

Федеральное агентство по рыболовству

**Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»**

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

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры

Выпуск 95



Астрахань – 2024

УДК 639.3/6
ББК 47.2
С 23

С23 Сборник научных трудов. Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – Вып. 95. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, – 118 с.

Рецензент: С.Б. Купинский, к.б.н., доцент кафедры «Аквакультура и экология» Дмитровского рыбохозяйственного технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет»

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 ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»). Научные статьи представлены в авторской редакции.

УДК 639.3/6
ББК 47.2
С 23

ISBN 978-5-00201-216-9

© Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), 2024 г.

© Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Мельченков Е.А., Мышкин А.В., Калмыкова В.В., Илясова В.А., Тансыкбаев Н.Н., Антипина Ю.А., Воробьев А.П., Арчибасов А.А. «Биологические основы введения в индустриальную аквакультуру змеоголова – перспективного объекта товарного выращивания».....	4
Иванёха Е.В., Дума Л.Н., Рекубратский А.В. «К вопросу о моноклональности стада диплоидных гибридов серебряного карася с карпом»	28
Докина О.Б., Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Попов Д.А., Корабельникова О.В. «Анализ динамики криоустойчивости как показателя качества спермы осетровых рыб в рыбоводных хозяйствах»...	35
Ковалёв К.В., Докина О.Б., Жарикова В.Ю., Костоусов В.Г., Пронина Н.Д., Корабельникова О.В., Попов Д.А. «Результаты работ по сохранению генетического материала карповых рыб в рамках международного сотрудничества с Республикой Беларусь»	46
Щелкунова Ю.П., Макарова Е.Г., Кропачева И.Ю., Рекордаторова С.А. «Диагностика вируса инфекционного некроза поджелудочной железы (IPNV) методом ПЦР»	53
Романова Н.Н., Здрок А.В., Сехина О.В., Вишторская А.А., Усков Т.Н., Бедрина Н.В. «Оценка качества водных биоресурсов и экологической ситуации в Щекинском водохранилище Тульской области»	63
Жернаков И.А., Тюлин Д.Ю., Никитенко А.И., Христенко Г.И., Ерёмкин С.С. «Зоопланктон озера Сенеж в летний период 2024 года»	79
Жернаков И.А., Тюлин Д.Ю., Никитенко А.И., Христенко Г.И., Ерёмкин С.С. «Развитие зоопланктона в Озернинском водохранилище летом 2024 года»	88
Мустаев С.Б., Грабарник В.Е., Карелин Н.В., Кудинов П.В. «Определение кормового коэффициента при кормлении гибрида белого и пестрого толстолобиков одноклеточной водорослью хлорелла индустриальным методом»	98
Новоселова Ю.А., Бондаренко О.А., Козлова Е.Ю., Артемов А.В. «Оценка возможности частичной замены рыбной муки в комбикормах для молоди стерляди кормовой мукой птичьей (куриной) и соевым белковым концентратом»	107
Родимова З.Н., Жарикова В.Ю., Никитенко А.И. «Окунь как объект любительского рыболовства в водохранилищах»	113

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВВЕДЕНИЯ В ИНДУСТРИАЛЬНУЮ АКВАКУЛЬТУРУ ЗМЕЕГОЛОВА – ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБЪЕКТА ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Е.А. Мельченков, А.В. Мышкин, В.В. Калмыкова, В.А. Илясова,
Н.Н. Тансыкбаев, Ю.А. Антипина, А.П. Воробьев, А.А. Арчибасов

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)

E-mail: innovazii-vniiprh@mail.ru

Рассматривается вопрос целесообразности введения в индустриальную аквакультуру России интереснейшего представителя отечественной пресноводной ихтиофауны – амурского змееголова (*Channa argus Cantor, 1842*), обладающего рядом преимуществ перед другими объектами аквакультуры. Это высокие пищевые достоинства и хороший темп роста, устойчивость к неблагоприятным факторам среды, способность дышать атмосферным воздухом, находиться до 5 суток без воды, выдерживать температуру воды до 40°C, созревание в возрасте двух лет, способность выдерживать высокие плотности посадки. Приводятся обширные литературные данные по биологии змееголова, его роли в мировой аквакультуре, пищевой ценности. Предлагается дорожная карта по рыбохозяйственному освоению змееголова.

Ключевые слова: Змееголов, рост, размножение, дыхание, температура, питание, ареал обитания.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие индустриальной аквакультуры в России потребовало поиска новых объектов выращивания, обладающих высокими адаптационными возможностями и интенсивностью роста в специфических условиях индустриальных хозяйств. Одной из широко используемых технологий, способных в несколько раз сократить сроки выращивания объектов и круглогодично получать жизнестойкую молодь и товарную продукцию, является технология с использованием установок замкнутого водообеспечения (УЗВ).

В настоящее время все большее внимание, особенно в странах Юго-Восточной Азии (Вьетнам, Филиппины, Индонезия) и Китая уделяется интереснейшему представителю пресноводной ихтиофауны – змееголову, обладающему рядом преимуществ перед другими объектами аквакультуры. Это высокие пищевые достоинства и хороший темп роста, устойчивость к неблагоприятным факторам среды, способность дышать атмосферным воздухом, находиться до пяти суток без воды, выдерживать температуру воды до 40°C и больше, раннее созревание (в возрасте двух лет), способность

употреблять искусственные корма, обладает способностью выдерживать высокие плотности посадки.

В доступных нам литературных источниках в основном описываются результаты «стихийной» интродукции змееголова в странах ближнего и дальнего зарубежья (Узбекистан, Казахстан, Таджикистан и США) и Центральной полосы России. Сведения по разведению и выращиванию змееголова в условиях промышленных хозяйств весьма отрывочные и не позволяют использовать их в полной мере для внедрения в аквакультуру России. В связи с этим требуется разработка биотехнологических нормативов по разведению и товарному выращиванию змееголова для промышленных рыбоводных хозяйств России.

Цель работы – разработка биологических основ введения в промышленную аквакультуру перспективного объекта товарного выращивания змееголова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом изучения является представитель отечественной ихтиофауны амурский змееголов (*Channa argus Cantor, 1842*).

При выполнении работы использованы отечественные и зарубежные литературные источники. На основании полученных материалов впервые предлагается ввести в отечественную промышленную аквакультуру (установки замкнутого водообеспечения (УЗВ)) интереснейшего объекта пресноводного рыбоводства – амурского змееголова, обладающего высокими пищевыми достоинствами, потенцией роста, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

Введение в аквакультуру России амурского змееголова позволит значительно расширить резервы промышленного рыбоводства по повышению эффективности производства, увеличить ассортимент выпускаемой рыбоводными предприятиями деликатесной продукции. Учитывая высокую устойчивость змееголова к неблагоприятным факторам среды можно предположить о востребованности объекта исследования в товарной аквакультуре России.

Материалы, изложенные в литературном обзоре «Биологические основы введения в промышленную аквакультуру змееголова – перспективного объекта товарного выращивания», получены по результатам анализа литературных источников отечественных и зарубежных авторов. Перечень ресурсов, использованных для поиска литературных источников включает: <https://elibrary.ru>, <https://onlinelibrary.wiley.com>, научная библиотека ВНИИПРХ.

1.1. Общие сведения

В настоящее время в связи с возросшими объемами производства товарной продукции в условиях промышленных предприятий большой интерес представляет расширение ассортимента продукции, и одним из таких объектов является змееголов, объем вылова которого в мире в 2016 г. составил

более 5,18 млн т [ФАО, 2018, цит. по <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.15506>]. Поскольку уловы, вероятно, достигли своего максимума, аквакультура становится альтернативой для удовлетворения растущего спроса на змееголова.

Существует два рода змееголовых: **Channa** (азиатские змееголовые) и **Parachanna** (африканские змееголовые) и большое количество разновидностей (таблица 1). Каждый вид отличается внешними характеристиками и поведенческими критериями.

Таблица 1 – Перечень азиатских и африканских видов змееголовов

Видовое название	Русское название	Максимальный размер, см
Азиатские виды		
1. <i>Channa amphibeus</i> (McClelland, 1845)	Змееголов амфибеус	90
2. <i>Channa andrao</i> (2013)	Змееголов андрао	
3. <i>Channa argus</i> (Cantor, 1842)	Змееголов амурский	100
4. <i>Channa asiatica</i> (Linnaeus, 1758)	Змееголов азиатский	20
5. <i>Channa aurantimaculata</i> (2000)	Змееголов оранжево-пятнистый	19,1
6. <i>Channa aurantipectoralis</i> (2016)	Змееголов айрантипекторальный	
7. <i>Channa bankanensis</i> (Bleeker, 1852)	Змееголов банканесис	23,5
8. <i>Channa baramensis</i> (Steindachner, 1901)	Змееголов бараменский	
9. <i>Channa barca</i> (Hamilton, 1822)	Змееголов Барка	105,0
10. <i>Channa bleheri</i> (1991)	Змееголов радужный	20,0
11. <i>Channa burmanica</i> (1919)	Бирманский змееголов	
12. <i>Channa cyanospilos</i> (Bleeker, 1853)	Змееголов синепятнистый	17,6
13. <i>Channa diplogramma</i> (1865)	Змееголов диплограмма	
14. <i>Channa gachua</i> , (Hamilton, 1822)	Змееголов карликовый	28,8
15. <i>Channa harcourtbutleri</i> (Annandale, 1918)	Змееголов харкортбутлери	25,0
16. <i>Channa hoaluensis</i> (2011)	Змееголов хоалуенсис	25,5
17. <i>Channa longistomata</i> (2012)	Змееголов длиннолистый	15,6
18. <i>Channa Lucius</i> (Cuvier, 1831)	Змееголов Люциус	40,0
19. <i>Channa maculate</i> (Lacepède, 1802)	Змееголов пятнистый	20,0
20. <i>Channa maruloides</i> (Bleeker, 1851)	Змееголов императорский	27,0
21. <i>Channa marulius</i> (Hamilton, 1822)	Змееголов в яблочко	18,3
22. <i>Channa melanoptera</i> (Bleeker, 1855)	Змееголов черноперый	65,0
23. <i>Channa melanostigma</i> (2011)	Змееголов меланостигма	14,3
24. <i>Channa melasoma</i> (Bleeker, 1851)	Змееголов черный	30,0
25. <i>Channa micropeltes</i> (Cuvier, 1831)	Змееголов гигантский (красный)	130,0
26. <i>Channa ninhbinhensis</i> (2011)	Змееголов нинбинхенсис	27,5
27. <i>Channa nox</i> (2002)	Змееголов ночной	19,8
28. <i>Channa orientali</i> , (1801)	Змееголов цейлонский	33,0
29. <i>Channa ornatipinnis</i> (2008)	Змееголов орнатипиннис	20,5
30. <i>Channa panaw</i> (1998)	Змееголов панау	17,1
31. <i>Channa pardalis</i> (2016)	Змееголов пардалис	14,1
32. <i>Channa pleurophthalma</i> (Bleeker, 1851)	Змееголов глазчатый	40,0

33. <i>Channa pulchra</i> (2007)	Змееголов пультра	30,0
34. <i>Channa punctate</i> (Bloch, 1793)	Змееголов пунктата	31,0
35. <i>Channa stewartii</i> (Playfair, 1867)	Змееголов золотистый	25,0
36. <i>Channa striata</i> (Bloch, 1797)	Змееголов шевронный	100,0
Африканские виды		
<i>Parachanna obscura</i> (Günther, 1861)	Африканский змееголов	35-45
<i>Parachanna Africana</i> (Steindachner, 1879)	Нигерский змееголов	40-60
<i>Parachanna insignis</i> (Sauvage, 1884)	Конголезский змееголов	до 60

Систематическое положение змееголова

Надкласс *Gnathostomata* – Челюстноротые

Ряд *Pisces* – рыбы

Класс *Teleostomi* – высшие рыбы

Класс *Actinopterygii* – Лучеперые

Отряд *Anabantiformes* (Labyrinthici) – анабасообразные

Подотряд *Channoidei* (*Ophiocephaliformes*) – Змееголововидные

Семейство *Channidae* (Fowler, 1934)

Род (*Channa*) Змееголовы (Scopoli, 1771) (Bloch & Schneider, 1801)

Вид Змееголов *Channa argus*

Подвид Амурский змееголов (*Channa argus warpashowskii* (Berg, 1949))

Подвид Змееголов *Channa argus argus*

Амурский или северный змееголов, – *Channa argus* (Cantor, 1842) (Amur snakehead (англ.); poisson tfite serpent (фр.); cabeza de serpiente (исп.); kamuruchi (яп.)), является важным экологическим и хозяйственным видом рыб тропической и субтропической Азии и Африки [Courtenay, Williams, 2004]. *C. argus* обладает многими превосходными характеристиками для своей роли в аквакультуре, включая высокую плодовитость, быстрый рост, антигипоксия, восхитительный вкус, превосходное качество мяса, меньше костных наростов и высокая питательная ценность. Кроме того, *Channa argus* обладает лечебными свойствами, такими как устранение застоя крови, выработка мышечной массы и крови, питание и кондиционирование, и обычно использовался в качестве основного ежедневного тонизирующего средства и для заживления ран. Более того, *C. argus* обладает превосходной устойчивостью к гипоксии благодаря верхнему жаберному органу, что позволяет этому виду перемещаться на большие расстояния. *C. argus* стал широко и самым важным видом, разводимым в Китае, что привело к быстрому развитию индустрии его разведения [<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.839225/full>]. *Channa argus* выращивают в прудах, на рисовых полях и водохранилищах [Atkinson, 1977; Liu et al., 1998].

Все вышеизложенное, особенно быстрый рост, неприхотливость, пищевые достоинства мяса, послужило основанием для проведения работ по введению представителя отечественной ихтиофауны амурского змееголова – *Channa argus* (Cantor, 1842) в индустриальную аквакультуру России.

1.2. Биология амурского змееголова *Channa argus*

Ареал обитания и интродукция. Ареал распространения змееголова родов *Channa* и *Parachanna* представлен на рисунке 1 [Courtenay, Williams, 2004].

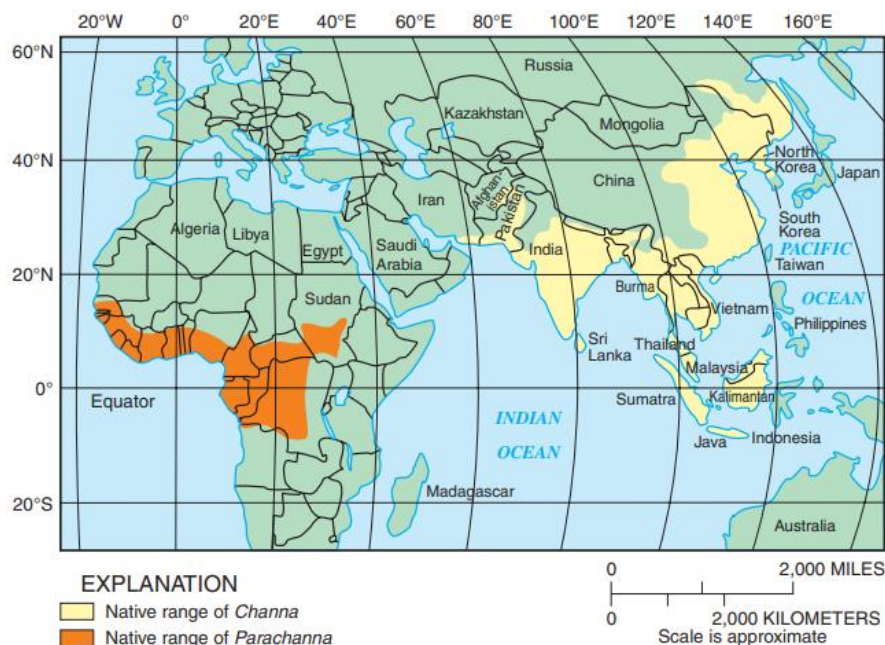


Рисунок 1 – Области распространения змееголова родов *Channa* и *Parachanna*

По отношению к температурному фактору естественного региона обитания различные виды змееголова рода *Channa* условно относятся к тропическим (*C. bankanensis*, *C. baramensis*, *C. cyanospilos*, *C. marulioides*, *C. melanoptera*, *C. orientalis*, *C. pleurophthalma*), субтропическим (*C. harcourtbutleri*), умеренно-теплым (*Channa barca*). К видам с более широким диапазоном температуры можно отнести переходные от тропического к субтропическому (*C. melasoma*, *C. micropeltes*, *C. panaw*, *C. lucius*), от субтропического к умеренно-теплому (*C. amphibeus*, *C. asiatica*, *C. aurantimaculata*, *C. bleheri*, *C. burmanica*, *C. maculate*, *C. nox*, *C. stewartii*), от умеренно-теплого к умеренно-холодному (*C. argus*), и от тропического к субтропическому и умеренно-теплому типу (*C. gachua*, *C. marulius*, *C. punctate*, *C. striata* и др.), в который входит комплекс видов. Род змееголовов *Parachanna* относится к тропическому типу.

Естественным ареалом обитания змееголова *Channa argus* (Cantor, 1842) (рисунок 2) в пределах России является бассейн Амура и озера Дальнего Востока (рисунок 3). В дальнейшем в начале 60-х годов он распространился (интродуцирован) в водоемы Средней Азии и европейской части России, Украины. Несмотря на неоднократные попытки интродукции змееголова в 1949-1953 гг. в дельту Волги, пруды Южного Урала и Московской области, работы не увенчались успехом. В 1963 г. было отмечено появление змееголова в прудах Московской области, но акклиматизации змееголова не произошло.



Рисунок 2 – Амурский змееголов *Channa argus* (Cantor, 1842)



Рисунок 3 – Ареал обитания змееголова в России

В 1960-х гг. чужеродный вид змееголов из водоемов КНР и России случайно, вместе с личинками растительноядных рыб, был завезен в бассейны реки Сырдарья и Аральского моря, а затем распространился по многим водоемам южной зоны Казахстана и других стран (рисунок 4).

В середине 1990-х гг. от рыбаков-любителей стали поступать сведения о появлении змееголова в одном из ирригационных прудов в бассейне р. Кутентай возле с. Жетыген Алматинской области (респ. Казахстан). В то же время слухи о поимках его не прекращались. Однако достоверных научных доказательств наличия змееголова в бассейнах р. Или еще не было. Они появились в октябре 2003 г., когда в одном из прудов были пойманы экземпляры неполовозрелого змееголова [Дукравец, 2007]. А оттуда через сеть каналов и речку Каскеленка он проник в Капшагайское водохранилище Или-Балхашского бассейна [Исмуханов и др., 2020].

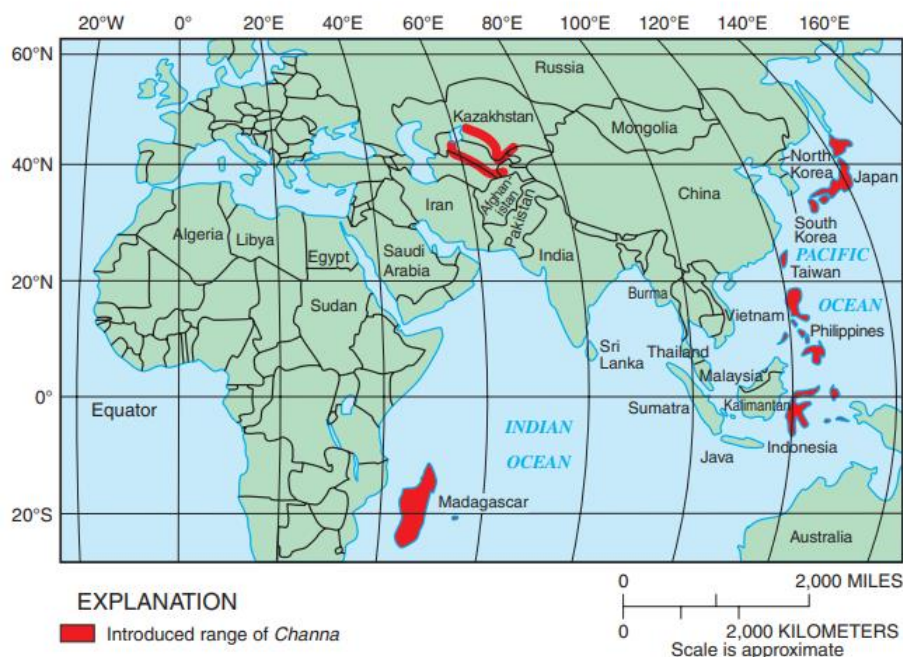


Рисунок 4 – Интродукция змееголова *Channa* в восточном полушарии

Ареал змееголова в бассейне в настоящее время охватывает водоемы низовьев рек Кутенкай, малая алматинка, каскелен, левобережную часть Капшагайского водохранилища, а также некоторые изолированные пруды в этом районе. Численность змееголова в бассейне пока невелика, но быстро возрастает в связи с установленным успешным его естественным воспроизводством и пополнением за счет поколений последних лет [Дукравец, 2007].

Как показали наблюдения, в указанных районах распространения отмечался его нерест, причем, благополучный, что дает основание ожидать дальнейшего роста численности и ареала распространения [Дукравец, 2007].

Рассматривая результаты натурализации змееголова в водоемы Или-Балхашского бассейна и оценивая значение и роль в ихтиоценозе отмечается только его положительная роль – в увеличении видового состава промысловых рыб бассейна. При наличии трех видов хищных рыб пополнение ихтиоценоза еще одним быстрорастущим ценным видом пока не оказало какого-либо отрицательного воздействия на общее состояние рыбных ресурсов [Исмуханов и др., 2020].

Дыхание. Змееголовы являются высокоразвитыми костистыми рыбами, дышащими. Они обладают надбранхиальными камерами для воздушного дыхания, а вентральная аорта разделена на две части, чтобы обеспечить бимодальное (водное и воздушное) дыхание [Das, Saxena, 1956; Graham, 1997]. Надбранхиальные камеры становятся функциональными на ювенильной стадии роста [Graham, 1997], после чего некоторые виды змееголовов являются облигатными, а другие - факультативными, дышащими воздухом. У *Channa* камеры открываются в глотку через отверстия для вдоха. Слизистая оболочка камеры содержит дыхательные «островки» с сосудистыми сосочками. Камеры могут быть заполнены воздухом или водой. Кроме того, у *C. striata* также

имеются сосудистые сосочки в эпителии рта и глотки, которые могут быть использованы для дыхания; они, однако, могут быть втянуты в углубления в эпителии, чтобы предотвратить повреждение при кормлении [Munshi, Hughes, 1992]. Некоторые каналы, возможно все, имеют циркадный ритм в частоте поглощения кислорода. *Channa marulius*, например, показал пик поглощения кислорода в ночное время. *Channa striata* и *C. gachua* достигают пика в ранние ночные часы, а *C. punctata* – в сумерках. Эти ритмы приписываются эволюции в болотных экосистемах (т.е. ритм является свойством экосистемы) [Munshi, Hughes, 1992].

