Johansson, 2000].

В восточной части Балтийского моря у трески с язвенными поражениями на поверхности тела были выявлены патогенные бактерии *A. punctata*, на основании чего авторы сделали вывод, что Балтийское море может быть источником инфекции для рыб, искусственно выращиваемых на морской воде [Гаврилин и др., 2002]. У мальков полосатого окуня (*Morone saxatilis* W.), выращиваемого в бассейнах экспериментальной базы ЮгНИРО «Заветное» при покраснении жабр и вздутии брюшка было выделено 8 штаммов аэромонад, пик численности которых наблюдали в морской воде в районе мыса Большой Утриш при повышении температуры воды до 24-28 °С [Пученкова, 1991]. Для профилактики заболеваний авторы предложили проводить тщательный микробиологический контроль морской воды с обязательным определением количественного состава аэромонад.

A. hydrophila описан в качестве возбудителя краснопятнистой болезни угря в Греции [Velitzelos et al., 1980] и болезни «красный плавник» в Японии [Sato, 1981]. Этот же возбудитель был выделен на Тайване от культивируемого змееголова *Channa maculata* [Song et al., 1973], *A. schubertii*, был выделен при висцеральной белопятнистой болезни у змееголова *Channa masculata cheng* [Luo et al., 2012] и при вспышке аэромонадной инфекции у обыкновенного змееголова *Ophiocephalus sargus* в прудах провинции Сяньнин в центральном Китае [Liu, Li, 2012], у чёрного амурского леща (*Megalobrama amblycephala*) в Китае [Lu et al., 2015] и у аю (*Plecoglossus altivelis*) в Японии [Miyazaki, 1985], при эпизоотии язвенной болезни у донно-живущих рыб в озере Бай на Филиппинах [Liobrera, Gacutan, 1987]. О накоплении аэромонад в летний период у донных промысловых рыб Волго-Каспийского бассейна сообщила Л.В. Ларцева [2000].

Об этиологической роли аэромонад в патологии рыб длительное время шли дискуссии. Первоначально регистрировали заболевания рыб под диагнозом «краснуха», с возбудителем неустановленной природы, но считавшиеся инфекционными. В 1904 г. М. Plehn предположил бактериальную природу заболевания. Эту точку зрения поддерживал В. Шаперклаус [1954, 1966]. Он считал возбудителем *A. punctata* forma *ascitae*, сапрофитную форму, которая при определённых условиях могла приобретать вирулентность и вызывать заболевание рыб. В то же время многие авторы отмечали, что часто у рыб с диагнозом «краснуха» *A. punctata* не выделяется, что не укладывалось в бактериальную гипотезу «краснухи». Советские ученые уже в 30-х - 40-х годах на основании гистологических исследований предположили вирусную природу заболевания [Гусева, 1939; Гончаров, 1949], которая получила подтверждение и

у зарубежных исследователей [Nicolau, 1951; Tomases, 1951; Roenger-Aust, 1953]. Длительное время считали, что возбудителями «краснухи» являются вирусы, а бактерии – осложняют течение заболевания [Осадчая, 1964, 1977].

В 1974 году вышла статья К.А. Лобунцова «Краснуха и «краснухоподобные» болезни рыб (этиология и дифференциальная диагностика)», положившая конец многолетним спорам – в ней было дано обоснованное разделение «краснухи» на весеннюю виремию карпа, аэромоноз и псевдомоноз. А в 1991 году в журнале «Рыбное хозяйство» Ю.Л. Волынкин с соавторами привели анализ заболеваемости рыб краснухой в Белгородской области с 1978 года, разделив её на три группы: весеннюю (аэромоноз, псевдомоноз и смешанные инфекции у трёхлетних рыб), осеннюю (аэромоноз у двухлеток, реже – псевдомоноз, который может протекать по типу жаберного некроза) и зимние формы псевдомоноза, реже – аэромоноза, или смешанные инфекции годовиков и двухгодовиков. Для профилактики вспышек заболевания применяли негашеную известь в нагульных прудах, лечебное кормление с фуразолидоном, обработку рыб в прудах органическими красителями и на ранних стадиях бактериального поражения жабр – гипохлорит кальция. Получается, что все эти заболевания авторы объединили по наличию одного признака – синдрома гиперемии, что в настоящее время не допускается.

Тем не менее диагноз «краснуха» кое-где ставится до сих пор и роль аэромонад в качестве первичного возбудителя инфекции ставится под сомнение; считают, что аэромоноз у карпов является чаще всего вторичной инфекцией [Борисова и др., 2003].

Существенную роль в провоцировании аэромоноза играют паразиты. При ботриоцефалёзной инвазии карпов развивается эндогенная форма инфекции в результате повреждения стенки кишечника и изменения его микробиоценоза [Ярошевич, 2003]. Экспериментально было показано, что при инфицировании *A. hydrophila* серебряных карасей, зараженных инфузорией *Ichthyophthirius multifiliis* и травмированных, развитие бактериальной инфекции ускоряется и она имеет более продолжительное течение, чем у рыб, не зараженных инфузориями. Авторы предположили, что травмирование тела рыбы инфузорией позволяет попадать возбудителю из воды в тело рыбы [Liu, Lu, 2004]. Массовая гибель лягушек была отмечена в бассейне одного из колледжей в Индии. При бактериологическом обследовании лягушек, осадка и воды из бассейна были выделены *A. hydrophila* [Stephen, 2002]. Этот же возбудитель в сочетании с *Pseudomonas aeruginosa* был выделен из язвы в полости рта при некротическом стоматите у бразильской змеи *Bothrops alternatus*, в связи с чем авторы предложили ужесточить режим асептики и антисептики при получении от змей яда для производства антитоксических сывороток [Marcio et al., 1987].

Патогенные *A. hydrophila* выделили из селезёнки, почек и фекалий мертвого зайца [Roenger-Aust, 1953], от лебедя *Cygnus olor* [San Verusto, 1956; Santos et al., 1987] и диких птиц [Gibbs, 1989]. При этом авторы сообщают, что от живых птиц аэромонады чаще выделялись из кишечника, от павших – из

лёгкого, и выделялись из кишечника чаще у водоплавающих птиц, чем у обитающих на суше.

При обследовании домашнего скота аэромонады были выделены от коров, свиней, овец и коз [Drazek, 1986].

Г.П. Калина привел информацию о роли аэромонад в патологии человека в обзоре зарубежной литературы (1974). Нами была описана вспышка кишечной инфекции у учащихся ГПТУ в Московской области, которая была вызвана употреблением отварной рыбы терпуг, инфицированной *A. sobria* [Юхименко и др., 1977]. О частоте выявления аэромонад в пробах фекалий человека в Болгарии сообщил З. Захариев (1974), была доказана энтеропатогенность штаммов *A. hydrophila*, выделенных от взрослых и детей с диареей [Sanyal, 1975; Dosso et al., 1986; Eko et al., 1989]. С.С. Soussi, F.J. Squinasi и J.L. Duval (1975) описали 12 документированных случаев аэромоноза у 20 наблюдавшихся человек. Случаи были отнесены ко вторичной инфекции, развившейся на фоне предшествующих тяжелых соматических заболеваний (злокачественных новообразований, лейкемии, цирроза печени) и привели к летальному исходу. В Италии от 21 ребёнка с гастроэнтеритом и 12 здоровых детей было выделено 39 штаммов аэромонад, из которых 6 относились к *A. hydrophila*, 5 – к *A. sobria* и 18 – к *A. caviae* [Figura, 1986], а при диарее у детей в государстве Берег Слоновой кости в 24,4 % случаев были выделены аэромонады, из которых в 50,0 % были *A. caviae*, в 27,3 % - *A. sobria*, в 22,7 % - *A. hydrophila* [Dosso et al., 1986]. В Англии при обследовании 2009 детей на наличие аэромонад выделили возбудителя от 89 детей (4,43 %). При этом 71 штамм был идентифицирован как *A. caviae*, 11 – как *A. sobria*, 7 – как *A. hydrophila* [Hunt et al., 1987], а из 40 штаммов аэромонад, выделенных от 39 больных диареей, 22 штамма были идентифицированы, как *A. caviae*, 10 – как *A. hydrophila*, 5 – как *A. sobria* и 3 – не были определены [Joaquin et al., 1987]. В Испании за два года при исследовании 3360 проб фекалий было выделено 47 штаммов *A. hydrophila*, которые занимали 4-е место после сальмонелл, кампилобактеров и шигелл [Rodriguez et al., 1988].

A. hydrophila могут вызывать острые диарейные заболевания, главным образом в летние месяцы. В результате загрязнения повреждённых тканей водой или почвой аэромонады могут вызывать раневые инфекции и флегмону. При хроническом заболевании печени аэромонады могут вызвать септицемию, часто заканчивающуюся летальным исходом. Кроме этого, возможны инфекции глаз, дыхательных путей, мочевого тракта, остеомиелит, септический артрит, отит, эндокардит и менингит. *A. sobria* вызывает тяжелое холероподобное заболевание, сопровождающееся болями в животе, профузным поносом, тошнотой и лихорадкой. Бактерии этого вида вызывают также раневые инфекции, связанные с применением медицинских пиявок [Rose et al., 1987; Asao, 1988; Nishikawa, 1988; Rolston, 1988; Altwegg, Geiss, 1989; Йоргенсон, Пфеллер, 2006; Hu et al., 2015].

Об этиологической роли аэромонад при патологических процессах у теплокровных сообщали многие исследователи из разных стран [Чайка и др., 1988; Colwell, 1988; Namdari, Bottone, 1990; Котлярчук, 2004; Макарова, 2007].

Способность аэромонад вызывать заболевания у животных и человека связывают с их вирулентностью, способностью к токсинообразованию, наличием факторов агрессии. Патогенность многих микроорганизмов связывают с наличием дезоксирибонуклеаз [Мессинава, 1963, 1966; Пастер, 1971, 1973]. Было показано, что аэромонады продуцируют два различных энтеротоксина, один из которых не даёт перекрёстных реакций с термолабильным токсином *E. coli* и холерным токсином, второй реагирует с обоими [Allan, 1981; Wadström, 1988]. Показано, что казеиназной активностью обладают как вирулентные, так и авирулентные аэромонады, а 91,9 % вирулентных штаммов *A. hydrophila* и 68,6 % штаммов *A. sobria* обладали гемолитическими свойствами [Rose et al., 1987; Paniagua, 1990]. У патогенных штаммов *A. hydrophila* выявлены энтеротоксины, гемолизины и цитотоксические протеины [Wadström, 1976; Eko, 1989]. У *A. veronii*, выделенных от больных диареей, выявили гемолизин [Stelma, 1988]. Цитотоксический энтеротоксин был выявлен у *A. hydrophila*, выделенного с поверхности кожи и из кишечника у рыб [Boulanger, 1977; Cumberbatch, 1979; Allan, 1981; Hsu et al., 1981; Burke, 1987]. Высокотоксичными для атлантического лосося оказались очищенные внеклеточные протеазы *A. hydrophila*. После внутримышечного введения рыбам очищенной протеазы наблюдали летальные исходы [Schäperclaus, 1954, 1966; Shieh, 1987]. Кроме того, у *A. hydrophila* выявлены термостабильный и термолабильный энтеротоксин, фибринолизин и лейкоцидин [Lungh, 1981]. Большое внимание уделяется поверхностным структурам бактерий, которые считаются факторами патогенности – белки наружной мембраны, фимбрии, капсульные полисахариды, адгезины [Brubaker, 1985; Yamamoto, 1987; Shien, 1988; Smith, 1988; Urbanek, 1989]. Для изучения вирулентности бактерий было предложено множество методов: постановка биопробы, определение так называемых ферментов патогенности, токсинов, способность к размножению в культуре клеток. Установлена взаимосвязь патогенности бактерий с белковым составом, для определения которой используется метод диск-электрофореза в полиакриламидном геле (ДЭПААГ) [Смирнов, Юхименко, 1988]. Метод выявления у различных микроорганизмов ДНКазы был использован многими исследователями: у микрококков, выделенных из клинического материала, у стафилококков [Jeffris, 1957; Калюк, 1971; Пастер, 1971, 1973; Трояшкин, 1975; Wadström, 1988], у энтеробактерий [Завгородняя, Троп, 1973]. ДНКазная активность определялась у стафилококков, выделенных из различных источников – от больных с кишечными расстройствами, с соматическими заболеваниями и с объектов внешней среды (смывы). Установлено, что самые чёткие результаты получаются при изучении штаммов, выделенных из клинического материала. При изучении эпидемиологии заболеваний, вызываемых аэромонадами, было выявлено, что эти микроорганизмы выделяются и от больных, и от здоровых людей, и из окружающей среды. В развивающихся странах это чаще всего связывают с употреблением контаминированной пищи и воды [Sack, 1988]. При исследовании образцов пищевых продуктов, включая рубленую говядину, свинину, цыплят, морепродукты и различные овощи выявили высокий уровень

контаминации аэромонадами, что свидетельствовало о том, что инфекции могут быть скорее пищевого, чем водного происхождения. В 70 % мясных продуктов преобладали *A. hydrophila* и *A. sobria*, а в морских продуктах, овощах и овощных продуктах – *A. caviae* [Nishikawa, 1988]. Именно с гигиеной пищевых продуктов часто связывают вспышки пищевых отравлений и гастроэнтеритов среди людей. Среди установленных виновников заболеваний – птица, мясо, мясные продукты, сырое и пастеризованное молоко, сыры, салаты и др., а среди возбудителей – сальмонеллы, кампилобактеры, йерсинии, стафилококки и аэромонады [Oudar, 1974; Sanyal, 1975; Colwell, 1988; Birgann, 1989; Gibbs, 1989; Jeppesen, 1989; Herman, 1990].

Источником загрязнения продуктов кроме человека может быть вода. При исследовании 239 образцов городской воды на наличие аэромонад в 78 образцах воды из колодцев и конечных пунктов распределительной системы были выявлены энтеротоксинпродуцирующие аэромонады [Mascher, 1988]. В Гааге в восьмидесятые годы прошлого столетия было отмечено неожиданное увеличение интенсивности загрязнения аэромонадами воды централизованного водопровода – до 200 КОЕ/мл в распределительной сети [Kooij, 1988]. В Испании при исследовании сточных вод центральных коллекторов, сточных вод после физико-химической очистки, в сочетании с хлорированием, и биологической обработки, а также образцов речной, морской и водопроводной воды, определяли количество мезофильных аэромонад. Было установлено, что в образцах сточных вод их количество варьировало от 107 до 108 КОЕ/100 мл. В 90 % образцов обработанных, но не хлорированных сточных вод количество мезофильных аэромонад варьировало от 102 до 106 КОЕ/100 мл. Они были обнаружены в 67 % образцов хлорированных сточных вод, во всех образцах речной воды, в морской и в 70 % образцов водопроводной воды [Araujo, 1989]. При круглогодичном обследовании воды в прудах для культивирования тилляпии в Саудовской Аравии установили, что во всех сезонах в пробах преобладали *A. hydrophila* в сочетании с фекальными колиформными бактериями, в связи с чем было высказано опасение о возможной контаминации патогенами и съедобных частей рыб, что создавало риск для здоровья человека [Uddin, 2004].

Для борьбы с аэромонадой в семидесятых годах и позднее широко применяли кротонолактон [Пученкова, 1990; Борисова и др., 2003]. Затем для снижения уровня бактериальной обсеменённости воды стали применять гипохлорит кальция [Калинина, 1985], негашеную известь [Вовк, 1994; Юхименко и др., 2005], озон [Неретин, 2005], перманганат калия [Ghelichpour, 2016], перекись водорода [Hwang, 1987].

Для предупреждения вспышек аэромонадоза, как и любого инфекционного заболевания, необходимо строгое и своевременное выполнение общих профилактических, ветеринарно-санитарных и рыбоводно-мелиоративных мероприятий, обеспечивающих оптимальные зоогигиенические условия окружающей среды.

При возникновении заболевания применяли различные препараты. В Германии долгое время при аэромонадозе успешно применялся триметоприм-

сульфадиметоксин [Neumann, 1980]. В Белоруссии использовали вначале антибиотики и некоторые препараты фуранового ряда. Затем перешли на препараты, выпускаемые фармацевтической промышленностью Беларуси, антибиотики рифампициновой группы и сульфаниламиды [Скурат и др., 1997].

В Ростовской области на основании определения чувствительности выделенных аэромонад к антибиотикам, по эффективности и стоимости выбрали нифулин [Шестаковская и др., 1997]. В Англии при изучении 31 штамма *A. hydrophila*, выделенных при диарее, установили самую высокую чувствительность к гентамицину [San Verusto, 1986]. В Венгрии изучили чувствительность 300 штаммов *A. hydrophila* и *A. punctata*, выделенных из разных органов рыбы, к 27 антибиотикам. Лучшие результаты воздействия на бактерии были у препаратов аминоглюкозидной структуры (стрептомицин и хлорамфеникол), а наиболее эффективным при применении с кормом оказался неомицин. Относительно большое количество штаммов бактерий было чувствительно к антибиотикам этой группы – парамомицину и хлорамфениколу [Farkas, 1980]. В Китае при тестировании *A. hydrophila*, выделяемых из рыб на протяжении 1997-2000 гг., установили наибольшую эффективность хлорамфеникола, гентамицина, норфлоксацина и ципрофлоксацина [Mei et al., 2002]. А уже в 2011 г. была показана высокая резистентность аэромонад, выделенных из биоплёнок пруда и кожи выращиваемых там рыб, к хинолонам, флуорохинолонам, стрептомицину, окситетрациклину, хлорамфениколу, флорфениколу, сульфаметоксазолу и триметоприму, на основании чего авторы высказали опасение, что это может создавать опасность бактериального поражения рыб [Naviner et al., 2011]. В России для борьбы с аэромонадом и профилактики был предложен препарат ПВЭНТИ – поливинилэтинилтриметилпиперидол с йодом [Новоскольцева и др., 2011].

При изучении чувствительности к антибактериальным препаратам аэромонад, выделенных от рыбы и из воды в лаборатории ихтиопатологии ВНИИПРХ в течение 5 лет было установлено, что наибольшее число культур было резистентно и слабочувствительно к цефуроксиму, цефалексину, ампициллину, канамицину, неомицину, пенициллину, сульфамицину, триметоприму и эритромицину. Чувствительны и высокочувствительны выделенные культуры были к ципрофлоксацину, цефотаксиму, цефиксиму, цефаниму, цефуроксиму, цефтриаксону, цефазолину, амоксициллину/клавулину, левомецетину и фурадонину.

Однако подбор препаратов для лечения аэромоназов является весьма проблематичным, т.к. (большая часть) антибактериальных средств не была зарегистрирована ветеринарной службой в качестве лечебного средства, а спектр чувствительности выделенных культур варьировал в широких пределах.

Развитие резистентности у микроорганизмов в настоящее время стало глобальной проблемой. Выяснилось, что старые антибиотики теряют эффективность в 2 раза быстрее, чем учёные изобретают новые. В 2014 году в докладе, подготовленном для британского министра Дэвида Кэмерона, учёные отметили, что если бактерии за 15 лет обретут 100-процентную устойчивость к

антибиотикам, то инфекционные заболевания станут опаснее рака. Недавно китайские исследователи в кишечной палочке обнаружили ген, дающей бактерии сопротивляемость к антибиотику колистину последнему средству при лечении тяжелых инфекций. Власти развитых стран делают упор на ограничение чрезмерного использования антибиотиков с целью предотвращения роста устойчивости к ним бактерий [Сироткин, 2016].

EPIZOOTOLOGICAL AND EPIDEMIOLOGICAL SIGNIFICANCE OF MOBILE AEROMONADS

L.N. Yukhimenko, S.B. Tokareva, M.S. Kukin

(review of domestic and foreign literature)

Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)

E-mail: yln1937@mail.ru, m.kukin92@mail.ru

Abstract. The data of domestic and foreign literature on the epizootological and epidemiological significance of mobile aeromonads and on the problem of their sensitivity to antibacterial drugs are presented.

Keywords: motile aeromonads, epizootological and epidemiological consequences due to motile aeromonads, antibiotic susceptibility.

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОЕМОВ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ

З.И. Шмакова, С.С. Ускова, И.Ю. Бадаева,
Г.И. Христенко, С.С. Ерёмкин, В.С. Кусочкин
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*
E-mail: hidra@vniiprh.ru, swetlbli@mail.ru

На основании гидробиологических исследований, выполненных на водных объектах пяти областей Центрального региона России проведена оценка состояния кормовой базы рыб, продукции основных кормовых компонентов. Определена приёмная ёмкость водоёмов с целью направленного формирования ихтиофауны, повышения рыбопродукции и рыбохозяйственного значения исследуемых водоёмов. Приводятся данные по предельно допустимым объёмам зарыбления исследуемых водоёмов, для наиболее полного использования трофического потенциала.

Ключевые слова: водохранилища Центрального региона России, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, ихтиофауна, продукция, приёмная ёмкость.

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинговые исследования водных объектов Центрального региона России проводятся с целью оценки состояния их экосистем, определения запасов водных биологических ресурсов и приемной емкости для вселения ценных видов рыб, для повышения их рыбохозяйственного значения. Наблюдения за гидробиологическим режимом водоёмов направлены на изучение количественного развития и качественного состава основных групп гидробионтов, составляющих основу естественной кормовой базы рыб. Количество продуцируемого в водоёме корма в значительной степени отражает рыбопродуктивность водоёмов и определяет пути наиболее полного использования трофического потенциала.

Работы проводятся в соответствии с планом ресурсных исследований, государственного мониторинга водных биоресурсов и среды их обитания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наблюдения за гидробиологическим режимом в 2020 г. проведены на пяти водохранилищах, расположенных в Московской (Пестовское вдхр.), Курской (Железногорское вдхр.), Рязанской (Новомичуринское вдхр.), Калужской (Людиновское вдхр.) и Тульской (Щёкинское вдхр.) областях. Отбор проб

проводился в весенний, летний и осенний периоды на станциях, охватывающих характерные участки биотопов.

Карты-схемы отбора гидробиологических проб представлены на рисунках 1-5.

Пробы фитопланктона отбирали батометром Паталасса, перемешивали и заполняли бутылки объемом 1000 мл, фиксировали формалином и йод-фиксатором и обрабатывали отстойным методом. Подсчет клеток фитопланктона производили в камере Нажотта, с использованием микроскопа «МикМед-6». Пробы зоопланктона отбирали планктонной сетью Джеди с диаметром входного отверстия 25 см. Подсчет и измерение организмов проводили под биноклем МБС-1 в камере Богорова. Пробы зообентоса отбирали дночерпателями с площадью захвата 0,005 и 0,025 м², промывали, затем организмы разбирали по группам, просчитывали и взвешивали на торсионных весах. Камеральную обработку проб проводили общепринятыми в гидробиологической практике методами.

Оценка уровня развития кормовой базы (планктон, зообентос) проведена с учетом качественного, количественного состава и продукции основных звеньев трофической цепи. В расчетах величины продукции кормовых компонентов использовали данные по среднесезонной биомассе и удельной продукции. Значения удельной продукции водных беспозвоночных взяты из литературных источников [Грезе, 1967; Заика, 1972; Иванова, 1985]. Данные по площади исследуемых водохранилищ и составу ихтиофауны приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Площади исследуемых водохранилищ и состав ихтиофауны

Область	Водохранилища	Площадь, га	Состав ихтиофауны, вид рыб
Московская	Пестовское	1160	Плотва, лещ, густера, уклея, окунь пресноводный, судак, жерех, голец, сом, щука, ерш
Курская	Железногорское	1650	Плотва, лещ, ерш, густера, окунь пресноводный, судак, карась, сазан, щука, красноперка, белый амур, толстолобик
Рязанская	Новомичуринское	1758	Лещ, густера, плотва, окунь пресноводный, судак, карась, сазан, линь, красноперка
Калужская	Людиновское	870	Плотва, окунь пресноводный, ерш, красноперка, лещ, линь, сом, щука
Тульская	Щёкинское	570	Плотва, лещ, окунь пресноводный, линь, карась серебряный, щука, толстолобики

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Пестовское водохранилище расположено в Московской обл. (рисунок 1). Площадь водохранилища составляет 1160 га. Водоём руслового типа, образовался в результате строительства гидроузла на реке Вязь. Наибольшая

глубина 14 м. Ледостав в конце ноября, вскрытие ото льда во второй половине апреля. Донные отложения разнообразные: у берегов илистые и песчаные, на глубинах в основном песчаные. Зарастаемость незначительная (не более 1% от общего зеркала).



Рисунок 1 – Карта-схема отбора гидробиологических проб на Пестовском водохранилище

В составе фитопланктона доминируют 45 таксонов водорослей. Из них – 13 диатомовых, 16 – протококковых, 7 – синезелёных, 3 – вольвоксовых, 6 – золотистых. Из диатомовых преобладают представители родов: pp. *Navicula*, *Melosira*, *Cyclotella*, *Synedra*, *Stephanodiscus*, из зелёных – pp. *Scenedesmus*, *Planctococcus*, *Pediastrum*, *Ankistrodesmus*, на их долю приходилось более 60 % от общего видового разнообразия фитопланктона. В динамике численности и биомассы прослеживается подъём количественного развития летом до 2,69 млн кл./л и 3,00 мг/л. За сезон средняя биомасса фитопланктона составила 1,32 мг/л, при численности 1,29 млн кл./л.

Зоопланктонное сообщество представлено в основном 3-мя группами организмов: коловратки (Rotatoria), ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие (Copepoda) ракообразные. Численность и биомасса характеризуются низкими показателями и составляют в среднем за сезон соответственно 75,8 тыс. шт./м³ и 0,19 г/м³.

Зообентос представлен следующими группами организмов: личинками хирономид и прочих насекомых (хаборид, мокрецов, ручейников, подёнок, мух), гаммаридами, водяными осликами, олигохетами, полихетами, нематодами, пиявками, двустворчатыми (в том числе дрейссеной) и брюхоногими моллюсками.

Увеличение численности и биомассы наблюдалось осенью, среднее значение составляли соответственно 2,97 тыс. экз./м² и 500,4 г/м². Высокие

биомассы получены за счет моллюсков. Значения кормового для рыб зообентоса были равны – численность – 1,9 тыс. экз./м², биомасса – 3,8 г/м² (таблице 2).

Таблица 2 - Гидробиологический режим Пестовского водохранилища

Показатели	Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос общий		Зообентос кормовой	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Минимальное	0,59	0,29	13,1	0,02	1,93	6,80	0,70	2,61
Максимальное	2,69	3,00	144,84	0,47	4,46	777,1	3,02	5,80
Среднее	1,29	1,32	75,8	0,19	2,97	500,4	1,9	3,8
Примечание								
N – численность фитопланктона, млн кл./л, зоопланктона тыс. шт./м ³ , зообентоса тыс. экз./м ²								
B – биомасса фитопланктона – мг/л, зоопланктона – г/м ³ , зообентоса – г/м ²								

Железногорское водохранилище (Курская область) расположено на границе Орловской и Курской областей. В водохранилище впадает 5 рек, образующих заливы (рисунок 2). Вокруг водоёма растут сосновые леса, расположены базы отдыха и дачи.

Площадь – 1650 га. Средняя глубина 6-7 м. На некоторых участках достигает 10-12 м. В составе ихтиофауны доминируют густера 48,4 %, плотва 31,1 %, окунь пресноводный 8,6 %.

Фитопланктон представлен в основном диатомовыми, эвгленовыми, протококковыми и вольвоксовыми водорослями. Их доля составляет 84 % от общей биомассы. В сезонной динамике прослеживается подъём биомассы в летне-осенний период (до 10,4 мг/л и 17,6 мг/л соответственно). Среднесезонная численность составила 7,5 млн кл./л, биомасса – 11,0 мг/л.

В зоопланктонном сообществе весной доминируют коловратки (рр. *Asplanchna*, *Brachionus*, *Keratella*), их численность составила 97,7 % от общей, биомасса – 78,8 % от общей. Средние по водоёму показатели численности и биомассы весной составили соответственно 2,47 млн шт./м³ и 1,13 г/м³. В летний период биомасса повышалась до 1,7 г/м³, главным образом за счёт *Daphnia* и *Diaphanosoma*, на отдельных станциях *Leptodora*. Из веслоногих ракообразных зарегистрированы циклопы и науплии копеподит. В целом за сезон средняя численность зоопланктона была довольно высокой (1039,8 тыс. шт./м³), биомасса составила 1,37 г/м³ (таблица 3).

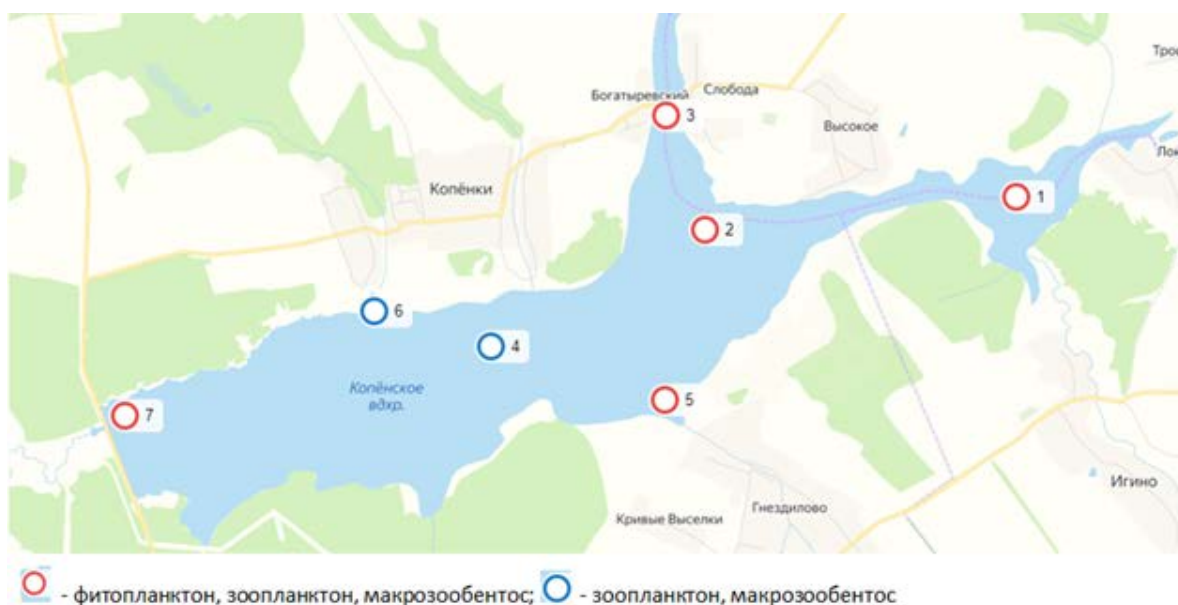


Рисунок 2 – Карта-схема отбора гидробиологических проб на Железногорском водохранилище

В составе макрозообентоса в течение вегетационного периода отмечены личинки хирономид и олигохеты. Остальные представители бентосных организмов: личинки ручейников, стрекоз и поденок, двусторчатые моллюски, пиявки и нематоды обнаружены на отдельных станциях. Среднесезонная численность зообентосных организмов составила 2,65 тыс. шт./м², биомасса – 8,83 г/м², кормовых организмов соответственно – 2,64 тыс. шт./м² и 3,78 г/м² (таблица 3).