Змееголов относится к индо-африканской ихтиофауне. Приспособлен к воздушному дыханию благодаря наджаберному органу состоящего из парных наджаберных камер, расположенных позади и выше жабр, выживает при крайне высоких температурах до 40 °С (по данным Das, 1945 цит. по Соину С.Г., 1960) и перезимовывает в прудах Подмосковья при температуре воды 0,2-0,4 °С [Козлов, 1998]. Он может с легкостью переносить низкое содержание кислорода в воде. Парные дыхательные мешки, которые соединены с кожным покровом, позволяют рыбам дышать атмосферным кислородом. В пересохших водоемах змееголов способен прожить несколько месяцев: он зарывается в ил на глубину более метра, образуя на стенках толстый слой слизи. Рыба приспособлена к выживанию в полностью высохшем озере. Для этого в зимний период хищник выкапывает в илистом дне камеру, глубиной 60-100 см, смазывает ее стенки собственной слизью и залегает в нее до тех пор, пока озеро не наполнится водой при постоянных дождях <https://hawe-hydraulik.ru/pro-rybu/zmej-golova-ryba>.

Внешний вид и характеристика. По очертаниям змееголов похож на налима, но отличается от него отсутствием усика на нижней губе и клыков. Тело удлинненное змеевидное, почти цилиндрическое спереди и сжатое с боков в хвостовой части. Голова большая, уплощенная сверху, по форме напоминает голову змеи. Глаза смещены вперед, к концу рыла. Спинной плавник один. Спинка темная, бронзового цвета, бока светло-серые, брюшко белое с голубоватым отливом. По бокам в два ряда расположены крупные ромбовидные пятна. За глазами 2 длинных узких темных полосы, достигающих заднего края жаберной крышки. Рот большой, конечный, губы с мелкими щетинковидными зубами, челюсти с острыми клыками. Верхняя часть головы и тело покрыто мелкой циклоидной чешуей и обильной слизью, что затрудняет работу рыбоведа. Боковая линия проходит в передней части тела вдоль верхней части спины, делает плавный изгиб вниз примерно под 15-м лучем спинного плавника и далее проходит по середине тела. D 50-53; A 33-38; P 15-19; V 6; в боковой линии 60-75 чешуй; позвонков 50-51. Может передвигаться по суше – извиваясь, ползти в сторону водоема [<https://rybatskii.ru/zmeegolov/ryba-zmeegolov>; Берг, 1933].

В Приморье распространен 1 вид змееголова *Channa argus* (Cantor, 1842) [Рыбы Приморья, 2002]. Тело удлинненное, покрытое, как и голова, циклоидной чешуей. Голова сверху уплощена и внешне похожа на голову змеи. Рот

большой, конечный; на челюстях, сошнике, небных костях клыковидные и щетинковидные зубы. Жаберные отверстия широкие, в верхней части жаберной полости имеется лабиринтовый орган для воздушного дыхания. Спинной и анальный плавники длинные. Выше и ниже боковой линии резко очерченные, неправильной формы бурые пятна. За глазами расположены 2 продольные темные полосы, идущие до заднего края жаберной крышки.

По данным Г.В. Никольского [Никольский, 1954] у змееголова с возрастом относительно уменьшается длина головы и рыла, диаметр глаза, ширина лба, наибольшая высота тела, антедорсальное расстояние, длина и высота плавников.

Хищничество. Змееголовы – хищные рыбы, которые обитают среди зарослей водоемов. Они отличаются некоторыми необычными свойствами, что делает их более уникальными: обладает удивительными способностями к мимикрии. Он может быстро менять цвет чешуи в зависимости от окраски окружающей среды. Данная особенность позволяет хищнику оставаться незаметным даже на мелководных участках, в течение взросления рыбы меняют свой окрас [Козлов, 1998; <https://rybatskii.ru/zmeegolov/ryba-zmeegolov>]. Как правило, молодняк обладает ярко-желтыми или оранжево-красными полосами на теле – со временем они исчезают, из-за чего рыба приобретает сероватый или темно-синий оттенок.

Змееголовы являются либо облигатными, либо факультативными дышащими воздухом. Поэтому выживание в гипоксических водах для этих рыб не проблематично. При отсутствии доступа к поверхности взрослые змееголовы многих видов погибают из-за недостатка кислорода [Day, 1868; Lee, Ng, 1991]. Низкие температуры снижают метаболизм, а также потребность в кислороде, позволяя таким видам, как *Channa argus*, выживать подо льдом [Frank, 1970]. Более того, змееголовы могут оставаться вне воды в течение значительных периодов времени, пока они остаются влажными.

Он отлично чувствует себя на суше до 5 суток. Речные змееголовы склонны к частой смене места жительства. Для них не составляет труда перебраться из одного водоема, который начал осушаться, в другой, полный воды.

Змееголов является необычной рыбой, привлекающей уже самим названием. Отличается внешними характеристиками и условиями содержания. Существует огромное количество разновидностей, которые разнятся внешностью, характером. Для каждого вида змееголова характерна своя специфическая среда обитания. Если лето засушливое, рыба перебирается в более глубокий водоем. Змееголов может переползать десятки километров. На зимовку рыбы формируются небольшими группами до 10 особей, забиваясь в норы под обрывистыми берегами.

Конкуренты в питании. Имеются-ли у этого беспощадного агрессора ряд пищевых конкурентов, все зависит от того или иного вида водоема. Так, в крупных водных акваториях, где нет зарослей и большого числа мелководий, победу в схватке за пищевые ресурсы одерживает щука. В тех местах, где

преобладают глубокие и мутные омуты, много прибрежной поросли, в сражении за пропитание выигрывает усатый и солидный сом. Змееголов считается непобедимым в тихих и неглубоких водах, дно которых покрыто корягами и зарослях [<https://hawe-hydraulik.ru/pro-rybu/zmej-golova-ryba.htm>]. Змееголова считают ненасытной рыбой, обладающей подвижной, хорошо развитой челюстью. Острые и крепкие зубы мгновенно хватают добычу, пережевывая ее за считанные секунды. Змееголов является самым опасным хищником, обитающим во всех пресноводных водоемах Приморья. Охотится на всех обитателей, живущих под водой. Кушает мелкую рыбу, но может нападать и на крупных рыб, даже тех, чьи размеры превосходят его.

В закрытом водоеме способен истребить всех прочих обитателей. Легко приспосабливается к новым условиям, быстро размножается. Если в водоеме не останется пищи, хищник найдет путь в другой пруд или реку, где продолжит свое агрессивное поведение [Дукравец, 2007].

Питание. Змееголов *C. argus* всеяден. У молоди длиной до 50 мм в питании преобладают зоопланктонные и бентосные организмы. Рыбы размером до 20 см потребляют насекомых и их личинок, в желудке встречаются и водоросли. Более крупные особи – исключительно хищники. Они потребляют не только рыбу – пескарей, быстрянку, щиповок, карасей и др., – но и головастиков, лягушек, птенцов диких уток. В основу питания змееголова в зависимости от места обитания могут входить четыре компонента пищи животного происхождения, относящиеся в трех группам гидробионтов (насекомые и рыбы – 66%, ракообразные – 37%). Рацион исследуемых особей в Капшагайском водохранилище по биомассе состоял в основном из крупных насекомых, и в меньшей степени ракообразных и рыбы. Рыбный компонент корма был представлен только двумя видами – молодью леща и карася [Мирзоев, 2007; Пазылбеков, Баракбаев, 2012].

При выращивании в лабораторных условиях личинок змееголова общей длиной 6-7 мм с ротовым отверстием 0,55 мм в качестве корма использовали аналоги артемии. Молодь начала питаться комбикормом при длине 12 мм, когда ширина его рта достигла 1 мм. При длине 15-20 мм водоросли, *Cladocera* и веслоногие ракообразные составляли в пищевом комке 96,5%, при длине 30-40 мм потребление водорослей и зоопланктона значительно сократилось, в то время как потребление бентосных организмов значительно увеличилось. Рыба длиной 45-50 мм питалась исключительно донными беспозвоночными. Авторы отмечают, что зоопланктон может служить пищей для змееголова размером менее 40 мм, но для более крупных рыб, которые не в состоянии ловить зоопланктон следует использовать готовые комбикорма [Qin, Fast, 2007].

Наиболее интенсивно питается и растет змееголов при температуре 25-32 °С. Змееголовы – хищники, при нападении на жертву способен совершать резкие броски. Активность питания быстро снижается при уменьшении температуры до 17°С, а при температуре ниже 12°С питание практически прекращается [Мирзоев, 2007].

Змееголов потребляет в пищу в основном сорные виды рыб, представляет собой ценный объект промысла, продукция которого по качеству мяса сходного с судаком, а по вкусу выше [Исмуханов и др., 2020].

В прудах Московской области змееголов в большом количестве потреблял головастиков [Никольский, 1954].

Размеры и рост. На 2-м году, как известно из литературных источников масса змееголова достигает в Средней Азии – 460 г (при длине 35 см), в Амуре – 500 г (масса товарного карпа) [Козлов, Абрамович, 1991] (таблица 2). По данным Н.М. Мирзоева [2010] змееголов в озерах на втором году жизни достигает 31,9 см длины и 235 г массы, на третьем-четвертом – соответственно: 37,8 см и 410 г и 44,0 см и 635 г.

Таблица 2 – Линейный рост змееголова [по Козлову, Абрамовичу, 1991]

Водоем	Длина по возрастным группам, см						
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+
Амур	22,5	36,6	46,1	55,4	61,5	67,6	-
Арнасийские озера	22,9	34,0	43,7	51,1	59,1	-	-
Кара-Узякские озера	20,0	31,9	42,1	49,1	56,1	-	-
Аксай-Кувандарьинские озера	19,5	32,2	42,7	50,9	-	-	-
Камышлыбашские озера	19,6	32,6	42,5	52,4	59,2	-	-
Амударья*	20,4/ 0,13	35,5/0,46	48,4/0,97	52,3/1,73	60,3/2,65	67,5/3,68	71,3/4,62
Чимкурганское водохранилище (1974)*	-	26,4/ 0,29	32,5/ 0,52	41,2/ 1,00	50,1/ 2,05	57,5/ 2,78	64,7/ 4,45
-"- (1978)	20,7	31,3	37,5	49,1	55,9	62,2	-
* - рост: в числителе – длина, в знаменателе – масса, см / кг							

Северные змееголовы классифицируются как демонстрирующие индетерминантный рост, что означает, что они продолжают расти всю свою жизнь. В зависимости от того, находится ли рыба в своем родном ареале или нет, сильно влияет скорость ее роста после начального периода роста. В озере Хуанхуа, родном регионе северных змееголовов, было замечено, что рыба вырастает до 637 мм в длину к пяти годам. В системе реки Потомак (интродуцированная среда обитания) средняя длина северных змееголовов в пять лет составляла всего 529 мм [Courtenay, Williams, 2004; Landis et al., 2011].

В естественной среде обитания, реке Амур, и в Сырдарье в Казахстане, где он интродуцирован, самцы, как правило, крупнее самок, с более высоким спинным плавником, более широким межглазничным расстоянием и более длинным рылом, заглазничным расстоянием и верхней челюстью. Более того, морфометрия меняется с возрастом [Дукравец, Мачулин, 1978].

Китайские ученые установили, что оценку возраста у змееголова *Channa argus* можно проводить по отолитам, особенно сагиттальным, а у молодых змееголов до 3 лет – по чешуе [Pang-hua Gu et al., 2013].

Половозрелости достигает в двухгодовалом возрасте при длине тела 30-35 см. Половой диморфизм выражен слабо, самцы лишь несколько крупнее одновозрастных самок в популяциях, соотношение полов равное. По достижению ими половой зрелости начинают формироваться пары. Сложившиеся пара уединяется, занимая определенную территорию, самоотверженно ее охраняя.

Объединяет змееголовов одна важная особенность – они все хорошие родители и длительный период защищают свое потомство. Порой родительские обязанности рыб прекращаются лишь тогда, когда молодь достигнет 5-8 см в длину и начнет расплываться в разные стороны. Только после этого производители начинают изгонять молодь со своей территории и может повториться процесс размножения.

Размножение змееголова в природе происходит в тёплое время года, в июне-июле, когда температура воды колеблется в пределах 18-20°C. Большинство видов змееголовов строят пенные гнезда на поверхности воды, но есть и такие, которые мечут икру в ее толще и инкубируют икру во рту. *C. argus* строит своё вместительное гнездо из подводных растений, диаметр которого достигает около 1 м. В определенный момент внутри него происходит нерест, самец обхватывает своим телом самку переворачивая ее на спину. Самка мечет икру, самец сразу же ее оплодотворяет. Икра пелагическая, икринки имеют диаметр 1,2-1,6 мм и содержат собственные жировые частицы. Икра всплывает и держится в верхнем слое воды вплоть до формирования мальков. Длительность инкубационного периода около 45 час. Самки-змееголовы отличаются высокой производительностью. Они могут откладывать до 30 000 икринок до 5 раз за один сезон. Однако порционность икрометания, это приобретенная особенность, поскольку в Арнасийских озерах у змееголова наблюдается единовременный нерест. С сокращением периодичности нереста увеличивается индивидуальная плодовитость самок (таблица 3).

Таблица 3 – Плодовитость змееголова (тыс. шт. икринок) в зависимости от возраста [цит. по Козлову, Абрамовичу, 1991]

Показатель	Возраст, лет			
	1+	2+	3+	4+
Длина, см	43	48	53	58
Масса, кг	1,0	1,5	2,0	2,5
Плодовитость, тыс. шт.	24,0	40,0	45,0	60,0

В различных водоемах средняя плодовитость змееголова колеблется от 76,5 до 41,1 тыс. икринок, что по большей части коррелирует с размерами рыб (таблица 5). На 1 г массы тела у змееголова приходится от 23,4 до 41,7 икринок [Аманов, 1974; Дукравец, Мачулин, 1978].

Таблица 4 – Плодовитость змееголова из различных водоемов [Козлов, Абрамович, 1991]

Водоем	Длина, см	Масса, г	Абсолютная плодовитость, тыс. шт.	Относительная плодовитость, тыс. шт./кг
Амур	50,3	1855	41,1	22,1
Чимкурганское вдхр.	54,2	2285	76,5	33,9
Арнасийские оз.	54,2	2260	57,5	32,6
Кара-Узякские оз.	49,7	1420	43,8	30,8
Аксай-Кувандарь-	46,6	1320	56,8	43,0

Ооциты после овуляции имеют небольшие размеры, от 1 мм до чуть более 2 мм в диаметре, в зависимости от вида. Время развития до вылупления варьируется в зависимости от температуры воды и, в меньшей степени, от вида. Например, вылупление происходило через 54 часа при 16-26°C и через 30 часов при 28-33°C у *Channa punctata* [Kahn, 1924]. У северного змееголова, *C. argus*, личинки вылупляются через 28 часов при 31°C, через 45 часов при 25°C и через 120 часов при 18°C. Как правило, только что вылупившиеся личинки, в зависимости от вида, имеют длину около 3,0-3,5 мм. Икру отдельные разновидности могут вынашивать во рту, откладывая на листья водных растений или гнездо, построенное из пены.

Икринки способны плавать в воде из-за большой липидной капли, которая окружает желточный мешок. Родители охраняют икру, личинок и мальков до тех пор, пока они не достигнут ювенильного возраста и не смогут свободно плавать в толще воды. Северные змееголовы нерестятся несколько раз в год, с разными партнерами [Courtenay, Williams, 2004; Landis et al., 2011].

Развитие эмбрионов при температуре 23-25°C длится 2 сут. Оба родителя охраняют гнездо, плавниками создавая ток воды для нормального аэрирования развивающихся икринок. Охраняют и мальков. Вылупившиеся предличинки держатся скученно у поверхности воды, удерживаемые жировой каплей желточного мешка, образующего выступы с обеих сторон их тела.

После вылупления северные змееголовы начинают быстро расти. Грудные плавники развиваются через сутки после вылупления, а уже на третий день внешние кровеносные сосуды сокращаются и начинается дыхание жабрами.

После резорбции желтка мальки змееголова переходят к активному питанию. Кормом им служат исключительно беспозвоночные, главным образом мелкие ракообразные (зоопланктон) и личинки насекомых. Присутствие фитопланктона, растительного материала и детрита в пищеварительной системе молодых змееголовов происходит в результате случайного проглатывания. Это длится до тех пор, пока мальки не научатся самостоятельно охотиться, добывать себе пищу, выживать в природных условиях [Рачек, 1998].

На рисунке 5 видно, как кормится стайка молодых гигантских змееголовов *Channa micropeltes* на поверхности воды в Таиланде.

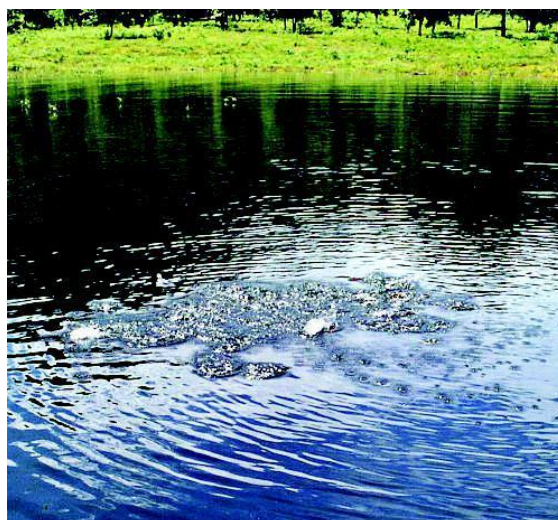


Рисунок 5 – Стайка молодых гигантских змееголовов *Channa micropeltes* кормится на поверхности воды в Таиланде. Фото Жан-Франсуа Хелиасом [Courtenay and Williams, 2004]

Во Вьетнаме и Камбоджи проводятся исследования по возможности перевода молоди змееголова на ранних этапах развития на искусственные корма. Первые исследования показали, что наилучшие результаты получаются на 40 сутки от выклева [Tran Thi Thanh Hien, et al., 2017].

В грудных плавниках начинают появляться плавниковые лучи. В это время рыбы имеют длину от 1 до 2 см и начинают дышать воздухом. На этом этапе развития цвет змееголова изменится с черного на коричневый. Чешуя развивается, когда рыбы достигают длины 4 см. После того, как у маленьких рыб сформируются несколько рядов зубов, они становятся хищниками, нападающими на все живое. В этот момент рацион северного змееголова состоит в основном из мелкой рыбы и ракообразных.

Хорошо иллюстрированный материал по строению гнезда, развитию личинок и молоди змееголова представлен в работе С.Г. Соина [Соин, 1960].

Поскольку нерест может происходить до 5 раз в год, с сокращением количества нерестов относительная плодовитость самок увеличивается. В связи с разными сроками нереста в течение вегетационного периода, размеры молоди различны. Средняя масса сеголеток может составлять 30-70 г, двухлеток – 200-500 г <https://blog.tetra.net/ru/ru/zmeegolov-krasnyj-gigant-izmenyayushchij-okras>.

Размножение змееголова в аквакультуре. В зависимости от вида змееголовые могут размножаться спонтанно; легко идти на нерест при повышении температуры воды до 26-27°C (имитация сезонных явлений - из холода в тепло), а также при гормональной стимуляции нереста.

В литературе имеются сведения об опытах по искусственному разведению *Channa pox* в аквариумах [Артюх, Литвиненко, 2021].

Sudhir Raizada et al. [2021] отмечают, что основными узкими моментами в аквакультурном производстве змееголова являются недостаточные знания в

области репродуктивной биологии, разведении в неволе, более высокая смертность личинок на этапе вскармливания, каннибализм и неприятие искусственного рациона.

Проводятся исследования по стимуляции созревания змееголова различными дозами стимулирующих гормонов: агониста Suprefact® (LHRH) и Оваприма (GnRH® + ингибитор дофамина).

Естественные враги. Практически в любом водоеме у змееголова нет недоброжелателей, эта рыба не отличается деликатностью и скромностью, поэтому даст любому врагу отпор. Для змееголовов свойственно яростно сопротивляться любым неприятным для них соседям, выживая их в прямом смысле этого слова. Благодаря своей агрессивности и плодовитости, способности к быстрому размножению, змееголовы почти в каждом водоеме, где поселились, занимают главенствующее место, истребляя вокруг себя всю ихтиофауну из-за небывалой прожорливости и хищности. В то же время поднимаясь к поверхности воды рыбы подвергают себя опасности как со стороны водных хищников, так и со стороны рыбоядных рыб (в основном цапель), поэтому плавающие растения в местах обитания змееголовов присутствуют всегда.

Популяция и статус вида. Змееголов размножается с невероятной скоростью, поэтому его сложно относить к виду, требующему защиты. В некоторых странах, включая США, он признан вредным представителем водоемов. Его запрещено разводить, поскольку он может попасть в другие водоемы и нанести им непоправимый вред. В то же время несмотря на то, что змееголовы типичные хищники, их можно содержать с некоторыми видами рыб.

Промысловая ценность змееголова. В российских водах в бассейне Амура змееголов встречается в небольшом количестве и промыслового значения не имеет. Максимальный улов 77,7 т был отмечен в 1941 г. Последние годы улов змееголова составляет 1,1 т. Некоторое количество змееголова вылавливают в озере Ханка, а также получают в результате рыбозаведения. Основными орудиями лова являются ставные сети и закидные невода, в которые змееголов попадает в виде прилова при промысле частичковых рыб [https://br.eao.ru/about/info/news/210324_adm_17.pdf].

В Казахстане в Или-Балхашском бассейне объем промысловой добычи змееголова за последние годы составляет от 4,9 до 5,3% от общего улова рыб [Исмуханов и др., 2020].

В России при прудовом выращивании змееголова ориентируются на получение 1-2 ц/га в интенсивно зарастающих водоемах с плохим газовым режимом (где нехватка кислорода препятствует разведению других ценных рыб хищников). В Амударье среднегодовой объем промысла составляет около 4 тыс. ц. Ловят сетями и неводами.

Змееголов представляет интерес в качестве возможного объекта акклиматизации в южных реках европейской части СССР [Промысловые рыбы СССР, 1949].

В Китае и Корее змееголов - излюбленный объект товарного выращивания. Его разводят, икру инкубируют и личинками заселяют в пруды. Культивируют в Индии, на Филиппинах и в других странах Южной Азии и Африки, где они освоили бассейны рек Нил и Конго. Некоторые виды змееголовов сегодня освоили (интродуцированы) водоемы Северной Америки, где очень быстро захватывают все новые и новые территории [https://vk.com/wall-167027820_71870]. Для каждого вида змееголовов характерна своя специфическая среда обитания. Между разными видами существует обособление, к тому же в природе они нигде не встречаются совместно в больших количествах [<https://masterok.livejournal.com/2062504.html>].

На Филиппинах змееголова выращивают в поликультуре вместе с ханосом (*Chanos chanos*) и тилипией нилотика (*Oreochromis niloticus*). При этом рыбопродуктивность прудов составляла 890, а в Индии в поликультуре с мирными рыбами - 895 кг/га. В Индонезии змееголова выращивают вместе с тилипией, чтобы ограничить ее размножение. Во Вьетнаме змееголов занимает одно из ведущих мест в аквакультуре, достигает массы 17,5 кг.