Таблица 3 – Гидробиологический режим Железногорского водохранилища

Показатели	Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос общий		Зообентос кормовой	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Минимальное	4,7	5,2	272,1	1,13	0,32	0,51	0,32	5,16
Максимальное	11,4	17,6	2477,0	1,67	5,18	24,19	0,51	9,13
Среднее	7,47	11,0	1039,8	1,37	2,65	8,83	2,64	3,78
Примечание								
N – численность фитопланктона, млн кл./л, зоопланктона тыс. шт./м ³ , зообентоса тыс. экз./м ²								
B – биомасса фитопланктона – мг/л, зоопланктона – г/м ³ , зообентоса – г/м ²								

Новомичуринское водохранилище (Рязанская область) расположено на 102 км от устья реки Проня (рисунок 3). Площадь водного зеркала 1758 га. Используется в качестве водоёма охладителя Рязанской ГРЭС, для орошения сельскохозяйственных земель, рекреационного рыболовства. Наибольшая глубина 9,5 м, средняя – 4,2 м.

Зарастаемость прибрежной зоны составляет около 47 га (доминируют тростник и камыш). В составе ихтиофауны доминируют лещ, окунь, плотва.

Весной и осенью в фитопланктонном сообществе преобладают диатомовые (pp. *Cyclotella*, *Melosira*, *Navicula*, *Asterionella*), эвгленовые (р. *Phacus*) водоросли. В летний период отмечено развитие протококковых (pp. *Pediastrum*, *Synedra*, *Coenocystis*, *Oocystis*). Весной биомасса по водоёму составила 0,42 мг/л, летом – 17,75 мг/л, осенью – 1,5 мг/л, в среднем за сезон 6,6 мг/л. В сезонной динамике зоопланктона отмечен один подъём – в летний период, когда численность возрастала до 422,1 тыс. шт./м³, биомасса – до 2,45 г/м³. Осенью вновь прослеживалось снижение количественного развития зоопланктона до 137,8 тыс. шт./м³ и 0,25 г/м³.

Рисунок 3 – Карта-схема отбора гидробиологических проб на Новомичуринском водохранилище

Таблица 4 – Гидробиологический режим Новомичуринского водохранилища

Показатели	Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос общий		Зообентос кормовой	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Минимальное	0,83	0,42	134,8	0,25	2,0	4,79	1,57	1,77
Максимальное	1,52	17,8	422,13	2,45	6,85	1240,2	4,95	4,27
Среднее	1,13	6,6	255,94	1,16	3,64	465,9	2,84	3,25
Примечание								
N – численность фитопланктона, млн кл./л, зоопланктона тыс. шт./м ³ , зообентоса тыс. экз./м ²								
B – биомасса фитопланктона – мг/л, зоопланктона – г/м ³ , зообентоса – г/м ²								

Людиновское водохранилище (Калужская область) имеет второе название – оз. Ломпадь (рисунок 4). Площадь водохранилища 870 га, максимальная глубина 14-16 м, средняя 3-4 м. Ихтиофауна: лещ, линь, сом, плотва, окунь пресноводный, краснопёрка, ёрш, щука. Доминирует в уловах лещ.



Рисунок 4 – Карта-схема отбора гидробиологических проб на Людиновском водохранилище (оз. Ломпадь)

В составе фитопланктонного сообщества присутствуют представители 62 таксонов водорослей. Доминируют диатомовые (pp. *Cyclotella*, *Melosira*, *Asterionella*, *Nitzschia*), протококковые (pp. *Oocystis*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Coelastrus*), синезеленые (pp. *Aphanosomenon flos-aquae*, *Oscillatoria*, *Anabaena*), вольвоксовые (pp. *Chlamidomonas*, *Phacotus*, *Eudorina*). Весной, при средней биомассе 3,4 мг/л, 82,3 % приходилось на долю диатомовых и эвгленовых водорослей. Летом наблюдалось увеличение развития синезелёных и протококковых, средняя по водоёму биомасса возрастала до 5,5 мг/л. В осенний период при биомассе 8,3 мг/л отмечено развитие диатомовых, протококковых и синезелёных. Среднесезонная биомасса составила 5,72 мг/л, численность – 6,85 млн кл./л (таблица 5).

Численность и биомасса зоопланктона весной формировались за счёт коловраток, в летний период рост количественного развития зоопланктона происходит за счёт клadoцерно-копеподитного комплекса, осенью возрастало количество веслоногих ракообразных (циклопы, науплии копеподит) и коловраток. Среднесезонная численность зоопланктонных организмов составила 453,6 тыс. шт./м³, биомасса – 3,1 г/м³ (таблица 5). Зообентос представлен тремя группами организмов – личинками хирономид (64,5 %), олигохетами (9,7 %) и личинками прочих насекомых (мокрецов, хаборусов) (25,7 % от общей биомассы). Среднесезонная численность бентосных организмов составила 0,44 тыс. экз./м², биомасса – 2,14 г/м² (таблица 5).

Таблица 5 – Гидробиологический режим Людиновского водохранилища

Показатели	Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос общий		Зообентос кормовой	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Минимальное	2,91	3,4	341,0	0,68	0,2	1,9	0,2	1,86
Максимальное	14,14	8,3	673,8	5,51	0,44	2,24	0,71	2,33
Среднее	6,85	5,72	453,6	3,10	0,4	2,14	0,44	2,14
Примечание								
N – численность фитопланктона, млн кл./л, зоопланктона тыс. шт./м ³ , зообентоса тыс. экз./м ²								
B – биомасса фитопланктона – мг/л, зоопланктона – г/м ³ , зообентоса – г/м ²								

Щёкинское водохранилище (Тульская область) расположено на р. Упа, площадь 570 га, глубина 1,5-2,0 м до 4,0-5,0 (рисунок 5). Используется в качестве водоёма охладителя Щёкинской ГРЭС, рекреационного рыболовства. Зарастаемость прибрежной зоны макрофитами составляет от 5 до 30 % площади.

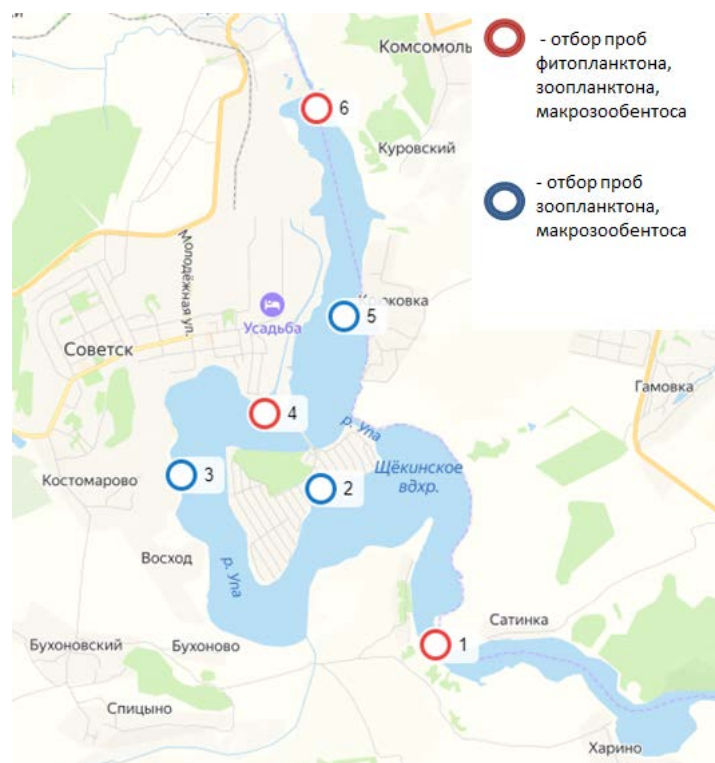


Рисунок 5 – Карта-схема отбора гидробиологических проб на Щёкинском водохранилище

В сезоне 2020 г. в воде отмечалась повышенная концентрация загрязняющих веществ, по отношению к ПДК: по аммонийному азоту до 2 ПДК и железу общему до 1,3 ПДК. Содержание токсичных элементов ртути, свинца, меди, кадмия в пробах воды и донных отложениях по данным отдела экологической токсикологии ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») не превышает нормативов.

Средние биомассы основных компонентов естественной кормовой базы за вегетационный период составили: фитопланктон – 10,2 мг/л; зоопланктон – 1,64 г/м³; зообентос – 23,8 г/м² (таблица 6).

В динамике фито- и зоопланктона прослеживается увеличение количественного развития в летний период с последующим снижением осенью. В составе зообентоса доминировали (личинки хирономид и олигохеты). В течение всего вегетационного периода биомасса держалась на достаточно высоком уровне (17,94-29,53 г/м²). Среднесезонная биомасса кормового макрозообентоса составила 23,8 г/м² (таблица 6).

Таблица 6 – Гидробиологический режим Щёкинского водохранилища

Показатели	Фитопланктон		Зоопланктон		Зообентос общий		Зообентос кормовой	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Минимальное	2,38	3,17	286,8	0,26	2,59	17,94	3,27	17,94
Максимальное	17,5	20,47	992,2	3,17	5,96	29,53	5,96	23,9
Среднее	8,73	10,2	604,8	1,64	3,93	23,8	3,93	23,8
Примечание								
N – численность фитопланктона, млн кл./л, зоопланктона тыс. шт./м ³ , зообентоса тыс. экз./м ²								
B – биомасса фитопланктона – мг/л, зоопланктона – г/м ³ , зообентоса – г/м ²								

Данные о величине продукции кормовых организмов приведены в таблице 7, из которых следует, что продукция фито- и зоопланктона наиболее низкой отмечена в Пестовском водохранилище.

Таблица 7 – Продукция кормовых организмов, исследуемых водохранилищ

Водохранилища	Фитопланктон, кг/га	Зоопланктон, кг/га	Зообентос, кг/га
Пестовское	594,0	27,36	137,2
Железногорское	4367,9	197,3	136,0
Новомичуринское	5940,0	167,0	117,0
Людиновское	2574,0	446,4	77,0
Щёкинское	7344,0	236,2	856,0

В остальных водоёмах уровень продукции был достаточным для удовлетворения пищевых потребностей аборигенных видов рыб. Расчётная величина резервной (остаточной) продукции кормовых компонентов в исследуемых водоёмах приведена в таблице 8. Показатели резервной продукции фито- и зоопланктона также были ниже в Пестовском водохранилище.

Таблица 8 – Резервная (остаточная) продукция кормовых компонентов

Водохранилища	Фитопланктон, кг/га	Зоопланктон, кг/га	Зообентос, кг/га	Дрейссена, кг/га
Пестовское	534,6	10,9	54,9	-
Железногорское	3931,1	78,9	54,4	-
Новомичуринское	4752,0	66,8	46,8	7484,4
Людиновское	2445,3	178,6	30,8	-
Щёкинское	5875,2	-	342,0	-

С учётом уровня развития кормовой базы и ее потребления рыбой: 5-10 % продукции фитопланктона (в зависимости от качественного состава), 60 % продукции зоопланктона и кормового зообентоса, определена приемная ёмкость водоёмов и подготовлены рекомендации по предельно-допустимым объёмам выпуска водных биоресурсов (таблица 9).

Таблица 9 – Рекомендации по предельно допустимым объёмам выпуска водных биоресурсов (млн шт.) на 2022-2024 гг.

Водохранилища (область)	Виды рыб			
	Сазан	Толстолобик белый	Толстолобик пестрый	Амур чёрный
Пестовское (Московская обл.)	0,102	0,140	0,020	-
Железногорское (Курская обл.)	0,145	1,4817	0,183	-
Новомичуринское (Рязанская обл.)	0,134	1,900	0,014	0,243
Людиновское (Калужская обл.)	0,0435	0,486	0,222	-
Щёкинское (Тульская обл.)	0,318	0,765	-	-

Средняя масса выпускаемых сеголетков или годовиков сазана, белого и пестрого толстолобиков составляет 20 г.

Следует отметить, что в Новомичуринском водохранилище интенсивно развивается дрейссена, её средняя биомасса составляет 462,4 г/м², продукция 12474 кг/га. При использовании рыбой 40 % продукции дрейссены или 4 989,6 кг/га, резервная продукция составит – 7484,4 кг/га. Предлагается зарыбление водоёма сеголетками черного амура в количестве 0,243 млн экз., средней массой 10-15 г [Мельченков, Калмыкова, 2009]. Для взрослых особей чёрного амура моллюски – основная пища. За сутки четырехлетний амур может съесть 1,4-1,8 кг дрейссены. По этой причине его целесообразно разводить в водоёмах охладителей ГРЭС [Жуков, 1989].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, учитывая экологическое состояние водных объектов, резервную продукцию кормовых компонентов и степень потребления её рыбой для зарыбления исследованных водоёмов рекомендуется: белый толстолобик (фитофаг), пёстрый толстолобик (предпочитает в питании зоопланктон), сазан (бентофаг), чёрный амур (моллюскофаг). Зарыбление водохранилищ молодью этих видов рыб целесообразно по следующим причинам:

- имеется резервная кормовая база (фито-, зоопланктон, зообентос, дрейссена) неиспользуемая аборигенными видами рыб;
- данные виды отсутствуют в промысловом запасе;
- относятся к объектам любительского и спортивного рыболовства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Грезе В.Н. Темпы продукции в популяциях пелагических *Scombera* Байкала // Круговорот вещества и энергии в озёрных водоёмах Мат. совещ., 8-12 сентября 1964 г., Сиб. отд. Лимнол. ин-т., пос. Лиственничное АН СССР. – М.: Наука, 1967. – С. 182-191.
- Заика В.Е. Удельная продукция водных беспозвоночных. - Киев: Наукова думка, 1972. - 140 с.
- Жуков П.И. Рыбы: Популярный энциклопедический справочник (Животный мир Белоруссии). - Минск, 1989. - 311с.

Иванова М.Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. - Л., 1985. - 22 с.

Мельченков Е.А., Калмыкова В.В. Методические рекомендации по разведению и выращиванию посадочного материала рыб-биомелиораторов в условиях промышленных (садковых) хозяйств / Составители. Е.А. Мельченков, В.В. Калмыкова. - М.: Экон-Информ, 2009. - 123 с.

HYDROBIOLOGICAL MONITORING OF FISHERY WATERS IN CENTRAL RUSSIA

Z.I. Shmakova, S.S. Uskova, I.Yu. Badayeva,
G.I. Khrystenko, S.S. Yeremkin, V.S. Kusochkin
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)
E-mail: hidra@vniiprh.ru, swetlbli@mail.ru

Abstract. Food resources and production of key feed components were evaluated based on the findings of hydrobiological research performed in water basins of five regions in Central Russia. The receiving capacity of water bodies was determined for targeted development of fish fauna and improvement of fish production and fishing capacity of studied water bodies. The data on maximum permissible stocking of studied water bodies for optimal use of their food resources are provided.

Keywords: water bodies of Central Russia, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, fish fauna, production, receiving capacity

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КРИОЗАЩИТНАЯ СРЕДА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНСЕРВАЦИИ СПЕРМЫ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

О.Б. Докина, К.В. Ковалёв, Н.Д. Пронина, В.А. Миленко, Ю.А. Новосёлова
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*

E-mail: olgadokina@mail.ru, silur5@mail.ru

Усовершенствован состав криозащитной среды для низкотемпературной консервации спермы радужной форели. Использование среды, содержащей в водном растворе в массовых долях 3,5 % глюкозы, 0,3 % хлорида калия, 15 % диметилсульфоксида и 12-15 % желтка куриного яйца, стабильно обеспечивало сохранение 15-35 % подвижности размороженной спермы и не зависело от способа замораживания. В условиях применяемой нами технологии криоконсервации действие данной среды оказалось более эффективным по сравнению с действием наиболее успешных из описанных в литературе протективных сред для спермы лососеобразных рыб.

Ключевые слова: криобанк, криоконсервация, криозащитная среда, криопротектор, радужная форель, лососевые рыбы, лососеобразные рыбы

ВВЕДЕНИЕ

Поиск эффективных способов низкотемпературной консервации спермы рыб уже более полувека проводится исследовательскими коллективами всего мира, поскольку применение криотехнологий часто является безальтернативной мерой сохранения генетического разнообразия и спасения видов.

В лаборатории криобиологии Филиала по пресноводному рыбному хозяйству «ВНИРО» («ВНИИПРХ») разработаны и успешно применяются в функционирующем более 30 лет, крупнейшем в России, криобанке высокоэффективные технологии низкотемпературной консервации спермы осетровых и карповых рыб, позволяющие сохранять оплодотворяющую способность замороженной спермы на уровне нативной [Докина и др., 2020]. Однако собственные исследования по криоконсервации спермы лососевых рыб начаты сравнительно недавно, в последние три года. До этого замораживание спермы лососевых проводилось только в экспедициях, с использованием методов, известных из публикаций и обычно не обеспечивающих достаточную сохранность клеток. В связи с этим весьма актуальной представляется разработка соответствующей технологии криоконсервации, эффективной и пригодной для применения в существующем криобанке. Поскольку в любой технологии криоконсервации для достижения успешного результата

определяющее значение имеет подбор подходящей протективной среды, первоначальные исследования, проведенные при замораживании спермы радужной форели, были направлены, в первую очередь, на совершенствование состава среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сперму и икру радужной форели, выращенной группе инкубации и выращивания рыбы ВНИИПРХ, получали в соответствии с действующими нормативами. Транспортировка половых продуктов осуществлялась при температуре 1-5 °С в термосумке с хладоэлементами. Качество нативной спермы после ее активации 1%-раствором NaHCO_3 или раствором D 532 [Billard, 1992], содержащим 20 мМ трис, 30 мМ глицина, 125 мМ NaCl , pH 9, оценивалось по подвижности, определяемой под микроскопом при увеличении в 300-400 раз по процентному отношению клеток с прямолинейно поступательным движением к общему количеству клеток в поле зрения. В экспериментах использовались образцы спермы с подвижностью от 60 до 90 %.

Перед криоконсервацией охлажденная до 10-12 °С сперма разбавлялась охлажденной до той же температуры экспериментальной криозащитной средой в объемном отношении 1:1, 1:3, 1:5 или 1:9. Среда добавлялась к сперме по каплям при непрерывном перемешивании. Полученная суспензия сперма – криозащитная среда разливалась в пробирки объемом 1,5 мл, которые сразу или после эквilibрации в течение 15 минут устанавливались вертикально на диск замораживателя, снабженного датчиком, регистрирующим температуру спермы в пробирке. Сперма форели замораживалась в парах LN_2 при постепенном опускании диска в металлический сосуд с LN_2 по следующей программе: I этап: от +10 до -15 °С со скоростью 1-2 °С/мин; II этап: от -15 до -70 °С с плавно увеличивающейся скоростью до 10-20 °С/мин, III этап: при достижении касания пробирок поверхности LN_2 – плавное погружение в LN_2 [Цветкова и др., 2001]. В альтернативном способе низкотемпературной консервации замораживание контейнеров с разбавленной спермой (криопробирок или соломинок) осуществлялось в парах LN_2 на полистироловой рамке с прикрепленной к ней фольгой («плотике») или на натянутой капроновой сеткой рамке, плавающей на поверхности LN_2 в полистироловом ящике. Размораживание пробирок с криоконсервированной спермой проводилось в водяной бане при температуре 38,5 °С в течение 1 мин.

Оценка эффективности, использованной криозащитной среды проводилась путем определения подвижности и (или) оплодотворяющей способности размороженной спермы. Подвижность оттаявшей спермы определялась таким же образом, как подвижность нативной спермы. Оплодотворение икры в лабораторных условиях осуществлялось путем перемешивания в пластмассовой миске 10 г икры с 0,75 мл (1 пробирка) размороженной спермы, разбавленной 10 мл активирующего раствора, в течение 1 мин. После промывания водой икра в чашках Петри помещалась в термостат. В течение инкубации при температуре 10-12 °С икру промывали аэрированной

водой два раза в сутки. Через 7 дней определяли процент оплодотворения после фиксации развития в 10%-растворе уксусной кислоты. В производственных условиях инкубация оплодотворенной таким же образом икры осуществлялась в ячейках инкубационного аппарата горизонтального типа в проточной воде при температуре 16 °С в течение 10 суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительные исследования, проведенные с целью оптимизации состава криозащитной среды, ранее применявшейся нами для низкотемпературной консервации спермы лососевых рыб [Цветкова и др., 2001], показали в многочисленных опытах на сперме радужной форели разного качества, что эта среда стабильно обеспечивала криозащиту клеток при варьировании количественного содержания ее компонентов в достаточно широких пределах: 7-10 % сахарозы, 0,5-1 % NaHCO_3 , 10-18 % диметилсульфоксида (ДМСО), 10-15 % желтка куриного яйца. Были выявлены также наибольшая эффективность разбавления спермы средой в соотношении 1:1 и отсутствие необходимости в эквilibрации полученной суспензии. Подвижность размороженной спермы при этом составляла в среднем 15-25 %, что согласуется с принимаемой многими исследователями [Babiak et al., 2002; Tekin et al., 2007; Dziewulska et al., 2011] нормой для криоконсервированной спермы лососевых рыб, составляющей 5-20 %. Для активации спермы использовался 1%-раствор NaHCO_3 .

Оценка эффективности экспериментальных сред проводилась, в основном, по подвижности оттаявшей спермы из-за отсутствия возможности проведения в каждом опыте осеменения икры и определения степени оплодотворения ввиду длительного срока инкубации у лососевых. Предпринятое в двух опытах, проведенных в лабораторных условиях, вычисление первоначального процента оплодотворения икры размороженной спермой путем остановки развития в фиксирующем растворе показало мало отличающиеся высокие значения (87-98 %).

Опыты подтвердили необходимость присутствия в составе среды проникающего криопротектора ДМСО, непроникающих криопротекторов (сахара и желтка) и неорганической соли. Замена ДМСО на метанол или амид (формамид, ацетамид, диметилформамид, диметилацетамид), а также добавки к ДМСО метанола и ацетамида, приводили либо к сильному снижению, либо к полной потере криозащитного действия среды. Такой же эффект давало исключение из нее сахарозы или желтка в случае отсутствия соли в среде. Отсутствие желтка не компенсировалось также увеличением концентрации ДМСО до 18-25 %. Увеличение концентрации сахарозы до 10 % повышало подвижность размороженной спермы в 1,5-2 раза лишь в отсутствие соли. Кроме того, выяснилось, что для получения прозрачной однородной эмульсии желтка в среде необходимо присутствие соли или высокой (7-10 %) концентрации сахарозы. В одном из опытов была обнаружена возможность замены 0,5-1 %

NaHCO₃ в среде на 0,2 % KCl без изменения подвижности размороженной спермы (20 %).

На основании полученных данных и анализа литературных сведений в области технологий криоконсервации спермы лососеобразных рыб [Докина и др., 2021], было предпринято сравнение одного из вариантов оптимизированной традиционной среды (среда № 1) и среды, разработанной польскими криобиологами [Ciereszko et al., 2014] (среда № 6), в условиях предлагаемого ими универсального протокола криоконсервации спермы лососеобразных рыб, при использовании различных контейнеров для разбавленной спермы и различных степеней разбавления. Результаты опыта, представленные в таблице 1, показали, что обе среды, при характерной для них степени разбавления, без эквilibрации, при замораживании в каждом виде контейнеров обеспечивали практически одинаковую удовлетворительную сохранность клеток после оттаивания (здесь и далее используется рабочая нумерация сред).

Таблица 1 – Результаты сравнения действия криозащитных сред на сперму радужной форели при замораживании на «плотике» (опыт 1) *

№ среды (Состав среды)	Соотношение разбавления спермы средой	Вид контейнера и его объем, мл	Время замораживания, мин	Время оттаивания	Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе, %	
					1% NaHCO ₃	D 532
6 (0,18 М глюкозы, 9% об. метанола)	1:9	соломинки 0,5	7	10 с	20, 10	20, 10
		пробирки 0,5	10	20 с	20, 20	25, 25
		пробирки 1,5	15	1 мин	15, 20	15, 20
1 (7% сахарозы, 0,65% NaHCO ₃ , 15% ДМСО, 12,5% желтка)	1:1	соломинки 0,5	7	10 с	15, 20	20, 25
		пробирки 0,5	10	20 с	20, 20	20, 20
		пробирки 1,5	15	1 мин	20, 20	10, 10
6	1:9	пробирки 1,5	10	1 мин	10, 10	10, 10
1	1:1	пробирки 1,5	10	1 мин	10, 7	7, 7
Примечание						
* - в опыте использовали нативную сперму одного самца с подвижностью 80 %						

Опыт показал возможность альтернативного применяемому в нашей технологии способа замораживания спермы на «плотике» в 1,5 мл-пробирках в течение 15 минут, который может быть особенно полезен в экспедиционной работе.

Во втором опыте проводилось сравнение результатов криоконсервации спермы в 1,5 мл-пробирках по обычной технологии при использовании тех же сред № 1 и № 6, а также среды № 8 – аналога среды № 1, в которой сахароза была заменена на глюкозу в той концентрации, в которой она присутствует в среде № 6. Замороженная именно в этой среде сперма при всех степенях разбавления имела после оттаивания самую высокую подвижность на уровне 40 %. Среда №

6 была менее эффективна и обеспечивала криозащиту клеток спермы только при высоком соотношении разбавления (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты сравнения действия криозащитных сред на сперму радужной форели при замораживании на диске (опыт 2)*

№ среды (Состав среды)	Соотношение разбавления спермы средой	Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе, %	
		1% NaHCO ₃	D 532
1 (7% сахарозы, 0,65% NaHCO ₃ , 15% ДМСО, 12,5% желтка)	1:1	20, 20	10, 10
	1:3	30, 10	40, 20
	1:9	5, 5	20, 5
6 (0,18 М глюкозы, 9% об. метанола)	1:1	0, 0	0, 0
	1:3	0, 0	0, 0
	1:9	30, 20	30, 30
8 (3,24% глюкозы, 0,65% NaHCO ₃ , 15% ДМСО, 12,5% желтка)	1:1	20, 40	40, 40
	1:3	30, 30	40, 50
	1:9	20, 15	50, 30
Примечание * - в опыте использовали нативную сперму одного самца с подвижностью 80 %			

Повторное сравнение в опыте 3 тех же сред и степеней разбавления при замораживании спермы двумя описанными способами (на диске в 1,5 мл-пробирках в обычном режиме и на «плотике» в 0,5 мл-пробирках в течение 10 мин.) показало одинаковое лучшее криозащитное действие среды № 8, при всех степенях разбавления, и среды № 1 при разбавлении 1:1, подтвержденное высокими значениями подвижности и оплодотворяющей способности размороженной спермы. Опыт обнаружил также нестабильность действия среды № 6 (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты сравнения действия криозащитных сред на сперму радужной форели при замораживании двумя способами (опыт 3)*

№ среды	Соотношение разбавления спермы средой	Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе D 532, %		Оплодотворение икры размороженной спермой в производственных условиях, %	
		замораживание на диске	замораживание на «плотике»	замораживание на диске	замораживание на «плотике»
1	1:1	30	25	96,4	100
	1:3	20	20	-	-
	1:9	15	15	-	-
6	1:1	0	0	-	-
	1:3	0	0	-	-
	1:9	ед.	10	-	-
8	1:1	25	30	96,9	98,5
	1:3	25	25	95,9	98,5
	1:9	25	25	-	-
Примечание * - в опыте использовали нативную сперму одного самца с подвижностью 70 %					

Преимущество среды № 8 вновь подтвердилось в опыте 4 при сравнении действия тех же сред, с наиболее эффективной для каждой из них степенью разбавления, при замораживании спермы в 1,5 мл-пробирках двумя способами (на диске в обычном режиме и на «плотике» в течение 15 мин). Кроме немного более высокой подвижности криоконсервированной в данной среде спермы, по сравнению со спермой, замороженной в среде № 1, в ней также была замечена более высокая скорость движения клеток. Среда № 6 опять показала более слабое криозащитное действие (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты сравнения действия криозащитных сред на сперму радужной форели при замораживании двумя способами (опыт 4)*

№ среды	Соотношение разбавления спермы средой	Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе 1% NaHCO ₃ , %	
		замораживание на диске	замораживание на «плотике»
1	1:1	15, 15	20, 20
6	1:9	10, 10	5, 3
8	1:1	15, 15	25, 25
Примечание * - в опыте использовали нативную сперму одного самца с подвижностью 70 %			

В опыте 5, при замораживании спермы в 1,5 мл-пробирках теми же способами и испытании расширенного набора протективных сред с варьированием в них содержания сахаров и солей, было установлено, что в средах на основе 15 % ДМСО и 15 % желтка практически одинаковым было действие и сахарозы, и глюкозы в концентрациях 1-7 % как в сочетании с 0,7 % гидрокарбоната натрия, так и с 0,3 % хлорида калия. Подобное нивелирование различий в составе сред часто наблюдается при криоконсервировании спермы высокого качества. Однако все среды с KCl показывали немного более сильное криозащитное действие, особенно при обычном замораживании на диске (таблица 5).

Таблица 5 – Состав криозащитных сред и результаты замораживания спермы радужной форели двумя способами (опыт 5)*

№ среды	Соотношение разбавления спермы средой	Массовая доля криопротекторов в основе среды, % (Основа: водный раствор 15% ДМСО, 15% желтка)					Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе D 532, %	
		NaHCO ₃	KCl	сахара	глюкоза	метанол	замораживание на диске	замораживание на «плотике»
71	1:1	0,7		1			25	25
72		0,7		3,5			20	25
63		0,7		7			25	30
73		0,7			1		20	20
74		0,7			3,5		30	30
75		0,7			7		20	25
76			0,3	1			30	30

77			0,3	3,5			30	25
78			0,3	7			30	30
79			0,3		1		30	25
80			0,3		3,5		30	20
81			0,3		7		35	30
82	1:9		0,3		3,5	8	ед.	ед.
Примечание								
* - в опыте использовали нативную сперму одного самца с подвижностью 80 %								

Поэтому в следующем опыте 6, при тех же способах замораживания, была предпринята попытка усиления криозащитного действия лучшей из проверенных до этого сред, среды № 8, посредством замены в ней гидрокарбоната натрия на хлорид калия. Действительно, среда № 12, содержащая 0,3 % KCl, оказалась лучшей, обеспечивая наиболее высокую подвижность, а также более высокую скорость движения клеток спермы после оттаивания, по сравнению со средой № 14, содержащей 0,3 % гидрокарбоната калия и показавшей те же 25 % подвижности (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние состава криозащитных сред на результаты замораживания спермы радужной форели двумя способами (опыт 6)*

№ среды	Массовая доля криопротекторов в основе среды, % (Основа: водный раствор 15% ДМСО); Разбавление 1:1					Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе D 532, %	
	глюкоза	NaHCO ₃	KCl	KHCO ₃	желток	замораживание на диске	замораживание на «плотике»
8а	3,5	0,7			12,5	5	15
12	3,5		0,3		12,5	25	25
13	3,5			0,3	12,5	10	20
74	3,5	0,7			15	20	20
80	3,5		0,3		15	15	20
14	3,5			0,3	15	25	25
15	-				15	10	10
Примечание							
* - в опыте использовали нативную сперму одного самца с подвижностью 90 %							

Последующее сравнение криозащитного действия ряда сред с варьированием в них различных сочетаний двух сахаров и двух солей при разных концентрациях желтка проводилось в опыте 7 при замораживании теми же способами спермы двух разных самцов. Опыт показал практическую равноценность всех испытываемых сред при разбавлении ими спермы самца № 1 в соотношении 1:1 и замораживании получаемых суспензий сперма-среда в 1,5 мл-пробирках как традиционным способом на диске, так и на «плотике». Однако подвижность спермы самца № 2, разбавленной в соотношении 1:3 и замороженной обычным способом, была в 2-3 раза выше для сред с глюкозой по сравнению со средами с сахарозой. Несмотря на более низкое качество нативной спермы самца № 1 (подвижность 60 % по сравнению с 70 % у самца № 2),

полученные в этом случае очень близкие высокие значения подвижности размороженной спермы (25-35 %) указывали на предпочтительность использования степени разбавления 1:1.