Потенциальная продолжительность жизни на настоящее время у змееголова не установлена. Однако отмечается, что встречался *Channa argus* длиной 1,5 м, что указывает на относительно высокую продолжительность жизни [Н. Богуцкая, личное сообщение, 2002, цит. по Courtenay, Williams, 2004].

Змееголов *C. argus* относится к тем видам, для которых ведется активный рыбный промысел [Berg, 1965; Baltz, 1991; Dukravets, 1992]. Кроме того, *C. argus*, *C. maculata*, и *C. striata* продаются в коммерческих целях в большинстве районов, где эти виды были интродуцированы. В своем естественном ареале в Китае, Корее и Южной Сибири [Berg, 1965], а также в пределах интродуцированного ареала в Казахстане, Узбекистане и Туркестане он является востребованной пищевой рыбой [Baltz, 1991; ФАО, 1994]; в то же время он не стал популярным в Японии [Okada, 1960].

Змееголов в аквакультуре. Змееголов является потенциально перспективной для рыбоводства рыбой, в том числе для индустриальной аквакультуры. Особи быстро приживаются в новых условиях, достигают внушительных размеров за короткое время, неприхотливы [Мирзоев, 2007].

Особенно больших успехов в области освоения змееголова в культурных рыбоводных хозяйствах (прудовых, индустриальных и др.) достиг Китай. В настоящее время в Китае ведутся работы по рыбохозяйственному освоению гибридных форм змееголова (*Channa argus* (♂) × *Channa maculata* (♀)) [A. Zhou et al., 2018]. Промышленное освоение гибридного змееголова в Китае можно условно разделить на три фазы: фазу раннего освоения, фазу созревания культурных технологий и индустриализации и фазу быстрого развития [Сюки Ли, Цинлей Мэн, Нань Се, 2018].

Вьетнам проводит исследования по разработке комбикормов для змееголовов, в основном с целью определения замены белка и рыбной муки и

введения пищевых добавок в корм змееголова с целью повышения его пищевой ценности [Hien et al, 2016; Zhao et al., 2017].

В Китае ведутся широкомасштабные исследования по разработке технологии товарного выращивания (плотности посадки) различных форм змееголова. Рекомендуются оптимальные плотности посадки (40 шт./м²) молоди массой 1,9 г. Ведутся исследования по использованию для товарного выращивания змееголова в «контейнерах», которые представляют собой большие коробки, которые первоначально использовались для транспортировки продуктов. Отмечается, что технология выращивания в контейнерах актуальна для экологически чистого развития аквакультуры, которое имеет ряд преимуществ, таких как экономия воды, контроль температуры, снижение заболеваемости и дозировки лекарств, устранение накопления тяжелых металлов и т.д. предлагается срочно изучить влияние этой новой технологии на качество и питательные свойства рыбы [Song Gao et al., 2020].

Северный змееголов *Channa argus* с каждым годом вызывает все больший интерес. В 2019 г. в США был проведен первый международный симпозиум по змееголову, на котором уделялось большое внимание биологии змееголова, пониманию экологического воздействия змееголовых на местные водные сообщества и экосистемы и многим другим вопросам [Proceedings of the First ..., 2019].

Пищевая ценность. С точки зрения кулинарии мясо змееголова вкусное. По качеству мясо сходно с судаком, а по вкусовым восприятиям оценивается [Исмуханов и др., 2020]. Чешую чистить не надо. Достаточно сделать надрез и снять, как чулок, вместе с кожей. Ввиду отсутствия мелких костей (только хребет) из неё получают не только вкусные котлеты, заливное, но и хе.

Змееголов приносит большую пользу при условии грамотного употребления. В небольших количествах рыба:

- укрепляет иммунную систему и общую выносливость организма;
- делает более прочными кости и суставы;
- защищает от разрушения зубы;
- улучшает обменные процессы и ускоряет пищеварение;
- снабжает организм аминокислотами и белками, необходимыми для построения мышц;
- оказывает благотворное влияние на сердечно-сосудистую систему;
- препятствует развитию атеросклероза;
- улучшает работу мозга и укрепляет память;
- нормализует функционирование репродуктивной системы;
- помогает справляться со стрессом;
- улучшает состояние мышечной системы;
- служит профилактикой хронических заболеваний печени;
- укрепляет ногтевые пластины;
- при регулярном употреблении рыбы улучшается состояние кожи и волос;

- полезные вещества в составе продукта препятствуют старению организма и позволяют дольше сохранять молодость;
- змееголов нормализует артериальное давление и служит профилактикой гипертонии.

У змееголова, кроме мяса, может быть использована слизь, выделяемая кожей. Эта слизь с давних пор используется в строительной технике в Индии [Antony, 1952, цит. по: Г.В. Никольский, 1954].

В Китае потребители обычно покупают живую рыбу перед забоем, т.к. считается, что она более безопасна и является более полезной и вкусной, чем охлажденная или замороженная рыба.

Болезни и паразиты змееголова. Основные исследования болезней и паразитов змееголовов сосредоточены на тех видах, которые имеют важное значение в аквакультуре. Hoffman and Schubert [1984], отмечают, что большинство рыб иногда могут быть хозяевами паразитов. Змееголовы не являются исключением (таблица 5).

Таблица 5 – Паразиты северного змееголова (*Channa argus*) [Bykhovskaya-Pavlovskaya, et al., 1964]

Паразит	Группа	Ткани хозяина	Другие пораженные рыбы
<i>Myxidium ophiocephali</i>	Мухоспоридия	печеночные протоки, желчный пузырь	
<i>Zschokkella ophiocephalli</i>	Мухоспоридия	почечные каналы	
<i>Neomyxobolus ophiocephalus</i>	Мухоспоридия	жаберные лепестки	
<i>Mysosoma acuta</i>	Мухоспоридия	жаберные лепестки	белый карась
<i>Myxobolus cheisini</i>	Мухоспоридия	жаберные лепестки	
<i>Henneguya zschokkei</i>	Мухоспоридия	пластинки подкожной мускулатуры	лососевые (туберкулезная болезнь лососевых)
<i>Henneguya ophiocephali</i>	Мухоспоридия	жаберные дуги, наджаберные камеры	
<i>Henneguya vovki</i>	Мухоспоридия	полость рта	
<i>Thelohanellus catlae</i>	Мухоспоридия	почки	
<i>Gyrodactylus ophiocephali</i>	Monogenoidea	ребра	
<i>Polyonchobothrium ophiocephalina</i>	Cestoidea	кишечник	
<i>Cysticercus gryporhynchus cheilancristrotus</i>	Cestoidea	желчный пузырь, кишечник	карповые рыбы, окуни
<i>Azygia hwangtsiüi</i>	Trematoda	кишечник	
<i>Clinostomum complanatum</i>	Trematoda	полость рта	окуни
<i>Pingis sinensis</i>	Nematoda	кишечник	

<i>Paracanthocephalus curtus</i>	Acanthocephala	кишечник	карповые, эзоциды спящие, багровые сомы
<i>Paracanthocephalus tenuirostris</i>	Acanthocephala	кишечник	
<i>Lamproglana chinensis</i>	Copepoda	пластинки	

Литература, посвященная паразитам змееголовам, включает многочисленное описание новых видов. Основные исследования сосредоточены на змееголовах *Channa argus* и *C. punctate*. В то же время отмечается, что змееголовы не представляют потенциальную угрозу для местных рыб.

Биоценотическая емкость. Физиологические особенности змееголова позволяют ему для дыхания использовать атмосферный воздух. При его выращивании предполагается использовать высокие плотности посадки (не менее 80 кг/м² и более), при этом конструктивные особенности рыбоводных емкостей позволяют поддерживать уровень воды в пределах 0,8-1,2 м, что при наименьших затратах энергии открывает доступ змееголову к атмосферному воздуху.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На первых этапах исследований предполагается в качестве корма использовать сочетание естественного корма (хирономиды, дафнии) и искусственных стартовых комбикормов для лососевых, сомовых и осетровых видов рыб с последующим переводом молоди полностью на искусственные комбикорма. По мере освоения нового объекта выращивания будет проводиться серия экспериментов по разработке видоспецифических кормов для выращивания змееголова на всех этапах онтогенеза.

Введение змееголова в прудовую и индустриальную аквакультуру, за исключением УЗВ, ввиду его экологической опасности (активный хищник) не предполагается.

Получение товарной продукции массой 1 кг и более ожидается на втором году выращивания.

Завоз объекта исследований (змееголова) предусматривается проводить в строгом соответствии с установленным порядком ветеринарного надзора за перевозками живой рыбы.

Исходным материалом для проведения работ по разработке технологии товарного выращивания змееголова в условиях УЗВ на первом этапе должен послужить посадочный материал амурского змееголова, отловленный в Амуре и его притоках, или в озере Ханка, реке Сунгари, в водоемах Туркменистана и Узбекистана (Сырдарья, Амударья, Чимкурганское водохранилище, Арнасийские, Кара-Узякские, Аксай-Кувандарьинские озера).

Введение объекта выращивания в аквакультуру складывается из следующих позиций.

1. Выбор объекта выращивания.
2. Организация завоза исходного материала (икра, личинка, молодь и т.д.)
Обеспечение карантинных мероприятий.
3. Проведение комплексных рыбоводно-биологических исследований (изучение роста, питания, развития гонад, эмбриогенеза, морфометрии, отношения к абиотическим факторам среды, устойчивости к заболеваниям и др.).
4. Выращивание племенного материала, включая производителей.
5. Организация репродукции. Освоение биотехники искусственного воспроизводства.
6. Передача посадочного материала (личинки, сеголетки и т.д.) рыбоводным индустриальным хозяйствам для оценки эффективности использования в условиях различных климатических зон, разработка технологий разведения и выращивания.
7. Формирование маточных стад в соответствии с потребностями рынка.
8. Пополнение коллекционного материала путем воспроизводства собственного генофонда и завоза из природных водоемов.
9. Обеспечение сохранности генетического разнообразия исходного материала. Эколого-генетический мониторинг состояния племенного материала.
10. Организация учета и отчетности, а также обратной связи с промышленными хозяйствами для оценки эффективности и практических перспектив использования коллекционного объекта.

Представленная научно-производственная программа призвана решать одновременно три важнейшие задачи:

- введение в индустриальную аквакультуру объекта выращивания, обладающего высокими рыбопродуктивностью и пищевыми достоинствами;
- создание первого в России исходного маточного стада змееголова с целью организации его расширенного воспроизводства и крупномасштабного введения в отечественную индустриальную товарную аквакультуру;
- при создании маточных стад в индустриальных хозяйствах и освоении биотехники его выращивания змееголов может стать ценнейшим объектом индустриальной аквакультуры России.

Учитывая его высокую устойчивость (по литературным данным) к негативным экологическим факторам среды на первом этапе исследований следует придерживаться нормативов для по гидрохимическому составу воды в установках замкнутого цикла водообеспечения (ОСТ, ГОСТ). Приемная емкость индустриальных рыбоводных хозяйств предлагаемого объекта будет зависеть от степени освоенности биотехники его разведения, наличия посадочного материала, разработанной технологии товарного выращивания и переработки.

Выполнение вышеперечисленных позиций позволит в кратчайшие сроки (6-7 лет) ввести в отечественную индустриальную аквакультуру ярчайшего представителя отечественной ихтиофауны-змееголова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Аманов А.А. Морфология и образ жизни змееголова *Ophiocephalus argus warpachowskii* Berg в Чимкурганском водохранилище // Вопросы ихтиологии. – 1974. – Т. 14, вып. 5 (88). – С. 822-826.
- Артюх С.Н., Литвиненко А.В. Экологические особенности искусственного разведения змееголовов *Channa nox* (Scopoli, 1977) (Teleostei: Channidae) в аквариальных системах // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 102-107.
- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. - Часть II. – Л.: Издание ВНИРО, 1933. – С. 610-611.
- Дукравец Г.М. Амурский змееголов, *Channa argus warpachowskii*, в Таласской и Стоки реки Чу // Вопросы ихтиологии. – 1992. – 31: 147-151.
- Дукравец Г.М., Мачулин А.И. Морфология и экология амурского змееголова *Ophiocephalus argus warpachowskii*, акклиматизированного в бассейне Сырдарьи // Вопросы ихтиологии. – 1978. – Т. 18, вып. 2 (109). – С. 203-208.
- Исмуханов Х.К., Касымбеков Е.Б., Пазылбеков М.Ж. О значении и роли случайного вселенца змееголова (*Channa argus* Cantor, 1842) в составе ихтиофауны Или-Балхашского бассейна // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2020. – Т. 3, № 2. – С. 42-48.
- Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – 345 с.
- Козлов В.И., Абрамович Л.С. Справочник рыбовода. – Издание 2-е, перераб., дополн. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 238 с.
- Мирзоев Н.М. О расселении змееголова (*Ophiocephalus argus Warpachowsky*) в озерах заповедника «Тигровая балка» // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2007. – Т. 50, № 5. – С. 465- 467.
- Мирзоев Н.М. Современное состояние ихтиофауны озер заповедника «Тигровая балка» // Известия АН Респ. Таджикистан. Отд. биол. и мед. наук. – 2010. – № 4 (173). – С. 40-45.
- Никольский Г.В. Частная ихтиология. – М.: Издательство «Советская наука», 1954. – 458 с.
- Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. – Рыбы Приморья. – Владивосток, 2002. – 545 с.
- Пазылбеков М.Ж., Баракбаев Т.Т. Жыланбас балыгынын (*Channa argus Cantor*) Капшагай су коймасы бойынша таралуы // Вестник Казахского национального университета им. Аль-Фараби. Серия экологическая. – 2012. – Т. 33, № 1. – С. 117-119.
- Промысловые рыбы СССР. – М.: Пищепромиздат, 1949. – 787 с.
- Рачек Е.И. Рост и поведенческая реакция змееголова (*Ophiocephalus argus warphachowskii* Berg) в садках тепловодного хозяйства // Известия ТИНРО. – Владивосток, 1998. – Т. 123. – С. 409-413.
- Соин С.Г. Размножение и развитие змееголова // Вопросы ихтиологии. – 1960. – Т. 15. – С. 127-137.

Aiguo Zhou, Shaolin Xie, Zhenlu Wang, Yanfeng Chen, Lanfen Fan, Chao Wang, Meifang Wang, Jixing Zou, 2018. Gonadal sex differentiation in hybrid snakehead *Channa argus* (♂) × *Channa maculate* (♀). – Aquaculture Research. – Volume 49, Issue 6.

Atkinson C.E., 1977. People's Republic of China, in Brown, E.E., ed., World Fish Farming: Cultivation and Economics: Westport, Connecticut, AVI Publishing Co., p. 321-344.

Baltz D.M., 1991. Introduced fishes in marine systems and inland seas. Biological Conservation 56: 151-177.

Bykhovskaya-Pavlovskaya, I. E., A. V. Gusev, M. N. Dubinina, N. A. Izyumova, T. S. Smirnova, I. L. Sokolovskaya, G. G. Shtein, S. S. Shil'man, and V. M. Epshtein, 1964. Key to parasites of freshwater fish of the USSR. [Opredelitel' parazitov presnovodnykh ryb SSSR.] Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem. [Translated from Russian.]

Courtenay W. R., Jr., Williams J. D., 2004. Snakeheads (*Pisces, Channidae*) -- a biological synopsis and risk assessment. U. S. Department of the Interior, Geological Survey. Circular Number 1251. doi: 10.3133/cir1251

Das A.K., 1945. Lethal temperature of some air breathing and nonairbreathing fishes of India. «Sci. Culture», № 114, Calcutta.

Das S.M., Saxena D.B., 1956. Circulation of the blood in the respiratory region of the fishes *Labeo rohita* and *Ophicephalus striatus*: Copeia, no. 2, p. 100-109.

Day F., 1868. Observations on some of the freshwater fishes of India: Proceedings of the Zoological Society of London, p. 274-288.

Dukravets G.M., 1992. The Amur snakehead, *Channa argus warpachowskii*, in the Talas and Chu river drainages. Journal of Ichthyology 31:147-151.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1994 Aquaculture production 1986-1992, 4th edition. FAO Fisheries Circular 815, Rome.

Frank S., 1970. Acclimatization experiments with Amur snakehead, *Ophiocephalus argus warpachowskii* Berg, 1909. - Vestnik Ceskoslovenske Spolecnosti Zoologicke. Cislo 4:277-283.

Graham J.B., 1997. Air-breathing fishes: Evolution, diversity, and adaptation: San Diego, California, Academic Press, 299 p.

Hoffman G.L., Schubert G., 1984. Some parasites of exotic fishes: in Courtenay, W.R., Jr., and Stauffer, J.R., Jr., eds., Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes: Baltimore, Maryland, Johns Hopkins University Press, p. 233-261.

<https://blog.tetra.net/ru/ru/zmeegolov-krasnyj-gigant-izmenyayushchij-okras>.

Дата обращения 04.04.2024

https://br.eao.ru/about/info/news/210324_adm_17.pdf. Дата обращения

04.04.2024

<https://hawe-hydraulik.ru/pro-rybu/zmej-golova-ryba>. Дата обращения

04.04.2024

<https://hawe-hydraulik.ru/pro-rybu/zmej-golova-ryba.htm> Рыба Змееголов: особенности, виды, ловля и искусственное содержание. Дата обращения 04.04.2024

<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.15506>. Дата обращения 04.04.2024

<https://masterok.livejournal.com/2062504.html>. Дата обращения 04.04.2024

<https://rybatskii.ru/zmeegolov/ryba-zmeegolov>. Дата обращения 04.04.2024

https://vk.com/wall-167027820_71870. Дата обращения 04.04.2024

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.839225/full>. Дата обращения 04.04.2024

Qin J., Fast A.W. Food selection and growth of young snakehead *Channa striatus* // Journal of Applied Ichthyology. – Volume 13, Issue 1

Kahn M.H., 1924. Observations on the breeding habits of some fresh water fishes in the Punjab: Journal of the Bombay Natural History Society, 2007. – V. 29, no. 4, p. 958-962.

Landis G.A.M., Lapointe, N.W.R., and Angermeier, P.L. Individual growth and reproductive behavior in a newly established population of northern snakehead (*Channa argus*), Potomac River, U.S.A., *Hydrobiologia*, 2011. – Vol. 661, pp. 123-131.

Lee P. G., Ng P. K. L. The snakehead fishes of the Indo-Malayan region. *Nature Malaysiana* 16 (4): 1991, p. 113-129.

Liu J., Cui Y., and Liu J. Food consumption and growth of two piscivorous fishes, the mandarin fish and the Chinese snakehead: *Journal of Fish Biology*, 1998, v. 53, p. 1071-1083.

Munshi D.J.S., Hughes G.M., 1992. Air-breathing fishes of India: New Dehli, India, Oxford and IBH, 338 p.

Okada Y. 1960. Studies of the freshwater fishes of Japan, II, special part. *Journal of the Faculty of Fisheries Prefectural University of Mie* 4:31-860.

Pang-hua Gu, Jian-guo Xiang, Yi-fang Chen, Yan-liang Li, Jun Tang, Song-guang Xie, Yushun Chen. 2013. A Comparison of Different Age Estimation Methods for the Northern // *North American Journal of Fisheries Management*. – Volume 33, Issue 5. P. 994-999. <https://doi.org/10.1080/02755947.2013.822445>

Proceedings of the First International Snakehead Symposium. Edited by John S. Odenkirk and Duane C. Chapman. American Fisheries Society, Symposium 89, Bethesda, Maryland. – 2019. – 261 pp.

Song Gao, Dapeng Li, Hui Hong, Rui Shu, Hao Cheng, Yongkang Luo. 2020. Comparison of quality and nutritional attributes of pond-cultured and container-cultured snakehead (*Channa argus argus*) fillets after being boiled, fried, and baked // *Journal of Food Science*. – Volume 85, Issue 12. – P. 4249-4259. [Doi.org/10.1111/1750-3841.15506](https://doi.org/10.1111/1750-3841.15506).

Sudhir Raizada, Anurag Rawat, Prem P. Srivastava, Kuldeep K. Lal. Cannibalism mitigation in striped murrel, *Channa striata*, with hatchery seed weaned on pellet diet: A review // *Reviews in Aquaculture*. – 2021. – Volume 14, Issue 3 June 2022 – Pages 1213-1233. <https://doi.org/10.1111/raq.12646>

Tran Thi Thanh Hien, Bui Minh Tam, Tran Le Cam Tu, David A Bengtson Weaning methods using formulated feeds for snakehead (*Channa striata* and *Channa micropeltes*) larvae // Aquaculture Research. – 2017. – Volume 48, Issue 9. – P. 4774-4782. – <https://doi.org/10.1111/are.13298>

Tran Thi Thanh Hien, Tran Minh Phu, Tran Le Cam Tu, Nguyen Vinh Tien, Pham Minh Duc, David A Bengtson. Effects of replacing fish meal with soya protein concentrate on growth, feed efficiency and digestibility in diets for snakehead, *Channa striata* // Aquaculture Research. – 2016. – Volume 48, Issue 6. – P. 3174-3181. <https://doi.org/10.1111/are.13147>

Zhao H., Ma H.-J., Gao S.-N., Chen X.-R., Chen Y.-J., Zhao P.-F., Lin S.-M., 2017. Evaluation of dietary vitamin E supplementation on growth performance and antioxidant status in hybrid snakehead (*Channa argus* × *Channa maculata*) // Aquaculture Nutrition. – Vol. 24, Issue 1. – P. 625-632; <https://doi.org/10.1111/anu.12552>

Сюки Ли, Цинлей Мэн, Нань Се. 2018. Культура змееголовых / глава 3.6. // Аквакультура в Китае: истории успеха и современные тенденции (Aquaculture in China: Success Stories and Modern Trends. Редакторы: Цзянь-Фан Гуй, Цишэн Тан, Чжунцзе Ли, Цзяшоу Лю, Сена С. Де Сильва. – С. 246-255. DOI:10.1002/9781119120759.

THE BIOLOGICAL BASIS FOR THE INTRODUCTION OF SNAKEHEAD INTO INDUSTRIAL AQUACULTURE - A PROMISING OBJECT OF COMMERCIAL CULTIVATION

E.A. Melchenkov, A.V. Myshkin, V.V. Kalmykova, V.A. Ilyasova,
N.N. Tansykbayev, Yu.A. Antipina, A.P. Vorobyov, A.A. Archibasov
State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)
Email: innovazii-vniiprh@mail.ru

Abstract. The issue of expediency of introducing into the industrial aquaculture of Russia the most interesting representative of the domestic freshwater ichthyofauna – the Amur snakehead (*Channa argus* Cantor, 1842), which has a number of advantages over other aquaculture objects, is considered. These are high nutritional advantages and a good growth rate, resistance to adverse environmental factors, able to breathe atmospheric air, stay up to 5 days without water, withstand water temperatures up to 40 ° C, maturation at the age of two years, the ability to withstand high planting densities. Extensive literature data on the biology of the snakehead, its role in global aquaculture, and nutritional value are presented. A roadmap for the fisheries development of the snakehead is proposed.