Сперма самца № 2, замороженная на «плотике», была использована для осеменения икры в производственных условиях. Вычисленные на 10-й день инкубации в фиксированных пробах степени оплодотворения икры практически не различались и имели очень высокие абсолютные значения, что свидетельствовало о результативности применяемых сред и технологий низкотемпературной консервации (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние состава криозащитных сред на результаты замораживания спермы двух самцов радужной форели двумя способами (опыт 7)

№ среды	Массовая доля криопротекторов в основе среды, % (Основа: водный раствор 15% ДМСО)					Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе D 532, %		Развитие икры, %	
	сахара	глюкоза	NaHCO ₃	KCl	желток	самец 1, разбавление 1:1		самец 2, разбавление 1:3	
						диск	«плотик»	диск	«плотик»
16	3,5		0,3		12	30	30	10	96,1
17	3,5			0,3	12	25	30	10	97,5
18		3,5	0,3		12	30	35	30	93,3
12a		3,5		0,3	12	35	30	30	93,6
19	3,5		0,3		15	35	25	15	92,8
77	3,5			0,3	15	35	35	10	95,8
20		3,5	0,3		15	30	35	30	92,8
80		3,5		0,3	15	25	30	20	93,3

Действие выявленной по результатам двух последних опытов лучшей среды № 12a сравнивалось в следующем опыте 8 с действием наиболее эффективных из описанных в литературе протективных сред: среды № 6 [Ciereszko et al., 2014], среды № 21 (0,3 М глюкозы, 1,7 г/л KCl, 10 % об. метанола, 10 % желтка [Zhang et al., 2011]) и среды № 22 (103 мМ NaCl, 40 мМ KCl, 1 мМ CaCl₂, 0,8 мМ MgSO₄, 20 мМ HEPES, pH 7.8, 1,5 % бычьего сывороточного альбумина, 0,5 % сахарозы, 10 % об. метанола, 7 % желтка [Lahnsteiner et al., 1996]), с характерной для каждой из них степенью разбавления, при замораживании спермы в 1,5 мл-пробирках разными способами. Для использованной в данном опыте спермы невысокого качества оказалась полезной 15-минутная эквilibрация получаемой после разбавления средой суспензии. Среда № 12a и № 6 обеспечивали одинаковую, наибольшую в данном опыте подвижность оттаявшей спермы (15 %) лишь в случае замораживания пробирок на рамке, плавающей на поверхности LN₂. При обычном способе замораживания на диске неоспоримым было преимущество среды № 12a. Ее криозащитное действие было стабильным и не зависело от способа замораживания (таблица 8).

Таблица 8 – Результаты сравнения действия криозащитных сред на сперму радужной форели при замораживании разными способами (опыт 8)*

№ сре- ды	Соотношение разбавления спермы средой	Способ замораживания	Время замораживания, мин.	Подвижность размороженной спермы в активирующем растворе D 532, %
12a	1:1	На «плотике», без эквilibрации	15	10, 10, 15, 10
		На «плотике» после 15 минут эквilibрации на льду	15	15, 15, 15, 15
12a	1:1	На рамке после 15 минут эквilibрации на льду	15	15, 15
6	1:5			15, 15
21	1:3			5
22	1:3			3
12a	1:1	На диске после 15 минут эквilibрации на льду	23	15
6	1:5			10
21	1:3			5
22	1:3			5
Примечание				
* - в опыте использовали нативную сперму одного самца с подвижностью 60 %				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что для низкотемпературной консервации спермы радужной форели может успешно применяться криозащитная среда, содержащая в водном растворе в массовых долях 3,5 % глюкозы, 0,3 % хлорида калия, 15 % ДМСО и 12-15 % желтка, позволяющая стабильно сохранять подвижность размороженной спермы на уровне 15-35 % в зависимости от качества нативной спермы. Данная среда оказалась более эффективной по сравнению с предлагаемой в настоящее время польскими криобиологами [Ciereszko et al., 2014] универсальной для спермы лососевых рыб протективной средой на основе глюкозы и метанола, что согласуется с мнением ряда исследователей о предпочтительности использования ДМСО в качестве криопротектора в средах для лососевых [Cabrita et al., 1998; Tekin et al., 2007; Labbe et al., 2019].

Усовершенствованная в ходе проведенного исследования криозащитная среда позволит обеспечить эффективное применение метода криоконсервации спермы радужной форели для целей сохранения водных биоресурсов и селекции в товарной аквакультуре.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Докина О.Б., Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Эффективные технологии криоконсервации спермы карповых и осетровых рыб // Мат. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры» Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января 2020 г. - М.: Перо, 2020. - Мб. [Электронное издание] С. 119-134.
- Докина О.Б., Красильникова А.А., Ковалев К.В., Пронина Н.Д. Криоконсервация спермы лососеобразных рыб: современное состояние и перспективы // Рыбное хозяйство. - 2021. - № 1. - С. 70-81.

- Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Технология криоконсервации и хранения в низкотемпературном банке спермы рыб // Сб. науч.-технол. и метод. документации по аквакультуре. - М.: Изд-во ВНИРО, 2001. - С. 152-158.
- Babiak I., Glogowski J., Dobosz S., Kuzminski H., Goryczko K. Semen from rainbow trout produced using cryopreserved spermatozoa is more suitable for cryopreservation // J. Fish Biol. - 2002. - V. 60. - P. 561-570.
- Billard R. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes // Aquaculture. - 1992. - V. 100. - P. 263-298.
- Cabrita E., Alvarez R., Anel L., Rana K.J., Herraes M.P. Sublethal damage during cryopreservation of rainbow trout sperm // Cryobiology. - 1998. - V. 37. - P. 245-253.
- Ciereszko A., Dietrich G.J., Nynca J., Dobosz S., Zalewski T. Cryopreservation of rainbow trout semen using a glucose-methanol extender // Aquaculture. - 2014. - V. 420-421. - P. 275-281.
- Dziewulska K., Rzemieniecki A., Czerniawski R., Domagala J. Post-thawed motility and fertility from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) sperm frozen with four cryodiluents in straws or pellets // Theriogenology. - 2011. - V. 76. - P. 300-311.
- Labbe C., Delhomme G., Depince A., Gavin-Plagne L., Goardon L., Kica S., Leboucher R., Morvezen R., Na L. Changes in sperm cryopreservation procedure for industrial needs // 7th International Workshop on the Biology of Fish Gametes, 2-6 Sept. 2019. - Abstract Book. - P. 134.
- Lahnsteiner F., Weismann T., Patzner R. Cryopreservation of semen of the grayling (*Thymallus thymallus*) and the Danube salmon (*Hucho hucho*) // Aquaculture. - 1996. - V. 144. - P. 265-274.
- Tekin N., Secer S., Akcay E., Bozkurt Y., Kayam S. Effects of glycerol additions on post-thaw fertility of frozen rainbow trout sperm, with an emphasis on interaction between extender and cryoprotectant // J. Appl. Ichthyol. - 2007. - V. 23. - P. 60-63.
- Zhang J.J., Li S.Z., Tulake K., Yan Q.P., Li W.J. The effects of extenders and sperm-egg ratios on fertilizing ability of cryopreserved testicular sperm of northern pike (*Esox lucius* L.) // J. Appl. Ichthyol. - 2011. - V. 27. - P. 1037-1040.

IMPROVED PROTECTIVE MEDIUM FOR LOW-TEMPERATURE CONSERVATION OF RAINBOW TROUT SPERM

O.B. Dokina, K.V. Kovalev, N.D. Pronina, V.A. Milenko, Yu.A. Novoselova

Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKH»)

E-mail: olgadokina@mail.ru, silur5@mail.ru

Abstract. Composition of protective medium for low-temperature conservation of rainbow trout sperm has been improved. The use of this medium consisting in aqueous solution 3.5% glucose, 0.3% potassium chloride, 15% dimethylsulfoxide, 12-15% egg yolk stably ensured conservation of 15-35% post-thawed sperm motility, and not depended on the freezing method. Under the conditions of cryopreservation technology used by us, the effectiveness of this medium was higher in comparison with the effectiveness of previously described most successful protective media for salmonids sperm.

Key words: cryobank, cryopreservation, protective medium, cryoprotectant, rainbow trout, salmon, salmonids.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕРМЫ КАРПА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ

О.В. Корабельникова¹, Н.Д. Пронина¹, О.Б. Докина¹, В.Н. Дементьев¹,

К.В. Ковалёв¹, В.Г. Костоусов², Т.А. Сергеева²

1 – Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»

(«ВНИИПРХ»), Россия, E-mail: vniirh@vniro.ru;

2 – РУП «Институт рыбного хозяйства»

Республика Беларусь, E-mail: belniirh@tut.by

В материалах статьи отражены результаты использования спермы карпа для оплодотворения икры и криоконсервации после транспортировки в течении 10-49 часов.

Ключевые слова: карп, сперма, икра, оплодотворение, транспортировка, криоконсервация, криобанк.

ВВЕДЕНИЕ

Работы проведены в рамках международного сотрудничества между Филиалом по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), опытным селекционно-племенным хозяйством «Якоть» (ОСПХ «Якоть»), Российская Федерация и РУП «Институт рыбного хозяйства», селекционно-племенным участком «Изобелино» (СПУ «Изобелино»), Республика Беларусь с целью взаимного обмена генетическим материалом карповых рыб.

Задачей работы было провести обмен генетическим материалом карповых рыб белорусских и российских пород для использования в селекционно-племенной и рыбоводной работе и криоконсервации для закладки спермы в криобанк на длительное хранение.

Для проведения селекционных и рыбоводных работ белорусской стороной были отобраны карпы следующих породных групп ВНИИПРХ:

- порода КМ1 – генетически маркированный карп (одомашненный амурский сазан) для скрещивания с белорусской популяцией амурского сазана с целью расширения генетического разнообразия местного племенного стада;

- внутривидовый тип парской породы – «Московский чешуйчатый» карп для скрещивания с карпом белорусской породы «Изобелинский» отводка «смесь чешуйчатая» с целью улучшения таких признаков как: плодовитость самок, продуктивность и зимостойкость;

- порода карпа «Баттерфляй» – созданная методом сложного воспроизводительного скрещивания, маркированная геном окраски D для скрещивания с карпом изобелинской породы отводкой «смесь зеркальная» и

получения повышенной рыбопродуктивности местной породы, наследования характерного для породы рисунка.

Большой интерес для сохранения биоразнообразия карповых рыб представляют зарегистрированные в настоящее время три белорусские породы карпа: «Лахвинский чешуйчатый», «Изобелинский» и «Тремлянский». Породы белорусского карпа обладают качественными рыбохозяйственными показателями и высокой комбинационной способностью при скрещивании с различными породами и отводками карпа и сазаном.

На создание пород рыб, внутривидовых типов и кроссов учёные-селекционеры тратят не одно десятилетие. Всегда есть вероятность утраты тех или иных породных групп в следствие различных обстоятельств природного, экологического, экономического, практического характера. На их восстановление и воспроизводство снова потребуется длительное время. Разработанные в лаборатории криобиологии ВНИИПРХ криотехнологии позволяют хранить генетический материал пород карповых рыб в виде криоконсервированной спермы, неограниченное время и по необходимости использовать. Усовершенствованные технологии криоконсервации спермы карповых рыб обеспечивают высокие, на уровне нативной спермы, результаты оплодотворения при использовании замороженной спермы для осеменения икры.

Криоконсервация спермы карпа белорусских пород и закладка на длительное хранение дополнит генетическое разнообразие карповых рыб в коллекции криобанка ВНИИПРХ и даст возможность иметь стратегический запас генетического материала белорусским селекционерам.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор образцов спермы карповых рыб проводили в Филиале по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), в опытном селекционно-племенном хозяйстве «Якоть» (ОСПХ «Якоть») и в РУП «Институт Рыбного хозяйства», на селекционно-племенном участке «Изобелино» (СПУ «Изобелино») Республики Беларусь.

Работы проведены в 2016, 2019, 2020 и 2021 гг. на сперме карповых рыб белорусских пород: «Лахвинский чешуйчатый», «Изобелинский» (4 отводки), «Тремлянский» (2 линии) и российских пород: «Баттерфляй», «Московский чешуйчатый» тип парской породы (МЧ) и карп генетически маркированный – КМ1 [Богерук, 2008; Корнеева и др., 2017; Государственный реестр ..., 2018].

Сперму получали в соответствии с действующими в рыбоводной практике нормативами для карповых рыб, непосредственно перед транспортировкой, проводя визуальную оценку качества образцов по цвету и консистенции.

Собранные от индивидуальных самцов сперму разливали в пластиковые пробирки до половины объёма, маркировали и помещали в изотермический контейнер, перекладывая хладоэлементами и уплотнительными материалами. Транспортировку половых продуктов осуществляли при низких плюсовых температурах.

В 2016 и 2019 гг. сперму доставляли автотранспортом. В качестве изотермического контейнера использовали автомобильный холодильник, подключенный к электропитанию в автомобиле. Внутри холодильника дополнительно помещали хладоэлементы МХД-1 (165х95х33) многоразового использования в количестве 3 и 4 шт. соответственно.

В 2020-2021 гг. образцы спермы транспортировали автотранспортом курьерской службы экспресс-доставки. В качестве изотермического контейнера использовали пенопластовую коробку с толщиной стенок 30 мм, объемом 300х200х200, помещённую в коробку из гофрокартона. Внутри контейнера, помещали 6 шт. хладоэлементов МХД-1 (165х95х33) и Termo-KontМК. Для обеспечения в контейнере при транспортировке спермы оптимальной температуры в диапазоне от 0 до +10 °С, контейнеры предварительно тестировали, подбирая необходимое количество хладоэлементов опытным путем.

Время доставки биоматериала составляло в разные годы от 10 до 49 часов.

Доставленные в СПУ «Изобелино» и лабораторию криобиологии ВНИИПРХ половые продукты сразу после транспортировки использовали для проведения соответствующих видов запланированных работ.

Оплодотворение нативной спермой карпов с ОСПХ «Якоть» икры самок карпов белорусских пород на селекционно-племенном участке «Изобелино» проводили по принятой в рыбоводном хозяйстве технологии [Инструкция по разведению ..., 1986; Технологическая инструкция ..., 2005].

Криоконсервацию спермы карпов белорусских пород после транспортировки во ВНИИПРХ оценивали визуально и по подвижности под микроскопом при увеличении в 300-400 раз. Криоконсервацию нативной спермы и определение оплодотворяющей способности размороженных образцов осуществляли по разработанным лабораторией криобиологии технологиям [Цветкова и др., 2004; Докина и др., 2019].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работа состояла из двух видов:

а) проведение оплодотворения икры самок карпа белорусских пород спермой самцов карпа российских пород после длительной транспортировки (рисунок 1);

б) криоконсервация спермы карпа белорусских пород после транспортировки и закладка замороженных образцов на долгосрочное хранение в криобанк ВНИИПРХ.



Рисунок 1 – Отбор половых продуктов в ОСПХ «Якоть» и СПУ «Изобелино».;
А) карп породы «Баттерфляй», Б, Г) получение спермы, В) пробирки для транспортировки.

Для проведения работ по обмену генетическим материалом сперму карповых рыб в течение некоторого времени транспортировали от места получения до места проведения работ. На качество спермы во время хранения и транспортировки отрицательно влияют время хранения, вибрация, толчки, изменение температуры и влажности. Время доставки в разные годы приведено в таблице 1. Контролировать и влиять на температурные условия во время транспортировки не было возможности.

Таблица 1 – Время транспортировки образцов нативной спермы карпа перед использованием, ч

Год	из ОСПХ «Якоть» в СПУ «Изобелино»	из СПУ «Изобелино» во ВНИИПРХ
2016	20	16
2019	21	10
2020	49	43
2021	47	34

Получение половых продуктов на СПУ «Изобелино» осложнялось зависимостью от погодных условий, что затрудняло планирование сроков обмена генетическим материалом. В 2016 резкое изменение температурных условий (похолодание) на территории Беларуси привело к тому, что не удалось получить в достаточном для транспортировки количестве сперму от карпа белорусских пород. В 2020 и 2021 годах в условиях пандемии коронавирусной инфекции, для доставки генетического материала использовали курьерскую службу, что в 2-3 раза увеличило время доставки

Результаты развития икры самок белорусских карповых рыб, оплодотворённой спермой самцов российских пород карпа после длительной транспортировки.

В 2016 году из ОСПХ «Якоть» в СПУ «Изобелино» была доставлена сперма от 3 самцов карпа КМ1 и 3 самцов карпа «Баттерфляй». Время от получения спермы до оплодотворения составило 20 часов. Смесью спермы самцов КМ1 была оплодотворена икра двух самок амурского сазана белорусской популяции и смесью спермы самцов карпа «Баттерфляй» одна самка карпа породы «Изобелинский» («смесь зеркальная»). Результаты развития икры во время инкубации представлены в таблице 2. Во всех вариантах скрещивания на стадии гаструлы наблюдали достаточно высокое развитие икры (около 60 %), что свидетельствовало об удовлетворительной фертильности спермы после транспортировки. Через двое суток (стадия органогенеза) наблюдали значительный отход оплодотворённой икры, от 17 до 34 %, что, вероятно, связано с нарушениями температурного режима во время транспортировки спермы.

Таблица 2 – Результаты инкубации икры белорусских карповых рыб, оплодотворённой спермой карпа, доставленной из ВНИИПРХ (2016 г).

Скрещивание ♀ x ♂	Развитие икры в % на стадиях	
	гаструлы (24 ч)	органогенеза (48 ч)
Сазан амурский белорусской популяции x КМ1	69	35
Сазан амурский белорусской популяции x КМ1	57	30
Изобелинский карп (смесь зеркальная) x Баттерфляй	59	40

В 2019 году сперму транспортировали тем же способом, что и в 2016 г., увеличив количество хладоэлементов на 1 шт. Результаты развития икры, оплодотворённой спермой карпа КМ1 после транспортировки отражены в таблице 3. Было проведено четыре индивидуальных скрещивания. Оплодотворяющая способность спермы карпа КМ1 после транспортировки в течение 21 ч, во всех четырёх вариантах оставалась на уровне свежеполученной спермы амурского сазана белорусской популяции, а гибель икры через двое суток инкубации была ниже на 14-21 %.

Таблица 3 – Результаты инкубации икры амурского сазана белорусской популяции, оплодотворённой спермой карпа КМ1, доставленной из ВНИИПРХ (2019 г).

Скрещивание ♀ x ♂	Развитие икры в % на стадиях	
	гастролы (24 ч)	органогенеза (48 ч)
Сазан амурский белорусской популяции x КМ1	85	72
Сазан амурский белорусской популяции x КМ1	85	72
Сазан амурский белорусской популяции x КМ1	90	84
Сазан амурский белорусской популяции x КМ1	80	73
Сазан амурский белорусской популяции x Сазан амурский белорусской популяции	87	60
* - контроль (оплодотворение икры свежей спермой)		

В 2020 году время транспортировки спермы карпа московского чешуйчатого составило 49 ч. Процент развития икры карпа изобелинской породы оплодотворённой спермой карпа московского чешуйчатого типа парской породы (МЧ) после транспортировки на стадиях гастролы и органогенеза составил 85 и 83 % соответственно (таблица 4). Высокие показатели свидетельствуют о хорошем качестве спермы карпа МЧ и благоприятном температурном режиме во время транспортировки.

Таблица 4 – Результаты инкубации икры белорусских пород карпа, оплодотворённой спермой карпа, доставленной из ВНИИПРХ (2020 и 2021 гг.).

Год	Скрещивание ♀ x ♂	Развитие икры в % на стадиях	
		гастролы (24 ч)	органогенеза (48 ч)
2020	Изобелинский карп (смесь чешуйчатая) x МЧ	85	83
2021	(Изобелинский карп (смесь зеркальная) x баттерфляй) x Баттерфляй	96	90

Сперма карпа «Баттерфляй» в 2021 г. транспортировалась тем же способом, что и сперма карпа МЧ в 2020 г. Температура внутри контейнера после доставки составляла + 3°C. О жизнеспособности спермы карпа «Баттерфляй» после транспортировки свидетельствуют высокие показатели развития икры (таблица 4).

Результаты криоконсервации спермы карпа белорусских пород после длительной транспортировки.

В те же нерестовые сезоны проводили сбор спермы карпов белорусских пород в СПУ «Изобелино» и ее транспортировку во ВНИИПРХ для криоконсервации и закладки на хранение в криобанк. Сведения о заложенных на хранение в 2016, 2019-2021 гг. образцах представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Образцы криоконсервированной спермы карпов белорусских пород, заложенные на хранение в криобанк ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)

Породная принадлежность рыб	Количество образцов, шт.	Объём спермы, мл
2016 г.		
Лахвинский чешуйчатый	3	14,5
Тремлянский (линия чешуйчатая)	1	1,5
Тремлянский (линия зеркальная)	4	9,0
Изобелинский (отводка смесь чешуйчатая)	2	5,25
Изобелинский (отводка смесь зеркальная)	3	9,75
2019 г.		
Изобелинский (отводка Столин XVIII-чешуйчатая)	4	19,5
Изобелинский (отводка Три прим-зеркальная)	4	21,75
2020 г.		
Тремлянский (линия зеркальная)	2	27,75
Изобелинский (отводка смесь чешуйчатая)	4	41,25
2021 г.		
Лахвинский чешуйчатый	2	11,0
Тремлянский (линия зеркальная)	3	21,0
Тремлянский (линия чешуйчатая)	2	18,0
Всего	34	200,25

В 2016 году в СПУ «Изобелино» была получена сперма от самцов-производителей карпа пород «Лахвинский чешуйчатый», «Тремлянский» (линия «чешуйчатая», «зеркальная»), «Изобелинский» (отводка «смесь чешуйчатая», «смесь зеркальная») и доставлена в лабораторию криобиологии ВНИИПРХ в течение 16 часов. Температурный диапазон во время транспортировки составлял + 5-10 °С.

Объём большинства (9 из 13) полученных от индивидуальных самцов образцов нативной спермы составлял всего 1-4 мл, что привело к снижению её качества во время транспортировки. Несмотря на то, что подвижность нативной спермы после транспортировки была достаточно высокой (от 70 до 90 %), процедуру криоконсервации данные образцы спермы перенесли плохо.

Проверка качества криоконсервированных образцов показала их низкую активность и оплодотворяющую способность, что, возможно, объясняется технологическими нарушениями при отборе спермы (таблица 6). Однако полученные образцы могут быть успешно использованы при проведении молекулярно-генетических исследований.

Для проверки оплодотворяющей способности криоконсервированных образцов использовали качественную икру, отобранную визуально и проверенную путём оплодотворения нативной спермой. Сравнение результатов оплодотворения икры нативной (контроль по икре (K_n)) и криоконсервированной спермой при проверке даёт возможность сделать поправку на качество икры.

Таблица 6 – Качество образцов спермы карпов белорусских пород после транспортировки и криоконсервации в 2016 г.

Породная принадлежность рыб	Нативная сперма	Криоконсервированная сперма	
	подвижность, %	подвижность, %	оплодотворяющая способность, %
Лахвинский чешуйчатый	70	0	2
	90	1	6,7
	80	2	2,4
Тремлянский (линия чешуйчатая)	70	0	0
Тремлянский (линия зеркальная)	90	1	2,9
	60	0	0
	60	0	0
	60	-	-
Изобелинский (отводка смесь зеркальная)	70	3	7,9
Изобелинский (отводка смесь чешуйчатая)	80	0	-
	80	5	-
Контроль по икре (Ки)*			80,7
Примечание * – Контроль по икре (процент оплодотворения икры карпа породы Баттерфляй, используемой для проверки криоконсервированных образцов, оплодотворённой нативной спермой цветного карпа)			

В 2019 году сперму карпа породы «Изобелинский» отводок «Столин XVIII-чешуйчатая» и «Три прим-зеркальная», транспортировали от места сбора до места криоконсервации в течение 10 часов. Подвижность спермы после транспортировки и перед криоконсервацией составляла от 80 до 100 %. Большинство замороженных образцов показали высокую подвижность и оплодотворяющую способность (таблица 7). Так как время и температурный режим транспортировки были благоприятными, различное качество криоконсервированных образцов определяется, вероятно, индивидуальными особенностями спермы от разных самцов.

Таблица 7 – Качество образцов спермы карпов белорусских пород после транспортировки и криоконсервации в 2019 г.

Породная принадлежность рыб	Нативная сперма	Криоконсервированная сперма	
	подвижность, %	подвижность, %	оплодотворяющая способность, %
Изобелинский (отводка Столин XVIII-чешуйчатая)	80	25	51,6
	80	20	60,5
	90	20	79,0
	90	3	11,2
Изобелинский (отводка Три прим-зеркальная)	80	30	88,9
	90	25	69,1
	100	20	47,4
	90	30	96,0
Контроль по икре (Ки)*			94,6
Примечание * – Контроль по икре (процент оплодотворения икры карпа московского разбросанного типа парской породы, используемой для проверки криоконсервированных образцов, оплодотворённой нативной спермой волжского сазана)			

Время транспортировки спермы карпа пород «Тремлянский», линии «зеркальная», и породы «Изобелинский», отводки «смесь чешуйчатая», из СПУ «Изобелино» во ВНИИПРХ в 2020 г. составило 43 ч. Температура в транспортировочном контейнере при получении была + 13 °С. Подвижность спермы после транспортировки составляла от 20 до 50 %.

Проверка показала, что криоконсервированные образцы имеют низкую подвижность и невысокую, но удовлетворительную для использования в рыбоводных целях оплодотворяющую способность (таблица 8). В данном случае на результаты криоконсервации спермы повлияла длительность транспортировки (43 часа), в процессе которой произошло повышение температуры внутри изотермического контейнера, что привело к снижению качества нативной спермы и её пригодности для криоконсервации.

Таблица 8 – Качество образцов спермы карпов белорусских пород после транспортировки и криоконсервации в 2020 г.

Породная принадлежность рыб	Нативная сперма	Криоконсервированная сперма	
		подвижность, %	оплодотворяющая способность, %
Тремлянский (линия зеркальная)	30	7	30,1
	40	2	31,8
Изобелинский (отводка смесь чешуйчатая)	50	5	44,7
	20	1	14,9
	40	10	46,4
	20	5	12,0
Контроль по икре (Ки)*			95,6
Примечание			
* – Контроль по икре (процент оплодотворения икры карпа кросса Дмитровский, используемой для проверки криоконсервированных образцов, оплодотворённой нативной спермой цветного карпа)			

В 2021 году сперма карпа из СПУ «Изобелино» во ВНИИПРХ доставлена тем же способом, что и в 2020 году. Контейнер для перевозки спермы и количество хладоэлементов в нём оставались прежними, однако было уделено большее внимание его термоизоляции.

Сперму карпов пород «Лахвинский чешуйчатый», «Тремлянский» (линии «зеркальная», «чешуйчатая») транспортировали в течение 34 ч. При получении изотермического контейнера, температура внутри него составляла + 4 °С. Образцы нативной спермы карпа белорусских пород имели подвижность от 60 до 90 %.

Криоконсервированные образцы спермы белорусских карпов после оттаивания показали, в основном, приемлемые значения подвижности и оплодотворяющей способности (таблица 9). На абсолютные результаты оплодотворяющей способности криоконсервированных образцов также повлияло качество используемой для проверки икры. Контроль оплодотворяющей

способности по икре составлял всего 53 %. На икре другого качества результаты могли быть значительно выше.

Таблица 9 – Качество образцов спермы карпов белорусских пород после транспортировки и криоконсервации в 2021 г.

Породная принадлежность рыб	Объем, мл	Нативная сперма после транспортировки	Криоконсервированная сперма	
		подвижность, %	подвижность, %	оплодотворяющая способность, %*
Лахвинский чешуйчатый	5	80	20	29,2
	6	90	25	25,3
Тремлянский (линия зеркальная)	7	70	20	23,5
	7	70	20	14,8
	7	70	15	29,3
Тремлянский (линия чешуйчатая)	6	60	15	31,9
	12	90	20	30,1
Контроль по икре (Ки)*				53,0
Примечание * – Контроль по икре (процент оплодотворения икры карпа московского чешуйчатого типа парской породы, используемой для проверки криоконсервированных образцов, оплодотворённой нативной спермой КМ1)				

Все замороженные образцы заложены на хранение в криобанк ВНИИПРХ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получен новый опыт доставки спермы карповых рыб от места получения до места использования не только собственным автотранспортом, но и посредством курьерской службы с сохранением качества спермы пригодного для рыбоводных целей и криоконсервации.

Транспортировка спермы в течение от 20 до 49 ч в условиях низких положительных температур позволяет сохранять её жизнеспособность и получать при оплодотворении ею икры результаты, сравнимые с оплодотворением свежеполученной спермой.

Длительная перевозка спермы карпа существенно снижает её пригодность для криоконсервации. Снижение качества спермы карпа и её пригодности к криоконсервации различается для отдельных самцов.

Проверка качества криоконсервированных образцов спермы карпа, после транспортировки в течение от 10 до 43 часов в условиях низких положительных температур показала в основном удовлетворительные результаты их оплодотворяющей способности.

Криоконсервированные образцы белорусских пород карпа, собранные в 2019, 2020 и 2021 гг., можно в дальнейшем успешно использовать для нужд аквакультуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Богерук А.К. Каталог пород карпа стран Центральной и Восточной Европы. - М, 2008. - 192 с.
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 2. Породы животных: официальное издание. М.: Росинформагротех, 2018. - 212 с.
- Докина О.Б., Пронина Н.Д., Ковалев К.В., Миленко В.А., Цветкова Л.И. Усовершенствованная технология криоконсервации спермы карпа в крупномасштабном криобанке // Рыбное хозяйство. - 2019. - № 5. - С. 97-105.
- Инструкция по разведению и промышленному использованию племенного стада парского карпа. - М.: Агропромиздат, 1986.
- Корнеева Г.И., Костоусов В.Г., Кошак Ж.В., Дегтярик С.М., Пантелей С.Н., Шейко Я.И. Научное обеспечение рыбной отрасли Республики Беларусь / Под. ред. Агееца В.Ю. Информационно-аналитические материалы. Изд. 2-е доп.- Минск.: ЧИУП «Логвинов», 2017. - 102 с.
- Технологическая инструкция по разведению племенного карпа белорусской селекции. - Минск: БелНИИНТИ, 2005.
- Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Способ криоконсервирования спермы карповых рыб: патент РФ. - № 2241324. - 2004.

EXPERIENCE OF USE OF CARP SPERM AFTER LONG TRANSPORTATION

O.V. Korabelnikova¹, N.D. Pronina¹, O.B. Dokina¹, V.N. Dementyev¹, K.V. Kovalev¹, V.G. Kostousov², T.A. Sergeeva²

¹- Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKH»)

²- Republican Unitary Enterprise Fish Industry Institute, the Republic of Belarus

Abstract. The paper presents the results of the use of carp sperm for fertilization and cryopreservation after being transported for 10 to 49 hours.

Keywords: carp, sperm, eggs, fertilization, transportation, cryopreservation, cryobank.

К ВОПРОСУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИОКОНСЕРВИРОВАННОЙ СПЕРМЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ОСЕТРОВОДСТВЕ

В.И. Ананьев, В.Е. Федяев, Е.А. Мельченков, А.В. Мищенко
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*

E-mail: ananievv@mail.ru; melchenkov_ea@vniiprh.ru

Несмотря на то, что осетроводство в нашей стране успешно развивается использование криотехнологий для совершенствования производства осетровых не происходит, хотя методы криоконсервации спермы разработаны достаточно хорошо. Одной из причин такого положения дел является то, что до сих пор отсутствуют исследования, по экономической оценке, эффективности применения криоконсервированной спермы в промышленных осетровых комплексах. В статье впервые сделана попытка оценить перспективность использования ее в этих хозяйства при различных уровнях оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы по сопоставлению с нативной.

Ключевые слова: осетровые, сибирский осётр, амурский осетр, калуга, стерлядь, коммерческая целесообразность, УЗВ, технологические нормативы, ремонтно-маточные стада, самцы, криоконсервированная сперма.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что осетроводство в нашей стране успешно развивается использование криотехнологий для совершенствования производства осетровых рыб в промышленных комплексах не происходит, в то время как методы криоконсервации спермы их разработаны достаточно хорошо. Одной из причин такого положения дел является то, что до сих пор отсутствуют исследования, по экономической оценке, эффективности применения криоконсервированной спермы в этих рыбоводных хозяйствах. В статье впервые сделана попытка оценить перспективность использования ее в УЗВ при различных уровнях оплодотворяющей способности по сопоставлению с нативной.

В связи с сокращением естественных популяций осетровых рыб в местах их естественного обитания и переход аквакультуры России на формирование одомашненных ремонтно-маточных маточных стад в условиях культурных рыбоводных хозяйств, включая как предприятия с естественной температурой воды, так и промышленных (УЗВ). Все больший интерес вызывает возможность использования для воспроизводства криотехнологий, т.е. применение криоконсервированной спермы (желательно от производителей из естественного ареала обитания) для оплодотворения икры, полученной от рыб, выращенных в

искусственных условиях, с целью формирования гетерогенных маточных стад, а также создания перспективных гибридных форм для товарного рыбоводства.

В связи с этим важно оценить экономическую эффективность применения криоконсервированной спермы в условиях промышленных рыбоводных хозяйств. Успех и экономическая целесообразность применения криоконсервированной спермы в сельском хозяйстве подтверждает правильность выбранного направления.

В племенном животноводстве широко используется криоконсервированная сперма и особенно для воспроизводства крупного рогатого скота. Создана система племенных предприятий по хранению и реализации семени животных-производителей, в том числе: ОАО «Главный центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» с региональными племенными организациями, станции и пункты искусственного осеменения, что дает значительный экономический эффект. В аквакультуре, включая осетроводство, до сих пор не решена проблема использования криоконсервированной спермы несмотря на то, что в последнее время методы ее глубокого замораживания достаточно хорошо разработаны и может, по нашему мнению, в перспективе быть экономически выгодным, учитывая биологические особенности рыб, дающих многочисленное потомство, в отличие от сельскохозяйственных теплокровных животных.

Оценка методов криоконсервации и экономической целесообразности использования криоконсервированной спермы в промышленном осетроводстве.

В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал по созданию методов криоконсервации спермы осетровых рыб [Цветкова и др., 2004; Исаев, Шафеи, 2016; Пономарева и др., 2017; Красильникова, Тихомиров, 2018; Kovalev et.al, 2019; Докина и др., 2020].

Несмотря на разброс данных о величине оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы осетровых рыб можно сделать вывод о том, что она в большинстве случаев ниже незамороженной (нативной).

При экспериментальных работах выполненных на базе Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») отдела «Конаковский» заведующим лабораторией криобиологии К.В. Ковалёвым, по получению промышленных партий гибридных форм осетровых рыб: сибирский осетр×амурский осетр, сибирский осетр×калуга (рисунок) для товарного выращивания в 2020 г. были получены весьма удовлетворительные результаты по использованию криоконсервированной спермы калуги: процент оплодотворения икры сибирского осетра составил 63,2 %, а процент оплодотворения нативной спермы амурского осетра – 73,5 %. При выходе предличинок соответственно 38 и 51 %.



Рисунок – Молодь гибрида сибирского осетра и калуги в возрасте 99 суток, массой 70 г

Значение этого показателя также определяется многими факторами в том числе: видом рыб, качеством полученного от самок овулировавшей икры, физиологическим состоянием самцов, качеством полученных половых продуктов, которые использовали для криоконсервации и объем замораживаемой спермы. Последнее обстоятельство имеет большое значение при разработке промышленных технологий криоконсервации. В наших экономических расчетах мы взяли минимальный показатель оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы на уровне 40 %, так как более высокие показатели оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы требуют подтверждения другими исследователями.

Коммерческая целесообразность использования криоконсервированной спермы выявлялась на основе сопоставления затрат и выручки от реализации молоди (эмбрионов), полученной по технологии производства 500 тыс. шт трёхграммовой молоди стерляди в УЗВ. Согласно действующим технологическим нормативам [Мельченков и др., 2018] для содержания 135 племенных самцов и их ремонта потребуется 35 м² площади бассейнов стоимостью 350,0 тыс. руб. Сумма амортизационных отчислений по ним составит 17,5 тыс. руб. Уменьшится площадь производственного здания на 52 м² стоимостью 795,0 тыс. руб., амортизационные отчисления от которого будут равны 22,1 тыс. руб. Годовые затраты комбикорма на содержание ремонтно-маточного стада самцов составят 1,5 тонны на сумму 210,0 тыс. руб.

Таким образом, общая экономия текущих затрат по основным статьям расходов в случае использования криоконсервированной спермы для оплодотворения икры составит 249,6 тыс. руб. (17,5 + 22,1 + 210,0). Кроме того, будет сэкономлено свыше 1 млн руб. капитальных вложений. Однако, использование замороженной спермы снижает выход продукции. Как сообщалось ранее, в нашем случае, мы использовали показатель оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы 40 %. При этом мы предполагали, что выход свободных эмбрионов будет 60 %. В тоже время, согласно технологическим нормативам, при использовании нативной спермы для оплодотворения икры эти показатели составляют 85 и 70 % соответственно [Мельченков и др., 2018]. Подобные нормативы приводятся и в других научных

работах [Васильева и др., 2006; Матишов и др., 2006; Биотехнологические нормативы, 2010; Филатов и др., 2008].

В результате, выход оплодотворенной икры в первом случае (при использовании криоконсервированной спермы) составит 12,6 кг (831,6 тыс. шт), а выход эмбрионов – 504 тыс. шт стоимостью 1,26 млн руб. Количество полученных свободных эмбрионов во втором случае составит 1,25 млн шт стоимостью 3,13 млн руб. таким образом, потеря выручки от реализации эмбрионов в результате использования спермы, хранящейся в криобанке составит 1,87 млн руб. (3,13-1,26), что в 7,5 раза больше, чем экономия затрат на содержание ремонтно-маточного стада самцов.

Процесс криоконсервации спермы рыбы может служить одним из факторов инновационно-технологического обновления аквакультуры, способствовать превращению ее в динамично развивающееся эффективное производство. Поэтому требует к себе пристального внимания. Необходимо продолжать исследования в направлении снижения отходов на стадиях развития икры и дальнейшего получения продукции. Например, повышение выхода эмбрионов от оплодотворенной икры спермой до 70 % (вместо 40 %), снизит общий убыток от криоконсервации спермы до 670 тыс. руб., т.е. на 945,0 тыс. руб.

Увеличение выхода оплодотворенной икры до величины, близкой к нормативу технологии получения 500 тыс. экз. молоди в УЗВ (85 %) может привести осетровые предприятия на прибыльную работу. В последнее время в лаборатории криобиологии Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») ведутся успешные работы в этом направлении. В опубликованных тезисах доклада К.В. Ковалёва на Международной конференции во Франции (г. Ренн) приводятся данные об оплодотворяющей способности криоконсервированной спермы, которая составила 87 % (для калуги), 73 % (для стерляди), 81 %. (для белуги). Примерно, такие же высокие результаты получены и в контрольных опытах с использованием обычной незамороженной спермы [Kovalev, 2019]. Однако, это первые опыты и они пока носят научно-исследовательский характер.

Поэтому, открывающиеся возможности криоконсервации спермы рыб (а в дальнейшем и икры или эмбрионов) требуют к себе пристального внимания. Совершенствование этого процесса (создание не научных способов, а производственных криотехнологий) приведет к существенному снижению потребности капитальных вложений и текущих затрат на единицу продукции аквакультуры. Одновременно, постоянная оценка экономической эффективности данных исследований позволит повысить уровень, обеспечить контроль за их проведением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что применение криоконсервированной спермы может быть экономически эффективным в случае разработки производственных

криотехнологий для осетровых рыб, обеспечивающих показатели оплодотворяемости и выход предличинок на уровне использования нативной спермы.

Это даст возможность усовершенствовать биотехнологии осетроводства за счет уменьшения количества самцов и соответственно необходимых для их содержания производственных мощностей. В дальнейшем возможно во многих промышленных полносистемных осетровых хозяйствах вообще отказаться от выращивания самцов и снизить затраты на их кормление и содержание, а освободившиеся производственные мощности использовать для других рыбоводных целей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Биотехнологические нормативы по товарному осетроводству / Под ред. Л.М. Васильевой. - Астрахань: АГУ, 2010. - С. 1-78.
- Васильева Л.М., Яковлева А.П., Щербатова Т.Г., Петрушина Т.Н., Тяпугин В.В., Китанов А.А., Архангельский В.В., Судакова Н.В., Астафьева С.С., Федосеева Е.А. Технологии и нормативы по товарному осетроводству в VI рыбоводной зоне / Под ред. Н.В. Судаковой. - М.: Изд-во ВНИРО, 2006. - 100 с.
- Докина О.Б., Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Эффективные технологии криоконсервации спермы карповых и осетровых рыб // Мат. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры» Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января 2020 г. - М.: Перо, 2020. - Мб. [Электронное издание]. С. 119-131.
- Исаев Д.А., Шафеи Р.А. Криоконсервация спермы осетровых рыб: текущее состояние и перспективы // Рыбоводство и рыбное хозяйство. - 2016. - № 5. - С. 65-73.
- Красильникова А.А., Тихомиров А.М. Получение жизнеспособной молоди русского осетра с применением криоконсервированной спермы и оценка поведенческих реакций криопотомства // Научно-теоретический журнал Сельскохозяйственная биология. - 2018. - Т. 53, № 4. - С. 762-768.
- Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарёва Е.Н., Лужняк В.А., Чипинов В.Г., Коваленко М.В., Казарникова А.В. Опыт выращивания осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств. - Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2006. - С. 2-72.
- Мельченков Е.А., Канидьева Т.А., Сафронов А.С., Слепнёв В.А., Калмыкова В.В., Арчибасов А.А., Мищенко А.В. Техническое руководство по многоцикловому (6 циклов) производству в УЗВ посадочного материала стерляди для типового хозяйства мощностью 0,5 млн экз. в год. М: Сельскохозяйственные технологии, 2018. - 41 с.
- Пономарева Е.Н., Неваленный А.Н., Белая М.М., Красильникова А.А. Использование криоконсервированной спермы для формирования

маточного стада стерляди // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. - Астрахань, 2017. - № 4. - С. 118-127.

Филатов В.И., Ширяев А.В. Киселев А.Ю., Мельченков Е.А., Слепнев В.А. Методы выращивания производителей осетровых рыб с целью создания маточных стад для производства пищевой икры // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2008. - № 2. - С. 27-38.

Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д., Миленко В.А., Тансыкбаев А.Н. Крриоконсервация спермы осетровых рыб - объектов аквакультуры // Мат. III Межд. науч.-практ. конф. «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы», Астрахань, 22-25 марта 2004 г. - Астрахань, 2004. - С. 213-214.

Kovalev K., Pronina N., Dokina O., Milenko V. Method for large-scale production of sturgeon embryos using cryopreserved sperm // 7th International Workshop on the Biology of Fish Gametes, 3-6 sept. 2019, Rennes, France Book of abstracts, Rennes, France, August, 2019.- P. 124-125.

COST-EFFECTIVENESS OF CRYOPRESERVED SPERM IN COMMERCIAL STURGEON BREEDING

V.I. Ananyev, V.E. Fedyaev, E.A. Mel'chenkov, A.V. Mischenko
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)
E-mail: ananievv@mail.ru; melchenkov_ea@vniiprh.ru

Abstract. Despite the rapid development of domestic sturgeon breeding and well-established methods of sperm cryopreservation, cryotechnology is still not implemented for productivity improvement. It is partly because no studies of the cost-effectiveness of cryopreserved sperm in individual sturgeon farms have been performed. This paper attempts to evaluate the prospects of the use of cryopreserved sperm in sturgeon farms at various levels of fertilizing capacity compared to native sperm.

Keywords: sturgeons, Siberian sturgeon, Amur sturgeon, Kaluga fish, Sterlet sturgeon, cost-effectiveness, recirculating aquaculture system, technological standards, replacement and breeding stock, males, cryopreserved sperm.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРОХОВОГО КОНЦЕНТРАТА «ПРОТЕЛОН» В
КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА БЕЛКА В
КОМБИКОРМАХ ДЛЯ МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ
МАССОЙ от 3,0 до 8,0 г**

М.С. Королькова, А.В. Мышкин, М.А. Щербина,
О.А. Бондаренко, Е.Ю. Козлова

*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*

E-mail: vyrezub@rambler.ru, venilasky@yandex.ru

Исследовали возможность замены рыбной муки растительным белковым концентратом – протелон в комбикормах для молоди осетровых рыб массой от 3,0 до 8,0 г. Протелоном заменяли рыбную муку в кормах в количествах – 15, 20, 25 и 30 %. Полученные результаты показали, что протелон ухудшает питательные свойства кормов и оказывает неблагоприятное влияние на обмен веществ молоди в количестве, превышающих 15 %.

Ключевые слова: комбикорм, концентрат растительного белка, протелон, молодь осетровых рыб.

ВВЕДЕНИЕ

Сокращение сырьевой базы и уменьшающиеся объемы вылова рыбы вызывают снижение производства рыбной муки в Российской Федерации. Данная проблема принуждает к поиску кормовых компонентов нового поколения, способных в определенной степени заменять белки рыбной муки. [Протеины: новое в технологии производства ..., № 11, 2017].

В настоящее время в рыбной комбикормовой промышленности интенсивно ведутся поиски нового качественного сырья, источника протеина, заменителя рыбной муки. Предпринимаются попытки использовать всевозможные растительные и животные белковые концентраты.

В связи с этим, исследования по разработке полноценных кормов, на основе подобных компонентов, приобретают особую актуальность.

В качестве источника белка вызвал интерес растительный белковый концентрат «Протелон-55».

«Протелон-55» – универсальный кормовой растительный концентрат белка с высокой биологической ценностью, изготавливаемый ведущим российским производителем пищевых и кормовых ингредиентов Партнер-М [Протеиновый концентрат Протелон-55, 2020].

Белковый концентрат «Протелон» – это гороховая нативная мука тонкого помола с содержанием белка не менее 55 %. Протелон содержит белок высокой

пищевой ценности и является универсальной белковой добавкой. Белок гороха считается наиболее гипоаллергенным среди всех растительных протеинов и содержит практически идеальный набор аминокислот. В протелоне оптимальное соотношение фосфора и кальция [Протеины: новое в технологии производства ..., № 10, 2017].

Учитывая все достоинства, можно предположить, что Протелон может явиться желаемым компонентом в комбикормах для молоди осетровых рыб.

В связи с этим цель эксперимента – оценить возможность включения концентрата горохового белка Протелона в комбикорма для молоди осетровых рыб массой от 3,0 до 8,0 г в качестве частичной замены рыбной муки, а также определить оптимальную норму его введения в комбикорма.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Испытания по возможности использования горохового концентрата в качестве альтернативного источника белка в комбикормах для молоди осетровых рыб проходили в Филиале ФГБНУ «ВНИРО» «ВНИИПРХ» в цехе инкубации и выращивания рыбы. Объектом исследований служила молодь сибирского осетра средней начальной массой 3,8-4,0 г.

Молодь выращивали в лотках размером 270*50 см, площадью 1,35 м², объемом 0,34 м³. Плотность посадки молоди составляла 480 шт/лоток или 1410 шт/м³ (всего 960 шт в каждом варианте опыта). Эксперимент проводили в двойной повторности.

Средняя температура воды составляла – 22,3 °С и колебалась в незначительных пределах 21,3-23,5 °С, содержание кислорода не опускалось ниже 7,3-8,9 мг О₂/л. Расход воды в лотках - 10 л/мин при полном водообмене 2 оборота/час.

Комбикорма были изготовлены в цехе по производству рыбных гранулированных комбикормов ВНИИПРХ.

Биологическую оценку кормов для молоди проводили по выживаемости, темпу роста, который рассчитывали на основании результатов контрольных обловов, которые проводили каждые 5 дней и кормовым затратам (КЗ). Суточные нормы кормления рассчитывали в зависимости от массы рыбы и температуры воды, и они составляли 6-7% от массы тела. Абсолютный прирост вычисляли по разности между начальной и конечной массой рыб. Среднесуточный прирост рассчитывали по формуле:

$$C_w = \frac{2 \cdot (M_t - M_0)}{(M_t + M_0) \cdot t} \cdot 100\%,$$

где C_w – среднесуточный прирост, %; M_0 , M_t – средняя масса рыб в начале и конце эксперимента, г; t – количество суток.

Кормовые затраты определяли путем отношения количества затраченного корма на прирост молоди с учетом ее отхода, за весь период выращивания [Щербина, Гамыгин, 2015].

Биохимические исследования по определению влаги, жира и золы молоди стерляди проводили по стандартным методам [ГОСТ Р 54951-2012, ГОСТ 32933-2014, ГОСТ 13496.15-2016]. Определение содержания азота и сырого протеина вели по методическому руководству, разработанному М.А. Щербиной [Щербина, 1983]. Пробы обрабатывали в двойной повторности.

Показатель «накопления» (N, г на 100 первоначальной массы) рассчитывали на основании изменений массы и химического состава тела рыб по формуле: $N = (M_1 P_1 - M_0 P_0) / M_0$, где M_0 , M_1 и P_0 , P_1 – масса и содержание веществ и энергии в теле рыб в начале и конце экспериментов [Щербина, 1983].

На основе данных о количестве съеденных рыбами питательных веществ комбикорма и изменений массы и химического состава тела рассчитывали коэффициент их использования по следующей формуле [Щербина, 1983]:

$E_{\text{и}} = (M_t \times P_t - M_0 \times P_0) / [(M_t - M_0) \times Z_{\text{и}}] \%$, где M_0 , M_t и P_0 , P_t – масса (г), содержание веществ (%) и энергии (кДж/100 г) в теле рыб в начале и конце экспериментов $Z_{\text{и}}$ – затраты съеденного корма или отдельных питательных веществ, а также энергии на единицу прироста массы рыб, г, кДж.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При испытании горохового протелона в исходном (контрольном) комбикорме ОКМ-1 (60 % рыбной муки) замещали им рыбную муку в количествах – 15, 20, 25, 30 % (рецепты ОКМ-2 – ОКМ-5). Помимо рыбной муки и протелона в состав комбикормов входили следующие компоненты: кровяная мука, Био-МОС, пшеница, глютен пшеничный, рыбий жир, конопляное масло, лецитин, DL-метионин, витаминный премикс, монокальцийфосфат, пробиотик. Показатели питательных веществ и энергии кормов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав комбикормов с различным содержанием протелона (% сухого вещества)

Рецепт комби-корма	Вода	Сухое в-во	Органические вещества			Зола	Энергия, ккал/100 г
			протеин	жир	угле-воды		
ОКМ-1 (контроль)	7,4	92,6	49,8	14,1	24,8	11,3	522,0
ОКМ-2	7,3	92,7	48,5	12,7	28,3	10,5	516,0
ОКМ-3	7,7	92,3	48,0	12,2	29,9	9,9	515,1
ОКМ-4	7,5	92,5	47,5	12,6	30,3	9,6	517,7
ОКМ-5	7,5	92,5	45,9	12,7	32,0	9,4	516,7

Анализ данных таблицы 1, показывает, что по мере замены рыбной муки гороховым протелоном количество протеина в корме снижается на 1,3-3,9 % но остается на достаточно высоком уровне 45,9-49,8 %, и соответствует потребности молоди осетровых рыб массой 3-8 г в белках (35-45 % по Щербине,

Гамыгину, 2015). Введение протелона снизило и содержание жира в кормах до 12,2-12,7% (14,1 % в контроле), что было ожидаемо, т.к. в протелоне низкое содержание липидов (не более 4 %) [Протеиновый концентрат Протелон-55, 2020]. Протелон, как растительный компонент, содержит значительное количество углеводов – 37,5 %, это отразилось и на содержании углеводов в кормах – оно возросло с 28,3 до 32,0 % (в контроле – 24,8 %). Содержание золы было в пределах – 9,4-10,5 % (11,3% в контроле). Энергетическая ценность экспериментальных кормов незначительно снизилась до 515,1-517,7 ккал/100 г, и была на 4,3-6,9 ккал/100 г ниже, чем в контроле – 522 ккал/100 г.

Результаты испытаний комбикормов с различным уровнем ввода протелона на молоди сибирского осетра представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рыбоводные результаты испытаний комбикормов с различным уровнем ввода протелона на молоди сибирского осетра

Рецепт	Кол-во ГП, %	Начальная масса, г	Выживаемость, %	Масса конечная, г	Прирост абсолютный, г	Cw, %	КЗ, ед.
ОКМ-1 (контроль)	-	3,9	99,6	9,3	5,3	8,2	0,6
ОКМ-2	15	4,0	99,2	9,2	5,2	7,9	0,6
ОКМ-3	20	3,8	99,6	9,2	5,4	8,3	0,6
ОКМ-4	25	3,9	99,5	9,5	5,6	8,4	0,5
ОКМ-5	30	3,8	99,3	10,3	6,5	9,2	0,5

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что выживаемость молоди сибирского осетра во всех вариантах опыта и в контроле была высокой и составляла 99,2-99,6 %.

Наибольшей конечной массы – 10,3 г, достигла молодь на комбикорме ОКМ-5, с максимальным введением горохового протелона – 30 %. Несколько выше (на 0,2 г), по сравнению с контролем, была конечная масса и в варианте корма ОКМ-4 (25 % ГП). В вариантах ОКМ-2 и ОКМ-3 этот показатель – 9,2 г был близок к контролю (9,3 г).

Абсолютный прирост молоди, также наибольшим был в варианте ОКМ-5 (6,5 г), превысив этот показатель в контроле (5,3 г) на 22,6 %, несколько выше контрольного он был и в вариантах ОКМ-3 и ОКМ-4, где соответственно составил 5,4 и 5,6 г.

Кормовые затраты и в контроле, и в эксперименте были низкими – 0,5-0,6 ед., причем в вариантах ОКМ-4 и ОКМ-5 с максимальной заменой рыбной муки на 25 и 30 % протелона, было потрачено на единицу прироста на 16,7 % кормов меньше.

Химический состав молоди сибирского осетра, выращиваемой на экспериментальных комбикормах с протелоном, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав молоди сибирского осетра в пересчете на сырое вещество, %

Рецепт комби-корма	ГП, %	Вода	Сухое в-во	Органические вещества				Зола	Энергия ккал 100 г
				протеин	жир	угле-воды	сумма орг. в-в		
Начало опыта	-	85,2	14,8	7,8	3,4	2,0	13,2	1,6	85,4
ОКМ-1 (контроль)	-	83,7	<u>16,4</u> 100	<u>9,5</u> 100	<u>3,2</u> 100	<u>1,9</u> 100	14,6	1,8	<u>92,5</u> 100
ОКМ-2	15	83,5	<u>16,5</u> 101	<u>9,5</u> 100	<u>3,3</u> 103	<u>1,8</u> 95	14,6	1,9	<u>92,9</u> 100
ОКМ-3	20	84,0	<u>16,0</u> 98	<u>8,7</u> 92	<u>3,0</u> 94	<u>2,4</u> 126	14,1	1,9	<u>88,3</u> 95
ОКМ-4	25	85,6	<u>14,4</u> 88	<u>7,5</u> 79	<u>2,4</u> 75	<u>2,7</u> 142	12,6	1,8	<u>76,5</u> 83
ОКМ-5	30	86,5	<u>13,5</u> 82	<u>7,0</u> 74	<u>2,1</u> 66	<u>2,6</u> 137	11,7	1,8	<u>70,8</u> 77
Примечание под чертой % к контролю ОКМ-1									

Данные таблицы 3 показывают, что кормление молоди комбикормами с заменой рыбной муки протеломом более чем на 15 % вызывает четко видимое повышение содержания воды в рыбе с 83,5 до 86,5 %, снижение уровня сырого протеина с 9,5 до 8,7 и далее до 7,0 %, и жира с 3,2 до 2,1 %, а также повышение уровня углеводов с 1,8 до 2,7 %. Все это свидетельствует о негативном влиянии больших доз протелона и является отрицательным фактором для растущей молоди. Данные подтверждаются показателем накопления веществ и энергии в теле рыб (таблица 4).

Таблица 4 – Интенсивность накопления массы, веществ и энергии, г/100 г первоначальной массы

Рецепт	Масса	Вода	Сухое вещ-во	Протеин	Жир	Угле-воды	Зола	Энергия
ОКМ-1 (контроль)	<u>138,5</u> 100	<u>114,4</u> 100	<u>24,3</u> 100	<u>14,9</u> 100	<u>3,7</u> 100	<u>2,5</u> 100	<u>2,7</u> 100	<u>135,5</u> 100
ОКМ-2	<u>130,0</u> 94	<u>106,9</u> 93	<u>23,2</u> 96	<u>14,1</u> 94	<u>4,2</u> 114	<u>2,1</u> 84	<u>2,8</u> 104	<u>129,0</u> 95
ОКМ-3	<u>142,1</u> 103	<u>118,2</u> 103	<u>24,0</u> 99	<u>13,3</u> 89	<u>4,1</u> 111	<u>3,8</u> 152	<u>3,0</u> 111	<u>128,4</u> 95
ОКМ-4	<u>143,6</u> 104	<u>123,3</u> 108	<u>20,3</u> 84	<u>10,5</u> 71	<u>2,5</u> 68	<u>4,6</u> 184	<u>2,8</u> 103	<u>102,2</u> 75
ОКМ-5	<u>171,1</u> 124	<u>149,3</u> 131	<u>21,8</u> 90	<u>11,3</u> 75	<u>2,3</u> 62	<u>5,1</u> 204	<u>3,3</u> 122	<u>106,8</u> 79
Примечание под чертой % к контролю ОКМ-1								

Полученные результаты свидетельствуют о повышении накопления воды в теле со 107 до 149,3 %, снижении накопления протеина с 14,9 до 10,5 %, жира

с 3,7 до 2,3 % и резком возрастании накопления углеводов (в 2 раза) и золы (в 1,2 раза), что свидетельствует о нарушении обмена веществ у молоди.

Коэффициент эффективности использования основных питательных веществ (протеина и липидов) необходимых растущей молоди и энергии в зависимости от уровня замены рыбной муки протелонормом в экспериментальных кормах представлен на рисунке 1.

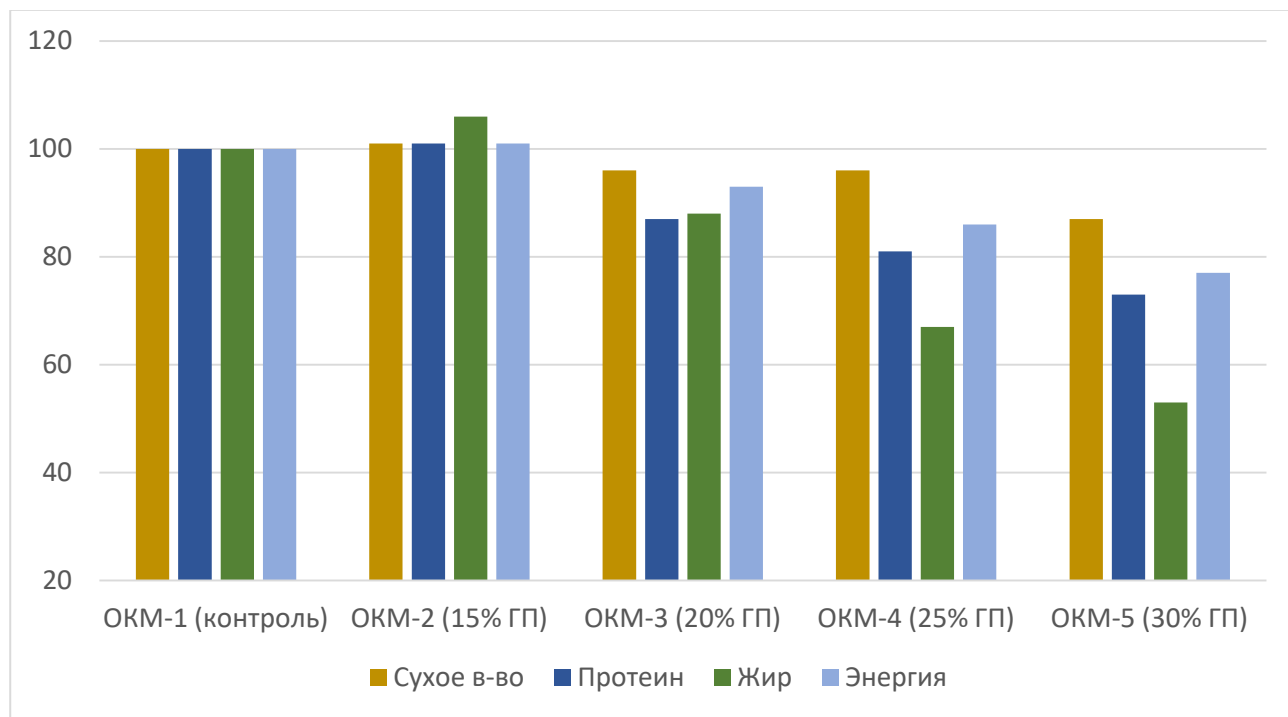


Рисунок 1 – Влияние замещения рыбной муки протелонормом на эффективность использования питательных веществ и энергии корма молодью осетровых рыб, % к контролю

На рисунке 1 хорошо видно влияние доз протелона на эффективность использования питательных веществ и энергии.

При замене рыбной муки в кормах более 15 % эффективность использования основных питательных веществ, необходимых растущей молоди – протеина и жира – снижается. Причем, чем больше введение протелона, тем хуже эффективность использования протеина, липидов и энергии. Коэффициент эффективности использования в определенной степени служит мерой питательности корма и его способности удовлетворять потребности рыб [Щербина, 1983]. Поэтому можно сказать, что высокие дозы протелона снижают питательность испытанных кормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью эксперимента было оценить возможность включения концентрата горохового белка Протелона в комбикорма для молоди осетровых рыб массой от 3,0 до 8,0 г в качестве частичной замены рыбной муки, а также определить оптимальную норму его введения в комбикорма.

Полученные данные, позволяют говорить об отрицательном влиянии высоких доз протелона в комбикормах для молоди осетровых рыб массой от 3,0 до 8,0 г. Замена в экспериментальных комбикормах рыбной муки гороховым протелоном в количестве более 15 % ухудшила питательные свойства корма и неблагоприятно отразилась на обмене веществ молоди сибирского осетра. В теле рыб снизилось образование протеина и липидов, что является отрицательным фактором для растущей молоди. Возможно применение протелона будет более благоприятным в комбикормах для осетровых рыб старших возрастов, но для подтверждения этого необходимы дополнительные исследования.