Keywords: Snakehead, growth, reproduction, respiration, temperature, nutrition, habitat.

К ВОПРОСУ О МОНОКЛОНАЛЬНОСТИ СТАДА ДИПЛОИДНЫХ ГИБРИДОВ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ С КАРПОМ

Е.В. Иванёха, Л.Н. Дума, А.В. Рекубратский
Филиал по пресноводному рыбному хозяйству
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)
E-mail:genetics@vniiprh.vniro.ru

Проведен анализ микросателлитных ДНК-маркеров у четырех гиногенетических поколений диплоидных гибридов серебряного карася и карпа. Показано, что у всех карасекарпов из разных поколений число аллелей и их длина в каждом из исследованных микросателлитных локусов были одинаковы. Таким образом, все особи в стаде диплоидных карасекарпов генетически тождественны между собой и составляют единый клон.

Ключевые слова: гибриды серебряного карася и карпа; диплоиды; селекция; индивидуальный отбор; клон; микросателлиты.

ВВЕДЕНИЕ

Карасекарпы первого поколения (F1) получены во ВНИИПРХе в 1975 г. от скрещивания самок двуполой формы серебряного карася *Carassius gibelio* Bloch Волминской популяции (Белоруссия) с самцами карпа *Cyprinus carpio* L. Самки карасекарпов продуцируют диплоидные нередуцированные яйцеклетки. Самцы F1 стерильны, поэтому воспроизводство гибридов осуществляется с помощью индуцированного гиногенеза [Черфас, Илясова, 1980]. К настоящему времени получено девятое поколение индуцированного гиногенеза и, соответственно, десятое последовательное поколение гибридов (F1 → G1 → G2 → G3 → G4 → G5 → G6 → G7 → G8 → G9).

От диплоидных самок карасекарпов, у которых с помощью селекции улучшены показатели репродуктивной способности, при скрещивании с самцами родительских видов могут быть получены возвратные триплоидные гибриды F_{бк} и F_{бск} для товарного выращивания и зарыбления естественных водоемов. Преимущества трёх форм карасекарпов по сравнению с родительскими видами, основные направления их рыбохозяйственного использования и морфологические признаки гибридов обсуждались ранее [Рекубратский и др., 2012; Иванёха и др., 2023].

Основным методом селекции карасекарпов являлся массовый отбор диплоидных гибридных самок по относительной рабочей плодовитости. Напряженность отбора в каждом поколении составляла 15-20%.

При работе с самками четвертого поколения гиногенеза (G4) неожиданно оказалось, что в возвратном потомстве у значительной части самок наблюдается низкий выход личинок. Гибель эмбрионов была вызвана

анеуплоидией и возникновением большого количества хромосомных aberrаций. Выход из этого весьма нежелательного положения был найден в индивидуальном многократном отборе самок по комплексу признаков репродуктивной способности, который применялся наряду с массовым отбором, начиная с четвертого гиногенетического поколения. В число этих признаков входили следующие: размеры икры (число икринок в 1 г икры), процент оплодотворения, выход нормальных личинок в гиногенетическом и возвратном потомствах. Индивидуальный отбор в селекции карасекарпов оказался весьма эффективным, обеспечив уже у самок G5 высокий уровень выживаемости возвратных триплоидных эмбрионов (до 85 %).

При созревании гибридных ооцитов имеет место эндоредупликация хромосом, а затем два последовательных мейотических деления [Емельянова, 1984]. Такой характер созревания приводит к возникновению в индивидуальных потомствах гибридных самок клонов, что было доказано с помощью анализа по биохимическим маркерам и трансплантационного теста [Абраменко, 1988; Черфас и др., 1986; 1989]. Быстрая и эффективная селекция гибридных самок по признакам плодовитости, вероятно, связана с клональным характером наследования в индивидуальных гиногенетических потомствах. Фактически проводился отбор наиболее плодовитых клонов.

В результате стадо диплоидных гибридов может быть представлено небольшим числом клонов. В пользу этого предположения говорят данные морфологического анализа, который показал высокую степень внутрigrупповой однородности карасекарпов.

Для исследования генетической структуры четырёх гиногенетических поколений диплоидных карасекарпов в качестве генетических маркеров были использованы микросателлитные локусы ДНК [Crooijmans et al., 1997; Kohlmann et al., 2003; Jewel et al., 2006; Li et al., 2007].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследуемым материалом являлись фрагменты плавников, взятые у диплоидных гибридов между серебряным карасём и карпом пятого, шестого, седьмого и восьмого гиногенетических поколений (G5, G6, G7, G8) и зафиксированные в 96-% этаноле.

Для выделения ДНК применяли солевую экстракцию. Полученные препараты ДНК использовали для анализа аллельного состава семи микросателлитных локусов поли (CA) типа – MFW1, MFW4, MFW7, MFW9, MFW16, MFW28 и MFW31 [Crooijmans et al., 1997].

ПЦР проводили на амплификаторах Mastercycler gradient и Mastercycler personal (Eppendorf, Germany). Для постановки амплификации применялся режим touchdown-ПЦР: предварительная денатурация ДНК 95°C – 5 мин; 11 циклов: плавление – 95°C – 20 с, отжиг праймеров – 63°C в первом цикле – 25 с и снижение в каждом последующем цикле температуры отжига на 1°C, синтез ДНК – 72°C – 30 с; 24 цикла: плавление – 95°C – 20 с, отжиг праймеров – 58°C – 25 сек, синтез ДНК – 72°C – 30 с; досинтез ДНК при 72°C – 10 мин.

Разделение продуктов специфической амплификации проводили посредством вертикального электрофореза в 8%-ном полиакриламидном геле в камере VE-20 с источником питания Эльф-8, $V = 250$ В, в течение 3,5-4,5 часов. После окончания электрофореза гель окрашивали в растворе бромистого этидия (0,5 мкг/мл) в течение 30 мин, затем промывали в дистиллированной воде 30 мин. Результаты электрофореза регистрировали в системе AutoChemі для изучения изображений, длину аллелей в парах нуклеотидов (пн) определяли с помощью программного обеспечения LabWork 4.5 (UVP, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У всех исследованных диплоидных карасекарпов поколения G8 число аллелей и их длина в каждом из семи микросателлитных локусов были одинаковы (рисунки 1-7А). То же самое можно утверждать об этих показателях у гибридов поколений G5 (рисунки 1-7), G6 и G7 (рисунок 7Б).

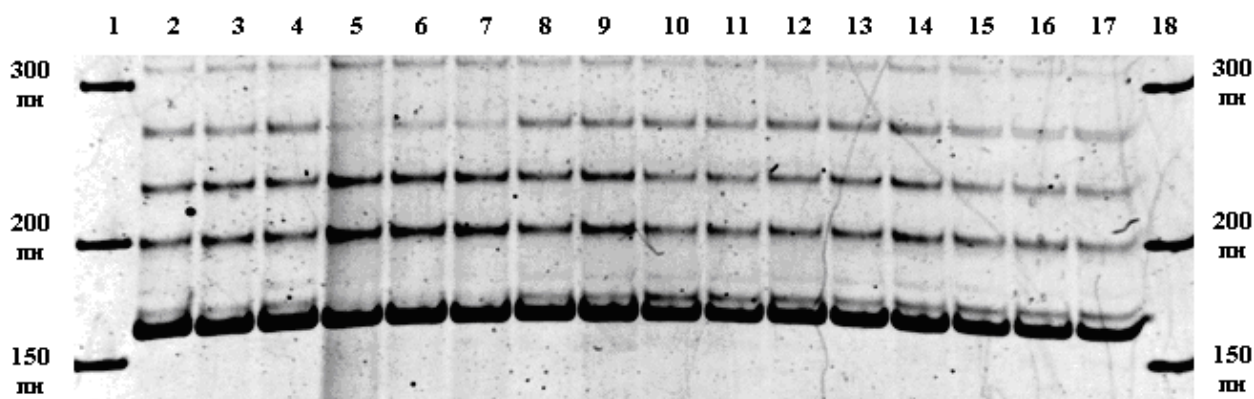


Рисунок 1 – Продукты амплификации локуса MFW1 у диплоидных карасекарпов. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 10-300 пн; дорожки 2-9 – продукты ПЦР с ДНК G5, 10-17 – с ДНК G8

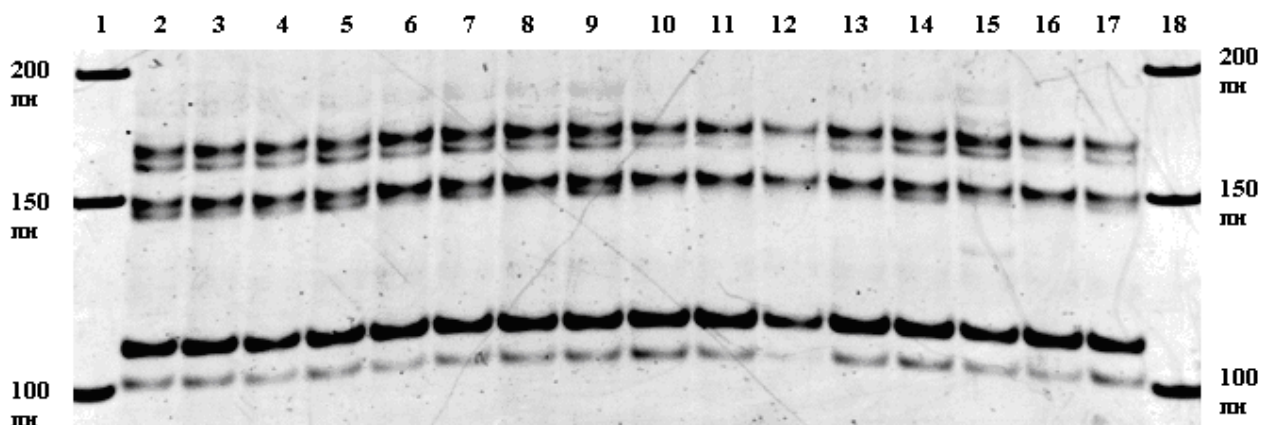


Рисунок 2 – Продукты амплификации локуса MFW4 у диплоидных карасекарпов. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 10-300 пн; дорожки 2-9 – продукты ПЦР с ДНК G5, 10-17 – с ДНК G8

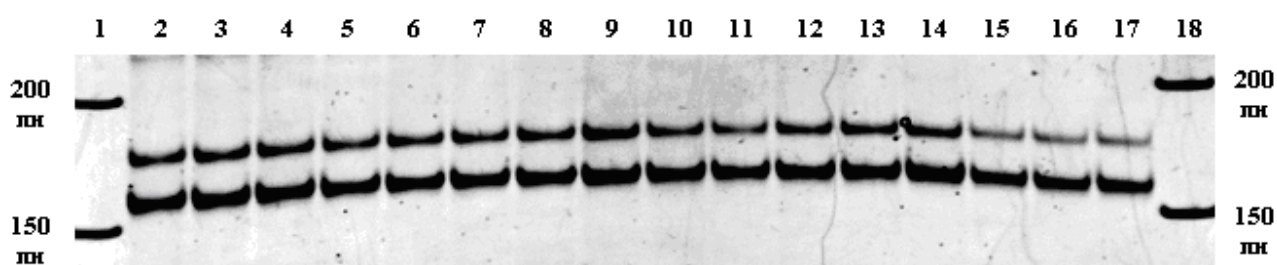


Рисунок 3 – Продукты амплификации локуса MFW7 у диплоидных карасекарпов. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 25-700 пн; дорожки 2-9 – продукты ПЦР с ДНК G5, 10-17 – с ДНК G8

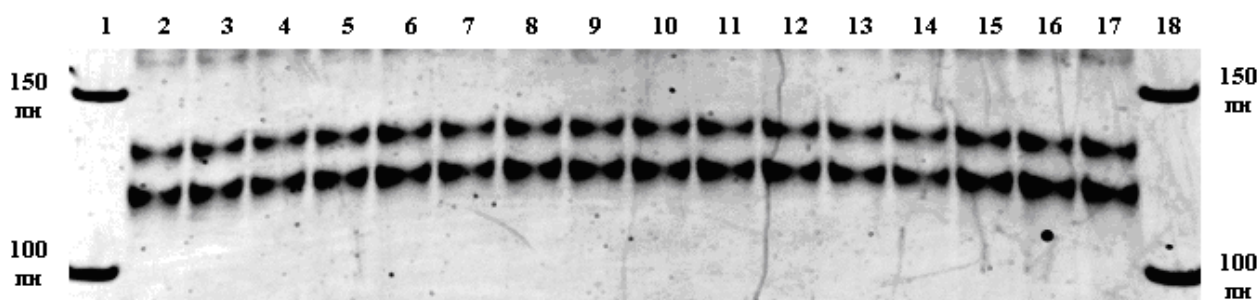


Рисунок 4 – Продукты амплификации локуса MFW9 у диплоидных карасекарпов. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 10-300 пн; дорожки 2-9 – продукты ПЦР с ДНК G5, 10-17 – с ДНК G8

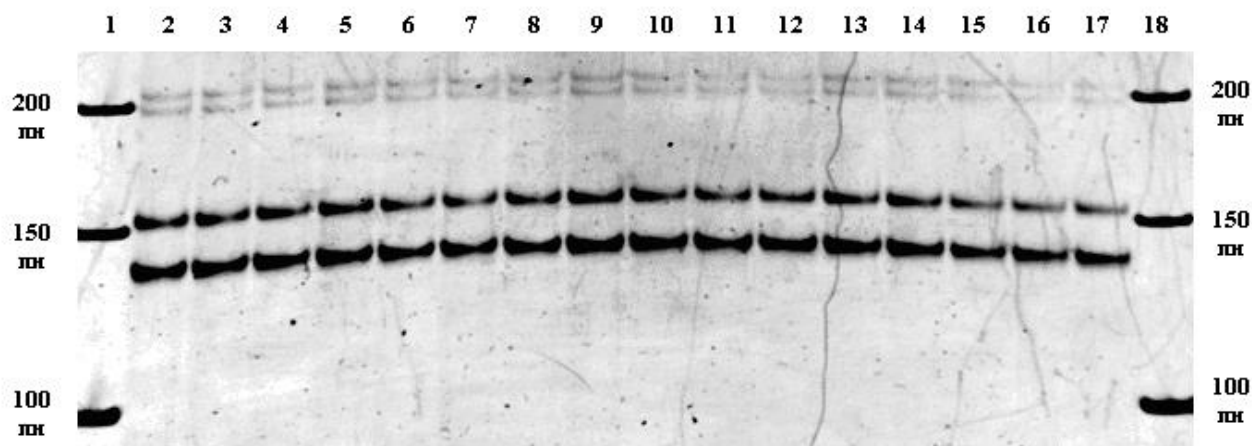


Рисунок 5 – Продукты амплификации локуса MFW16 у диплоидных карасекарпов. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 25-700 пн; дорожки 2-9 – продукты ПЦР с ДНК G5, 10-17 – с ДНК G8

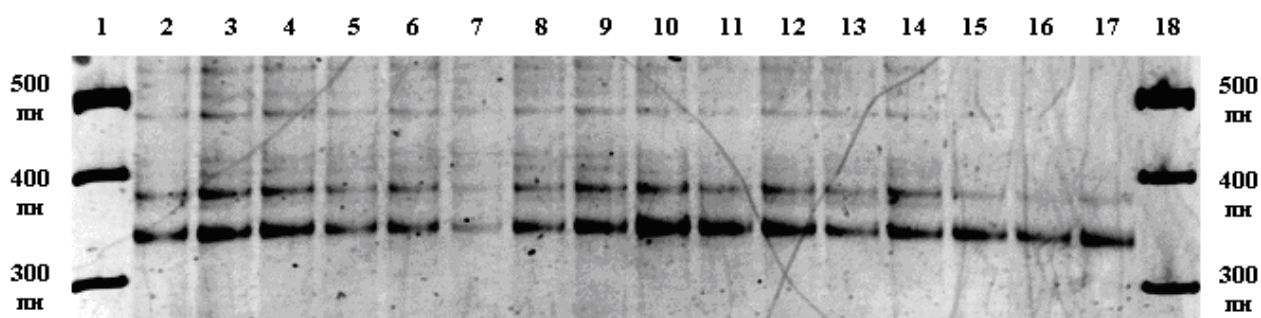
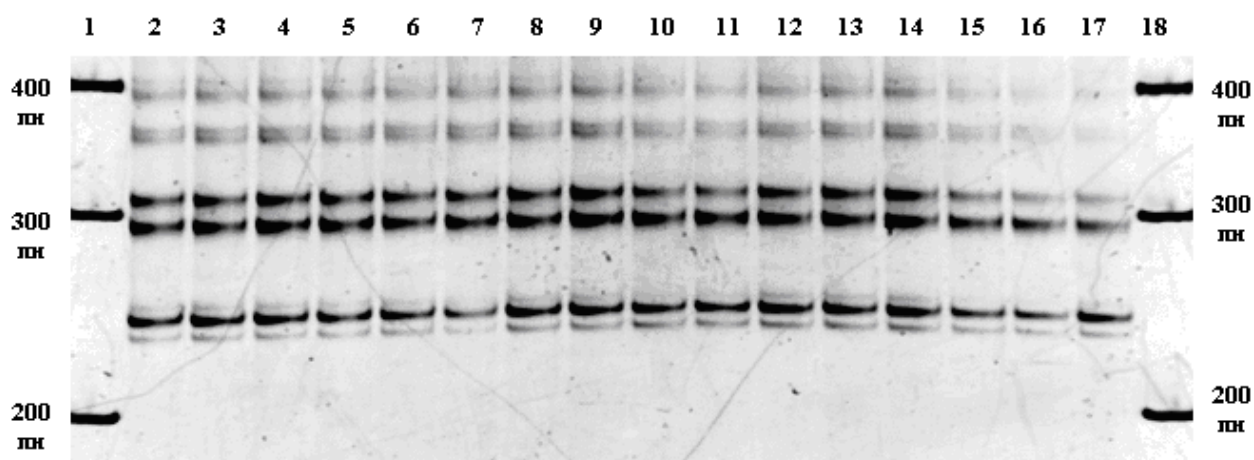
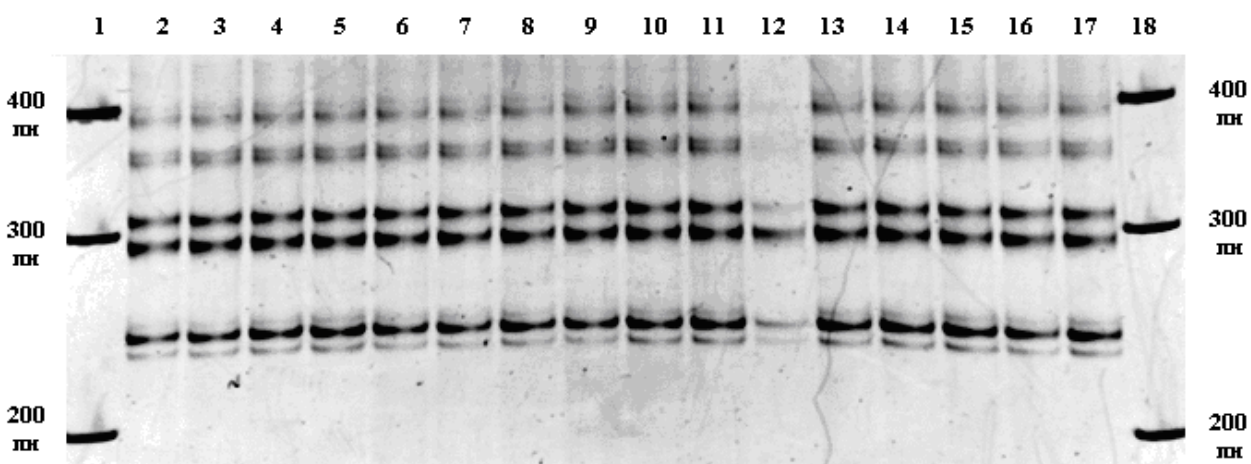


Рисунок 6 – Продукты амплификации локуса MFW28 у диплоидных карасекарпов. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 100-1000 пн; дорожки 2-9 – продукты ПЦР с ДНК G5, 10-17 – с ДНК G8



А



Б

Рисунок 7 – Продукты амплификации локуса MFW31 у диплоидных карасекарпов.

А. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 100-1000 пн; дорожки 2-9 – продукты ПЦР с ДНК G5, 10-17 – с ДНК G8

Б. Дорожки 1, 18 – маркер длин фрагментов ДНК 100-1000 пн; дорожки 2-7 – продукты ПЦР с ДНК G5, 8-11 – с ДНК G6, 12-17 – с ДНК G7

Таким образом, число и длина аллелей для каждого из локусов были одинаковы у диплоидных гибридов четырёх последовательных поколений гиногенеза, с пятого по восьмое (рисунки 1-7). Идентичность полученных характеристик микросателлитных ДНК-маркеров у всех карасекарпов из выборок исследованных поколений позволяет сделать вывод, что уже с пятого поколения стадо диплоидных гибридов являлось генетически однородным и представляло собой один изогенный клон.

Как было показано ранее [Абраменко, 1988; Черфас и др., 1986; 1989], в индивидуальных гиногенетических потомствах самок диплоидных гибридов значительная часть особей (в исследованных поколениях G2 и G3 в среднем 79%) были генетически идентичными. Полная изогенность этих потомств может нарушаться присутствием некоторого числа отличающихся от основного клона особей. Хотя каждое индивидуальное потомство в целом представляет собой клон, между отдельными потомствами отмечены генетические различия, определяющиеся различием генотипов самок F1 – основательниц исходного стада, т.е., стадо карасекарпов на начальных этапах воспроизводства являлось мультиклональным.

Селекция гиногенетических диплоидных гибридов по плодовитости и способности к индуцированному гиногенезу включала получение и отбор гибридных самок, продуцирующих полноценные, генетически однородные гаметы и дающих наиболее полноценные клоны. В итоге стадо карасекарпов начиная с пятого гиногенетического поколения стало моноклональным, повторяя генотип одной из лучших по плодовитости из участвовавших в индивидуальном отборе самок.

Возникшая моноклональность имеет положительную сторону, поскольку обеспечивает высокую однородность стада карасекарпов по репродуктивным признакам. Однако резкое изменение условий выращивания может привести к значительным негативным последствиям, поскольку адаптироваться к ним из-за отсутствия генетической изменчивости карасекарпы не смогут.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Абраменко М.И. Применение метода трансплантации тканей в селекционно-генетических исследованиях карповых рыб: автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. – Москва, 1988. – 25 с.

Емельянова О.В. Цитологическое исследование процессов созревания и оплодотворения у гибридов серебряного карася с карпом // Цитология. – 1984. – Т. 26. – С. 1427-1433.

Иванёха Е.В., Дума Л.Н., Рекубратский А.В. Сравнительная морфологическая характеристика диплоидных гибридов серебряного карася с карпом // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ «Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры». – 2023. – Вып. 94. – С. 34-43.