На основании проведенных экспериментов можно рекомендовать замену рыбной муки в рецептах для молоди осетровых рыб массой от 3,0 до 8,0 г в количестве не более 15 % (вариант ОКМ-2).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ Р 54951-2012 (ИСО 6496:1999). Корма для животных. Определение содержания влаги = Animal feeding stuffs. Determination of moisture content : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 июля 2012 г. № 231-ст : введен впервые : дата введения 2013-07-01 / подготовлен Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности» (ОАО «ВНИИКП»). - Москва : Стандартинформ, 2013.
- ГОСТ 32933-2014 (ISO 5984:2002) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырой золы = Feeds, compound feeds. Method for determination of crude ash : межгосударственный стандарт : официальное издание : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2014 г. № 1356-ст : введен впервые : дата введения 2016-01-01/ подготовлен Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности» (ОАО «ВНИИКП»). – Москва : Стандартинформ, 2020.
- ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира = Feeds, mixed feeds, feed raw material. Methods for determining the raw fat content : межгосударственный стандарт : официальное издание : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2016 г. № 1464-ст введен в действие взамен ГОСТ 13496.15-97 : дата введения 2018-01-01 / переиздание 2020 / разработан Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности» (ОАО «ВНИИКП»). - Москва : Стандартинформ, 2020.
- Протеиновый концентрат Протелон-55, 2020. Website: <https://partnermk.ru/product/protelon/>.

- Протеины: новое в технологии производства и возможности использования // Комбикорма. - 2017. - № 11. - С. 29-32.
- Протеины: новое в технологии производства и возможности использования // Комбикорма. - 2017. - № 10. - С. 59-62.
- Щербина М.А. Методические указания по физиологической оценке питательности кормов для рыб. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. - 83 с.
- Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Монография. - М.: Сельскохозяйственные технологии, 2015. - 292 с.

**PROTELON PEA CONCENTRATE AS AN ALTERNATIVE PROTEIN
SOURCE IN THE MIXED FEED FOR YOUNG STURGEONS
WITH THE BODY WEIGHT OF 3.0 TO 8.0 GRAMS**

M.S. Korol'kova, A.V. Myshkin, M.A. Shcherbina,
O.A. Bondarenko, E.Yu. Kozlova
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)
E-mail: vyrezub@rambler.ru, venilasky@yandex.ru

Abstract. The study evaluated the feasibility of replacing fish flour with Protelon vegetable protein concentrate in the mixed feed for young sturgeons with the body weight of 3.0 to 8.0 g. Protelon was substituted for fish flour in the mixed feed in the amount of 15, 20, 25, and 30%. The results suggested that Protelon decreases the nutritional properties of the mixed feed and impairs metabolism in young sturgeons in amounts above 15%.

Keywords: mixed feed, vegetable protein concentrate, Protelon, young sturgeons.

ВЛИЯНИЕ ВИДА КОРМА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕГОЛЕТОК И ДВУХЛЕТОК КАРПА В ПРУДАХ

С.Б. Мустаев, М.Ю. Амелин, И.А. Монахов, Б.В. Комышев, М.С. Караваева

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»

(«ВНИИПРХ»)

E-mail: mustaevsb@yandex.ru

Изучена скорость роста сеголеток и двухлеток карпа в прудах и кормовые затраты при использовании стандартного корма К-111 и кормов Карп 38/12 и Карп-34/08, используемых при выращивании карпа в садках. Определена экономическая эффективность их выращивания. Показано, что использование корма Карп-38/12 позволяет увеличить конечную массу сеголеток и двухлеток карпа и рыбопродуктивность прудов на 80-110 % при снижении кормовых затрат на 37-48 %. Экономическая эффективность выращивания сеголеток была наивысшей при использовании корма Карп-38/12, а двухлеток – К-111. Корм Карп-34/08 показал худшие результаты, а при выращивании двухлеток даже отрицательную рентабельность.

Ключевые слова: сеголетки, двухлетки карпа, пруды, корма.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в прудовых хозяйствах Российской Федерации при выращивании сеголеток и товарных двухлеток карпа используют в основном корм рецепта К-111, содержащий 23 % сырого протеина, 3,5 % жира, 1,2 % кальция, 0,7 % фосфора и не более 9 % клетчатки. Этот рецепт был разработан полвека назад и предназначался для выращивания товарного карпа массой 350-500 г/экз. [Сборник нормативно-технологической документации ..., 1986]. С приходом рыночной экономики такая масса товарного карпа перестала быть актуальной. Сейчас востребована рыба массой от 1 кг. Достигнуть такой навески возможно либо увеличивая начальную массу посадочного материала, либо используя более качественные корма. По стандартной модели массонакопления [Толчинский, 1980] начальная масса годовиков должна быть не менее 200 г/экз., чтобы вырастить рыб массой 1 кг/экз. Однако даже при начальной массе двухгодовиков карпа 338 г/экз. при выращивании трехлеток с применением корма К-111 и использовании автокормушек в I зоне рыбоводства их конечная масса была менее 1 кг – 894 г/экз. [Мустаев и др., 2020а]. Следовательно, путь использования более качественных кормов наиболее перспективный. Однако такие корма дороже, чем К-111 и встает вопрос их экономической целесообразности. Было показано, что применение корма Карп-38/12, содержащего 38 % протеина и 12 % жира при выращивании трехлеток карпа, позволило увеличить конечную массу рыб на 62 % по сравнению с применением

корма К-111, снизить затраты корма на 40 %. И, несмотря на более высокую себестоимость товарной рыбы (98 руб./кг против 72 руб./кг), интегральный показатель эффективности – величина чистой прибыли на 1 га водной площади – был примерно одинаковым и составил 93,2 тыс. руб./га при использовании корма К-111 и 94,5 тыс. руб./га при использовании корма Карп-38/12 [Мустаев и др., 2020б]. Однако этот опыт является единичным и других случаев применения полноценных сбалансированных кормов для садкового выращивания карпа в прудах неизвестно. Между тем представляет интерес использование таких кормов в прудах при выращивании сеголеток и двухлеток карпа. В связи с вышесказанной целью работы явилось изучение влияния вида корма на эффективность выращивания сеголеток и двухлеток карпа в прудах. Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи:

- изучить скорость роста сеголеток карпа при использовании кормов К-111, Карп-38/12, Карп-34/08;
- изучить скорость роста двухлеток карпа при использовании кормов К-111, Карп-38/12, Карп-34/08;
- определить затраты корма на прирост сеголеток при использовании кормов К-111, Карп-38/12, Карп-34/08;
- определить затраты корма на прирост двухлеток при использовании кормов К-111, Карп-38/12, Карп-34/08;
- сравнить экономическую эффективность выращивания сеголеток карпа при использовании кормов К-111, Карп-38/12, Карп-34/08;
- сравнить экономическую эффективность выращивания двухлеток карпа при использовании кормов К-111, Карп-38/12, Карп-34/08.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыты проводили на непроточных прудах опытного селекционно-племенного хозяйства «Якоть» (ОСПХ «Якоть») Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») в 2019 и 2020 гг. Площадь прудов составляла от 0,06 до 0,28 га. Материалом служили сеголетки и двухлетки карпа. Продолжительность опытов составила 120 суток для двухлеток и 100 суток для сеголеток.

В 2019 г. выращивали сеголеток и двухлеток карпа при использовании кормов К-111 и Карп-38/12, в 2020 г. использовали корм Карп-34/08. Рыбу кормили из автокормушек с объемом бункера 25 кг вволю без ограничения рациона. Ежедневно в 9 и 16 часов измеряли температуру воды и содержание растворенного в воде кислорода с помощью термооксиметра HandyPolaris компании «OxyGuard» и pH воды с помощью карманного pH-метра «Hanna». Ежедневно с помощью тест-комплектов определяли содержание в воде нитритов, нитратов и аммонийного азота, а также фосфатов. Потребление корма из автокормушек определяли ежедневно. Характеристики кормов представлены в таблице 1.

Таблица 1 –Характеристика продукционных кормов

Параметр питательности	Карп-38/12	Карп-34/08	К-111
Протеин, не менее	38%	34%	23%
Жир, не менее	12%	8%	3,5%
Зола, не более	10%	10%	10%
Клетчатка, не более	3,5%	5%	9%
Переваримая энергия, не менее, МДж/кг	17,1	15,6	10,0

Для сеголеток диаметр гранул составлял 3 мм, для двухлеток – 3 мм в начале сезона, 5 и 8 мм – во второй половине сезона. Для профилактики болезней еженедельно в пруды вносили негашеную известь из расчета 150 кг/га. Абсолютную и относительную скорость роста рыб, а также коэффициент массонакопления (K_m) определяли общепринятыми методами [Правдин, 1966; Толчинский, 1980]. Перед посадкой годовиков в пруды всех рыб взвешивали индивидуально, то есть всю генеральную совокупность, при финальном облове прудов индивидуально взвешивали по 1 000 экз. сеголеток в каждом пруду и по 100 экз. двухлеток. Статистическую обработку проводили общепринятыми методами [Лакин, 1990]. Плотность посадки не подрошенных личинок (0+) в выростные пруды составила 64-72 тыс. экз./га, что ниже нормативной для I зоны рыбоводства (110 тыс. экз./га). Такая плотность была обусловлена тем, что выход сеголеток от числа посаженных личинок в экспериментальных прудах ОСПХ «Якоть» была в течение многих лет выше нормативной (32 %) и составляла 40-50 %.

Таким образом, плотность сеголеток по выходу к финальному облову была близка к нормативной. Схема исследований приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Схема исследований в 2019 и в 2020 гг.

Варианты опытов	Вид корма	Возраст рыб, лет	Плотность посадки, тыс. экз./га
I*	К-111	0+	64,3
II*	Карп-38/12	0+	72,0
III*	К-111	1+	7,0
IV*	Карп-38/12	1+	7,0
V**	Карп-34/08	0+	71,4
VI**	Карп-34/08	1+	7,0
Примечания * - 2019 г. ** - 2020 г.			

Плотность посадки годовиков (1+) в нагульные пруды составила 7 000 экз./га, что выше нормативной более чем в два раза. Это было сделано, чтобы более значимо вычленил эффект от использования качественных и дорогостоящих кормов Карп-38/12 и Карп-34/08. Все опыты были проведены в двух повторностях. Поскольку опыты проводили в одних и тех же прудах и в течение 2019 и 2020 гг. температурный и гидрохимический режимы в них были

сходными, предположили, что условия в них были приблизительно одинаковыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 3 представлен температурный режим прудов в 2019 и 2020 гг. по месяцам.

Таблица 3 – Средняя температура воды в прудах в 2019 и 2020 гг.

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Сумма тепла, градусо-дней
2019	17,9	21,6	18,4	17,5	12,2	2680
2020	12,1	20,1	20,7	19,3	14,5	2652

Как видно из таблицы 3, сумма тепла в 2019 и в 2020 гг. была примерно одинаковой (разница 1 %). Разница лишь в распределении тепла. Так, в 2019 г. теплыми были май и июнь и прохладными июль и август. В 2020 г. май и первая декада июня были значительно холоднее, чем в 2019 г., зато июль и август теплее почти на 2 °С. Такое распределение тепла могло сказаться больше на сеголетках, более требовательных к температуре воды во второй половине сезона. В этом плане для сеголеток несколько более благоприятным мог оказаться 2020 г., хотя это утверждение может показаться спорным. В целом же температурные условия для роста рыбы в 2019 г. и в 2020 г. были примерно одинаковыми. Средняя концентрация растворенного в воде кислорода за основной ростовой период июнь-август в 2019 г. составила 5,2 мг/л, а в 2020 г. – 4,3 мг/л. В таблице 4 представлены данные о влиянии вида корма на рост двухлеток карпа в прудах.

Таблица 4 – Влияние вида корма на рост двухлеток карпа

Вид корма	Начальная масса рыб, г	Плотность посадки по выходу, тыс. экз./га	Конечная масса рыб, г	Чистый прирост рыбной продукции, т/га	Кормовые затраты, ед.	К _м
К-111*	31,0±0,8	4,84	555,0±13,1	2,54	2,73	0,111
Карп-38/12*	32,0±0,8	4,89	1057±18,2	5,01	1,41	0,156
Карп-34/08**	46,0±1,2	5,48	712,7±16,5	3,62	1,72	0,107
Примечания * - 2019 г. ** - 2020 г.						

Из таблицы 4 четко видно значительное преимущество корма К-38/12 над двумя другими кормами: и по конечной массе рыб, и по кормовым затратам, и по чистому приросту продукции, и по коэффициенту массонакопления. Если сравнивать корм К-111 и К-34/08, то по коэффициенту массонакопления они примерно равны. Кормовые затраты у К-34/08 меньше на 37 %, чистый прирост продукции больше на 42,5 %, а конечная масса рыб – на 28,4 %. Однако, если учесть, что корм К-34/08 стоит столько же, сколько К-38/12 и почти в 3 раза дороже К-111, то следует признать его применение для кормления двухлеток карпа в прудах неэффективным. При вскрытии двухлеток карпа, получавших

корм К-34/08, визуально было отмечено значительное количество полостного жира, что прямо или косвенно свидетельствует о несбалансированности этого вида корма.

В таблице 5 показаны данные по росту сеголеток карпа в зависимости от вида корма. При выращивании сеголеток карпа из неподрощенных личинок лидером из трех кормов следует признать К-38/12. При примерно одинаковых конечной массе, приросте рыбопродукции и коэффициенте массонакопления с кормом К-34/08 кормовые затраты оказались в 1,6 раза меньше. Конечная масса сеголеток при использовании корма Карп-38/12 была на 80 % выше, чем при использовании К-111 и на 5 % при Карп-34/08. Чистый прирост рыбной продукции оказался больше при использовании корма Карп-34/08 (на 7,7 %) за счет более высокого выхода сеголеток от числа посаженных личинок на 20 %. Обращает на себя внимание близкие кормовые затраты при использовании кормов К-111 и Карп -34/08, всего на 4 % меньше во втором случае. При этом, как было сказано выше, их стоимость различается почти в 3 раза.

Таблица 5 – Влияние вида корма на рост сеголеток карпа

Вид корма	Плотность посадки по выходу, тыс. экз./га	Конечная масса рыб, г	Чистый прирост рыбопродукции т/га	Затраты корма за сезон, т/га	Кормовые затраты, ед.	К _м
К-111*	32,0	30,0±1,8	0,91	1,56	1,71	0,078
Карп-38/12*	33,8	54,0±3,0	1,94	1,98	1,02	0,095
Карп-34/08**	40,7	51,3±2,9	2,09	3,42	1,64	0,093
Примечания * - 2019 г. ** - 2020 г.						

Экономическая эффективность выращивания сеголеток и двухлеток карпа представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Экономическая эффективность выращивания сеголеток (0+) и двухлеток (1+) карпа в прудах при использовании разных кормов

Вид корма	Возраст рыбы	Себестоимость рыбы, руб./кг	Цена реализации рыбы, руб./кг	Прибыль, тыс. руб./га*
К-111	0+	88,12	250,00	109,40
К-111	1+	111,48	180,00	132,48
Карп-38/12	0+	121,21	250,00	169,01
Карп-38/12	1+	150,47	180,00	65,94
Карп-34/08	0+	196,14	250,00	25,48
Карп-34/08	1+	207,49	180,00	-158,76
*за вычетом налога на добавленную стоимость				

Исходя из данных, представленных в таблице 6, можно сделать следующие выводы. Наибольшая прибыль при реализации сеголеток карпа получается от рыбы, выращенной на корме «Карп-38/12», и составляет 169,01 тыс. руб./га, далее идет корм К-111 с прибыльностью 109,40 тыс. руб./га, и на последнем месте – корм «Карп-34/08» с прибыльностью 25,48 тыс. руб./га. Наибольшая прибыль при реализации двухлеток карпа получается от рыбы, выращенной уже на корме «К-111», и составляет 132,48 тыс. руб./га, затем идет корм «Карп-38/12» с прибыльностью 65,94 тыс. руб./га, и убыточным кормом для выращивания двухлеток является «Карп-34/08», с убытком 158,76 тыс. руб./га.

В таблице 7 представлен расчет доли стоимости кормов в общей себестоимости рыболовной продукции.

Таблица 7 – Доля стоимости кормов в общей себестоимости сеголеток (0+) и двухлеток (1+) карпа в прудах

Вид корма	Возраст рыб	Чистый прирост рыбо-продукции т/га	Кормовые затраты, ед.	Стоимость корма, тыс. руб./т.	Затраты корма за сезон, т/га	Стоимость кормов, тыс. руб./т выращенной рыбы	Доля кормов в себестоимости, рыбы %
К-111	0+	0,91	1,71	18,45	1,56	31,55	35,80
К-111	1+	2,54	2,73		6,93	50,37	45,18
Карп-38/12	0+	1,94	1,02	63,38	1,98	64,65	53,34
Карп-38/12	1+	5,01	1,41		7,06	89,37	59,39
Карп-34/08	0+	2,09	1,64	85,11	3,42	139,58	71,16
Карп-34/08	1+	3,62	1,72		6,23	146,39	70,55

Из таблицы 7 видно, что доля стоимости кормов в общей себестоимости рыбной продукции увеличивается с увеличением цены корма. Так, если при выращивании сеголеток и двухлеток карпа на корме К-111 с наименьшей ценой в 18,45 тыс. руб./т доля стоимости кормов составляет 35,80 и 45,18 %, то для корма Карп-38/12 она уже выше на 48 % и 31,5 % соответственно. А для корма Карп-34/08 с наивысшей ценой – она больше уже на 98,8 % и на 56,2 % соответственно.

Немаловажным фактором является соотношение спроса и предложения на рыболовную продукцию. В случае получения чистого прироста рыболовной продукции в размере 5,01 т/га, нужно быть уверенным, что на данное предложение будет спрос. В противном случае ожидаемая высокая прибыль превратится в недополученную прибыль, т.е. упущенную выгоду. В таблице 8 представлена рентабельность продаж. Данный показатель является относительным и отражает, какую сумму прибыли получит предприятие с каждого рубля проданной продукции.

Таблица 8 – Рентабельность продаж сеголеток (0+) и двухлеток (1+) карпа, выращенных на разных кормах

Вид корма	Возраст	Рентабельность продаж, %
К-111	0+	48,09
К-111	1+	28,98
Карп-38/12	0+	34,85
Карп-38/12	1+	7,31
Карп-34/08	0+	4,88
Карп-34/08	1+	-24,36

Из таблицы 8 видно, что самая высокая рентабельность продаж ожидается от продажи карпа, выращенного с помощью корма К-111 (48,09 % – сеголетки, 28,98 % – двухлетки); затем идет корм «Карп-38/12» (34,85 % – сеголетки, 7,31 % – двухлетки) и самая низкая рентабельность у корма «Карп-34/08» (4,88 % – сеголетки) и отрицательная рентабельность при продаже двухлеток (-24,36 %).

ВЫВОДЫ

При выращивании сеголеток карпа в прудах на разных кормах наивысшая скорость роста была при использовании корма карп-38/12. Конечная масса сеголеток была в 1,8 раз больше, чем при использовании корма К-111 и на 5,3 % больше, чем на корме Карп-34/08. Рыбопродуктивность была в 2,1 раза выше, чем на К-111 и несколько меньше (на 7 %), чем на Карп-34/08 за счет меньшего выхода сеголеток от числа посаженных личинок (на 17 %). Коэффициент массонакопления (K_m) также был наивысший на корме Карп-38/12 – 0,095 против 0,078 и 0,093 соответственно.

При выращивании двухлеток карпа в прудах на разных кормах наивысшая скорость роста также была при использовании корма карп-38/12. Конечная масса двухлеток была в 1,9 раза больше, чем при использовании корма К-111 и в 1,5 раза больше, чем на корме Карп-34/08. Рыбопродуктивность была в 2 раза выше, чем на К-111 и в 1,4 раза выше, чем на Карп-38/12. Коэффициент массонакопления (K_m) также был наивысший на корме Карп-38/12 - 0,156 против 0,111 и 0,107 соответственно.

Затраты корма на прирост сеголеток при использовании корма Карп-38/12 были наименьшими и составили 1,02 ед., что на 40,3 % меньше, чем на К-111 и на 37,8 % меньше, чем на Карп-34/08.

Затраты корма на прирост двухлеток также были наименьшими при использовании корма Карп-38/12 и составили 1,41 ед., что на 48,3 % меньше, чем на К-111 и на 18 % меньше, чем на Карп-34/08.

Наивысшая экономическая эффективность выращивания сеголеток карпа оказалась при использовании корма Карп-38/12. Несмотря на то, что рентабельность продаж была выше на К-111 – 48,09 % против 34,85 %, за счет более низких кормовых затрат и более высокой рыбопродуктивности интегральный показатель эффективности – прибыль на единицу площади – на корме Карп-38/12 был наивысший и составил 169 тыс. руб./га против 109,4 тыс.

руб./га на К-111. Рентабельность продаж перезимовавших сеголеток, выращенных на корме Карп-34/08, оказалась наименьшей – 4,88 %, как и прибыль на единицу площади – 25,48 тыс. руб./га.

При выращивании двухлеток карпа наивысшая экономическая эффективность выращивания оказалась при использовании корма К-111. Рентабельность продаж была 28,98 % против 7,31 % на корме Карп-38/12, прибыль на единицу площади – 132,48 тыс. руб./га против 65,94 тыс. руб./га. Корм Карп-34/08 показал отрицательную рентабельность продаж – 24,36 % и отрицательную прибыль на единицу площади – 158,76 тыс. руб./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт применения в прудах дорогостоящих тепловодных кормов для садкового выращивания карпа показал, что эффективно их использовать только при выращивании сеголеток. При выращивании двухлеток корм Карп-38/12 уступил по экономическим показателям традиционному К-111. Корм Карп-34/08 при выращивании двухлеток вообще показал отрицательную рентабельность и прибыльность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. ВУЗов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 352 с.
- Мустаев С.Б., Дементьев В.Н., Токарев В.В. Влияние способа кормления на рост сеголетков и трехлетков карпа в прудах // Сб. науч тр. ВНИИПРХ «Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры». - М.: Перо, 2020а. - Вып. 91. - С. 103-110.
- Мустаев С.Б., Васкевич Ф.В., Монахов И.А., Комышев Б.В. Эффективность выращивания трехлетков карпа в прудах при использовании экспериментального корма «Карп-38/12» и стандартного корма К-111 при кормлении из автокормушек // Сб. науч тр. ВНИИПРХ «Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры». - М.: Перо, 2020б. - Вып. 91. - С. 97-102.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). - 4-е изд., перераб. и доп. / Под. ред. проф. П.А. Дрягина, канд. биол. наук В.В. Покровского – М.: Пищевая промышленность, 1966. - 376 с.
- Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству. М.: Агропромиздат, 1986. Т. 1. - 261 с.
- Толчинский Г.И. Структура стандартной модели массонакопления рыбы. Сообщение 2. Экологический коэффициент и структура модели // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ - М.: ВНИИПРХ, 1980. - Вып. 29. - С. 95-101.

THE IMPACT OF FEED ON THE EFFICACY OF POND FARMING IN CARPS OF ONE AND TWO SUMMERS

S.B. Mustaev, M.Yu. Amelin, I.A. Monakhov, B.V. Komyshev, M.S. Karavayeva
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)
E-mail: mustaevsb@yandex.ru

Abstract. The study focused on the growth rate of carps of one and two summers in ponds and feed costs with conventional K-111 feed and Carp-38/12 or Carp-34/08 feed used for net cage culture. The cost-effectiveness was established. The results suggest that Carp-38/12 feed improves the final body weight of carps of one and two summers and fish capacity of ponds by 80–110% while reducing the feed costs by 37–48%. Maximum cost-effectiveness of farming in carps of one summer was obtained with Carp-38/12 feed, and in carps of two summers with conventional K-111 feed. Carp-34/08 feed was inferior to other feeds studied, with negative profitability in carps of two summers.

Keywords: carps of one summer, carps of two summers, pond farming, feed.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ДВУХ- И ТРЕХЛЕТОК КАРПА В ПРУДАХ ПРИ СВОБОДНОМ ВЫБОРЕ ИМИ ДВУХ РАЗНОКАЧЕСТВЕННЫХ КОРМОВ

С.Б. Мустаев, М.Ю. Амелин, И.А. Монахов, Б.В. Комышев, М.С. Караваева
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*
E-mail: mustaevsb@yandex.ru

Изучена скорость роста двух- и трехлеток карпа в прудах и кормовые затраты при использовании стандартного корма К-111 и корма Карп- 38/12, используемого при выращивании в садках, по отдельности и при одновременном кормлении этими кормами при свободном выборе их рыбами. Определена экономическая эффективность их выращивания. Показано, что экономическая эффективность выращивания двухлеток была наивысшей при использовании одновременно двух видов корма, а трехлеток – традиционного К-111.

Ключевые слова: двухлетки, трехлетки карпа, пруды, корма.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основным комбикормом для выращивания двух- и трехлеток карпа в прудах является комбикорм К-111, содержащий не менее 23 % протеина, 3,5 % жира, 1,2 % кальция, 0,7 % фосфора и не более 9 % клетчатки [Сборник нормативно-технологической документации ..., 1986]. Данный состав подразумевает сравнительно большую долю естественных кормов в рационе, чтобы эффективно их выращивать (не менее 25 %). Во второй половине сезона без интродукции живых кормов их доля составляет меньше указанной величины за счет выедания крупных половозрелых особей.

В связи с этим во второй половине сезона нужно использовать более качественный, чем К-111, искусственный корм. В 2016 г. отечественной компанией «ЛимКорм» рынку был предложен новый комбикорм для карпа рецепта Карп-38/12, выпускаемый комбикормовым заводом в г. Шебекино Белгородской области. Он содержит 38 % протеина, 12 % жира и премикс, содержащий синтетические аминокислоты. Сейчас этот корм используется только в тепловодных садковых хозяйствах для кормления карпа [Тяпугин и др., 2017]. Существует большая перспектива использовать его в выростных, а также нагульных прудах. Единственная причина, по которой применение этого корма может быть ограничено, является его высокая стоимость (около 60 руб. за 1 кг на момент проведения опытов). Однако это препятствие может быть обойдено при одновременном использовании двух видов корма: К-111 и К-38/12. При этом обязательным условием является использование автокормушек и свободный

выбор рыбами кормов. Показано, что при одновременном использовании двух видов корма, один из которых более качественный, а второй – менее качественный, но более дешевый, результаты выращивания товарного карпа выше, чем при использовании только одного вида [Мустаев, Храпова, 2003; Мустаев, Торопкин, 2005]. В данном случае реализуется новый принцип культивирования организмов, позволяющий предоставлять им максимально возможную свободу выбора различных условий существования [Mustaev, 1991; Мустаев, 1992; Мустаев, Земляницына, 1997; Mustaev et al., 2000]. Однако корм К-38/12 в прудовых хозяйствах РФ до сих пор не применяли. В связи с вышеизложенным.

Целью исследований явилось – изучение влияния одновременного использования двух видов корма: К-111 и Карп-38/12 на скорость роста, кормовые затраты и экономическую эффективность выращивания двух- и трехлеток карпа в прудах.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- Определить скорость роста двух- и трехлеток карпа в прудах, кормовые затраты и экономическую эффективность выращивания при использовании корма К-111.

- Определить скорость роста двух- и трехлеток карпа, кормовые затраты и экономическую эффективность выращивания при использовании корма Карп-38/12 в прудах

- Изучить влияние одновременного использования двух видов кормов К-111 и Карп-38/12 на скорость роста двух- и трехлеток карпа, кормовые затраты и экономическую эффективность выращивания в прудах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыты проводили на непроточных прудах опытного селекционно-племенного хозяйства «Якоть» (ОСПХ «Якоть») Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») в 2018 и 2019 гг. Площадь прудов составляла 0,06-0,07 га. Материалом служили двух- и трехлетки карпа. Продолжительность опытов составила 120 суток для двухлеток и 100 суток для трехлеток.

В 2018 г. выращивали трехлеток, в 2019 г. – двухлеток карпа при использовании кормов К-111 и Карп-38/12. Рыбу кормили из автокормушек с объемом бункера 25 кг вволю без ограничения рациона. Ежедневно в 9 и 16 часов измеряли температуру воды и содержание растворенного в воде кислорода с помощью термооксиметра Handy Polaris компании «OxyGuard» и pH воды с помощью карманного pH-метра «Hanna». Еженедельно с помощью тест-комплектов определяли содержание в воде нитритов, нитратов и аммонийного азота, а также фосфатов. Потребление корма из автокормушек определяли ежедневно. Характеристики кормов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика продукционных кормов

Параметр питательности	Карп-38/12	К-111
Протеин, не менее	38%	23
Жир, не менее	12%	3,5
Зола, не более	10%	10
Клетчатка, не более	3,5%	9
Переваримая энергия, не менее, МДж/кг	17,1	10,0

Для трехлеток диаметр гранул составлял 6 и 8 мм, для двухлеток – 3 мм в начале сезона, 5 и 8 мм – во второй половине сезона. Для профилактики болезней еженедельно в пруды вносили негашеную известь из расчета 150 кг/га. Абсолютную и относительную скорость роста рыб, а также коэффициент массонакопления (K_m) определяли общепринятыми методами [Правдин, 1966; Толчинский, 1980]. Перед посадкой годовиков и двухгодовиков в пруды всех рыб взвешивали индивидуально, то есть всю генеральную совокупность, при финальном облове прудов индивидуально взвешивали по 100 двух- и трехлеток в каждом пруду. Статистическую обработку проводили общепринятыми методами [Лакин, 1990]. Схема исследований приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Схема исследований в 2018 и в 2019 гг.

Варианты опытов	Вид корма	Возраст рыб, лет	Плотность посадки, тыс. экз./га
I*	К-111	2+	6
II*	Карп-38/12	2+	6
III*	К-111+ Карп-/38/12	2+	6
I**	Карп-111	1+	7
II**	Карп-/38/12	1+	7
III**	К-111+ Карп-/38/12	1+	7
Примечания * - 2018 ** - 2019			

Плотность посадки годовиков (1+) составляла 7 000 экз./га, двухгодовиков (2+) – 6 000 экз./га. Такая плотность выше нормативной более чем в два раза. Это было сделано, чтобы более значимо вычленил эффект от использования качественного и дорогостоящего корма Карп-38/12. Все опыты были проведены в двух повторностях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты выращивания двухлеток карпа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты выращивания двухлеток карпа при использовании кормов К-111 и К-38/12

Вид корма	Начальная масса рыб, г/экз.	Конечная масса рыб, г/экз.	Чистый прирост рыбопродукции, т/га	Выход, %	Затраты корма за сезон, т/га	Кормовые затраты, кг/кг	К _м
К-111	31±0,8	555±13,1	2,53	69,1	6,90	2,73	0,101
К-38/12	32±0,8	1057±18,2	5,00	69,8	7,05	1,41	0,140
К-111+К-38/12	31±0,8	1023±18,0	4,88	70,3	6,93	1,42	0,139

При выращивании двухлеток карпа с использованием двух видов корма было израсходовано К-111 – 2,15 т/га, Карп-38/12 – 4,78 т/га.

Как видно из таблицы 3, при одинаковой начальной массе годовиков масса товарных двухлеток, выращенных на корме Карп-38/12 и чистый выход рыбопродукции были почти в 2 раза выше, чем на К-111. Кормовые затраты при использовании К-111 были почти в два раза больше. То есть по рыбоводным показателям преимущество на стороне Карп-38/12. Если же сравнивать Карп-38/12 с использованием двух видов корма, то результаты будут примерно одинаковыми. Конечная масса двухлеток и чистый прирост продукции во втором случае меньше на 3,2 % и 2,4 % соответственно при одинаковых кормовых затратах.

В таблице 4 представлены данные по выращиванию трехлеток карпа в прудах при использовании двух видов корма.