Рекубратский А.В., Иванёха Е.В., Балашов Д.А., Дума Л.Н., Дума В.В., Рекубратский Н.В., Ковалев К.В. Триплоидные гибриды серебряного карася с

качком - новый объект аквакультуры // Вопросы рыболовства. – Т. 13, № 3(51). – 2012. – С. 626-642.

Черфас Н.Б., Илясова В.А. Индуцированный гиногенез у гибридов серебряного карася с карпом // Генетика. – Т. 16, № 7. – 1980. – С. 1260-1269.

Черфас Н.Б., Абраменко М.И., Емельянова О.В., Ильина И.Д., Трувеллер К.А. Генетические особенности индуцированного гиногенеза у гибридов серебряного карася с карпом // Генетика. – Т. 22, № 1. – 1986. – С. 134-139.

Черфас Н.Б., Емельянова О.В., Рекубретский А.В., Гомельский Б.И., Абраменко М.И. Исследование гибридов серебряного карася с карпом (опыт применения генетических методов в работах с отдаленными гибридами) // Сб. «Генетика в аквакультуре». – Л., Наука, 1989. – С. 137-152.

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.

Jewel M.A.S., Rahman M.M., Islam M.N. Study of Genetic Variation in Different Hatchery Populations of Common Carp (*Cyprinus carpio*) of Mymensingh District in Bangladesh using Microsatellite DNA Markers // Journal of Bio-Science. – 2006. – Vol. 14. – P. 113-120.

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. – Vol. 16. – P. 421-431.

Li D., Kang D., Yin Q., Sun X., Liang L. Microsatellite DNA Marker Analysis of Genetic Diversity in Wild Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Populations // Journal of Genetics and Genomics. – 2007. – No. 34(11). – P. 984-993.

ABOUT MONOCLONALITY IN STOCK OF PRUSSIAN CARP X COMMON CARP DIPLOID HYBRIDS

E.V. Ivanekha, L.N. Duma, A.V. Recoubretsky

State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)

(“All-Russian Research Institute of Freshwater Fisheries”)

E-mail: genetics@vniiprh.vniro.ru

Abstract. Microsatellite DNA markers analysis at four gynogenetic generations of Prussian carp and common carp diploid hybrids has been performed. Findings indicate that the stock of diploid hybrids is isogenic clone.

Keywords: Prussian carp x common carp hybrids; diploids; individual selection; clone; microsatellites.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КРИОУСТОЙЧИВОСТИ КАК ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА СПЕРМЫ ОСЕТРОВЫХ РЫБ В РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ

О.Б. Докина, К.В. Ковалев, Н.Д. Пронина, Д.А. Попов, О.В. Корабельникова
*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)
E-mail: cryolab@vniiprh.vniro.ru*

Проведенный анализ динамики криоустойчивости спермы осетровых рыб из двух рыбоводных хозяйств за последние семь лет обнаружил ее постепенное снижение и сильную зависимость от качества исходного нативного материала, что указывает на необходимость проведения в хозяйствах мероприятий, направленных на его улучшение. Тем не менее, применение разработанной в Филиале по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») технологии криоконсервации спермы осетровых рыб, обеспечивающей при замораживании образцов хорошего качества сохранение ими оплодотворяющей способности на уровне нативного контроля, позволяет создавать страховые запасы генетического материала в криобанке и успешно решать задачи восстановления популяций.

Ключевые слова: криоконсервация, криобанк, сперма, осетровые рыбы.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость криоконсервации спермы осетровых рыб и создания страховых запасов замороженного генетического материала в криобанках остается актуальной уже несколько десятилетий.

Во ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) (п. Рыбное, Московская обл.) разработка соответствующей технологии, на основе изучения мирового опыта и проведения собственных исследований, а также закладка первых образцов криоконсервированной спермы осетровых рыб в низкотемпературный генетический банк были начаты в 1989 г. Подбор оптимальных параметров для каждого этапа процесса и поиск эффективного состава протективной среды, играющей определяющую роль при криоконсервации, привели в 2003 г. к созданию базовой технологии, позволяющей сохранять оплодотворяющую способность замороженной спермы на уровне нативной, в случае использования половых продуктов высокого качества [Цветкова и др., 2004; Докина и др., 2006]. Однако работа по совершенствованию технологии криоконсервации и корректировке состава среды для усиления ее протективных свойств продолжалась [Докина и др., 2008; 2019] в связи с непостоянством качества используемой нативной спермы, которое имеет первостепенное значение для успеха криоконсервации.

Наблюдаемую в ходе этой работы в последние годы тенденцию к снижению качества нативной спермы осетровых рыб из рыбоводных хозяйств, отмечаемую также другими исследователями [Тихомиров, 2017; Красильникова, 2018], представлялось целесообразным проанализировать по такому ее показателю, как криоустойчивость, объективность которого подтверждается высокой результативностью разработанной технологии криоконсервации осетровой спермы хорошего качества [Докина и др., 2006; 2008; 2019; 2020; Kovalev et al., 2019].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Половые продукты осетровых рыб, полученные на Конаковском заводе по осетроводству (КЗПО) (далее – отдел «Конаковский») Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), транспортировались при температуре 1-5°C в термосумке с хладоэлементами в криобанк ВНИИПРХ, где проводилась криоконсервация спермы и оценка ее оплодотворяющей способности после оттаивания.

Сперма осетровых рыб, полученная в научно-экспериментальном комплексе аквакультуры (НЭКА «БИОС») Волжско-Каспийского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», криоконсервировалась там же (за исключением 2020 г., когда сперма доставлялась службой курьерской доставки в криобанк ВНИИПРХ). Образцы замороженной спермы транспортировались при температуре -196°C в сосудах Дьюара для закладки в криобанк ВНИИПРХ и оценки их оплодотворяющей способности.

Качество нативной спермы, после ее активации технологической водой, оценивалось по подвижности, определяемой под микроскопом (Микромед-3 LED M) при увеличении в 300-400 раз по процентному отношению клеток с прямолинейно поступательным движением к общему количеству клеток в поле зрения.

Перед криоконсервацией охлажденная до 10-12°C спермы разбавлялась охлажденной до той же температуры криозащитной средой (водным раствором базовых компонентов: сахарозы, хлорида калия и метанола, с добавками других веществ или без них) в объемном отношении 1:1. Среда добавлялась к сперме по каплям при непрерывном перемешивании. Полученная суспензия сперма-среда разливалась в криопробирки объемом 1,5 мл, которые устанавливались вертикально на диск из фольгированного гетинакса с отверстиями для пробирок, снабженный датчиком (АТТ-2006), регистрирующим температуру спермы в пробирке. Сперма замораживалась в парах жидкого азота при постепенном погружении диска в криогенную ёмкость с жидким азотом по следующей программе: I этап: от +10 до -15°C со скоростью 2-3 °C/мин; II этап: от -15 до -196°C со скоростью до 20-25 °C/мин. Размораживание пробирок с криоконсервированной спермой проводилось в водном термостате (BIO WB-4Ms) при температуре 40°C в течение 60 сек.

Подвижность оттаявшей спермы, после ее активации технологической водой, определялась таким же образом, как подвижность нативной спермы.

Оплодотворяющая способность определялась в лабораторных условиях в трехкратной повторности. Размороженная сперма, разбавленная технологической водой в объемном соотношении 1:100 (1,5 мл суспензии из криопробирки, т.е. 0,75 мл спермы, на 75 мл воды), выливалась на икру (50-100 шт.) в чашке Петри. В контроле нативная сперма разбавлялась в том же соотношении (0,75 мл спермы на 75 мл воды). После перемешивания в течение 2 минут икра промывалась водой и помещалась в термостат для инкубации при температуре 16-18°C. Процент оплодотворения икры криоконсервированной спермой определялся на стадии 4-16 бластомеров и сравнивался либо с абсолютным контролем (процентом оплодотворения икры нативной спермой того же самца), либо с контролем по икре (процентом оплодотворения икры другой имеющейся нативной спермой).

Графическое представление данных о показателях нативной и размороженной спермы осуществлялось с помощью программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики криоустойчивости спермы осетровых рыб из двух рыбоводных хозяйств проводился за последние семь лет, начиная с 2017 г., когда впервые начала применяться усовершенствованная технология криоконсервации, оптимизация которой происходила в этот период.

Криоустойчивость образцов спермы в ходе работы с ними обычно оценивалась по двум показателям: подвижности и оплодотворяющей способности размороженной спермы (данные по выклеву личинок, по наблюдениям последних двух лет, совпадающие с процентом оплодотворения икры на стадии 4 бластомеров или немного ниже его, в целом не полны и поэтому не учитывались). Однако в связи с часто наблюдаемым отсутствием корреляции между подвижностью и оплодотворяющей способностью криоконсервированной спермы рыб [Пронина, 2004], отмечаемым также другими исследователями [Drokin, Kopeika, 1997; Brown, Mims, 1999; Glogowski et al., 2002; Horvath et al., 2008], в качестве наиболее надежного показателя криоустойчивости был выбран процент оплодотворения икры конкретным образцом размороженной спермы. Представлялось интересным его сопоставление с процентом подвижных клеток в нативной сперме данного образца, поскольку именно по этому критерию происходит обычно первоначальный отбор образцов для криоконсервации.

Для анализа использовалась выборка данных по этим показателям для четырех видов осетровых рыб: сибирского осетра, русского осетра, белуги и стерляди, содержащихся в отделе «Конаковский» (рисунки 1-4) и НЭКА «БИОС» (рисунки 5-8).

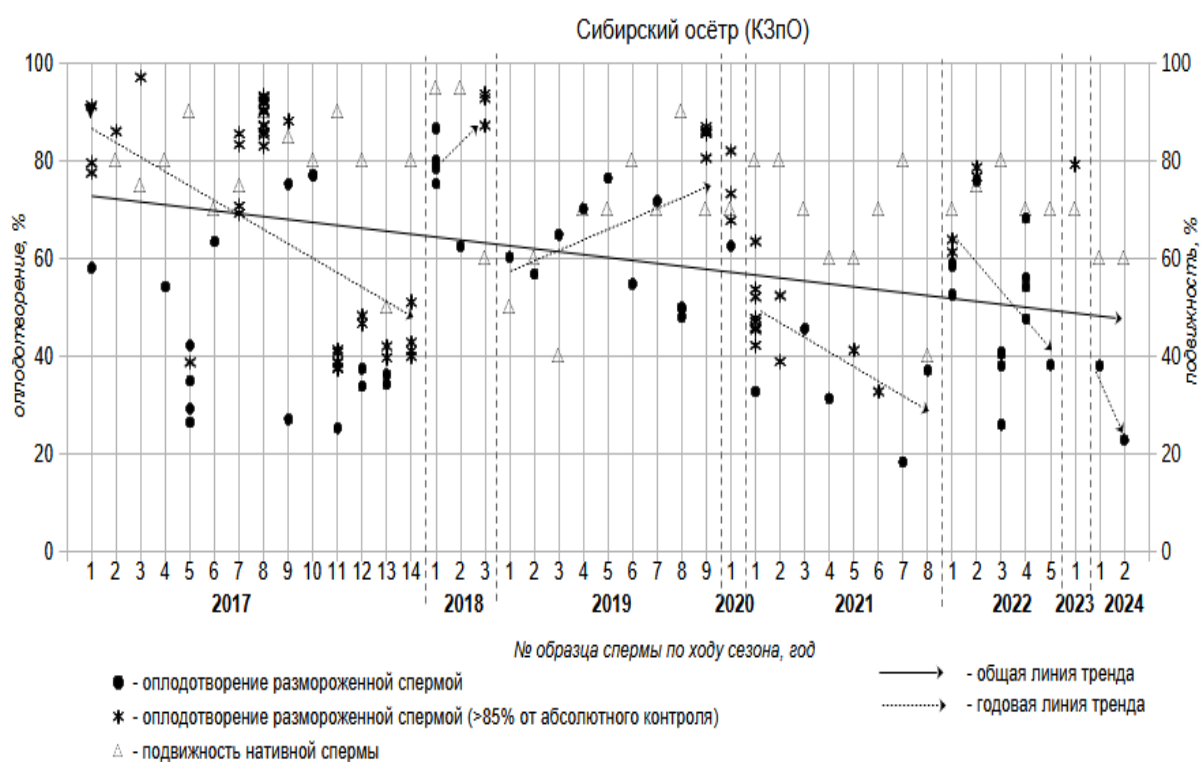


Рисунок 1 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы сибирского осетра в отделе «Конаковский»

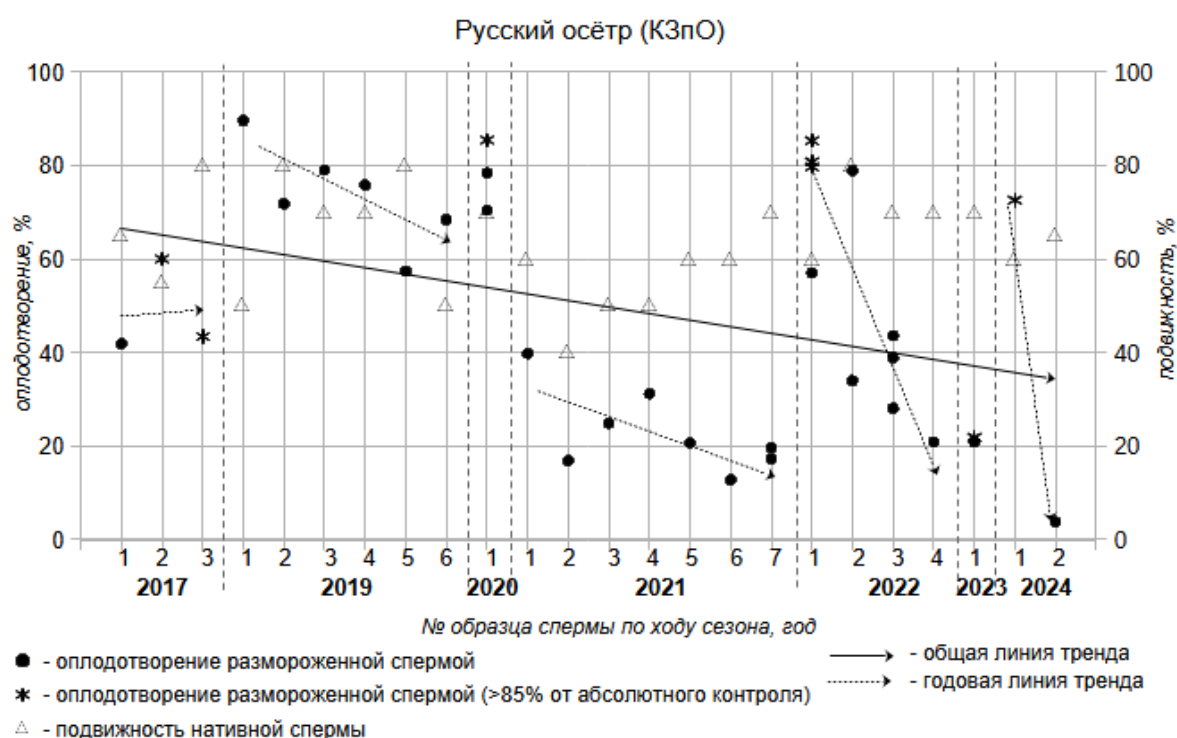


Рисунок 2 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы русского осетра в отделе «Конаковский»

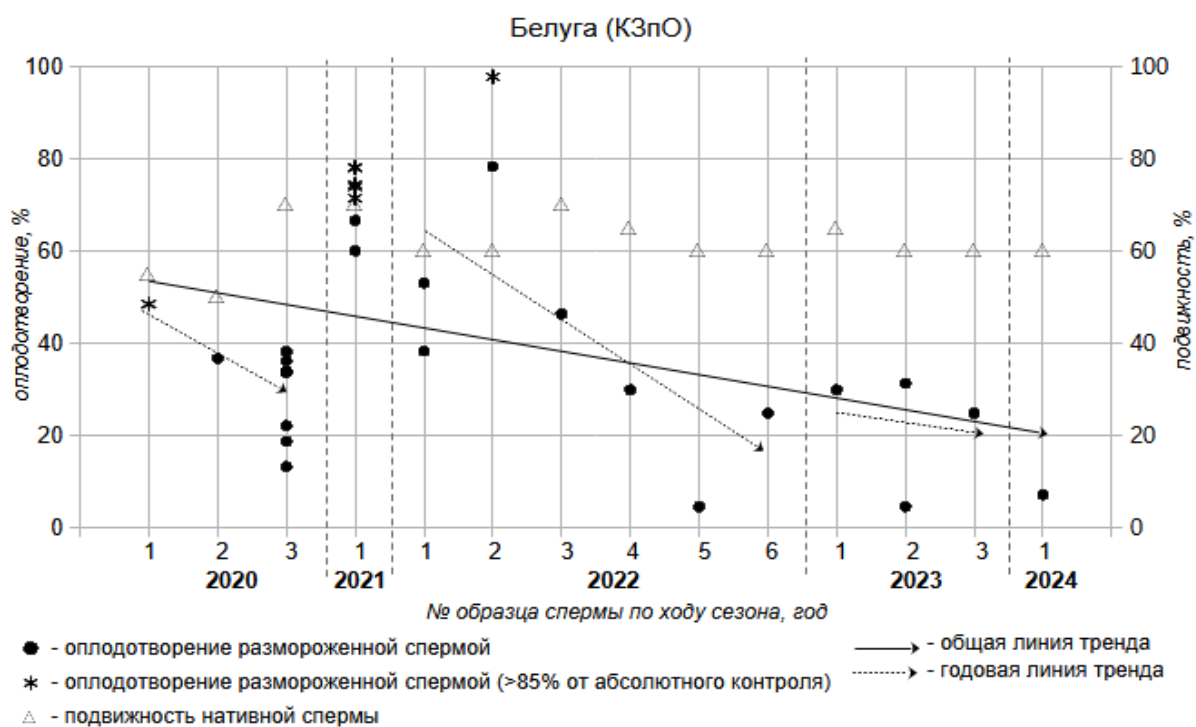


Рисунок 3 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы белуги в отделе «Конаковский»

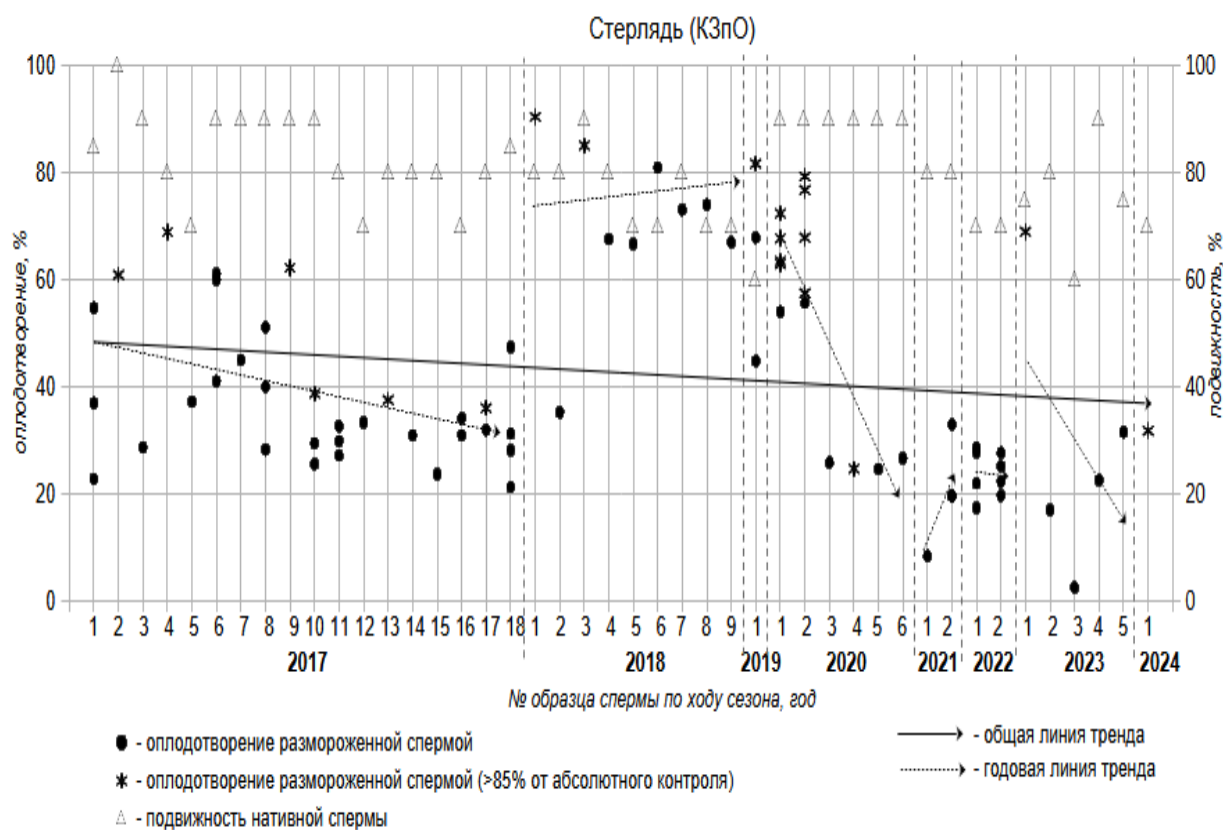


Рисунок 4 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы стерляди в отделе «Конаковский»

Как показывают представленные на рисунках 1-4 данные, криоустойчивость спермы рыб в отделе «Конаковский» практически каждый год, за редким исключением, снижалась в течение нерестового сезона и имела явную тенденцию к снижению в течение всего рассматриваемого периода. При этом для большинства образцов прослеживалось отсутствие прямой зависимости между подвижностью нативной спермы и показателями (подвижностью и оплодотворяющей способностью) криоконсервированной спермы (данные по подвижности размороженной спермы на рисунках не представлены во избежание перегруженности графиков). Прямая зависимость между подвижностью и оплодотворяющей способностью оттаявшей спермы также обычно отсутствовала.

Высокая, близкая к контролю, оплодотворяющая способность многих образцов размороженной спермы (чаще наблюдаемая в начале сезонов) указывала на эффективность применяемой технологии криоконсервации. Однако результаты замораживания образцов спермы с одинаковым процентом подвижности имели значительные различия, что позволяет предположить их зависимость от других показателей качества нативной спермы, не связанных с подвижностью.

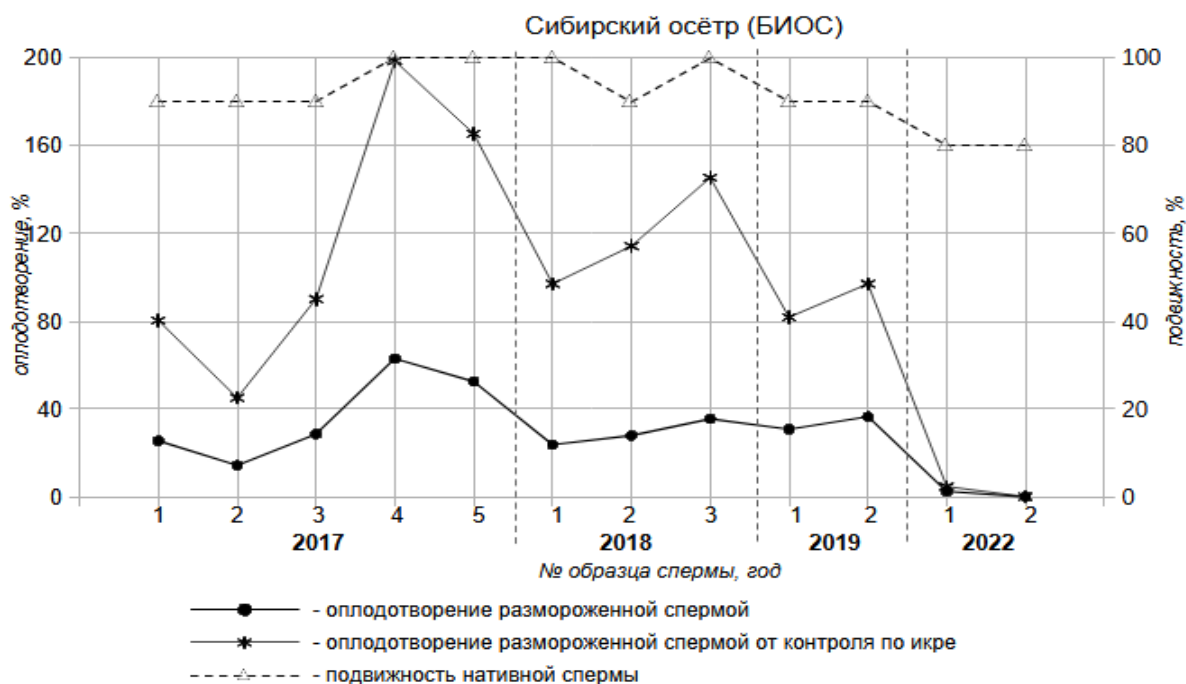


Рисунок 5 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы сибирского осетра из НЭКА «БИОС»

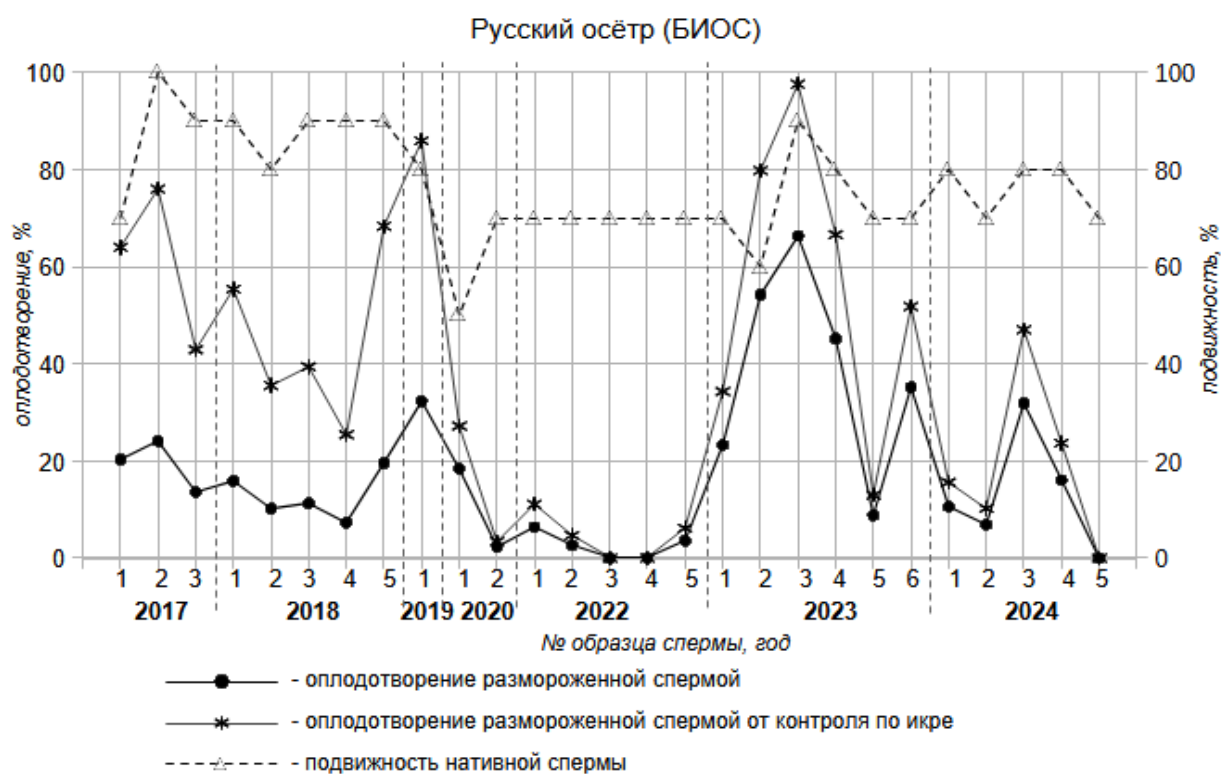


Рисунок 6 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы русского осетра из НЭКА «БИОС»

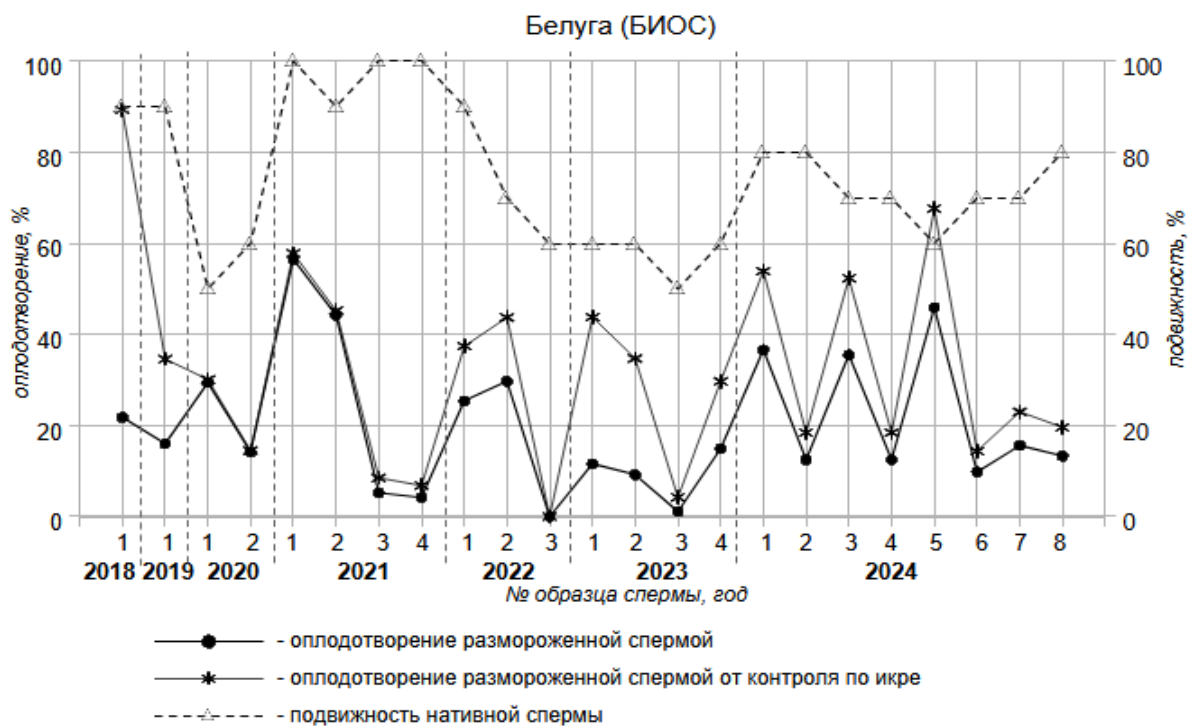


Рисунок 7 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы белуги из НЭКА «БИОС»

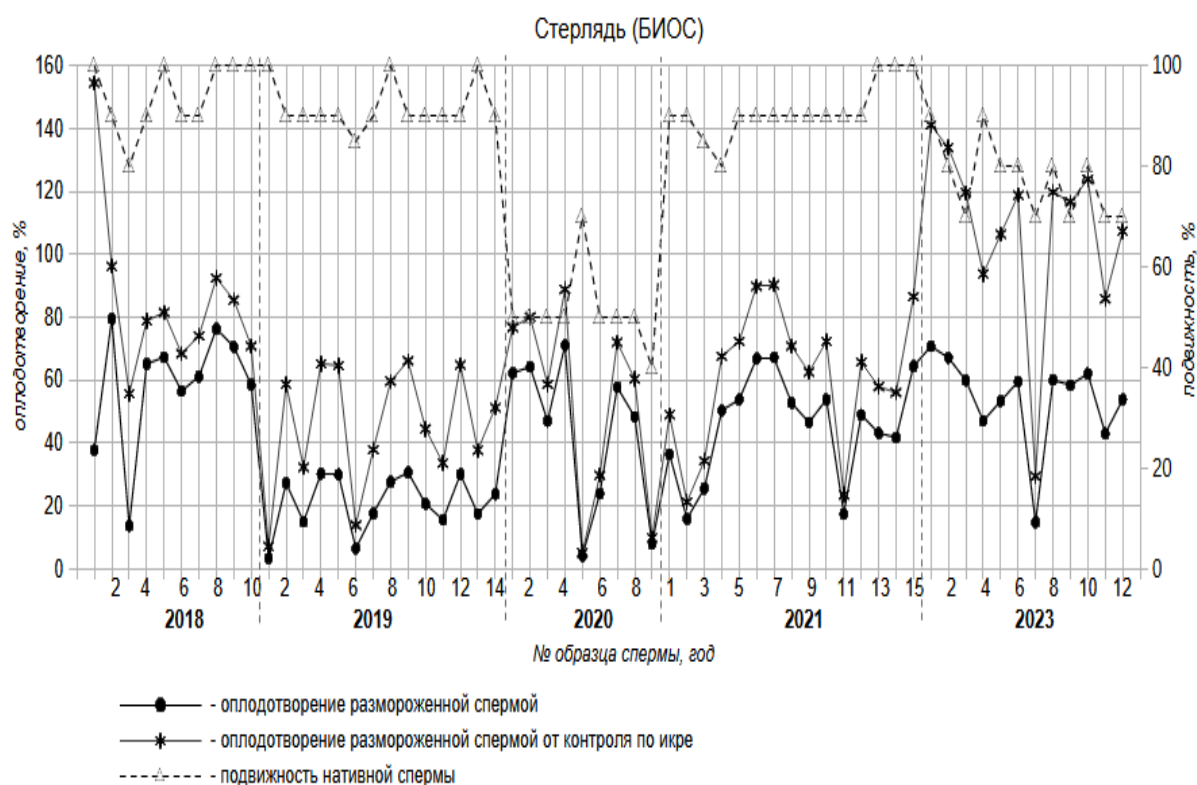


Рисунок 8 – Показатели качества образцов нативной и криоконсервированной спермы стерляди из НЭКА «БИОС»

Криоустойчивость спермы рыб из НЭКА «БИОС», как показывают рисунки 5-8, имела в целом более низкий уровень, чем у рыб отдела «Конаковский», для всех четырех видов. При этом качество икры осетровых рыб отдела «Конаковский», используемой для проверки образцов, было достаточно хорошим, на что указывали высокие значения процентов оплодотворения размороженной спермой от контроля по икре (в ряде случаев выше 100%, что также подтверждало эффективность используемой технологии криоконсервации). Так же, как для образцов отдела «Конаковский», высокая подвижность нативной спермы не гарантировала получения высокой оплодотворяющей способности размороженной спермы. Напротив, резкое снижение подвижности образцов спермы русского осетра, белуги и стерляди в ходе доставки посылкой в 2020 г. не привело к катастрофическому падению криоустойчивости: оплодотворяющая способность размороженной спермы оказалась в целом на обычном уровне. Для белуги это согласуется с данными о нормальном физиологическом состоянии самцов по биохимическим показателям крови в 2020 г. [Козлова и др., 2021]. Однако резкие спады криоустойчивости спермы русского осетра в 2022 г. и белуги в 2022-2023 гг., коррелировавшие в данных случаях с более низкой, чем в другие годы, подвижностью нативной спермы, тем не менее, объясняются, по-видимому, влиянием иных ее показателей, не связанных с подвижностью.

Вероятно, основной причиной снижения качества спермы, влияющего на ее криоустойчивость, является постепенное ухудшение физиологического статуса рыб на осетровых заводах из-за получения потомства от

близкородственных скрещиваний, при использовании преимущественно производителей из собственных продукционных стад и сокращении доли производителей из природных популяций [Пономарева, Богатырева, Тихомиров, 2011; Красильникова, 2018].

Кроме того, качество спермы рыб, определяющееся ее биохимическими показателями, в большой степени зависит от полноценности кормовых рационов и обеспечения оптимальных условий содержания производителей в хозяйствах (температуры и качества воды, фотопериода, стимуляции сперматогенеза). Улучшение качества может быть достигнуто также в результате селекции стрессоустойчивых и хорошо адаптирующихся к условиям содержания особей [Vobe, Labbe, 2010; Cabrita et al., 2014].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ динамики криоустойчивости спермы осетровых рыб из двух рыбоводных хозяйств за последние семь лет обнаружил ее постепенное снижение и сильную зависимость от качества исходного нативного материала, что указывает на необходимость проведения в хозяйствах мероприятий, направленных на его улучшение.

Довольно часто высокие проценты подвижных клеток в отбираемых образцах нативной спермы не гарантируют успеха криоконсервации, то есть сохранения высокой оплодотворяющей способности размороженной спермы. Образцы криоконсервированной спермы, показавшие при проверке низкие проценты оплодотворения икры, могут быть использованы только для молекулярно-генетических исследований. Необходим поиск новых маркеров качества спермы, пригодных для отбора образцов.

Тем не менее, применение разработанной во ВНИИПРХ технологии криоконсервации спермы осетровых рыб, обеспечивающей при замораживании образцов хорошего качества сохранение ими оплодотворяющей способности на уровне нативного контроля, позволяет создавать страховые запасы генетического материала в криобанке и успешно решать задачи восстановления популяций.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации грант № 075-15-2021-1084

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Докина О.Б., Цветкова Л.И., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Метод криоконсервации спермы осетровых рыб – объектов аквакультуры // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: Материалы докладов IV Международной научно-практической конференции (Астрахань, 13-15 марта 2006). – М.: изд-во ВНИРО, 2006. – С. 76-79.

Докина О.Б., Цветкова Л.И., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Способ криоконсервирования спермы осетровых рыб: патент РФ. – № 2317703. – 2008.

Докина О.Б., Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Защитная среда для криоконсервации спермы осетровых рыб: патент РФ. – № 2683682. – 2019.

Докина О.Б., Ковалев К.В., Пронина Н.Д., Миленко В.А. Эффективные технологии криоконсервации спермы карповых и осетровых рыб // Новейшие генетические технологии для аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29 - 31 января 2020 г.). – М.: «Перо», 2020. – С. 119-134.

Козлова Н. В., Макарова Е. Г., Барина В. В., Яковлева Е.П., Никитин Ф.И. Физиолого-биохимическая характеристика производителей белуги в условиях искусственного воспроизводства // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: Материалы VIII научно-практической конференции с международным участием (Астрахань, 22 октября 2021 года). – Астрахань: Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 2021. – С. 149-153.

Красильникова А.А. Применение криоконсервированной спермы при искусственном воспроизводстве рыб // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития: Материалы Международной молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (Ростов-на-Дону, 4-6 сен. 2018). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. – С. 151-154.

Пономарева Е.Н., Богатырева М.М., Тихомиров А.М. Использование криоконсервированной спермы при искусственном воспроизводстве осетровых рыб в установках замкнутого водообеспечения // Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения: Материалы Международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 27–30 сент. 2011). – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2011. – С. 100-101.

Пронина Н.Д. Оценка качества криоконсервированной спермы рыб // Сохранение генетических ресурсов: Доклады Международной конференции (Санкт-Петербург, 19-22 октября 2004). – Цитология. – 2004. – Т. 46. – № 9. – С. 843-844.

Тихомиров А.М. Корректировка методики криоконсервации половых продуктов осетровых рыб Нижней Волги при создании маточного стада // Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук: Международного научного форума «Достижения академической науки на Юге России»; Международной молодежной научной конференции «Океанология в XXI веке: современные факты, модели, методы и средства» памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова; Всероссийской научной конференции «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки». – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. – С. 433-434.

Цветкова Л.И., Докина О.Б., Пронина Н.Д., Миленко В.А., Тансыкбаев А.Н. Криоконсервация спермы осетровых рыб - объектов аквакультуры // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы: Материалы III Международной научно-практической конференции (Астрахань, 22-25 марта 2004). – Астрахань, 2004. – С. 213-214.

Bobbe J., Labbe C. Egg and sperm quality in fish // General and Comparative Endocrinology. – 2010. – V. 165. – P. 535-548.

Brown G.G., Mims S.D. Cryopreservation of paddlefish *Polyodon spathula* milt // J. World Aquacult. Soc. – 1999. – V. 30. – No 2. – P. 245-249.

Cabrita E., Martinez-Paramo S., Gavaia P.J., Riesco M.F., Valcarce D.G., Robles V., Herraez M.P., Sarasquete C. Factors enhancing fish sperm quality and emerging tools for sperm analysis // Aquaculture. – 2014. – V. 432. – P. 389-401.

Drokin S.I., Kopeika E.F. Cryopreservation and phospholipid content of spermatozoa of some sturgeon species // 3rd International Symposium of Sturgeon (Piacenza, Italy, 8-11 July 1997): Book of Abstracts. – 1997. – P. 143-144.

Glogowski J., Kolman R., Szczepkowski M., Horvath A., Urbanyi B., Sieczynski P., Rzemieniecki A., Domagala J., Demianowicz W., Kowalski R., Ciereszko A. Fertilization rate of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*, Brandt) milt cryopreserved with methanol // Aquaculture. – 2002. – V. 211. – No 1-4. – P. 367-373.

Horvath A., Wayman W.R., Dean J.C., Urbanyi B., Tiersch T.R., Mims S.D., Johnson D., Jenkins J.A. Viability and fertilizing capacity of cryopreserved sperm from three North American acipenseriform species: a retrospective study // J. Appl. Ichthyol. – 2008. – V. 24. – No 4. – P. 443-449.

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, 2019. – P. 124-125.

ANALYSIS OF DYNAMICS OF CRYORESISTANCE AS AN INDICATOR OF STURGEON SPERM QUALITY IN FISH FARMS

O.B. Dokina, K.V. Kovalev, N.D. Pronina, D.A. Popov, O.V. Korabelnikova
*State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater
Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)
E-mail: cryolab@vniiprh.vniro.ru*

Abstract. The conducted analysis of the dynamics of cryoresistance of sturgeon sperm from two fish farms over the past seven years revealed its gradual decrease and strong dependence on the quality of the original native material, which indicates the need to carry out measures in the farms aimed at its improvement. Nevertheless, the use of the technology for cryopreservation of sturgeon sperm developed at VNIIPRKH, which ensures that when freezing good-quality samples, their fertilizing capacity is preserved at the level of native control, makes it possible to create insurance reserves of genetic material in a cryobank and successfully solve problems of population restoration.

Keywords: cryopreservation, cryobank, sperm, sturgeons.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ПО СОХРАНЕНИЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА КАРПОВЫХ РЫБ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА С РЕСПУБЛИКОЙ БЕЛАРУСЬ

К.В. Ковалёв¹, О.Б. Докина¹, В.Ю. Жарикова^{1,2}, В.Г. Костоусов³, Н.Д. Пронина¹,
О.В. Корабельникова¹, Д.А. Попов¹

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

²Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
Астраханский государственный технический университет (ДРТИ АГТУ)

³РУП «Институт рыбного хозяйства» Республика Беларусь,
Россия, E-mail: cryolab@vniiprh.vniro.ru

Представлены результаты работ по криоконсервации и определению оплодотворяющей способности образцов спермы карповых рыб, полученных из селекционно-племенного участка «Изобелино», Республика Беларусь.

Ключевые слова: карп, сперма, криоконсервация, образцы, криобанк.

ВВЕДЕНИЕ

Работы проведены в рамках международного сотрудничества между Филиалом по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ 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.

Задачей работы являлась криоконсервация, определение оплодотворяющей способности и закладка образцов спермы карповых рыб в криобанк на долговременное хранение, для сохранения генетического разнообразия объектов аквакультуры.

Главной задачей рыбоводов Беларуси является повышение продуктивности выростных и нагульных прудов, производство высококачественного и здорового посадочного материала карпа. Поэтому рыбоводные предприятия Беларуси эффективно используют новые белорусские породы карпа: лахвинский чешуйчатый; тремлянский, зеркальная и чешуйчатая линии; изобелинский карп, сочетающий в себе две линии чешуйчатого карпа и две линии зеркального [Таразевич, 2021].

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 [Корабельникова и др., 2021].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор образцов спермы карповых рыб проводили в РУП «Институт Рыбного хозяйства», на селекционно-племенном участке «Изобелино» (СПУ «Изобелино») Республики Беларусь.

Работы проведены в 2022, 2023 и 2024 гг. на сперме карпов белорусских пород: лахвинский зеркальный, лахвинский чешуйчатый, изобелинский отводка «Столин XVIII», изобелинский отводка «смесь зеркальная», изобелинский отводка «три прим», изобелинский отводка «смесь чешуйчатая», тремлянская линия чешуйчатая, тремлянская линия зеркальная, а также сперме амурского сазана.

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 пятидесяти миллилитровые пластиковые пробирки до одной трети объёма, маркировали и помещали в изотермический контейнер, перекладывая хладоэлементами и уплотнительными материалами.

Образцы спермы после транспортировки во ВНИИПРХ оценивали визуально и по подвижности под микроскопом при увеличении в 300-400 раз. Перед криоконсервацией сперму смешивали с криозащитной средой в соотношении 1:1 и разливали по пробиркам объёмом 1,5 мл. Затем замораживали путём медленного погружения в жидкий азот со скоростью 5 град/мин. (от +5°C до -15°C) и 20 град/мин (от -15°C до -70°C). Впоследствии, выбранные для проверки образцы криоконсервированной спермы изымали из криохранилища. Перед оплодотворением икры образцы спермы размораживали на водяной бане при температуре 38-40°C в течение 60 секунд. Размороженные образцы оценивали по подвижности спермиев. Оплодотворение икры размороженной спермой осуществлялось в лабораторных условиях в чашках Петри. В центр чашки помещали порцию икры в количестве 100-150 шт. Сперму разбавляли в отдельной ёмкости активатором в объемном соотношении 1:100 (одна пробирка содержит 1,5 мл смеси спермы с криозащитной средой в соотношении 1:1; таким образом, для разбавления 0,75 мл спермы необходимо

75 мл активатора). Кριοконсервированная сперма, разбавленная активатором, выливалась на икру при одновременном распределении икринок колонковой кисточкой по дну чашки Петри. Затем икру промывали чистой водой и оставляли для инкубации. Для каждого образца оплодотворение проводили в трёхкратной повторности. Оплодотворяющую способность образца кριοконсервированной спермы определяли путём вычисления среднего процента оплодотворения на стадии четырёх бластомеров. Для исключения влияния некачественной икры на результаты проверки использовали контроль по икре (порция икры, оплодотворённая нативной спермой) и подсчитывали процент оплодотворения относительно контроля по икре [Докина и др., 2019].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работы в рамках международного сотрудничества между Филиалом по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), и РУП «Институт рыбного хозяйства» (Республика Беларусь) были начаты в 2016 году [Корабельникова и др., 2021], в настоящем исследовании представлены результаты работ 2022, 2023 и 2024 гг.