Таблица 4 – Результаты выращивания трехлеток карпа при использовании кормов К-111 и К-38/12

Вид корма	Начальная масса, г	Конечная масса рыб, г	Выход, %	Чистый прирост рыбопродукции, т/га	Затрачено корма за сезон, т/га	Кормовые затраты, ед.	К _м
К-111	296	661	93,0	1,94	5,16	2,66	0,068
Карп-38/12	313	1069	91,3	4,29	6,61	1,54	0,114
К-111+Карп-38/12	323	1035	92,7	3,95	6,04	1,53	0,107

При выращивании трехлеток карпа с использованием двух видов корма было израсходовано К-111 – 1,81 т/га, Карп-38/12 – 4,23 т/га.

При выращивании трехлеток карпа наблюдали сходную с двухлетками картину. Также по рыбоводным показателям лучшие результаты показал корм Карп 38/12. По сравнению с К-111 конечная масса рыб и чистый прирост рыбной продукции были выше на 61,5 % и 121,1 % соответственно. Кормовые затраты на корме К-111 были больше на 72,7 %. При использовании двух кормов одновременно результаты были близки к корму Карп-38/12. Так, конечная масса

рыб была меньше на 3,2 %, а выход чистой рыбопродукции – на 7,9 % при одинаковых кормовых затратах.

Экономическая эффективность выращивания двух- и трехлеток карпа представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Экономическая эффективность выращивания двух и трехлеток карпа в прудах при использовании кормов К-111 и Карп-38/12

Вид корма	Возраст рыбы	Себестоимость рыбы, руб./кг	Цена реализации, руб./кг	Прибыль, тыс. руб./га*
К-111	1+	111,43	180,00	132,09
Карп-38/12	1+	150,47	180,00	65,81
К-111+Карп-38/12	1+	131,97	180,00	154,52
К-111	2+	107,32	180,00	109,25
Карп-38/12	2+	169,20	180,00	-23,85
К-111+Карп-38/12	2+	144,17	180,00	76,91
*за вычетом налога на добавленную стоимость				

Исходя из данных, представленных в таблице 4, можно сделать следующие выводы: наибольшая прибыль при реализации двухлеток карпа получается от рыбы, выращенной одновременно на двух кормах К-111 и Карп 38/12, и составляет 154,52 тыс. руб./га, далее идет корм К-111 с прибылью 132,09 тыс. руб./га, и на последнем месте – Карп 38/12 с прибылью 65,81 тыс. руб./га. Наибольшая прибыль при реализации трехлеток карпа получается от рыбы, выращенной уже на корме К-111, и составляет 109,25 тыс. руб./га, затем идет одновременное использование корма с прибылью 76,91 тыс. руб./га, а вот использование корма Карп 38/12 для выращивания трехлеток, наоборот, показало убыточность в размере 23,85 тыс. руб./га.

Наибольшая прибыль при реализации трехлеток карпа получается от рыбы, выращенной уже на корме К-111, и составляет 109,25 тыс. руб./га, затем идет одновременное использование корма с прибылью 76,91 тыс. руб./га, а вот использование корма Карп 38/12 для выращивания трехлеток, наоборот, показало убыточность в размере 23,85 тыс. руб./га.

Таким образом, можно говорить об экономической целесообразности кормления двухлеток карпа одновременно двумя кормами (К-111 и Карп 38/12) в пропорции 30 %/70 % соответственно, а вот трехлеток карпа – кормом К-111.

В таблице 6 представлен расчет доли стоимости кормов в общей себестоимости рыбоводной продукции.

Из таблицы 6 видно, что использование одновременно двух кормов при выращивании двухлеток карпа позволяет снизить затраты корма за сезон на 22,6 % по сравнению с использованием только корма Карп 38/12, при этом показатель чистого прироста снизится лишь на 2,4 %. Доля кормов в себестоимости рыбной продукции при ее выращивании на двух кормах составит 53,70 %, что на 18,9 % больше, чем при выращивании на корме К-111, но в тоже время чистый прирост продукции выше почти в 2 раза.

Таблица 6 – Доля стоимости кормов в общей себестоимости двухлеток (1+) и трехлеток (2+) карпа в прудах

Вид корма	Возраст рыбы	Чистый прирост рыбопродукции, т/га	Затраты корма за сезон, т/га	Затраты корма за сезон, тыс. руб.	Стоимость кормов, тыс. руб./т выращенной рыбы	Доля кормов в себестоимости рыбной продукции, %
К-111	1+	2,53	6,90	127,31	50,32	45,16
Карп-38/12	1+	5,00	7,05	446,83	89,37	59,39
К-111+Карп-38/12	1+	4,88	6,93	345,81	70,86	53,70
К-111	2+	1,94	5,16	89,66	46,21	43,06
Карп-38/12	2+	4,29	6,61	463,69	108,09	63,88
К-111+Карп-38/12	2+	3,95	6,04	328,08	83,06	57,61

Почти аналогичная ситуация наблюдается и с трехлетками карпа. Использование одновременно двух кормов при выращивании трехлеток карпа позволяет снизить затраты корма за сезон на 29,5 % по сравнению с использованием только корма Карп 38/12, при этом показатель чистого прироста снизится лишь на 7,9 %. Доля кормов в себестоимости рыбной продукции при ее выращивании на двух кормах составляет 57,61 %, что на 33,8 % больше, чем при выращивании на корме К-111, но в тоже время чистый прирост продукции выше в 2 раза.

ВЫВОДЫ

При выращивании двух- и трехлеток карпа в прудах при использовании корма К-111 их конечная масса достигла 555 и 661 г/экз. соответственно, чистый выход рыбопродукции – 2,53 и 1,94 т/га, коэффициент массонакопления – 0,101 и 0,068, кормовые затраты – 2,73 и 2,66 ед. Экономическая эффективность – 132,09 и 109,25 тыс. руб./га.

При выращивании двух- и трехлеток карпа при использовании корма Карп-38/12 их конечная масса достигла 1057 и 1069 г/экз., чистый выход продукции – 5,00 и 4,29 т/га, коэффициент массонакопления – 0,140 и 0,114 соответственно. Экономическая эффективность – 65,81 и – 23,85 тыс. руб./га.

При использовании одновременно двух кормов К-111 и Карп-38/12 при выращивании двух- и трехлеток карпа в прудах их конечные навески составили 1023 и 1035 г/экз., чистый выход рыбной продукции – 4,88 и 3,95 т/га, коэффициент массонакопления – 0,139 и 0,107 соответственно. Экономическая эффективность составила 154,52 и 76,91 тыс. руб./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт применения в прудах корма Карп-38/12, предназначенного для тепловодных садковых хозяйств, при кормлении двух – и трехлеток карпа показал его более низкую экономическую эффективность по сравнению с традиционным К-111, несмотря на более высокие рыбоводные показатели. Однако, одновременное использование этих кормов из автокормушек позволило при выращивании двухлеток карпа достигнуть максимальной экономической эффективности – 154,52 тыс. руб./га. Возможно предположить, что одновременное использование этих кормов для кормления сеголеток также окажется эффективнее, чем их раздельное применение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. ВУЗов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 352 с.
- Мустаев С.Б. О саморегулирующихся рыбоводных системах // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ «Водные биоресурсы, воспроизводство и экология гидробионтов». - М., 1992. - Вып. 66. - С. 139-144.
- Мустаев С.Б., Торопкин А.В. Опыт кормления двухлеток карпа в прудах при свободном выборе ими двух разнокачественных кормов // Мат. межд. науч.-практ. конф. «Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности», М.: ВНИИР, 2005. - Т. 2. - С. 275-279.
- Мустаев С.Б., Храпова С.Н. Рост трехлеток карпа в прудах при свободном выборе двух разнокачественных кормов // Сб. студенческих науч. работ МСХА. - М., 2003. - Вып. 9. - С. 275-278.
- Мустаев С.Б., Земляницына Т.Ю. О новом принципе культивирования рыб и других гидробионтов // Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл., Астрахань, сентябрь 1997 г. - М.: Изд-во ВНИРО, 1997. - С. 291.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). - 4-е изд., перераб. и доп. / Под. ред. проф. П.А. Дрягина, канд. биол. наук В.В. Покровского – М.: Пищевая промышленность, 1966. - 376 с.
- Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству. М.: Агропромиздат, 1986. Т. 1. - 261 с.
- Толчинский Г.И. Структура стандартной модели массонакопления рыбы. Сообщение 2. Экологический коэффициент и структура модели // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ - М.: ВНИИПРХ, 1980. - Вып. 29. - С. 95-101.
- Тяпугин В.В., Алымов Ю.В., Бубунец Э.В. Результаты использования отечественного и зарубежных кормов в садковом хозяйстве ООО «РК Акватрейд» // Рыбное хозяйство. - 2017. - № 4. - С. 78-83.
- Mustaev S.B. About a new principle of hydrobionts and other usefull organism cultivation. The proceedings of the international ecological conference: «Methods of research and apply of hidroecosystms». - Riga. - University. - 1991. - P. 186.

Mustaev S.B., Scherbakov D.A., Zavyalov A.P. et al. A new principle of organism cultivation, including aquatic animals / International conference «Aqua 2000» - Nice. - France.- 2000. - P. 155.

EFFICACY OF POND FARMING IN CARPS OF TWO AND THREE SUMMERS WITH FREE ACCESS TO TWO FEEDS OF DIFFERENT QUALITY

S.B. Mustaev, M.Yu. Amelin, I.A. Monakhov, B.V. Komyshev, M.S. Karavayeva
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)
E-mail: mustaevsb@yandex.ru

Abstract. The study focused on the growth rate of carps of two and three summers in ponds with conventional K-111 feed and Carp-38/12 feed used for net cage culture. The feeds were used both separately and simultaneously, with free access to both feeds. The cost-effectiveness was established. Maximum cost-effectiveness of farming in carps of two summers was obtained when using two feeds simultaneously, and in carps of three summers with conventional K-111 feed.

Keywords: carps of two summers, carps of three summers, pond farming, feed.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОТИПИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВОЛЖСКОГО САЗАНА И ЗАГОРСКОГО КАРПА

Н.В. Демкина, Е.В. Иванёха, Н.С. Лукин, Л.Н. Дума
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*
E-mail: defish1@mail.ru, elena_ivaneha@mail.ru, nikol100@bk.ru

Проведен анализ полиморфизма шести микросателлитных локусов (MFW1, MFW4, MFW7, MFW9, MFW16, MFW31) и четырех белковых локусов (Tf, Est-1, Est-2, My-3) у разновозрастных особей волжского сазана и загорского карпа. Количество аллелей десяти исследованных локусов и процент гетерозигот свидетельствуют о том, что генотипическая изменчивость волжского сазана выше, чем у загорского карпа.

Ключевые слова: волжский сазан, загорский карп, полиморфизм, локусы, микросателлиты.

ВВЕДЕНИЕ

Изменчивость – одно из свойств живых организмов, проявляющееся в способности представителей каждого вида отличаться друг от друга. Она обуславливает разнообразие организмов в пределах вида. Фенотипическая изменчивость – это вся существующая изменчивость. Она включает в себя две основные формы изменчивости: модификационную (ненаследственную) и генотипическую (наследственную) [Инге-Вечтомов, 1989].

В селекционных работах и исследованиях по разработке методов сохранения биоразнообразия видов в природной среде важно правильно оценить генотипическую изменчивость, поскольку лишь поддержание генетической гетерогенности группы на достаточно высоком уровне может обеспечить её успешное выживание и воспроизводство в разнообразных и (или) меняющихся условиях среды. Для характеристики генетической гетерогенности групп используются такие показатели как среднее количество аллелей на локус, средняя гетерозиготность (по нескольким исследованным локусам) и уровень полиморфизма (определяется как доля полиморфных локусов среди всех исследованных). Уровень полиморфизма является скорее видовой характеристикой, чем популяционной и в данной работе его не определяли, поскольку исследовали лишь заведомо полиморфные локусы.

С шестидесятых годов прошлого века стали широко использовать результаты изучения белкового полиморфизма методом электрофоретического разделения белков. К преимуществам этого метода следует отнести возможность исследовать непосредственно продукты активности генов, выявлять структурные белки и ферменты, не имеющие внешних проявлений, оценивать

количество полиморфных и мономорфных локусов, а также отдельных генотипических классов, поскольку обычно наблюдается простой кодоминантный характер наследования белков.

К недостаткам данного метода относится возможность выявлять только те варианты белков, которые различаются по заряду белковой молекулы, что составляет лишь одну треть от общего числа [Корочкин и др., 1977]. Тем не менее, использование этого метода позволило собрать большую базу данных и использовать её для целей генетического мониторинга.

В настоящее время наиболее перспективными считаются методы изучения ДНК. На основании результатов исследования генетической структуры естественных и искусственных популяций сазана и карпа тремя методами с использованием разных молекулярных маркеров (анализ аллозимов, микросателлитов и митохондриальной ДНК) сделано заключение о предпочтительности микросателлитного анализа [Kohlmann et al., 2003].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили особи волжского сазана и загорского карпа, выращенные в опытном селекционно-племенном хозяйстве «Якоть» (ОСПХ «Якоть»). Ремонтно-маточное стадо волжского сазана формируется во ВНИИПРХ на ОСПХ «Якоть» с 2010 г. Личинки волжского сазана для комплектования исходного маточного стада были завезены в 2010 г. из ООО «Рыбопитомник Чаганский» Астраханской обл. [Дементьев и др., 2018]. Племенная группа загорских карпов выращивается на ОСПХ с 1961 года [Катасонов и др., 2000]. Были изучены разновозрастные особи волжского сазана исходного (нулевого) и трёх генераций первого поколения воспроизводства, а также разновозрастные особи загорского карпа 5-7 поколений селекции.

ДНК выделяли из плавников волжского сазана (185 экземпляров) и загорских карпов (121 экз.), применяя солевую экстракцию. Полученные препараты ДНК использовали для анализа аллельного полиморфизма шести микросателлитных локусов, содержащих динуклеотидный (CA)-повтор – MFW1, MFW4, MFW7, MFW9, MFW16 и MFW31 [Crooijmans et al., 1997].

ПЦР проводили на амплификаторах Mastercycler gradient и Mastercycler personal (Eppendorf, Germany) в режиме touchdown-ПЦР. Разделение продуктов специфической амплификации выполнялось посредством вертикального электрофореза в 8%-ном полиакриламидном геле в камере VE-20 с источником питания Эльф-8. После окончания электрофореза гель окрашивали в растворе бромистого этидия (0,5 мкг/мл) в течение 30 мин, а затем промывали в дистиллированной воде 30 мин. Результаты электрофореза регистрировали в системе AutoChemі для изучения изображений, размер аллелей в парах нуклеотидов (пн) определяли с помощью программного обеспечения LabWork 4.5 (UVP, USA).

При изучении белкового полиморфизма подготовку проб сыворотки крови и мышц и электрофорез в полиакриламидном геле в вертикальной камере VE-3М проводили, используя стандартные методики [Дёмкина и др., 2001]. Изучали

полиморфизм четырех белковых локусов – трансферринов (Tf), эстеразы-1 (Est-1), эстеразы-2 (Est-2) и миогенов (My-3) у волжских сазанов (254 экз.) и загорских карпов (152 экз.).

Окрашивание на трансферрины и миогены проводили 0,1%-м раствором амидочерного в 7%-ной уксусной кислоте. Окрашивание на эстеразы: 60 мг 1-нафтилацетата растворяли в 4,5 мл ацетона, добавляли 150 мл дистиллированной воды и заливали блоки, после чего растворяли 180 мг прочного красного TR в 150 мл дистиллята и равномерно прокрашивали блоки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У волжского сазана все шесть исследованных микросателлитных локусов являются полиморфными, с числом аллелей от 6 до 11 на локус у производителей исходного поколения и от 6 до 14 у сазанов трех генераций первого поколения воспроизводства.

У загорских карпов все исследованные локусы микросателлитов тоже являются полиморфными, с числом аллелей от 4 до 9 на локус у двухлетков и производителей 6 поколения селекции и от 6 до 8 – у годовиков 7 поколения [Иванёха, Дума, 2020].

Число аллелей и процент гетерозигот у нескольких возрастных групп волжского сазана и загорского карпа приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Полиморфизм микросателлитных локусов у волжского сазана и загорского карпа

Локусы	Волжский сазан		Загорский карп	
	Число аллелей на локус	Доля гетерозигот, %	Число аллелей на локус	Доля гетерозигот, %
Сеголетки				
MFW1	7	100	8	100
MFW4	11	100	6	100
MFW7	10	100	6	100
MFW9	9	90	8	100
MFW16	8	100	7	100
MFW31	12	100	8	91,7
В среднем	9,5	98,6	7,2	98,6
Двухлетки				
MFW1	9	100	8	100
MFW4	11	94	5	87
MFW7	11	100	6	100
MFW9	11	72	6	60
MFW16	11	100	5	100
MFW31	14	90	8	76
В среднем	11,2	93,7	6,3	87,2
Самки				
MFW1	6	100	6	100
MFW4	7	100	4	100
MFW7	11	100	6	100
MFW9	8	100	8	95,8

MFW16	9	100	7	100
MFW31	9	100	9	100
В среднем	8,3	100,0	6,7	99,3
Самцы				
MFW1	9	100	6	100
MFW4	8	100	4	100
MFW7	10	100	6	100
MFW9	8	100	8	100
MFW16	9	100	6	100
MFW31	10	100	9	100
В среднем	9,0	100,0	6,5	100,0

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что генетическая изменчивость у волжского сазана выше, чем у загорского карпа. Так, у сеголетков волжского сазана среднее число аллелей на локус составляет 9,5, а у загорского карпа лишь 7,2, в то время как доля гетерозигот у них одинакова – 98,6 %. У двухлетков волжского сазана выше и среднее число аллелей на локус – 11,2 против 6,3 у загорских, и доля гетерозигот – 93,7 % против 87,2 %. У самок число аллелей 8,3 и 6,7 соответственно, доля гетерозигот – 100 и 99,3 %. Самцы обеих групп полностью гетерозиготны, среднее число аллелей на локус выше у волжского сазана (9,0), чем у загорского карпа (6,5).

Таблица 2 – Полиморфизм белковых локусов у волжского сазана и загорского карпа

Локусы	Волжский сазан		Загорский карп	
	Число аллелей на локус	Доля гетерозигот, %	Число аллелей на локус	Доля гетерозигот, %
Сеголетки				
Tf	7	46,6	6	43,1
Est-1	4	47,9	4	40,3
Est-2	4	44,0	3	27,4
My-3	2	38,2	2	66,7
Двухлетки				
Tf	7	60,6	6	56,1
Est-1	4	64,8	4	32,2
Est-2	4	40,0	3	40,0
My-3	2	32,0	2	36,4
Самки				
Tf	(7) 4*	50,0	6	61,3
Est-1	4	40,0	4	68,7
Est-2	4	-	3	-
My-3	2	-	2	44,4
Самцы				
Tf	-	-	6	66,7
Est-1	-	-	4	68,1
Est-2	-	-	3	-
My-3	-	-	2	19,6

Примечание * в связи с малочисленностью исследованной выборки самок волжского сазана (n=10) у них было выявлено лишь 4 аллели в локусе Tf, однако присутствие в следующем поколении 7 аллелей этого локуса свидетельствует о том, что все аллели были сохранены в генеральной совокупности

Сравнение числа аллелей белковых локусов и процента гетерозигот у особей разных возрастных групп волжского сазана и загорского карпа проведено на основании данных таблицы 2.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что генетическая изменчивость по полиморфным белковым локусам у волжского сазана выше, чем у загорского карпа. Так, по локусу трансферрина у загорских карпов сохранилось только 6 аллелей, у волжского сазана их 7 [Лукин, Дёмкина, 2020]. Уменьшено у загорских карпов и количество аллелей неспецифических эстераз локуса Est-2 – их выявлено лишь 3, у волжского сазана – 4. Доля гетерозигот у волжского сазана по разным локусам, как правило, больше или равна таковой у загорского карпа. Исключение касается малочисленной выборки самок волжского сазана.

При сравнении доли гетерозигот по белковым локусам следует учитывать, что в процессе селекции в каждом поколении происходит увеличение гетерозиготности по локусам Tf и Est-1 у особей старших возрастных групп по сравнению с младшими возрастами, а также возрастает гетерозиготность от предыдущих поколений селекции к последующим [Дёмкина, 2011].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что группа загорских карпов обладает более низким уровнем генетической изменчивости, чем волжский сазан. При этом обе группы относятся к одному и тому же виду (*Cyprinus carpio Linne*), подвиду европейского сазана (*Cyprinus carpio carpio*), который является предковой формой для большинства отечественных пород карпа.

Группа загорских карпов, выращиваемая на ОСПХ «Якоть» ВНИИПРХ, в целом, отличается более высоким уровнем генотипической изменчивости, чем другие племенные группы, использовавшиеся при создании среднерусского карпа. Загорские карпы не только не были маркированы типом трансферрина в ходе селекционных работ, но и сохранили к пятому поколению селекции наибольшее среди других племенных групп число аллелей четырех полиморфных белковых локусов, а также максимальную гетерозиготность по локусам трансферрина и эстеразы-1 [Дёмкина, 2011].

Группа волжского сазана, завезённого из Астраханской области, по имеющимся данным, происходит от производителей, выловленных в природной среде.

Таким образом, показано, что генотипическая изменчивость сазанов – потомков рыб, обитавших в природной среде, выше, чем у культурных карпов.

Полученные результаты хорошо сочетаются с современными представлениями о том, что успешно выживают в природе группы с высоким уровнем генетической изменчивости, позволяющим сформировать высокий уровень приспособленности в меняющихся условиях среды обитания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Дементьев В.Н., Дёмкина Н.В., Лукин Н.С. Формирование ремонтно-маточного стада волжского сазана. // Мат. межд. конф. «Современное состояние и развитие аквакультуры: повышение продуктивности, интегрированные технологии, индустриальное рыбоводство» - «Рыбоводство и рыбное хозяйство» № 11 (155)/2018 - С. 131-135.

Дёмкина Н.В. Генетический мониторинг: использование биохимических маркеров в селекции и разведении карповых и осетровых рыб. - М: Экон-Информ, 2011. - 100 с.

Дёмкина Н.В., Шарт Л.А., Баранова Н.А. Использование биохимических маркеров для оценки генетического разнообразия стад карпа: методические указания // Сборник нормативно-технических документов ВНИИПРХ. - М., 2001. - С. 133-149.

Иванёха Е.В., Дума Л.Н. Генетическая характеристика племенных групп карповых рыб по микросателлитным ДНК-маркерам // Мат. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры» Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января 2020 г. - М.: Перо, 2020. - Мб. [Электронное издание] С. 205-211.

Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции.-М.: Высшая школа, 1989.- 522 с.

Катасонов В.Я., Поддубная А.В., Дементьев В.Н., Дёмкина Н.В. Основные итоги селекции среднерусского карпа. // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ «Вопросы генетики, селекции и племенного дела в рыбоводстве». - М.: ВНИИПРХ, 2000.-Вып. 76.-С. 47-59.

Корочкин А.И., Серов О.Л., Пудовкин А.И. и др. Генетика изоферментов. - М.: Наука, 1977. - 275 с.

Лукин Н.С., Дёмкина Н.В. Фенотипические отличия сазана от племенной группы загорского карпа // Мат. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры» Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января 2020 г. - М.: Перо, 2020. - Мб. [Электронное издание] С. 277-282.

Crooijmans R.P.M.A., Bierbooms V.A.F., Komen J., Van der Poel J.J., Groenen M.A.M. Microsatellite markers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Animal Genetics. – 1997. – 28. – P. 129-134.

Kohlmann K., Gross R., Murakaeva A., Kersten P. Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers // Aquat. Living Resour. - 2003. - 16. - P. 421-431.

COMPARISON OF GENOTYPIC VARIABILITY IN VOLGA CARP AND ZAGORSK CARP

N.V. Demkina, E.V. Ivanekha, N.S. Lukin, L.N. Duma

Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»)

E-mail: defish1@mail.ru, elena_ivaneha@mail.ru, nikol100@bk.ru

Abstract. Polymorphism of 6 microsatellite loci (MFW1, MFW4, MFW7, MFW9, MFW16, MFW31) and 4 protein loci (Tf, Est-1, Est-2, My-3) was analyzed in Volga carp and Zagorsk carp species of different ages. The number of alleles in 10 studied loci and the percentage of heterozygotes suggests that genotypic variability in Volga carp is greater than that in Zagorsk carp.

Keywords: Volga carp, Zagorsk carp, polymorphism, loci, microsatellites.

ПОКАЗАТЕЛИ МОРФОТИПА ДВУХЛЕТКОВ КРОССОВ ПАРСКИХ И АНГЕЛИНСКИХ КАРПОВ

В.М. Симонов, Л.А. Шарт

*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*

E-mail: simvmi@mail.ru

Методами дискриминантного анализа показаны различия между кроссами парского и ангелинского карпов по морфотипу двухлетков. Двухлетки кроссов ангелинских и парских карпов продемонстрировали хорошие рыбоводно-биологические результаты, как по выживаемости, так и по скорости роста.

Ключевые слова: карп, внутрипородный кросс карпа, выживаемость, морфотип, дискриминантный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание в прудовой аквакультуре кроссов рыб позволяет на 25-40% увеличить производство товарной продукции. В России создан ряд пород карпа, предназначенных для различных климатических зон и условий выращивания. Завезены и культивируются несколько высокопродуктивных зарубежных пород. Большую ценность представляют локальные стада, адаптированные к конкретным условиям выращивания и обладающие повышенной резистентностью к заболеваниям. Этот племенной фонд позволяет получать высокопродуктивные и специализированные кроссы, а также обеспечивать ими товарные рыбные хозяйства во всех климатических зонах рыбоводства.

Наиболее востребованной породой в отечественном карповодстве является парская, ее культивируют в 6 племенных хозяйствах. Одно хозяйство работает с ангелинскими краснухостойчивыми породами. Исследования ВНИИПРХ рыбоводно-биологических характеристик кроссов между парскими и ангелинскими породами показали высокую скорость роста и выживаемость в рыбоводных прудах, что позволяет рекомендовать их для товарного прудового выращивания [Дементьев и др., 2020]. Исследуемые кроссы различаются не только по рыбоводным характеристикам, но и по ряду свойств, унаследованных ими от исходных пород, принимавших участие в скрещивании. Поэтому представляет интерес изучение существующих между кроссами различий по морфометрическому описанию рыб.

Целью работы являлась оценка морфотипа двухлетков внутрипородных кроссов парского карпа и кроссов между парскими и ангелинскими карпами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Во время нерестовой кампании 2018 года были получены гибридные формы (кроссы) между двумя внутривидовыми типами парского карпа московским разбросанным и московским чешуйчатым (МРхМЧ), а также между московским разбросанным типом парского карпа и ангелинским чешуйчатым (МРхАЧ). Оба кросса выращивали в прудах опытного селекционно-племенного хозяйства (ОСПХ) «Якоть» (Московская область). При двухлетнем выращивании использовали трехкратную повторность посадки в пруды, на третьем году выращивания исследуемые гибридные формы содержали при совместной посадке в одном пруду. Для различения кроссы метили подрезанием плавников.

Морфометрическое описание всех групп в возрасте двухлетков было проведено по И.Ф. Правдину [Правдин, 1966]. При сравнении характеристик морфотипа использовали индексы – все промеры тела рыб делили на стандартную длину, а все промеры головы – на длину головного отдела (таблица 1).

Таблица 1 – Признаки морфотипа двухлетков из кроссов парского и ангелинского карпов для двух повторностей прудового выращивания (1 и 2).

Признак	МРхМЧ-1	МРхМЧ-2	МРхАЧ-1	МРхАЧ-2
	M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV
	36	24	13	47
Длина тела, см	26,37±1,75 6,64	26,11±2,01 7,69	26,95±1,99 7,37	27,39±1,85 6,74
Длина головы, см	7,27±0,68 9,42	6,77±0,66 9,69	6,84±0,62 9,03	6,75±0,50 7,44
Пластические признаки, в % длины тела				
Наибольшая высота тела	38,04±1,83 4,80	37,56±2,50 6,66	36,37±2,35 6,46	36,30±1,32 3,64
Наименьшая высота тела	13,88±0,88 3,36	14,00±0,52 3,75	14,07±1,03 7,32	13,87±0,52 3,73
Антедорсальное расстояние	53,94±1,81 4,50	53,05±1,48 2,78	51,67±3,13 6,06	50,89±1,44 2,83
Постдорсальное расстояние	18,80±1,83 9,75	18,59±1,45 7,79	20,47±1,16 5,67	19,60±1,37 7,01
Длина хвостового стебля	14,44±1,12 7,74	14,78±0,97 6,54	16,50±1,34 8,09	15,25±1,14 7,50
Длина основания спинного плавника	37,96±2,07 5,44	37,71±2,06 5,47	37,91±2,16 5,70	37,99±1,44 3,79
Высота спинного плавника	11,43±2,08 18,16	10,67±1,49 13,98	11,78±1,28 10,84	11,30±1,25 11,03
Длина основания анального плавника	9,39±0,67 7,10	9,14±0,66 7,19	10,41±0,76 7,31	10,40±0,66 6,37
Высота анального плавника	12,90±1,61 12,49	12,56±2,23 17,74	12,65±1,66 13,12	12,53±1,13 9,04
Длина грудного плавника	20,68±1,34 6,47	20,86±1,72 8,23	19,95±1,62 8,13	20,23±1,21 5,99
Длина брюшного плавника	15,11±1,06 7,01	15,35±2,71 17,62	15,77±1,35 8,57	15,49±2,9 8,33
Пектоцентрально-анальное расстояние	25,37±1,17 4,61	25,56±0,70 2,75	24,92±1,50 6,03	25,27±1,51 5,97
Вентроанальное расстояние	25,69±1,53 5,95	26,69±1,54 5,81	26,49±1,64 6,19	26,39±1,43 5,42

Антепектральное расстояние	28,83±1,54 5,36	27,96±1,11 3,97	27,50±2,57 9,36	26,83±1,60 5,96
Антевентральное расстояние	54,22±1,63 3,01	53,45±1,46 2,73	52,39±3,05 5,83	52,00±1,82 3,49
Антеанальное расстояние	78,29±1,13 1,44	78,26±1,41 1,81	77,64±3,90 5,02	76,65±1,12 1,46
Пластические признаки, в % длины головы				
Длина рыла	28,03±3,23 11,53	26,55±2,89 10,89	30,17±3,56 11,81	26,05±2,68 10,30
Диаметр глаза	16,45±1,53 9,28	16,91±1,73 10,22	16,90±2,25 13,30	16,73±1,43 8,52
Заглазничный отдел головы	57,60±2,71 4,70	58,23±02,60 4,46	59,18±2,74 4,63	59,52±2,73 3,99
Высота головы	79,67±7,26 9,11	87,11±9,76 11,21	83,36±8,15 9,78	94,78±5,63 5,94
Примечание M±m – средняя и ошибка, CV – коэффициент вариации				

Всего исследовали 20 морфометрических показателей. Статистическую обработку проводили в программе Statistica 8.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение ангелинских (МРхАЧ) и московских (МРхМЧ) гибридов по рыбоводным показателям показало существенные различия между ними по средней массе выловленных двухлеток, по величине прироста рыб, по выживаемости в ходе вегетационного периода на второй год жизни в условиях прудовой системы ОСПХ «Якоть», а также рыбопродуктивности исследуемых кроссов. Во всех случаях преимущество показал ангелинский гибрид: по выживаемости на 19,26, по продуктивности на 29,3 % (таблица 2).

Таблица 2 -Результаты выращивания двухлетков ангелинских и московских гибридов (представлены средние данные по трем повторностям)

Процесс	Параметры	МРхАЧ	МРхМЧ
Посадка	Средняя масса, г	36,3±0,6	34,1±1,2
Вылов	Средняя масса, г	522,3±52,6	492,0±23,3
	Прирост, г	486,0±52,1	461,2±25,7
	Выживаемость, %	74,1±11,1	62,3±4,9
	Продуктивность, кг/га	728,1±349,43	563,10±197,35

Проведенный дискриминантный анализ показал значительные различия по морфотипу между кроссами МРхМЧ и МРхАЧ. Так в каноническом пространстве дискриминация (разделение) групп по индексам признаков морфотипа оказалась достоверной (таблица 3, рисунок 1).

Таблица 3 – Расстояния Махаланобиса между группами (выше диагонали) и значения критерия Фишера (ниже диагонали)

Группа	МРхМЧ-1	МРхАЧ-1	МРхАЧ-2	МРхМЧ-2
МРхМЧ-1		10,87	13,24	3,51
МРхАЧ-1	7,16		8,61	11,77
МРхАЧ-2	18,61	6,04		7,93
МРхМЧ-2	3,49	6,84	8,69	

На рисунке 1 показано, что кроссы МРхМЧ значительно удалены от кросса МРхАЧ в среднем на 10,95 ед. (расстояние Махаланобиса). В то же время, различия между повторностями значительно ниже (для кросса МРхМЧ составляет 3,51, для кросса МРхАЧ – 8,61).

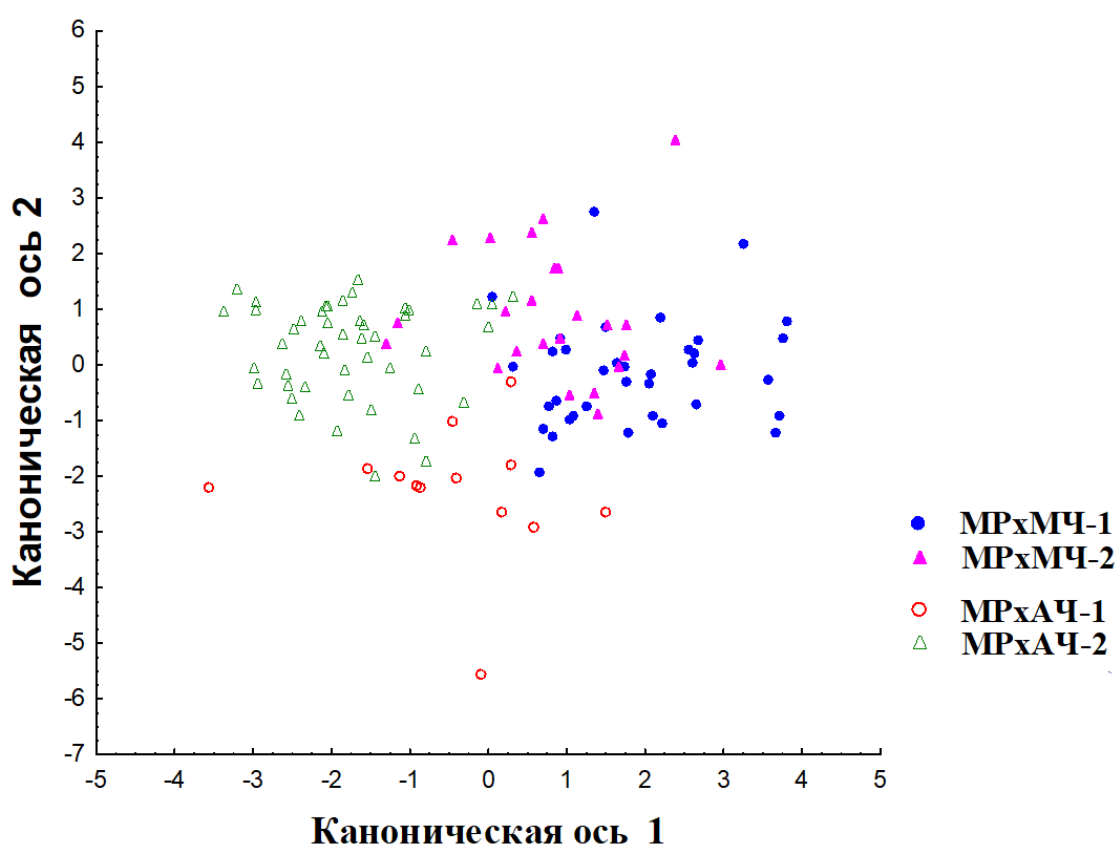


Рисунок 1 – Распределение двухлетков гибридных форм (кроссов) парского и ангелинского карпов *Surpinus carpio* L. в пространстве первых двух канонических осей

Результаты выращивания на третьем году жизни рыб представлены в таблице 4. Так как выращивание рыб проведено при совместной посадке в одной повторности, то из приведенных данных следует, что расхождения между сравниваемыми группами ангелинских и парских гибридов невелики. Ангелинские гибриды (МРхАЧ) показали более высокие показатели по средней массе рыб и приросту – 1367 г. и 853 г, соответственно. У парской гибридной группы средняя масса составляла 1268 г, а прирост – 814 г.

Таблица 4 – Результаты выращивания трехлетков ангелинских и московских гибридов (одна повторность)

Процесс	Параметры	МР х АЧ	МР х МЧ
Посадка	штук	250	250
	ср. масса. г	514	472
Вылов	штук	232	248
	ср. масса. г	1367	1286
	Прирост, г	853	814
	% выжив	92,8	99,2

Сравнение ангелинских и парских гибридов проведено по результатам рыбоводной бонитировки, при которой сопоставление исследуемых групп проводили по средней массе трехлетков, упитанности (K_y , %), индексам прогонистости ($1/H$) и толщины тела (B/L , %), длины головы и обхвата тела (C/L и O/L , %), а также индексы, связанные с длиной ($l_{хв} / l$) и высотой ($h_{хв} / l_{хв}$) хвостового плавника – $l_{хв} / l$, $h_{хв} / l$, $l_{хв} / h_{хв}$ и $h_{хв} / l_{хв}$ (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты рыбоводной бонитировки трехлетков ангелинских и московских гибридов

Параметры	МРхАЧ $M \pm m/CV, \%$	МРхМЧ $M \pm m/CV, \%$
Возраст	2+	2+
Штук	35	34
Масса, г	1287 $\pm$ 24,1/11,1	1165 $\pm$ 21,0/10,5
K_y , %	2,54 $\pm$ 0,034/7,9	2,48 $\pm$ 0,029/6,9
$1/H$	2,99 $\pm$ 0,023/4,6	2,98 $\pm$ 0,018/3,6
B/L , %	16,6 $\pm$ 0,12/4,4	15,8 $\pm$ 0,17/6,1
$C/L, \%$	27,0 $\pm$ 0,017/3,7	27,7 $\pm$ 0,16/3,4
O/L , %	83,4 $\pm$ 0,75/5,3	82,7 $\pm$ 0,56/4,0
$l_{хв} / l$, %	17,7 $\pm$ 0,18/5,8	17,7 $\pm$ 0,14/4,7
$h_{хв} / l$, %	13,5 $\pm$ 0,11/4,7	13,2 $\pm$ 0,12/5,1
$l_{хв} / h_{хв}$	1,32 $\pm$ 0,014/6,4	1,34 $\pm$ 0,017/7,2
$h_{хв} / l_{хв}$	0,76 $\pm$ 0,008/6,4	0,75 $\pm$ 0,010/7,8

Из представленных данных следует, что использование рыбоводных индексов при сравнении трехлетков ангелинских и парских гибридов не позволяет обнаружить различия. Все группы имеют сходные показатели по упитанности и прогонистости тела рыб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ангелинская и парская породы карпа различаются между собой по происхождению и истории создания породных групп в разных климатических условиях (разные зоны рыбоводства). Селекцию ангелинского карпа проводили одновременно с тремя племенными группами – местными краснодарскими с разбросанным типом чешуи, ропшинским «чешуйчатым» и украинско-

ропшинскими (помеси украинских рамчатых и ропшинских чешуйчатых) карпами в условиях 5-6 зон рыбоводства. Направление селекции – повышение устойчивости рыб к заболеванию краснухой (симптомокомплекс вызываемый аэромонадами, вирусом весенней виремии и псевдомонадами). Для формирования исходного селекционного стада парской породы в условиях 1-2 зон рыбоводства использовали самцов амурского сазана и местные (из рыбхоза Пара) карпы с разбросанным чешуйчатым покровом. В дальнейшем были использованы также и украинские рамчатые карпы. Направление селекции – повышение плодовитости и зимостойкости рыб.

Полученные данные сравнения ангелинских и парских гибридов по признакам морфотипа при применении дискриминантного анализа показывает их различия при распределении рыб в каноническом пространстве. Показано, что расстояние Махаланобиса между группой МРхМЧ и МРхАЧ высокое и составляет от 7,93 до 13,24 ед. В то же время распределение рыб между повторностями для каждой исследованной гибридной группы близки, расстояние Махаланобиса изменяется от 3,51 до 8,61.

Таким образом, методы многомерного анализа данных позволяют минимизировать средовое влияние на изменчивость измеряемых признаков морфотипа, что дает возможность определять генетические различия сравниваемых групп рыб [Волчков, 1993]. Различные условия выращивания двухлетков, которые определяют изменчивость морфотипа, на результаты проведенного анализа не оказывают влияние. Аналогичные результаты у нас получены при дискриминации этих групп гибридов в возрасте сеголетков [Симонов и др., 2019].

Гибридные группы между ангелинскими и парскими породными группами карпов показали хорошие рыбоводные свойства. Кроссы с участием ангелинских карпов в большей или меньшей степени сохраняют их устойчивость к заболеваниям [Дементьев и др., 2020]. Повышение резистентности получаемых кроссов к такому серьезному заболеванию как аэромоноз и весенняя виремия карпа, которое наблюдается практически во всех зонах рыбоводства, включая и первую рыбоводную зону [Щелкунов, 2005], открывает возможность широкого использования ангелинских карпов для промышленной гибридизации с другими породами и формами карповых рыб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Волчков Ю.А. Системный анализ изменчивости в селекции рыб: дисс на соиск. учен. степ. докт. биол. наук. - Краснодар, 1993. - 310 с.
- Дементьев В.Н., Шарт Л.А., Юхименко Л.Н., Симонов В.М., Караваев В.В., Зингис И.В., Балашов Д.А., Рекубратский Н.В., Тихонов Г.Ф., Рекубратский А.В. Рыбоводно-биологическая характеристика кроссов между московскими и ангелинскими породами карпа// Мат. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры» Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января 2020 г. - М.: Перо, 2020. - Мб. [Электронное издание] С. 97-109.

- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). - 4-е изд., перераб. и доп. / Под. ред. проф. П.А. Дрягина, канд. биол. наук В.В. Покровского – М.: Пищевая промышленность, 1966. - 376 с.
- Симонов В.М., Дементьев В.Н., Шарт Л.А. Морфология кроссов парского и ангелинского карпов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ «Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры». - М.: Сельскохозяйственные технологии, 2019. - Вып. 90. - С. 98-102.
- Щелкунов И.С. Разработка тест-систем для идентификации возбудителя весенней виремии карпа на основе методов анализа генома: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. - Покров, 2005. - 26 с.

MORPHOTYPE INDICATORS OF TWO-YEAR-OLD CROSSES OF PARSKY AND ANGELINSKY CARP

V.M. Simonov, L.A. Shart
Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKh»
E-mail: simvmi@mail.ru

Abstract. By means of the discriminant analysis, differences between the Parsk and Angelinsk carps crosses have been shown by the morphotype of two-year-olds.

Two-year-olds Angelinsk and Parsk carps crosses showed good piscicultural and biological results both by survival and growth rate.

Keywords: carp, interbreed crosses in carps, survival rate, morphotype, discriminant analysis.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХТИОФАУНЫ КЕРШИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.И. Никитенко, Д.В. Горячев, Н.Н. Клец,
З.Н. Родимова, П.А. Пшеничников, В.А. Карпов,
А.С. Назаров, С.А. Кондуков, И.Ю. Федюшкина, Е.Ю. Журенкова

*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)*

E-mail: alexey_nikitenko90@mail.ru

В статье представлены результаты ихтиологических исследований, выполненных на акватории Кершинского водохранилища в 2020 г. по заранее спланированной сетке станций. Изученность экосистемы данного водного объекта крайне мала. В размерной структуре, выловленных видов рыб в 2020 г., наблюдается динамика с хорошим воспроизводственным потенциалом. Коэффициент упитанности высокий у всех видов рыб. Во всех обследованных группах наблюдается значительное преобладание самок над самцами. Также рассчитаны промысловые запасы для наиболее массовых видов рыб.

Ключевые слова: Кершинское, пресноводные, водные биоресурсы, промысловые запасы.

ВВЕДЕНИЕ

В Тамбовской области сооружено более 137 водохранилищ общим объемом 185 млн. м³ и 763 прудов общим объемом 350 млн. м³, в том числе 21 рыбоводный. Крупнейшими водохранилищами являются: Шушпанское (р. Шушпанка), Челнавское (р. Челновая) и Кершинское (р. Дальняя Керша). Большинство прудов молодые по возрасту (до 20-45 лет), берега их не сформированы, водная растительность развита слабо и заиление незначительно. Наибольшее количество прудов сосредоточено в северо-западной части области, где более благоприятны условия для их сооружения.

Выделяют три типа искусственных водоемов: ложбинные, лощинные – расположенные на недренированной местности, лежащие в балках и верховьях долин рек на склонах местности и пойменные. Преобладают водоемы первого типа, характеризующиеся незначительной глубиной, площадью и небольшими объемами воды. Водоемы в балках и верховьях долин рек имеют более значительную глубину и достаточно большие объемы воды. Водоемы пойменного типа построены в бассейнах рек Цна, Кашма, Челновая, Дальняя Керша и др. К ним относятся рыбоводные пруды рыбхозов «Двуречье», «Кашма», «Бокино», «Челнавский», «Карай», «Прогресс». Уровень их регулируется, периодически они спускаются и очищаются.

Кершинское водохранилище – крупный водоем пойменного типа в Тамбовской области (рисунок 1). Водохранилище образовано в 1983 г. на реке Дальняя Керша. Ниже села Керша сливается с рекой Ближняя Керша и образует реку Керша. Площадь – 236 га. Глубина от 3 по 5 метров. Максимальная глубина – 18 метров. Водохранилище относится к особо охраняемым природным территориям.



Рисунок 1 – Кершинское водохранилище

В рамках поиска материалов в информационных базах данных, не было найдено литературных источников об исследованиях ихтиофауны Кершинского водохранилища. Предпосылкой к проведению комплексных изучений водохранилища сотрудниками Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») стала тема плана ресурсных исследований «Регулярные наблюдения за распределением, численностью, качеством и воспроизводством водных биоресурсов, являющихся объектами рыболовства, а также средой их обитания».

Целью работ являлось исследование состояния ихтиофауны и расчет численности промысловых запасов рыб Кершинского водохранилища.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор материалов для выполнения работ по мониторингу состояния водных биоресурсов проводился на Кершинском водохранилище в рамках комплексных исследований в 2020 г. При осуществлении рыболовства в научно-исследовательских целях выполнено 5 операций по вылову ставными сетями

общей протяжённостью 900 м, с шагом ячеи от 30 до 70 мм, экспозиция постановки 12 ч. Всего отловили и проанализировали 414 экз. рыб.

У всех рыб измеряли длину (FL, длина по Смиту) и массу, отбирали регистрирующие структуры для определения возраста [Правдин, 1966], определяли стадию зрелости гонад [Никольский, 1965]. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием компьютерных программ Excel и Statistica.

Отбор проб проводили на станциях исследования, установленных при мониторинговой оценке состояния среды обитания водных биологических ресурсов (рисунок 2).

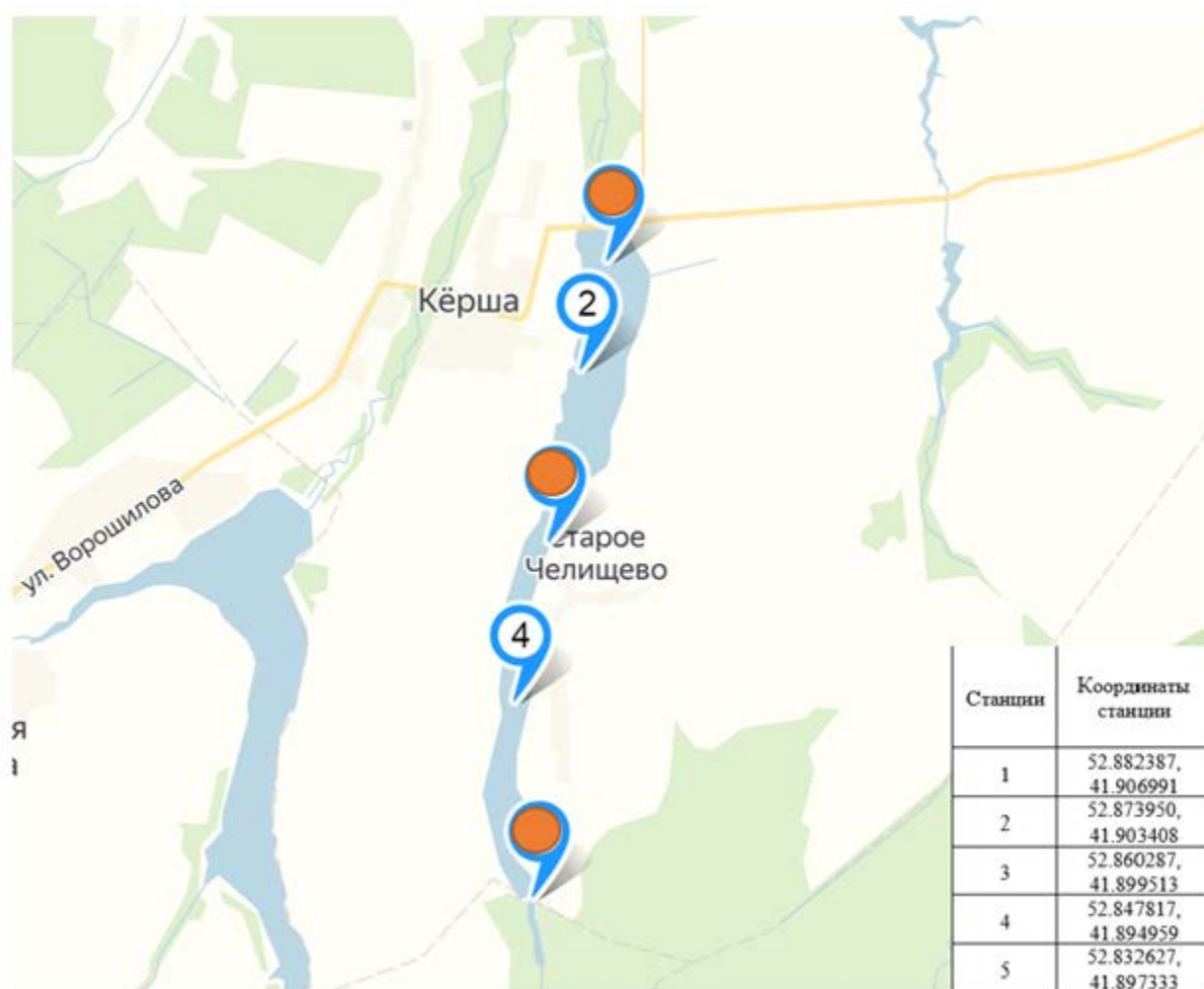


Рисунок 2 – Карта-схема постановки сетных орудий лова

Абсолютную численность рыб по результатам лова ставными сетями определяли по формуле [Кушнарченко, 1983]:

$$N = \frac{Y_c * S_b}{q * S_c} \quad (1)$$

N – численность рыб, экз.;

Y_c – средний улов на одну стандартную сетепостановку, экз.;
 S_b – площадь водоема (площадь обитания вида в водоеме), м²;
 q – коэффициент абсолютной уловистости ставной сети;
 S_c – площадь, облавливаемая стандартной сетью в сутки, м².

При проведении обловов применяли сети высотой (H), равной глубине водоема. Относительная численность (экз./м³) (концентрация) рыб (для малых водоемов) рассчитывается по формуле:

$$N_c = \frac{Y_c * (S_b * H)}{q * (S_c * H)} : W_b \quad (2)$$

После преобразования формула принимает вид:

$$N_c = \frac{Y_c}{q * W_c} \quad (3)$$

N_c – относительная численность рыб, экз./м³;
 W_c – объем, облавливаемый стандартной сетью в сутки, м³.

При расчете численности по уловам ставных сетей коэффициент уловистости принимали равным 0,3, объем (W_c , м³), облавливаемый сетью, находили по формуле [Трещев, 1983]:

$$W_c = \pi * l^2 * n * H/4 * t \quad (4)$$

l – длина сети, м;
 n – количество сетей в порядке;
 H – высота сети, м;
 t – время лова, сут.;
 π – константа.

Краткая характеристика реки Кёрша Долина

В верхней части до д. Беклемишево извилистая, на отдельных участках среднего течения прямолинейная, пойменная. В верховьях склоны пологие, ниже д. Сосновки правый склон умеренно крутой. Высота правого склона 5-10 м в верхней части долины до 25-30 м в средней и нижней. Левый склон на всем протяжении низкий, пологий. Сложены в верховьях суглинками, в средней части супесями, а в нижней – песками. Открытые, в нижней части долины залесенные (таблица 1).

Пойма

Прерывистая, преимущественно двухсторонняя, ниже устья р. Хмелинка заболоченная. В верхнем и среднем течении изрыта канавами и ямами. Преобладающая ширина 300-500 м, в нижней части 500-800 м, наибольшая до 2 км. Почвы на заболоченных участках торфянистые, на сухих – супесчаные. Покрыта кустарниковой и луговой растительностью.

Русло

В верхнем течении представляет чередование сужений и расширенных плесовых участков. Ширина плесов 20-30 м, на сужениях до 1,0 м. В среднем и нижнем течении ширина русла 8-12 м; наибольшая до 60 м, наименьшая 2,5 м (у с. Старое Чилищево). Глубина на плесах 1,5-2,0 м, местами до 6-8 м, на перекатах 0,2-0,4 м. Скорость течения 0,2-0,3 м/сек., наибольшая 1,5 м/сек. Крутые, местами обрывистые берега чередуются с пологими; высота их 2,5-3,0 м, наибольшая до 5-7 м. Дно преимущественно песчаное, на заболоченных участках илистое. Берега песчаные и супесчаные, в верховьях суглинистые, на заболоченных участках торфянистые, покрыты кустарником (рисунок 3).

Таблица 1 – Характеристика реки Керша

[illegible]

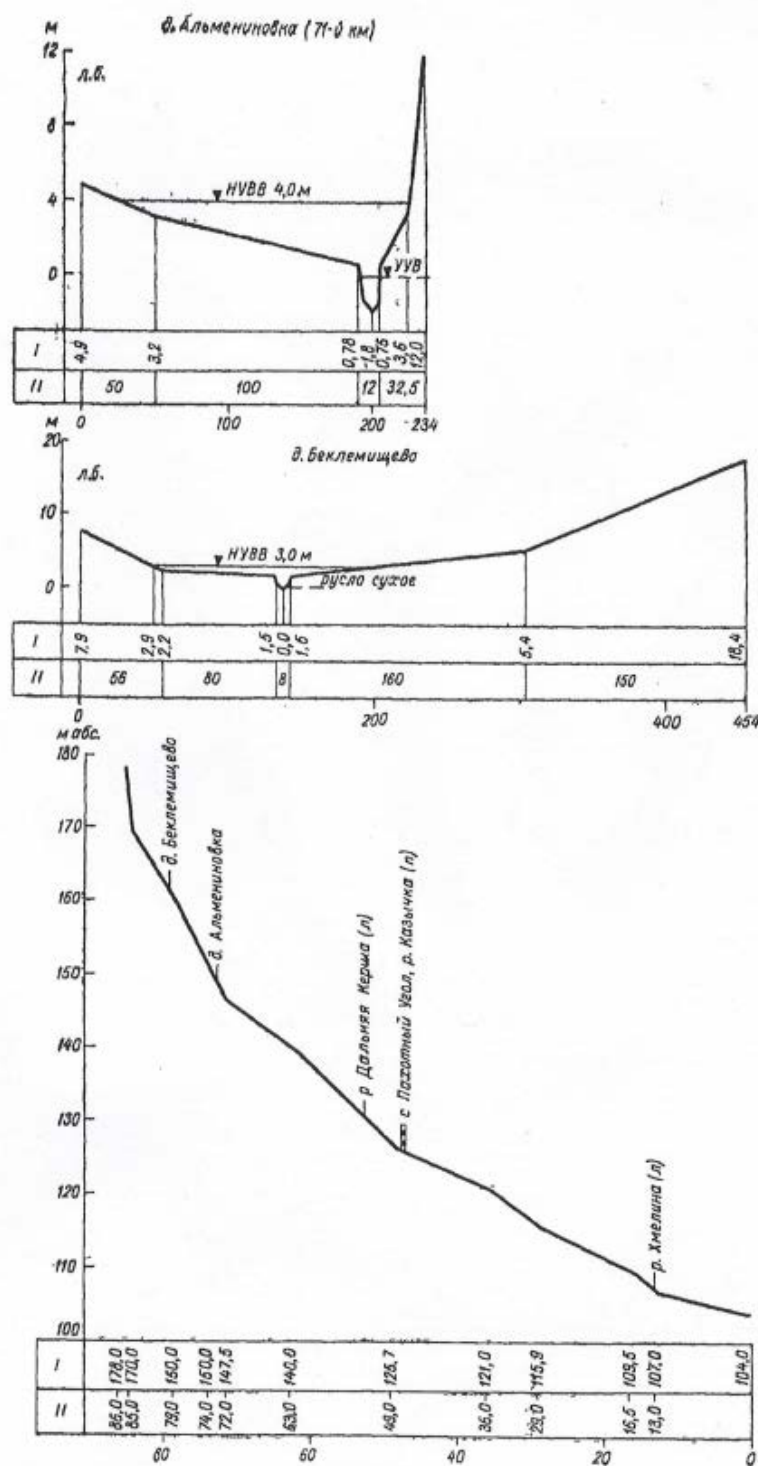


Рисунок 3 – Схематические продольные и поперечные профили реки Керша

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

За период наблюдений в сетных уловах Кершинского водохранилища было зафиксировано 9 видов рыб. По типу питания рыбное население Кершинское водохранилище представлено зоопланктофагами (уклейка *Alburnus alburnus*, молодь остальных видов рыб на ранних этапах развития), бентофагами (лещ *Abramis brama*, линь *Tinca tinca*, карась обыкновенный *Carassius carassius*), эврифагом (плотва *Rutilus rutilus*), ихтиофагами (щука *Esox lucius*, судак *Sander*

luciperca, отчасти речной окунь *Perca fluviatilis*) и бенто-планктофагом (красноперка *Scardinius erythrophthalmus*).

По встречаемости и массе в уловах в 2020 г. в Кершинском водохранилище доминировали семейства карповые *Cyprinidae* (31 %) и окуневые *Percidae* (55 %). Видами-доминантами являются окунь речной и лещ (таблица 2).

Таблица 2 – Структура уловов и численность биомассы в Кершинском водохранилище

Вид	Встречаемость в уловах, %	
	N	B
Окунь речной	58	53
Лещ	32	21
Плотва	4	3
Карась	4	7
Щука	2	15
Примечание N - по численности, B – по массе		

Окунь речной широко распространен в пресных водоемах Европы и Северной Азии (до бассейна Колымы на востоке и водоемов северных районов Ирана и Афганистана на юге), завезен в Африку, Австралию и Новую Зеландию. Ранее считалось, что ареал окуня речного включает и водоемы Северной Америки, которые по современным представлениям населяет самостоятельный вид желтый окунь (*Perca flavescens*). Придерживается участков с пониженной скоростью течения, часто отмечается, в придаточных водоемах, имеющих связь с основным руслом.

Длина окуня речного в сетных уловах 2020 г. (239 экз.) варьировала в пределах 8,5-31,0 (19,3±3,96) см. Доминировали особи (71 %) SL 16-19 см, доля рыб SL≥20 см составила 17 %. В уловах отмечены особи массой 9,5-1511,0 г (141,1±159,6) г. Среди них преобладал (35 %) речной окунь массой 100-150 г, более крупные рыбы 151-200 г и 201-1511 г были представлены соответственно 17 и 24 %. В соотношении полов преобладали самки (58,7 %). Возраст варьировал от 3+ до 7+, средний возраст составил 4,4±1,1. Половозрелость окуня речного наступает в возрасте 2+ у самцов и 3-4+ у самок. Так факт наличия крупных особей окуня создает предпосылку хорошего воспроизводительного потенциала популяции.

Лещ водится в Центральной и Северной Европе в бассейнах Северного, Балтийского, Каспийского, Черного и Азовского морей), акклиматизирован в Сибири в бассейнах рек Обь, Иртыш и Енисей. В 1930-х годах интродуцирован в Зауральские озера. Есть в Аральском море, в озере Балхаш и низовье Сырдарьи. На Крайнем Севере и на юге территории бывшего СССР его нет. В Северной Двине он немногочислен и, вероятно, проник сюда по каналам из Волжской системы. В Закавказье встречается лишь в немногих местах (у Ленкорани и в озере Палеостомии, а также в Мингечаурском водохранилище). Обитает в озерах, прудах, реках, водохранилищах и солоноватых водах Каспийского, Аральского и Азовского морей.

В 2020 г. в сетных уловах отмечен лещ (133 экз.) SL 14,0-42,0 ($17,9 \pm 4,3$) см. В размерном ряду выделялась группа рыб – SL 14-18 см (76 %). Доля особей $SL \geq 30$ см в уловах составляла 4 %. Масса леща варьировала в пределах 51,5-1758,0 ($100,3 \pm 164,9$) г. Доминировала группа (90 %) массой 51,5-100 г. В соотношении полов преобладали самки (63,3 %). Возраст варьировал от 2+ до 7+, средний возраст составил $2,6 \pm 1,8$. Половое созревание леща по литературным данным начинается в возрасте 4+ у самок и 3+ у самцов. Массовое половое созревание леща наблюдается в возрасте 5+ у самок и 4+ у самцов. Поэтому результаты 2020 г. отражают малое количество половозрелых особей леща, что в будущем может оказать влияние на воспроизводственном потенциале популяции.

Плотва встречается по всей Европе к востоку от Южной Англии и Пиренеев и к северу от Альп; в реках и озерах Сибири, в бассейнах Каспийского и Аральского морей.

Длина плотвы в сетных уловах 2020 г. (16 экз.) варьировала в пределах 16,4-22,5 ($18,6 \pm 1,8$) см, масса – 93,0-196,0 ($126,5 \pm 33,2$) г. В соотношении полов преобладали самки (72,7 %). Возраст варьировал от 3+ до 5+, средний возраст составил $4,2 \pm 0,8$. Так как половозрелые особи плотвы отмечаются в литературе в среднем от 14 см в возрасте 3 лет, факт наличия в Кершинском водохранилище крупных особей плотвы создает предпосылку хорошего воспроизводственного потенциала популяции.

Карась, широко распространенный в Европе и Сибири от Великобритании и Скандинавии на севере до Македонии и Северной Италии на юге, и далее на восток: Северная и Центральная Азия до Северного Китая.