В таблице 1 представлена сводная информация по количеству и объёму образцов, собранных за этот период.

Таблица 1 – Общее количество и объём образцов спермы карповых видов рыб, полученных из селекционно-племенного участка «Изобелино» РУП «Институт Рыбного хозяйства» Республики Беларусь в 2022-2024 гг.

Породная принадлежность рыб	Количество образцов, шт.	Объём спермы, мл
2022 г.		
Карп лахвинский зеркальный	2	62
Карп изобелинский отводка «Столин XVIII»	3	65
Карп изобелинский отводка «смесь зеркальная»	1	10
Амурский сазан	2	3,5
2023 г.		
Карп изобелинский отводка «три прим»	2	6
Карп изобелинский отводка «смесь чешуйчатая»	1	5
Карп лахвинский чешуйчатый	3	24
Карп тремлянский линия чешуйчатая	2	13
Карп тремлянский линия зеркальная	1	8

2024 г.		
Карп тремлянский линия чешуйчатая	6	38,25
Карп изобелинский отводка «Столин XVIII»	5	36
Всего	28	270,75

Результаты работ 2022 г.

В 2022 г. транспортировку образцов спермы осуществляла транспортная компания, время в пути составило 23 часа. По прибытии во ВНИИПРХ 28 мая 2022 г. при вскрытии контейнера, была зафиксирована температура - 12°C. Во ВНИИПРХ доставлено 8 образцов: 2 образца спермы породы карпа лахвинский, 2 образца спермы амурского сазана, 3 образца породы карпа изобелинский отводка «Столин 18» и 1 образец карпа изобелинский отводка «смесь зеркальная». Характеристики образцов спермы и результаты проверки качества образцов, путём определения оплодотворяющей способности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики образцов спермы карповых видов рыб, полученных из селекционно-племенного участка «Изобелино» РУП «Институт Рыбного хозяйства» Республики Беларусь и заложенных в криобанк в 2022 г.

Вид, породная принадлежность рыб	Нативная сперма		Криоконсервированная сперма после размораживания	
	подвижность, %	оплодотворяющая способность, %	подвижность, %	оплодотворяющая способность, %
Карп лахвинский зеркальный	70	$K_{и} = 97,9$	10	42,5
	20		10	27,4
	70		20	89,5
Карп изобелинский отводка «Столин XVIII»	60		10	8,5
	50		5	56,3
	40		5	19,2
Сазан амурский	60		15	85,5
	40		5	30,9

Образцы нативной спермы после транспортировки имели подвижность от 20 до 70 %. Криоконсервированные образцы спермы белорусских карповых рыб после оттаивания были проверены по подвижности и оплодотворяющей способности. Оплодотворяющая способность составила от 8,5 до 89,5%.

Результаты работ 2023 г.

В 2023 г. транспортировку образцов спермы осуществляли автотранспортом, время в пути составило 16 часов. Во ВНИИПРХ доставлено 9 образцов спермы, через сутки после криоконсервации, была определена оплодотворяющая способность на икре карпа загорской породы. Породная принадлежность и характеристики образцов спермы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики образцов спермы карповых пород рыб, полученных из СПУ «Изобелино» в 2023 г.

Породная принадлежность рыб	Нативная сперма		Криоконсервированная сперма после размораживания	
	объём нативной спермы, мл	подвижность спермы, %	подвижность, %	Оплодотворяющая способность, %
Карп изобелинский отводка «три прим»	4	70	5	81,2
Карп изобелинский отводка «три прим»	2	50	20	62,5
Карп изобелинский отводка «смесь чешуйчатая»	5	70	25	91,3
Карп лахвинский чешуйчатый	8	60	25	30,1
Карп лахвинский чешуйчатый	10	80	20	78,7
Карп лахвинский чешуйчатый	6	70	10	51,4
Карп тремлянский линия чешуйчатая	5	50	20	56,7
Карп тремлянский линия чешуйчатая	8	70	10	62,8
Карп тремлянский линия зеркальная	8	80	30	89,2

Контроль по икре при проверке составил 93,9%, а оплодотворяющая способность от 30,1% до 91,3%.

Результаты работ 2024 г.

В 2024 г. время транспортировки образцов спермы составило 12 часов. Во ВНИИПРХ доставлено 11 образцов спермы. Через сутки после криоконсервации, была определена оплодотворяющая способность на икре карпа загорской породы. Породная принадлежность и характеристики образцов спермы представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики образцов спермы карповых пород рыб, полученных из СПУ «Изобелино» в 2024 г.

Порода карпа	Объём нативной спермы, мл	Подвижность нативной спермы, %	Подвижность размороженной спермы, %	Оплодотворяющая способность размороженной спермы, % / от Ки, %	Выклев %/ от Ки, %
Тремлянский чешуйчатый карп	5,25	60	15	57,8 / 66,4	50,0 / 66,6
Тремлянский чешуйчатый карп	3,0	50	20	56,1 / 64,5	44,7 / 59,5
Тремлянский чешуйчатый карп	9,0	50	20	71,8 / 82,5	35,6 / 47,4
Тремлянский чешуйчатый карп	11,25	70	15	47,5 / 54,6	41,7 / 55,5
Тремлянский чешуйчатый карп	6,0	50	15	50,8 / 58,4	45,2 / 60,2
Тремлянский чешуйчатый карп	3,75	60	10	27,0 / 31,0	25,7 / 34,2
Карп Изобелинский отводка Столин XVIII	3,75	50	7	22,0 / 25,3	17,1 / 22,8
Карп Изобелинский отводка Столин XVIII	3,0	50	20	67,3 / 77,4	54,1 / 72,0
Карп Изобелинский отводка Столин XVIII	4,5	40	10	20,5 / 23,6	18,2 / 24,2
Карп Изобелинский отводка Столин XVIII	9,75	50	10	57,7 / 66,3	46,2 / 61,5
Карп Изобелинский отводка Столин XVIII	15,0	70	20	85,3 / 98,0	48,0 / 63,9
Оплодотворение в Ки 87,0 % Выклев в Ки 75,1 %					

Оплодотворяющая способность в контроле по икре (Ки) при проверке составила 87,0%, а выклев предличинок 75,1%. Следует отметить, что оплодотворяющая способность размороженной спермы имеет достаточно хорошие показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2022-2024 гг. были продолжены работы по пополнению коллекции криобанка ВНИИПРХ образцами спермы карповых рыб из селекционно-племенного участка «Изобелино» (СПУ «Изобелино»), Республика Беларусь.

Реализована доставка образцов спермы посредством курьерской службы и собственным автотранспортом с сохранением характеристик спермы пригодных для целей криоконсервации и закладки на долговременное низкотемпературное хранение.

Проверка качества криоконсервированных образцов спермы карпа, путём определения оплодотворяющей способности, показала в основном удовлетворительные результаты их оплодотворяющей способности. Данная проверка позволит объективно характеризовать качество каждого

криоконсервированного образца спермы и позволит прогнозировать результаты оплодотворения при научном и практическом использовании данных образцов. Образцы с низкой оплодотворяющей способностью могут быть успешно использованы для молекулярно-генетических исследований.

Создание коллекции образцов спермы ценных видов рыб, позволит НИИ и хозяйствам аквакультуры успешно вести работы по сохранению генетического разнообразия популяций и видов рыб; для выведения новых пород и усиления признаков, наиболее ценных в хозяйственном отношении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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.

Корабельникова О.В., Пронина Н.Д., Докина О.Б., Дементьев В.Н., Ковалев К.В., Костоусов В.Г., Сергеева Т.А. Опыт использования спермы карпа после длительной транспортировки // Сб. науч. трудов / Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – Вып. 92. – М.: Издательство «Перо», 2021. – С. 49-59.

Таразевич Е.В. Оценка сеголетков карпа разной породной принадлежности по основным рыбохозяйственным показателям и его устойчивости к заболеванию воспаление плавательного пузыря // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2021. – № 1 (40). – С. 28-32.

THE RESULTS OF THE PRESERVATION OF THE GENETIC MATERIAL OF CYPRINID FISH IN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL COOPERATION WITH THE REPUBLIC OF BELARUS

K.V. Kovalev¹, O.B. Dokshina¹, V.Y. Zharikova^{1,2}, V.G. Kostousov³, N.D. Pronina¹,
O.V. Korabelnikova¹, D.A. Popov¹

¹*State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)*

²*Dmitrov Fisheries Technological Institute (branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Astrakhan State Technical University»)*

³*Republican Unitary Enterprise Fish Industry Institute, the Republic of Belarus
E-mail: cryolab@vniiprh.vniro.ru.*

Abstract. The paper presents the results of cryopreservation and determination of the fertilizing ability of sperm samples of cyprinid fish obtained from the breeding site "Izobelino", Republic of Belarus.

Keywords: carp, sperm, cryopreservation, samples, fertilization cryobank.

ДИАГНОСТИКА ВИРУСА ИНФЕКЦИОННОГО НЕКРОЗА ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ (IPNV) МЕТОДОМ ПЦР

Ю.П. Щелкунова, Е.Г. Макарова, И.Ю. Кропачева, С.А. Рекордатова

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)

E-mail: schelkunova@vniiprh.vniro.ru

В статье представлены результаты по выявлению вируса инфекционного некроза поджелудочной железы (IPN) лососевых рыб в культуральном материале. Подобраны специфические праймеры, определены оптимальные условия проведения классической ПЦР и количественной ПЦР (ПЦР в режиме «реального времени»). Первичная последовательность амплифицируемых ПЦР-продуктов подтверждена методом нуклеотидного секвенирования. Описанная разработка может быть применена для диагностики заболеваний рыб с подозрением на IPN и в мониторинговых исследованиях поголовья рыб в хозяйствах и естественных водоемах.

Ключевые слова: инфекционный некроз поджелудочной железы, диагностика вирусных болезней рыб, классическая ПЦР и ПЦР в режиме «реального времени», секвенирование.

ВВЕДЕНИЕ

Инфекционный некроз поджелудочной железы (ИНПЖ, Infection pancreatic necrosis, IPN) – высококонтагиозное вирусное заболевание молоди культивируемых и диких лососевых рыб, а также рыб некоторых других семейств. Болезнь характеризуется развитием септического процесса и летальностью от 10% до 90% и более. Основной мишенью вируса является поджелудочная железа, изменения в которой хорошо заметны на гистологическом уровне [Dobos, Roberts, 1983; Wolf, 1988; Reno, 1999]. Возбудитель заболевания относится к роду *Aquabirnavirus* семейства *Birnaviridae*. Представители данного семейства имеют безоболочечный капсид икосаэдрической формы, диаметром около 60 нм и геном, состоящий из двух сегментов двухцепочечной РНК (А и В) [Dobos, Roberts, 1983; Rodriguez et al., 2003]. Основными структурными белками вируса являются: VP1 (РНК-зависимая РНК-полимераза, которая кодируется сегментом В вируса), и несколько белков, закодированных в сегменте А: VP2 (внешний капсид-белок и основной иммунногенный белок, влияющий на вирулентность) и VP3 (внутренний белок вируса), протеаза (VP4) и белок с невыясненной функцией VP5 [Delmas et al., 2005].

Вирус обладает широкой антигенной и генотипической изменчивостью. Его выделяли у диких и культивируемых лососевых рыб в разных странах

мира, поэтому считается, что заболевание распространено во всем мире [Manual of diagnostic test ..., 2006; Dhar et al., 2017]. Вспышки IPN в хозяйствах связаны в основном с импортом и межхозяйственными перевозками икры и молоди лососевых.

Для диагностики заболевания рекомендованным методом является выделение вируса на клеточных линиях рыб, таких как CHSE-214 (клетки эмбрионов чавычи), RTG-2 (гонады радужной форели) и другие, с последующей его идентификацией серологическими методами [Manual of diagnostic test ..., 2006; Методические указания по диагностике ..., 1998]. Однако, несмотря на надежность данного метода, он является дорогостоящим и длительным. Для подтверждения отрицательного результата требуется не менее трех недель [Методические указания по диагностике ..., 1998; Ahne, Thomsen, 1986]. В научной литературе описано несколько методов для эффективного и быстрого выявления РНК вируса IPN в инфицированных клеточных культурах и тканях рыб с использованием полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) и некоторых ее вариантов [Lopez-Lastra et al., 1994; Way-Shyan et al., 1997; Tufino-Loza et al., 2020].

ПЦР-диагностика значительно сокращает время проведения исследований, что позволяет в кратчайшие сроки приступить к разработке терапевтических мер и тем самым сократить экономические потери.

В настоящее время на Российском рынке отсутствуют коммерческие диагностические наборы для ПЦР диагностики IPN, поэтому данная разработка имеет большую актуальность.

Цель данной работы состояла в подборе специфических праймеров для разработки диагностической тест-системы с использованием методов классической и количественной ПЦР (ПЦР в «реальном времени»).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Культура клеток. Для накопления вируса инфекционного некроза поджелудочной железы (IPNV) использовали перевиваемую клеточную культуру RTG-2 (гонады радужной форели, *Oncorhynchus mykiss*). В качестве отрицательных контролей для подтверждения специфичности подобранных праймеров использовали вирусы инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) и весенней виiremии карпа (SVCV), накопленные в перевиваемой клеточной культуре ЕРС, а также незараженную культуру клеток RTG-2. Среду для заражения клеточного монослоя готовили из питательной среды ИГЛА MEM с двойным набором аминокислот и витаминов (Игла 2MEM) («ПанЭко», Россия) с добавлением 10% сыворотки эмбриона коров (Global Kang, Китай) и гентамицина 40мкг/мл.

Вирус. Вирус инфекционного некроза поджелудочной железы накапливали в монослое клеточной линии RTG-2 при температуре 15°C в среде ИГЛА 2MEM с добавлением 2% сыворотки эмбриона коров и гентамицина 40 мкг/мл. После полного поражения монослоя (через 4-5 суток после заражения) клеточную суспензию центрифугировали при 1200g в течение 10 мин при 4°C

для получения супернатанта, по которому определяли титр вируса методом Рида и Менча.

Подбор синтетических олигонуклеотидов. В международной базе данных на сайте NCBI нами был проведен поиск нуклеотидных последовательностей и анализ генома вируса инфекционного некроза поджелудочной железы лососевых рыб. Для подбора специфичных праймеров были использованы участки сегмента А генома вируса IPN. Специфические олигонуклеотидные праймеры, используемые для выявления вируса IPN, подбирали с использованием программы Primer-BLAST (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/>). Также были использованы праймеры, описанные в работе Tufino-Loza с соавторами [Tufino-Loza et al., 2020]. Все использованные пары праймеров приведены в таблице 1.

Экстракция РНК и синтез кДНК. Выделение и очистку тотальной РНК проводили из культуры клеток, содержащей наработанный вирус IPN, с помощью набора реагентов на основе магнитных частиц в соответствии с инструкцией производителя («МагноПрайм® ВЕТ», НекстБио, Россия). В качестве отрицательного контроля на всех этапах использовали РНК вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани рыб (IHNV) и вируса весенней виремии карпа (SVCV). Первую цепь ДНК на РНК-матрице синтезировали сразу после выделения нуклеиновой кислоты с использованием набора реагентов для проведения обратной транскрипции («ОТ-1», НПК «Синтол», Россия). ОТ-ПЦР проводили в объеме 25 мкл: 2,5х реакционной смеси – 10 мкл; РНК – 10 мкл; деонизированная вода – 2 мкл, фермент MMLV-RT – 1 мкл. В качестве праймера для реакции использовали обратный праймер, подобранный для ПЦР. Реакция проводилась по следующей схеме: 5 минут денатурации РНК и отжига праймера при температуре 70°C, инкубация при 37°C в течении часа, для инактивации фермент MMLV-RT нагревали образцы до 92°C в течении 5 минут.

Классическая полимеразно-цепная реакция. Полученную кДНК использовали для проведения ПЦР участков сегмента А генома вируса IPN. Реакцию проводили в термоциклере ДТклассик (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия), в объеме 25 мкл: 10х ПЦР-Буфер-Б для Taq ДНК-полимеразы, 2 mM MgCl₂, 0,2 mM смеси dNTP, по 0,2 mM каждого из праймеров (прямой и обратный) (таблица 1), 1 ед. SynTaq ДНК-полимераза с ингибирующими активностью фермента антителами (НПК «Синтол», Россия) и деонизированная вода до объема 25 мкл. ПЦР проводили при следующих условиях: предварительная денатурация при 95°C - 1 мин, синтез ПЦР-продуктов (35 циклов): плавление 95°C - 30 с, отжиг праймеров 60°C - 30 с, синтез ДНК 72°C - 30 с. Реакцию завершала 7 минутная стадия элонгации при 72°C. Вложенную ПЦР проводили с использованием продукта предыдущей реакции и в тех же условиях, за исключением того, что температура отжига праймеров составляла 65°C.

Секвенирование. Полученные ампликоны разделяли с помощью электрофореза в 2% агарозном геле в 0,5х трисборатном буфере, окрашенном

бромистым этидием (10 мг/мл) (Хеликон, Россия). В качестве маркера молекулярного веса использовали GeneRuler 100 bp Plus с шагом в 100 п.н. (Thermo Fisher Scientific, США) в количестве 5 мкл. По окончании электрофореза гель анализировали в коротковолновом УФ-свете, результаты реакции интерпретировали по наличию или отсутствию светящихся полос.

Секвенирование по Сэнгеру проводили на генетическом анализаторе ABI-3500xL («Applied Biosystems», США) с использованием набора реактивов BrilliantDye v.3.1 («NimaGen», Нидерланды) в объеме реакции 10 мкл, реакционная смесь добавлялась к предварительно осажденному ПЦР-продукту и состояла из входящих в набор 5x BrilliantDye буфера, BrilliantDye, прямого праймера, использованного в ПЦР, и воды до 10 мкл.

Анализ результатов секвенирования проводили в программе Sequencing Analysis 5.4. (Applied Biosystems, USA). Выравнивание сиквенсов осуществляли в программе MEGA5.0 [Tamura et al., 2011].

Нуклеотидные последовательности сравнивали с базами данных Национального центра биотехнологической информации National Center for Biotechnological Information databases [Basic Local Alignment Search Tool, электронный ресурс].

ПЦР в режиме «реального времени». На первом этапе кДНК использовали для проведения классической ПЦР с праймерами, описанными в работе Tufino-Loza с соавторами [Tufino-Loza et al., 2020] (размер ПЦР-продукта 689 п.н.) по схеме и в условиях, описанных в разделе методов «классическая полимеразно-цепная реакция». На втором этапе проводили вложенную ПЦР с использованием набора реагентов для проведения ПЦР в реальном времени в присутствии красителя SYBR Green I (НПК «Синтол», Россия) в объеме 25 мкл, реакционная смесь добавлялась к ПЦР-продукту предыдущей реакции (689 п.н.) и состояла из входящих в набор 2,5x реакционной смеси, содержащей интеркалирующий краситель SYBR Green I, MgCl₂, прямого и обратного праймера и деионизованной воды. Реакцию проводили в термоциклере «CFX96» («Bio-Rad», США), в условиях следующего температурного режима: предварительная денатурация при 95°C - 1 мин, синтез ПЦР-продуктов (35 циклов): плавление 95°C - 30 с, отжиг праймеров 65°C - 30 с, синтез ДНК 72°C - 30 с. Реакцию завершала 7 минутная стадия элонгации при 72°C и этап построения кривой плавления при температуре 65-95°C с инкрементом 0,1°C, 5 с при каждой температуре.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе работ вирус инфекционного некроза поджелудочной железы был накоплен в перевиваемой культуре клеток RTG-2 с титром инфекционной активности 9,1 lg ТЦД₅₀/мл.

Через 2 суток после заражения в монослое проявились признаки цитопатического эффекта, который выражался в округлении инфицированных клеток, разрежении и деструкции монослоя (рисунок 1).

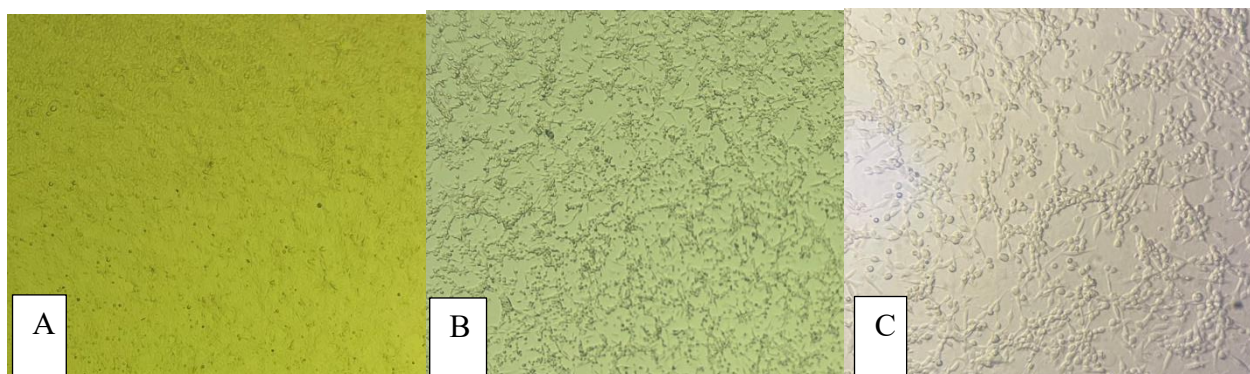


Рисунок 1 – Цитопатический эффект вируса IPN в культуре клеток RTG-2: А – незараженная культура клеток RTG-2; В, С – на 3-и сутки после заражения (увеличение x40 (А,В); x200 (С))

На втором этапе работ был проведен подбор пар праймеров. В качестве референтной последовательности был использован геном вируса IPN из международной базы данных GenBank с номером ID: MN614930.1. При выборе синтетических олигонуклеотидов придерживались выполнения следующих требований: длина праймеров не менее 16 и не более 25 нуклеотидов; доля GC-пар – 40-60%; разница в температурах отжига обоих праймеров – не более 3°C; исключена само- и взаимно-комплементарность праймеров.