В 2020 г. в сетных уловах отмечен карась (16 экз.) SL 11,5-31,5 ($19,6 \pm 5,9$) см. Масса варьировала в пределах 53,8-888,0 ($270,8 \pm 224,2$) г. В соотношении полов преобладали самки (60 %). Возраст варьировал от 2+ до 7+, средний возраст составил $3,6 \pm 1,6$. Половой зрелости достигает при длине тела 13-16 см и массе 90-150 г, реже при 10-12 см и массе более 50 г, самцы в возрасте 2-3 лет, самки в 3-4 года. Так факт наличия крупных особей карася создает предпосылку хорошего воспроизводственного потенциала популяции.

Щука распространена в пресных водах Евразии и Северной Америки. Длина щуки в сетных уловах 2020 г. (10 экз.) варьировала в пределах 27,5-68,0 ($41,3 \pm 13,3$) см, масса – 190,0-3816,0 ($978,5 \pm 1130,9$) г. В соотношении полов преобладали самки (75 %). Возраст варьировал от 2+ до 4+, средний возраст составил $2,9 \pm 0,9$. Так как половозрелые особи щуки обычно встречаются при длине от 39 см в возрасте 4 лет, факт наличия в Кершинском водохранилище крупных особей щуки создает предпосылку хорошего воспроизводственного потенциала популяции.

Для нагула рыб сложились удовлетворительные условия практически на всей акватории благодаря достаточному количеству кормовых организмов. Вследствие этого коэффициент упитанности по Фультону (КУ) для мирных видов рыб составил 1,88, а для хищных – 1,93.

Средние показатели длины и массы промысловых видов рыб Кершинского водохранилища по возрастным группам из научно-исследовательских сетных уловов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Средние размерно-возрастные показатели промысловых рыб Кершинского водохранилища

Вид	Возраст, лет						n
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	
Окунь речной	-	<u>17,2</u> 90	<u>18,5</u> 120	<u>20,9</u> 190	<u>24,0</u> 300	<u>31,0</u> 750	239
Лещ	<u>16,1</u> 70	<u>16,9</u> 80	<u>21,5</u> 210	<u>25,4</u> 320	<u>31,5</u> 540	<u>42,0</u> 176	133
Плотва	-	<u>17,0</u> 100	<u>17,1</u> 110	<u>19,8</u> 170	-	-	6
Карась	<u>13,7</u> 80	<u>15,8</u> 130	<u>18,5</u> 220	<u>23,0</u> 380	-	<u>31,5</u> 890	16
Щука	<u>29,9</u> 230	<u>36,8</u> 470	<u>55,7</u> 2080	-	-	-	10
Примечание Над чертой – средняя длина, под чертой - средняя масса, n – количество экземпляров							

Собранные данные в период проведения исследований относятся к III уровню информационного обеспечения расчетов. Недостаточная полнота доступной информации исключает использование математических моделей. Дефицит информации связан с отсутствием промышленного лова на данных водохранилищах. В рамках научно-исследовательских работ были рассчитаны промысловые запасы для водных биоресурсов Кершинского водохранилища (таблица 4). Они показали, что наблюдается преобладание хищных рыб над мирными.

Таблица 4 – Промысловые запасы водных биоресурсов Кершинского водохранилища

Вид	Промысловый запас, т
Окунь речной	4,37
Лещ	1,81
Плотва	0,24
Карась	0,44
Щука	0,47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты 2020 г. показывают хороший воспроизводственный потенциал всей части облавливаемой популяции рыб, за исключением леща. Коэффициент упитанности высокий у всех видов рыб. Во всех обследованных группах рыб наблюдается значительное преобладание самок над самцами.

Полученные средние показатели длины и массы наиболее массовых промысловых видов рыб Кершинского водохранилища могут быть полезны

исследователям для дальнейшего изучения данного водоема или сравнения с темпом роста водных биоресурсов в других водных объектах.

Данные научно-исследовательской работы о состоянии водных биологических ресурсов Кершинского водохранилища послужат основой для разработки материалов прогноза рекомендованной добычи (вылова) водных биоресурсов. Для рационального использования Кершинского водохранилища необходимо продолжить углубленное всестороннее изучение состояния и среды обитания водных биологических ресурсов для оценки тенденций и динамики происходящих изменений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Кушнарченко А.И., Лугарев Е.С. Оценка численности рыб по уловам пассивными орудиями // Вопросы ихтиологии. - 1983. - Т. 23, вып. 6. - С. 921-926.
- Трещев А.И. Интенсивность рыболовства. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 236 с.
- Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб. - М.: Наука, 1965. - 382 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). - 4-е изд., перераб. и доп. / Под. ред. проф. П.А. Дрягина, канд. биол

FISH FAUNA OF KERSHA RESERVOIR: CURRENT DATA

A.I. Nikitenko, D.V. Goryachev, N.N. Klets,
Z.N. Rodimova, P.A. Pshenichnikov, V.A. Karpov,
A.S. Nazarov, S.A. Kondukov, I.Yu. Fediushina, E.Yu. Zhurenkova

Abstract. The paper presents the findings of ichthyological research of the Kersha Reservoir performed in 2020 in a predefined set of research stations. The ecosystem of the reservoir is critically understudied. The size of fish species caught in 2020 shows positive changes suggestive of good reproduction potential. The condition factor is high in all species studied. Females significantly predominate in all groups studied. An estimate of commercial stock was performed for the most abundant fish species.

Keywords: Kersha Reservoir, freshwater fish, aquatic bioresources, commercial stock.

РОСТ ОБЫКНОВЕННОГО СУДАКА *SANDER LUCIOPERCA* (PERCIDAE) В БЕЛГОРОДСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А.И. Никитенко¹, Д.В. Артеменков², Д.В. Горячев¹, Н.Н. Клец¹,
П.А. Пшеничников¹, З.Н. Родимова¹

¹ Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и
океанографии (ВНИРО)
E-mail: alexey_nikitenko90@mail.ru

На основании материалов исследовательских работ ВНИИПРХ с 2012 по 2019 гг. на Белгородском водохранилище впервые освещаются особенности роста обыкновенного судака *S. lucioperca* в конкретной экосистеме, возникшие в процессе адаптации к условиям обитания. Параметры роста по уравнению фон Берталанфи составили: 98,85 см – теоретически предельная длина (L_{inf}), 0,07 – коэффициента роста (K) и 2,45 – коэффициент теоретического возраста (t_0). Половое созревание судака в Белгородском водохранилище происходит на 3 году, что позволило определить вероятный максимальный возраст – 10 лет. В рассматриваемый период наблюдается тенденция уменьшения промыслового запаса судака.

Ключевые слова: судак, Белгородское водохранилище, пресноводные, промысловые запасы, темп роста.

ВВЕДЕНИЕ

Род *Sander* включает 5 видов [Спановская, 1971; Froese, 2020], из которых наиболее крупных размеров до 75,0 см (FL, длина по Смиуту) достигает обыкновенный судак *Sander lucioperca* [Спановская, 1971; Атлас пресноводных ..., 2002; Andreu-Soler, 2006]. *S. lucioperca* распространен во всех крупных речных и озерных водоемах Европы и восточной Азии от 36° до 67° с.ш. и акклиматизирован в Испании, Англии, Франции, Германии, Швеции, Турции и Казахстане, в России – в Карелии, Крыму, Приморском крае, Новосибирской, Архангельской и Вологодской областях [Решетников, Шакирова, 1993; Kottelat, 1997; Атлас пресноводных ..., 2002]. Два вида, берш *S. volgensis* и морской судак *S. marinus*, данного рода также обитают в восточном полушарии Земли: первый – в реках Каспийского, Азовского и Черного морей; второй – в Каспийском и северо-западной части Черного морей [Решетников, Шакирова 1993; Атлас пресноводных ..., 2002]. Остальные два вида, светлоперый судак *S. vitreus* и

канадский судак *S. canadensis*, распространены в западной полушарии рек и водоемах США и Канады [Спановская, 1971; Page, 1991].

Рыбы рода *Sander* давно привлекают внимание специалистов, которыми исследованы особенности морфологии, экологии, пищевого поведения, репродуктивной биологии и т.д. [Берг, 1949; Константинов, 1957; Фортунатова, Попова, 1973; Becker, 1983; Sublette, 1990; Page, 1991; Евланов и др., 1998; Атлас пресноводных ..., 2002]. Однако, приводимые в литературе сведения об особенностях роста популяций судаков в конкретных водоемах остаются не полными [Берг, 1949; Beverton, 1959; Staras, 1995; Евланов, 1998; Quist, 2004; Никитенко и др., 2020]. Изученность и знание конкретной экосистемы помогает в сохранении биологического разнообразия и в оценке предельных допустимых объемов выпуска с целью искусственного воспроизводства [Конвенция ..., 1992; Федеральный закон ..., 2004; Артеменков и др., 2020].

Темп роста *S. lucioperca* сильно различается в пределах ареала в зависимости от температурного режима и кормности водоема. Также на продуктивность водоема оказывают влияние условия обитания, так как обыкновенный судак – засадный хищник, он предпочитает песчаное и галечное дно с укрытиями [Берг, 1949; Фортунатова, Попова, 1973].

Целью настоящей работы является определение особенностей роста обыкновенного судака *S. lucioperca* в Белгородском водохранилище, возникшие в процессе адаптации к условиям обитания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основой для работы послужили материалы, собранные в 2012-2019 гг. в Белгородском водохранилище при проведении мониторинговых исследований. Материал был собран набором ставных сетей длиной от 30 до 75 м с шагом ячеи от 25 до 70 мм. Всего за период наблюдений на Белгородском водохранилище выполнено и учтено 60 сетепостановок. Отбор проб проводили на станциях исследования, установленных при мониторинговой оценке состояния среды обитания водных биологических ресурсов (рисунок 1).

Видовую идентификацию рыб в уловах осуществляли по рекомендованным определителям [Атлас пресноводных ..., 2002].

Объектами настоящего исследования послужили самки и самцы обыкновенного судака *Sander lucioperca* с длиной по Смитту (FL) от 7,8 до 63,5 см. Длина (FL, см) и масса тела (W, г) были измерены с точностью 0,1 см и 1 г соответственно [Чугунова, 1959; Правдин, 1966].



Рисунок 1 – Карта-схема постановки сетных орудий лова в Белгородском водохранилище

Общее число биоанализов всех выловленных рыб составило 165 экз. Зависимость длины и массы была рассчитана степенным уравнением роста рыб (1):

$$W = a \times FL^b \quad , \quad (1)$$

где W - общий вес (в г), FL fork length – длина по Смиуту (в см), a - коэффициент перехвата и b - коэффициент наклона регрессии [Винберг, 1971; Froese, 2006].

Данные о размерном распределении и возрасте обыкновенного судака в разные годы проанализированы с использованием компьютерного программного пакета TropFishR в среде программирования R [R Core Team, 2018]. Пакет TropFishR дополняет традиционный метод электронного анализа размерного распределения ELEFAN (Electronic Length-Frequency Analysis) и включают определение параметров уравнения (2) роста фон Берталанфи [Haddon, 2011].

$$L_t = L_{inf} \times (1 - \exp^{(-K(t-t_0))}) \quad (2)$$

где L_t - длина в возрасте t (в см), L_{inf} - предельная длина (в см), K - коэффициент роста, а t_0 - коэффициент теоретического возраста.

Абсолютная численность рыб по результатам лова ставными сетями определялась по формуле [Кушнарченко, Лугарев, 1983]:

$$N = \frac{Y_c * S_b}{q * S_c} \quad (3)$$

N – численность рыб, экз.;

Y_c – средний улов на одну стандартную сетепостановку, экз.;

S_b – площадь водоема (площадь обитания вида в водоеме), m^2 ;

q – коэффициент абсолютной уловистости ставной сети;

S_c – площадь, облавливаемая стандартной сетью в сутки, m^2 .

При проведении обловов применяли сети высотой (H), равной глубине водоема. Относительная численность (экз./ m^3) (концентрация) рыб (для малых водоемов) рассчитывается по формуле:

$$N_c = \frac{Y_c * (S_b * H)}{q * (S_c * H)} : W_b \quad (4)$$

После преобразования формула принимает вид:

$$N_c = \frac{Y_c}{q * W_c} \quad (5)$$

N_c – относительная численность рыб, экз./ m^3 ;

W_c – объем, облавливаемый стандартной сетью в сутки, m^3 .

При расчете численности по уловам ставных сетей коэффициент уловистости принимали равным 0,3, объем (W_c , m^3), облавливаемый сетью, находили по формуле [Трещев, 1983]:

$$W_c = \pi * l^2 * n * H/4 * t \quad (6)$$

l – длина сети, м;

n – количество сетей в порядке;

H – высота сети, м;

t – время лова, сут.;

π – константа, А

Краткая характеристика Белгородского водохранилища

Белгородское водохранилище расположено на р. Северский Донец в Белгородском и Шебекинском районах Белгородской области. Створ плотины

водохранилища находится около с. Безлюдовки Шебекинского района. Водохранилище создано в 1985 г. для водообеспечения Белгородского промышленного узла и улучшения санитарного состояния вод Северского Донца, однако в последующие годы изменило первоначальное проектное назначение.

Нормальный подпорный уровень (НПУ) 114,5 м, полный объём водохранилища при НПУ 76 млн м³, полезный – 67,7 млн м³, площадь водного зеркала при НПУ 23 км², длина водохранилища 25 км, ширина – от нескольких десятков метров до 3 км, в среднем около 1 км; средняя расчётная глубина 3,3 м, максимальная вблизи плотины – 14 м. Белгородское – 2-е по полному и полезному объёму водохранилище Белгородской области после Старооскольского водохранилища. Водохранилище долинного типа, имеет линейно-вытянутую конфигурацию; общая протяжённость береговой линии 85 км. Площадь водосбора в створе гидроузла 2520 км². В водохранилище впадают реки Везелка, Топлинка, Разумная. Климат в районе водохранилища умеренно континентальный, с мягкой зимой и продолжительным летом. Устойчивый ледяной покров на водохранилище держится с середины декабря до конца марта. Средняя многолетняя скорость разрушения берегов Белгородского водохранилища 1,1 м/год.

На Белгородском водохранилище осуществляется только любительское рыболовство и рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях, промышленный лов отсутствует.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Различные популяции *S. lucioperca* в пределах ареала распространения обитают в солоноватых и пресных водоемах и представляют пелагических хищников. Помимо температурного режима, кормовая база водоема, оказывает влияние на предел и темп роста обыкновенного судака. Так для молоди важными объектами питания являются зоопланктон и нектобентические ракообразные, для взрослого судака – молодь других рыб [Фортунатова, Попова, 1973; Атлас пресноводных ..., 2002]. В Рыбинском водохранилище к 7 годам судак достигает 47,4 см, в Куйбышевском водохранилище – 50,7 см, в Матырском водохранилище 55,6 см [Никитенко и др., 2020], в Саратовском водохранилище – 56,8 см [Стрельников и др., 1984; Кузнецов, 2010], а в исследуемом Белгородском водохранилище – 55,0 см (таблица 1). Коэффициент упитанности судака на 7 году жизни составляет 1,20, что несколько ниже чем в возрасте 1-3 года – 1,27. Следовательно, можно предположить о достаточном обилии пищи в Белгородском водохранилище, как для молоди, так и для взрослого судака.

В Белгородском водохранилище максимальный отмеченный возраст 7 лет, в котором встречаются особи от 47 до 63 см. В Рыбинском и Саратовском водохранилище отмечаются особи, достигшие 8 лет и длины 53,8, 60,7 см, соответственно [Стрельников и др., 1984; Кузнецов, 2010]. В редких случаях в водоемах наблюдаются особи судака 9-и и 10-и летнего возраста [Семенченко, Подорожнюк, 2014; Крайнюк и др., 2018]. Необходимо отметить, что крупные

размеры одновозрастных рыб в приводимых водоемах замечены в южных районах обитания с более теплыми температурными условиями. Указанные различия в размерах также обусловлены экологическими условиями, в которых обитают эти популяции.

Таблица 1 – Длина и масса тела судака разных возрастных классов из уловов в Белгородском водохранилище 2012-2019 гг.

Возраст, лет	FL, мм	Масса, г	п, экз.
1+	<u>7,8-18,0</u> 14,26±3,26	<u>32,0-45,0</u> 39±3,78	3
2+	<u>20,5-31,0</u> 25,75±0,61	<u>116,0-470,0</u> 227,59±18,73	22
3+	<u>22,0-44,0</u> 32,27±0,61	<u>140,0-900,0</u> 456,08±25,60	51
4+	<u>29,7-56,0</u> 40,84±0,85	<u>344,0-1478,0</u> 849,19±42,14	56
5+	<u>33,2-59,0</u> 42,65±1,28	<u>676-2566</u> 1048,58±91,32	24
6+	<u>42,0-63,5</u> 48,69±1,49	<u>1150-3556</u> 1676,46±186,46	13
7+	<u>47,0-63,0</u> 55,0±11,37	<u>1480-2442</u> 1961,00±481,00	2
Примечание: Над чертой - пределы варьирования показателя. Под чертой - среднее значение и его ошибка. п - число исследованных рыб			

Условия водоемов, отмеченные выше, влияют на упитанность рыб. Связь между размерами и массой судака Белгородского водохранилища можно описать аллометрическим соотношением (7-9). Рассчитанные уравнения зависимости показывают отрицательный гипераллометрический коэффициент b , который характеризует форму тела как угреиведную ($b < 3$) для самцов и для самок. В разных регионах зависимость роста судака отличается, это может быть связано как с особенностями физиологического состояния, так и с различиями в условиях окружающей среды [Li, 2013; Hossain, 2015; Tobes, 2016]. Также необходимо отметить, что значения b обычно находятся в пределах (2,5–3,5) нормального диапазона для рыб [Carlander, 1969].

$$W = 0,0298 \times FL^{2,7603}; r^2 = 0,9187; \text{самцы} + \text{самки} \quad (7)$$

$$W = 0,0185 \times FL^{2,8893}; r^2 = 0,8594; \text{самцы} \quad (8)$$

$$W = 0,0252 \times FL^{2,8172}; r^2 = 0,9182 \text{ самки} \quad (9)$$

Рассчитана теоретически предельная длина роста судака Белгородского водохранилища (уравнение 10). Так, параметры роста по уравнению фон Берталанфи (6) составили: 98,85 см – предельная длина (L_{inf}), 0,077 – коэффициента роста (K) и -2,46 – коэффициент теоретического возраста (t_0). При этом максимальный рассчитанный возраст (t_{max}) при массовом половом созревании (t_m) в 3 года у судака Белгородского водохранилища составляет 12 лет. Следовательно, при наблюдаемом массовом половом созревании судака в 3 года предельный возраст может составлять 12 лет, в котором судак будет достигать 64 см.

$$L_t = 98,85 \times (1 - \exp^{-0,077(t-2,46)}), \quad (10)$$

Собранные данные в период проведения исследований на Белгородском водохранилище относятся к III уровню информационного обеспечения расчетов. Недостаточная полнота доступной информации исключает использование математических моделей динамики численности. Дефицит информации связан с отсутствием промышленного лова на данном водохранилище. В рамках проведенных исследований был рассчитан промысловый запас судака в Белгородском водохранилище (рисунок 2).

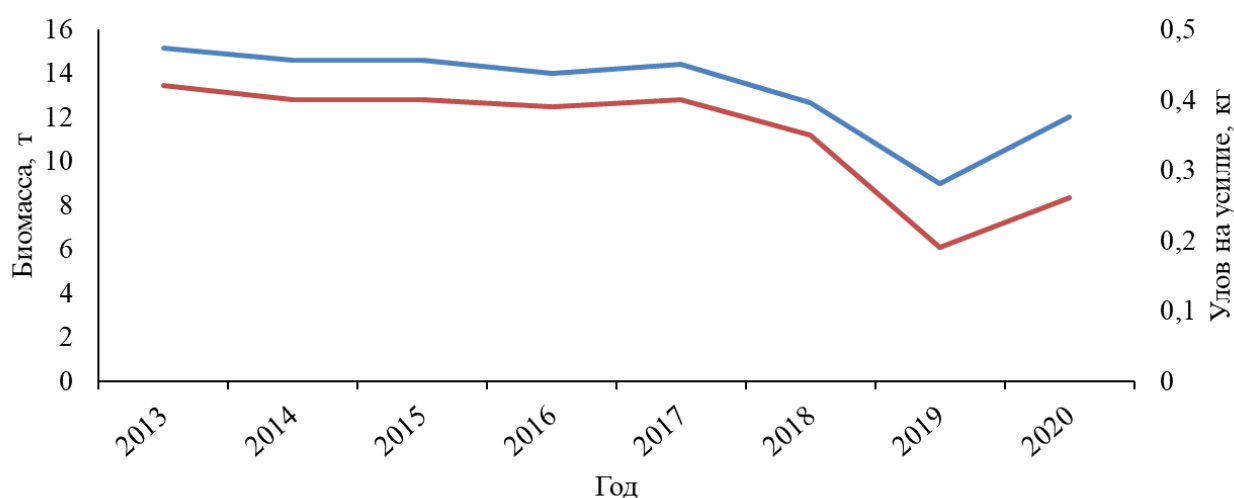


Рисунок 2 – Биомасса и улов на усилие судака в Белгородском вдхр. с 2013 по 2020 гг.

Данные до 2012 г. отсутствуют, а с 2012-2020 гг. наблюдается сокращение запаса судака в Белгородском водохранилище. Это может быть связано, с увеличивающимся влиянием любительского рыболовства. Так как, в настоящее время на большинстве эксплуатируемых водоемов промысел ориентирован на преимущественный вылов наиболее ценных с коммерческой точки зрения видов рыб, т.е. обладающих высокой рыночной стоимостью, таких как осетровые, сиговые, лососевые, судак. Вместе с тем, произошло уменьшение улова на усилие в 2 раза. Между биомассой судака и уловом на усилие существует

сильная положительная корреляция ($r=0,98$), что показывает взаимосвязь между параметрами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты изучения роста обыкновенного судака *S. lucioperca* в Белгородском водохранилище свидетельствуют о наличии крупноразмерных особей одного возраста в сравниваемых водоемах. Так в исследуемом Белгородском водохранилище судак к 7 годам достигает 55,0 см (таблица 1) или 51,6 см по уравнению Берталанфи, что выше чем в Рыбинском (47,4 см) или Куйбышевском (50,7 см) водохранилище, но ниже чем Саратовском и Матвеевском водохранилищах – 56,8 см и 55,6 см соответственно.

При половом созревании судака на 3-м году жизни позволило определить максимальный возраст – 12 лет. Данный факт сопоставим с редкими случаями наблюдений судака в 9-и и 10-и летнем возрасте [Семенченко, Подорожнюк, 2014; Крайнюк и др., 2018]. Факт отсутствия поимок судака старше 7+ лет в Белгородском водохранилище может быть связан с небольшой численностью крупноразмерных особей и коротким периодом исследований, а также любительским рыболовством.

Параметры роста, рассчитанные по уравнению фон Берталанфи (6): 98,85 см – предельная длина (L_{inf}), 0,077 – коэффициента роста (K) и -2,46 – коэффициент теоретического возраста (t_0). При этом максимальный рассчитанный возраст (t_{max}) при массовом половом созревании (t_m) в 3 года у судака Белгородского водохранилища составляет 12 лет. Следовательно, при наблюдаемом массовом половом созревании судака в 3 года предельный возраст может составлять 12 лет, в котором судак будет достигать 64 см.

В настоящее время происходит снижение промыслового запаса судака, что свидетельствует о высоком прессе промысла. В сложившихся условиях необходимо лимитирование вылова этого вида, для восстановления оптимальной структуры его популяции. Для рационального освоения судака необходимо продолжить более углублённое всестороннее изучение данного вида в водоёме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Артеменков Д.В., Горячев Д.В., Клец Н.Н., Афанасьев П.К. Аквакультура в Белгородском водохранилище на примере обыкновенного леща *Abramis brama*, его оценки численности и рекомендации выпуска молоди // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 5 (172). – С. 36-45.
- Атлас пресноводных рыб России: в двух томах. / Под ред. Ю.С. Решетникова. - М.: Наука, 2002. – Т. 2. – 251 с.
- Берг Д.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. - М.-Л.: АН СССР, 1949. – Т. 3. – С. 930-1381.
- Винберг Г.Г. Линейные размеры и масса тела животных // Журнал Общая биология. - 1971. - Т. 32, № 6. – С.714-723.

- Евланов И. А., Козловский С. В., Антонов П. И. Кадастр рыб Самарской области. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1998. – 222 с.
- КОНВЕНЦИЯ о биологическом разнообразии от 5 июня 1992 г. Ратифицирована Федеральным законом РФ от 17 февраля 1995 года № 16-ФЗ.
- Константинов К.Г. Сравнительный анализ морфологии и биологии окуня, судака и берша на разных этапах развития // Работы по этапности развития костистых рыб. М.: АН СССР; Тр. ИМЖ АН СССР, 1957. – Вып. 16. – С. 181–236.
- Крайнюк В.Н., Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б. Рост судака *Sander lucioperca* (Percidae) в водохранилищах канала им. К.Сатпаева // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. – Астрахань, 2018. – № 1. – С. 59-68.
- Кузнецов В.А. Эффективность размножения, размерно-возрастная структура и рост судака *Stizostedion lucioperca* в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища за время его существования // Вопросы рыболовства. – 2010. – Т. 11. – С. 89-99.
- Кушнарченко А.И., Лугарев Е.С. Оценка численности рыб по уловам пассивными орудиями // Вопросы ихтиологии. – 1983. – Т. 23, № 6. – С. 921-926.
- Никитенко А.И., Артеменков Д.В., Горячев Д.В., Клец Н.Н. Рост обыкновенного судака *Sander lucioperca* (Percidae) в Матырском водохранилище Липецкой области // VIII Международный Балтийский морской форум. Мат. VIII межд. науч. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов», Калининград, 5-10 октября 2020 г. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2020. – С. 84-89.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – 4-е изд., перераб. и доп. / Под. ред. проф. П.А. Дрягина, канд. биол. наук В.В. Покровского – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
- Решетников Ю.С., Шакирова Ф.М. Зоогеографический анализ ихтиофауны Средней Азии по спискам пресноводных рыб // Вопросы ихтиологии. – 1993. – Т. 33. – С. 37-45.
- Семенченко Н.Н., Подорожнюк Е.В. Обыкновенный судак *Sander lucioperca* (L) р. Амур: результаты акклиматизации // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – 2014. – Вып. 6. – С. 611-618.
- Спановская В.Д. Семейство Окуневые (Percidae) // Жизнь животных. Т. 4., Ч. 1. Рыбы. М.: Просвещение, 1971. – 655 с.
- Стрельников А.С., Володин В.М., Сметанин М.М. Формирование ихтиофауны и структура популяций рыб в водохранилищах // Биологические ресурсы водохранилищ. – Наука, 1984. – С. 161-204.
- Трещев А.И. Интенсивность рыболовства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 236 с.
- Федеральный закон № 166-ФЗ от 20 декабря 2004 года «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» : принят Государственной думой 26 ноября 2004 года : одобрен Советом Федерации 8 декабря 2004 года.

- Фортулатова К.Р., Попова О. А. Питание и пищевые взаимоотношения хищных рыб в дельте Волги. – М.: Наука, 1973. – 298 с.
- Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. – М.: АН СССР, 1959. – 164 с.
- Andreu-Soler A., Oliva-Paterna F.J., Torralva M.A review of length-weight relationships of fish from the Segura River basin (SE Iberian Peninsula) // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2006. – 295-296 p.
- Becker G.C. *Fishes of Wisconsin*. – University of Wisconsin Press, Wisconsin, 1983. – 1052 p.
- Beverton R.J.H., Holt S.J. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics // *CIBA Foundation colloquia on ageing: the lifespan of animals*. – 1959. – V. 5. – P. 142-180.
- Carlander K.D. *Handbook of freshwater fishery biology*. The Iowa State University Press, Iowa, 1969. – 752 p.
- Froese R. and D. Pauly. Editors. FishBase. – Sander Oken. – 2020. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=151307> on 2020-08-26.
- Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2006. – Vol. 22, № 4. – P. 241-253.
- Haddon M. *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*. – 2nd ed. London: Chapman & Hall/CRC Press, 2011. – 449 p.
- Hossain M.Y., Sayed S.R.M., Mosaddequr R.M., Ali M.M., Hossen M.A., Elgorban A.M., Ahmed Z.F., Ohtomi J. Length-weight relationships of nine fish species from the Tetulia River, southern Bangladesh // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2015. – Vol. 31. – P. 967-969.
- Kottelat M. *European freshwater fishes*. – B.: Biologia, 1997. – 271 p.
- Length-weight relationships of freshwater fishes of the AltoMadre de Dios River (Manu Biosphere Reserve, Peru). / I. Tobes, R. Miranda, A. Pino-del-Carpio, J. M. Araujo- Flores, H. Ortega // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2016. – Vol. 32, № 6. – P. 1256-1258.
- Li Q., Xu R., Huang J. Length-weight relations for 20 fish species from the Pearl River, China. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. – 2013. – Vol. 43, № 1. – P. 65-69.
- Page L. M., Burr B. M. *A field guide to freshwater fishes: North America north of Mexico*. – Houghton Mifflin Company. Boston, 1991. – 544 p.
- Quist M.C., Stephen J.L., Guy C.S., Schultz R.D. Age structure and mortality of walleyes in Kansas reservoirs: use of mortality caps to establish realistic management objectives // *North Am. J. Fish. Manage.* – 2004. P. 990-1002.
- R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing* // R Foundation for Statistical Computing. – Retrieved from: <http://www.R-project.org/> Accessed on 05 June 2018.

Staras M., Cernisencu I., Navodaru I. Studiul cresterii principalelor specii de pesti din complexul Razim-Sinoe // Aquaropi. – 1995. – P. 417-420.
Sublette J.E., Hatch M.D., Sublette M. The fishes of New Mexico. – Press: Albuquerque, New Mexico, 1990. – 393 p.

GROWTH OF SANDER LUCIOPERCA (PERCIDAE) IN BELGOROD RESERVOIR

A.I. Nikitenko¹, D.V. Artemenkov², D.V. Goryachev¹, N.N. Klets¹,
P.A. Pshenichnikov¹, Z.N. Rodimova¹

¹ Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO («VNIIPRKH»)

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography FSBRI VNIRO

E-mail: alexey_nikitenko90@mail.ru

Abstract. Based on the findings of research conducted by the branch for the freshwater fisheries of VNIRO (VNIIPRKH) in 2012–2019 in the Belgorod Reservoir, the paper for the first time presents the data on the features of *S. lucioperca* growth in a specific ecosystem obtained while adapting to the environment. Growth parameters as per the von Bertalanffy equation were as follows: asymptotic size (L_{inf}) of 98.85 cm, growth coefficient (K) of 0.07, and theoretical age coefficient (t_0) of 2.45. *S. lucioperca* species in the Belgorod Reservoir achieve maturity during the third summer, which suggests the probable maximum age of 10 years. A trend towards reduction of commercial stock was observed during the study period.

Keywords: *S. lucioperca*, Belgorod Reservoir, freshwater fish, commercial stock, growth rate.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРЕСНОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ**

Выпуск 92

2-е издание

Авторский перевод и ООО «АЛС»
Компьютерная верстка Корабельниковой О.В.

Издатель: Сорокин Роман Васильевич
414040, Астрахань, пл. К. Маркса, 33, 1-й этаж

Подписано в печать 20.10.2022 г. Формат 60×90/16
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 7,88
Тираж 100 экз.

Отпечатано в Астраханской цифровой типографии
(ИП Сорокин Роман Васильевич)
414040, Астрахань, пл. К. Маркса, 33, 1-й этаж
Тел.: (8512) 54-00-11, e-mail: RomanSorokin@list.ru