С использованием онлайн-блока Primer-Blast были подобраны 10 пар праймеров к разным участкам сегмента А генома вируса (рисунок 2), отвечающие основным параметрам, предъявляемым для поставки ПЦР.

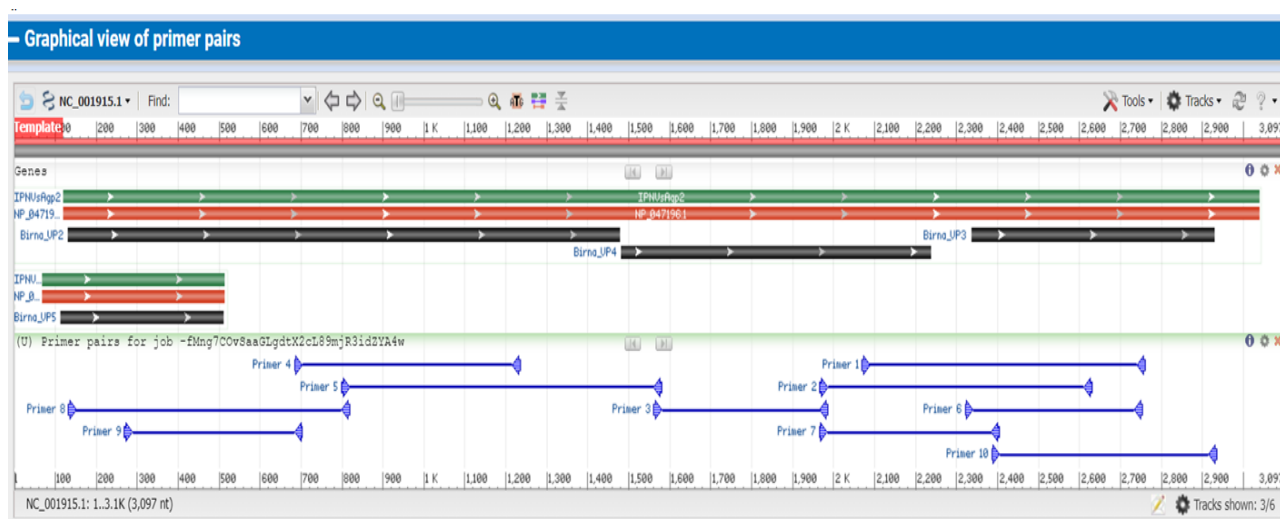


Рисунок 2 – Графическое представление пар праймеров к сегменту А вируса IPN

В работе были использованы три пары праймеров, позволяющие получить ПЦР-продукты размером 691 п.н., 687 п.н. и 689 п.н. (таблица 1) для последующего секвенирования по Сенгеру.

Таблица 1 – Комбинации праймеров на геном вируса IPN

Наименование	5'-3'последовательность	Размер продукта, п.н.	Температура, °C	Позиция
1	F: AAGGATGGTCTTCACAGGCG	691	60	2069-2088
	R: GGTTGGTCGGGTATCGGTT			2740-2759
8	F: AAGGCAACCGCAACCTACTT	687	60	132-151
	R: CACGATGTCAGCATTCCTT			799-818
RT-PCR*	F: CCGAATCAGGAAGTGGMMTTCTTG	689	60	137-160
	R: GTGACCACKGGGACGTCATTGTC			796-818
nPCR*	F: TCACCGTCCTGAATCTACCAAC	229	65	482-503
	R: GTTGTGGAGTTSACGATGTCSGC			688-713
* Tufino-Loza et al., 2020				

В серии экспериментов были подобраны оптимальные температурные и временные условия проведения ПЦР. Работа с праймерами проведена в соответствии с предложенными условиями в работах Tufino-Loza с соавторами [Tufino-Loza et al., 2020]. При амплификации фрагмента генома вируса IPNV с использованием пар праймеров №1 и №8 количество циклов было увеличено с 35 до 40, время отжига и синтеза олигонуклеотидов было увеличено с 30 сек до 45 сек, благодаря чему повысилась чувствительность реакции, но также увеличилось время реакции.

Все использованные праймеры позволили получить ПЦР-продукты, которые были визуализированы в 2% агарозном геле, были специфичны и не отжигались на РНК других вирусов рыб, использованных в качестве отрицательного контроля (IHNV и SVCV), также ПЦР-продукт отсутствовал при использовании незараженной культуры клеток RTG-2 (рисунок 3).

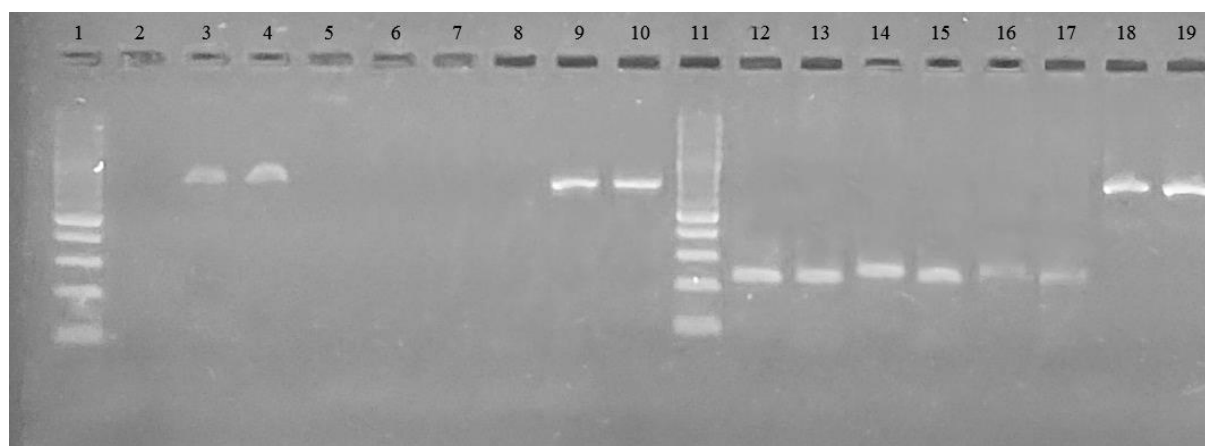


Рисунок 3 – Визуализация ПЦР-продуктов в агарозном геле

1, 11 – маркер длин 100 п.н., 3,4, 9, 10, 18, 19 – продукт амплификации участка гена сегмента А вируса IPN (3,4 - 691 п.н. (праймеры №1), 9,10 – 689 п.н. (праймеры RT-PCR), 18, 19 – 687 п.н. (праймеры №8)), 2 - незараженная культура клеток RTG-2 (отрицательный контроль), 5-8 – отсутствует продукт амплификации вирусов SVC и IHNV (отрицательный контроль), 12-17 – продукт вложенной ПЦР 229 п.н.

Нами были использованы три пары праймеров с целью отработки возможности выявления с их помощью вируса IPN в культуре клеток и эмпирического подбора состава реакционных смесей и оптимальных условий ПЦР.

Дальнейшие опыты были проведены только с праймерами из работы Tufino-Loza с соавторами [Tufino-Loza et al., 2020], позволяющими получить ПЦР-продукт размером 689 п.н. участка гена сегмента А вируса, который кодирует основной капсидный белок вируса VP2 и является главной антигенной детерминантой среди различных серотипов вируса [Tarrab et al., 1993], оптимальный для секвенирования по Сэнгеру.

На следующем этапе по результатам секвенирования была получена первичная нуклеотидная последовательность участка гена VP2. Видовая принадлежность полученной последовательности была подтверждена на основании сравнения результатов молекулярно-генетического анализа с базами данных Национального центра биотехнологической информации National Center for Biotechnological Information databases (рисунок 4), при этом уровень соответствия составил 99% [Basic Local Alignment Search Tool, электронный ресурс]. Различие между полученной нами первичной последовательностью участка гена вируса IPN и данными базы NCBI составило 2 нуклеотида, замены в разных штаммах вируса.

[Download](#) [GenBank](#) [Graphics](#)

Infectious pancreatic necrosis virus, complete genome
Sequence ID: [MH614930.1](#) Length: 3097 Number of Matches: 1

Range 1: 287 to 937 [GenBank](#) [Graphics](#) [Next Match](#) [Previous Match](#)

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
1192 bits(645)	0.0	649/651(99%)	0/651(0%)	Plus/Plus
Query 1	CCTGGGGCACCAGGCTCACGGATCGGTGCACACTACAGATGGAAATGCGAACACAGACGGGG	60		
Sbjct 287	CCTGGGGCACCAGGCTCACGGATCGGTGCACACTACAGATGGAAATGCGAACACAGACGGGG	346		
Query 61	CTGGAGTTTCGACAGTGGCTGGAGACGTCGACAGGACCTGAAGAAAGCCTTCAACTACGGG	120		
Sbjct 347	CTGGAGTTTCGACAGTGGCTGGAGACGTCGACAGGACCTGAAGAAAGCCTTCAACTACGGG	406		
Query 121	AGGCTGATCTCAAGGAAATACGACATTCAAAGCTCCACACTACCGCCGGTCTCTATGCT	180		
Sbjct 407	AGGCTGATCTCAAGGAAATACGACATTCAAAGCTCCACACTACCGCCGGTCTCTATGCT	466		
Query 181	CTGAACGGGACGATCAACGCTGCCACCTTTGAAGGCAGTCTGTCTGAGGTGGAGAGCCTG	240		
Sbjct 467	CTGAACGGGACGCTCAACGCTGCCACCTTTGAAGGCAGTCTGTCTGAGGTGGAGAGCCTG	526		
Query 241	ACCTACAATAGCCTGATGTCCCTAACTACGAACCCCAAGGACAAAGCCAAACACAGCTG	300		
Sbjct 527	ACCTACAATAGCCTGATGTCCCTAACTACGAACCCCAAGGACAAAGCCAAACACAGCTG	586		
Query 301	GTGACCAAGGAGTACCGTCTGAAATCTACCAACAGGGTTTCGACAAACCATACGTCCGC	360		
Sbjct 587	GTGACCAAGGAGTACCGTCTGAAATCTACCAACAGGGTTTCGACAAACCATACGTCCGC	646		
Query 361	CTAGAGGACGAGACACCCAGGGTCTCCAGTCAATGAACGGGGCCAGGATGAGGTGCACA	420		
Sbjct 647	CTAGAGGACGAGACACCCAGGGTCTCCAGTCAATGAACGGGGCCAGGATGAGGTGCACA	706		
Query 421	GCTGCAATTGCACACGGAGGTACGAGATGACCTCCCATCCAAAGCCTACCCCCCGTT	480		
Sbjct 707	GCTGCAATTGCACACGGAGGTACGAGATGACCTCCCATCCCAAGCCTACCCCCCGTT	766		
Query 481	CCTGCACAGGAACCTTCACTACTCTACGAGGGAACGCCGACATCGTCAACTCCACA	540		
Sbjct 767	CCTGCACAGGAACCTTCACTACTCTACGAGGGAACGCCGACATCGTCAACTCCACA	826		
Query 541	ACAGTGACGGGAGACATAAACTTCAGGCTGGCAGAAACCCGCAACAGAGACAGGTTT	600		
Sbjct 827	ACAGTGACGGGAGACATAAACTTCAGGCTGGCAGAAACCCGCAACAGAGACAGGTTT	886		
Query 601	GACTTCCAGCTGGACTTCATGGGCTTGACAATGACGTCCAGTGGTGCACA	651		
Sbjct 887	GACTTCCAGCTGGACTTCATGGGCTTGACAATGACGTCCAGTGGTGCACA	937		

[Download](#) [GenBank](#) [Graphics](#)

Рисунок 4 – Результаты сравнения нуклеотидной последовательности участка гена VP2 сегмента А вируса IPN с последовательностью в базе данных NCBI

Определение нуклеотидной последовательности участков генома необходимо для установления серотипа и топотипа вируса, поскольку для различных изолятов характерна генетическая гетерогенность.

Последний этап работ заключался в проведении вложенной ПЦР, визуализации результатов в 2% агарозном геле и методом ПЦР в режиме реального времени.

На рисунке 5 приведен график кривой и пика плавления для нескольких повторностей вируса IPN в культуре клеток.

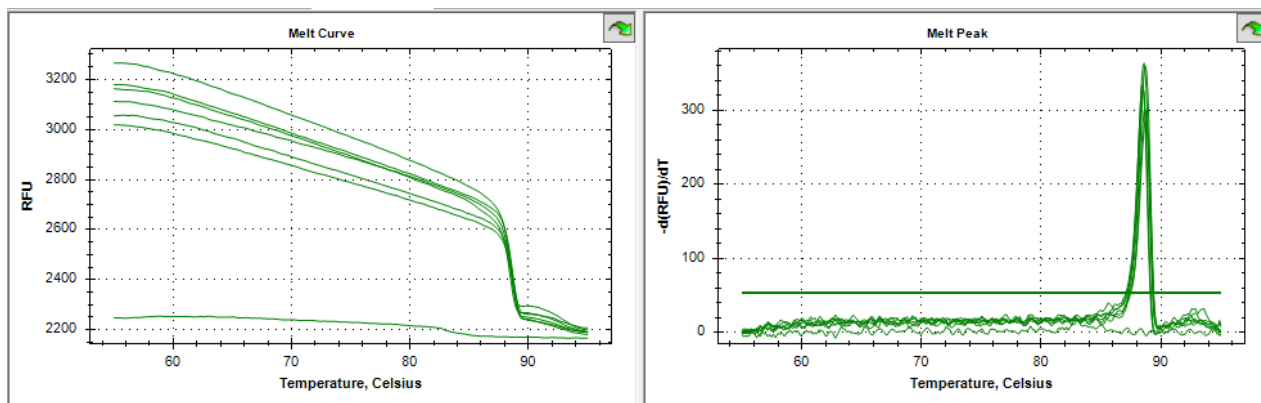


Рисунок 5 – Анализ кривой и пика плавления продуктов ПЦР участка гена VP2 вируса IPN с SYBR Green в режиме «реального времени».

Точка плавления 89°C

Температура плавления ПЦР-продукта вложенной ПЦР, размером 229 п.н., составила 89°C, что характерно для ампликона без неспецифических продуктов или димеров праймера. Результаты также были подтверждены электрофорезом в агарозном геле, окрашенном бромидом этидия, была видна одна отчетливая полоса на ожидаемом молекулярном уровне, вес (229 п.н.); других полос обнаружено не было (рисунок 3). Плоская кривая без пика в нижней части графика соответствовала негативному контролю.

На следующем этапе работ будет проводиться подбор и оптимизация условий и подходов по диагностике вируса IPN из различных тканей и органов зараженных рыб с использованием метода ПЦР в режиме реального времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе удалось подобрать олигонуклеотидные праймеры и отработать условия проведения качественной ПЦР и ПЦР в режиме «реального времени», подтвердить секвенированием идентификацию вируса инфекционного некроза поджелудочной железы в зараженной культуре клеток. Кроме того, подобранные праймеры были успешно использованы для проведения ПЦР в «реальном времени», что в отличие от секвенирования существенно менее затратно как по времени, так и по стоимости исследования.

Разработанные олигонуклеотидные праймеры могут быть использованы для идентификации данного вируса после регистрации цитопатического эффекта в чувствительных культурах клеток при диагностике заболеваний рыб с подозрением на IPN и в мониторинговых исследованиях поголовья рыб в хозяйствах и естественных водоемах. Для повышения диагностической эффективности метода необходима его дальнейшая оптимизация и проведение испытаний в клиническом материале от рыб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Методические указания по идентификации вирусов и лабораторной диагностике вирусных болезней рыб // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. – М.: Отдел маркетинга АМБ-агро. – 1998. – Ч.1. – С.60-113.

Ahne W, Thomsen I. 1986. Infectious pancreatic necrosis: detection of virus and antibodies in rainbow trout IPNV-carrier (*Salmo gairdneri*) // J Vet Med. – 1986. – V. 33(7). – P. 552-554.

Basic Local Alignment Search Tool [Электронный ресурс]. – URL: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (дата обращения 17.05.2024 г.).

Delmas, B., F. S. B. Kibenge, J. A. Leong, E. Mundt, V. N. Vakharia, and J. L. Wu. Birnaviridae. // Virus Taxonomy. Academic Press, London, U.K. – 2005. – P. 561-569.

Dhar A, LaPatra S, Orry A, Allnutt T. Infectious pancreatic necrosis virus. // Fish viruses and bacteria: Pathobiology and protection. 1st ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CAB International. – 2017. – P. 1-12.

Dobos P., Roberts T.E. The molecular biology of infectious pancreatic necrosis virus: a review. // Can. J. Gen. Microbiol. – 1983. – V. 29. – P. 377-384.

Lopez-Lastra M, Gonzalez M, Jashes M, Sandino AM. A detection method for infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) based on reverse transcription (RT)-polymerase chain-reaction (PCR) // J Fish Dis. – 1994. – V.17(3). – P. 269-282.

OIE. Manual of diagnostic tests for aquatic animals. 5th ed. Paris, France: World Organization for Animal Health. – 2006.

Reno P.W. Infectious pancreatic necrosis virus and its virulence. // Fish disease and Disorders. Vol. 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections, Woo P.T.K., Bruno D.W., eds. CABI Publishing, Wallingford, UK. – 1999. – P. 1-55.

Rodriguez SJS, Borrego JJ, Perez PSI. Infectious pancreatic necrosis virus: biology, pathogenesis, and diagnostic methods. // Adv Virus Res. – 2003. – V. 62(1). – P. 113-165.

Tamura K., Peterson D., Peterson N., Stecher G., Nei M., Kumar S. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods // Mol. Biology and Evolution. 2011. – V. 28. – P. 2731-2739.

Tarrab E., Berthiaume L., J. Heppell. Antigenic characterization of serogroup 'A' of infectious pancreatic necrosis virus with three panels of monoclonal antibodies// J. Gen. Virol. – 1993. – V.74. – P.2025-2030.

Tufino-Loza C., Marti'nez-Maya J. J., Carrillo-Gonza'lez A., Neria-Arriaga D., Salgado-Miranda C., Rojas-Anaya E., Loza-Rubio E. Diagnosis of the infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) by nested PCR in adult trouts // Rev. mex. de cienc. Pecuarias. - 2020. – V.11. – №3. – P. 811-827.

Way-Shyan W, Yea-Ling W, Jainn-Shyan L. Single-tube, non-interrupted reverse transcription PCR for detection of IPNV // Dis Aquat Org. – 1997. – V. 28(3). – P. 229-233.

Wolf K. Fish Viruses and Fish Viral Diseases // Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. – 1988. – 476pp.

DIAGNOSIS OF INFECTIOUS PANCREAS NECROSIS VIRUS (IPNV) BY RCR

Y.P. Shchelkunova, E.G. Makarova, I.Y. Kropocheva, S.A. Rekordatova
*State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater
Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)*
E-mail: schelkunova@vniiprh.vniro.ru

Abstract. The article presents the results of detection of infectious pancreatic necrosis virus (IPN) of salmon fish in the culture material. Specific primers were selected, optimal conditions for classical PCR and quantitative PCR (real-time PCR) were determined. The primary sequence of amplified PCR products was confirmed by nucleotide sequencing. The described development can be used for diagnostics of fish diseases with suspected IPN and in monitoring studies of fish populations in farms and natural reservoirs.

Keywords: infectious pancreatic necrosis, diagnosis of viral fish diseases, classical PCR and real-time PCR, sequencing.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ЩЕКИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. Романова¹, А.В. Здрок¹, О.В. Сехина¹, А.А. Вишторская¹, Т.Н. Усков²,
Н.В. Бедрина²

¹Филиал по пресноводному рыбному хозяйству
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»),
E-mail: romanova@vniiprh.vniro.ru

² ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»,
E-mail: uskov@vniro.ru

Представлены результаты исследований показателей качества водных биоресурсов шести видов рыб (окунь, ерш, плотва, сазан, серебряный карась, ротан) и экологической ситуации в Щёкинском водохранилище Тульской области. У обследуемых рыб выявлено 12 видов паразитов, из них эпидемиологически значимых гельминтов не обнаружено. Контаминация бактериями внутренних органов (печени и почек) отмечена у карася, окуня, плотвы, ротана. При бактериологическом и химическом анализе воды выявлено загрязнение по отдельным точкам (станциям), что связано с влиянием антропогенного фактора (приближенность населенных пунктов). Превышений содержания свинца, кадмия, мышьяка, ртути, хлорорганических пестицидов, полихлорированных бифенилов в мышцах рыб не обнаружено.

Ключевые слова: водные биоресурсы, бактериологический, паразитологический и токсикологический анализы, Тульская область, Щёкинское водохранилище, показатели безопасности, пищевая ценность.

ВВЕДЕНИЕ

Щёкинское (Советское) водохранилище – одно из старейших водохранилищ Тульской области, расположенное на р. Упа у г. Советска, образовано в 1950 г. в качестве охладителя для котлов Щёкинской ГРЭС. В связи с многолетним поступлением отработанной теплой воды через циркуляционный канал в водохранилище отмечают процессы эвтрофикации. В ихтиофауне насчитывают 23 вида рыб, среди которых доминируют серебряный карась, плотва, речной окунь, ротан-головешка [Быков, Митенков, 2018].

В последние годы Щёкинское водохранилище является важным рекреационным центром (зоной отдыха), интенсивно развивается любительское и спортивное рыболовство. На берегу водоема расположен пансионат, садовые товарищества и коттеджные поселки, в связи с этим антропогенная нагрузка на водный объект весьма значительная. Экологические условия в водоеме влияют

не только на численность водных биоресурсов и продуктивность биоценозов, но и на фауну паразитов рыб.

Одним из самых распространенных явлений в популяциях рыб в естественных водоемах является паразитоносительство. Хозяин и паразиты образуют биологическую систему взаимосвязанных организмов – паразитоценоз, в котором устанавливаются паразито-хозяинные взаимоотношения. Устойчивое функционирование паразитарной системы обеспечивается за счет равновесия популяций паразита и хозяина [Евланов, 1993].

При ухудшении экологической ситуации в водоемах, в результате загрязнения токсическими веществами, циркуляции в биоценозе эпизоотически значимых бактериальных микроорганизмов может произойти нарушение равновесия в системе «паразит-хозяин», и паразитоносительство может перерасти в заболевание.

К распространенным поллютантам (загрязнителям) водной среды относятся тяжелые металлы (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть) [Влияние физико-химических ..., 2014]. Их особенность и значимость проявляются в том, что они со временем не разрушаются, а лишь меняют форму нахождения, постепенно накапливаясь в различных компонентах экосистемы, в том числе и в рыбах, снижая их неспецифическую резистентность [Ваганов, 2012]. Кроме того, в качестве загрязнителей достаточно часто выступают хлорорганические пестициды, поступающие с сельскохозяйственных угодий, и накопленные в окружающей среде стойкие органические вещества – полихлорированные бифенилы [Герман и др., 2010]. Эти вещества, как и тяжелые металлы, накапливаются в мышцах гидробионтов, благодаря своим кумулятивным свойствам.

Целью работы являлось провести оценку качества водных биоресурсов и экологической ситуации в Щёкинском водохранилище Тульской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

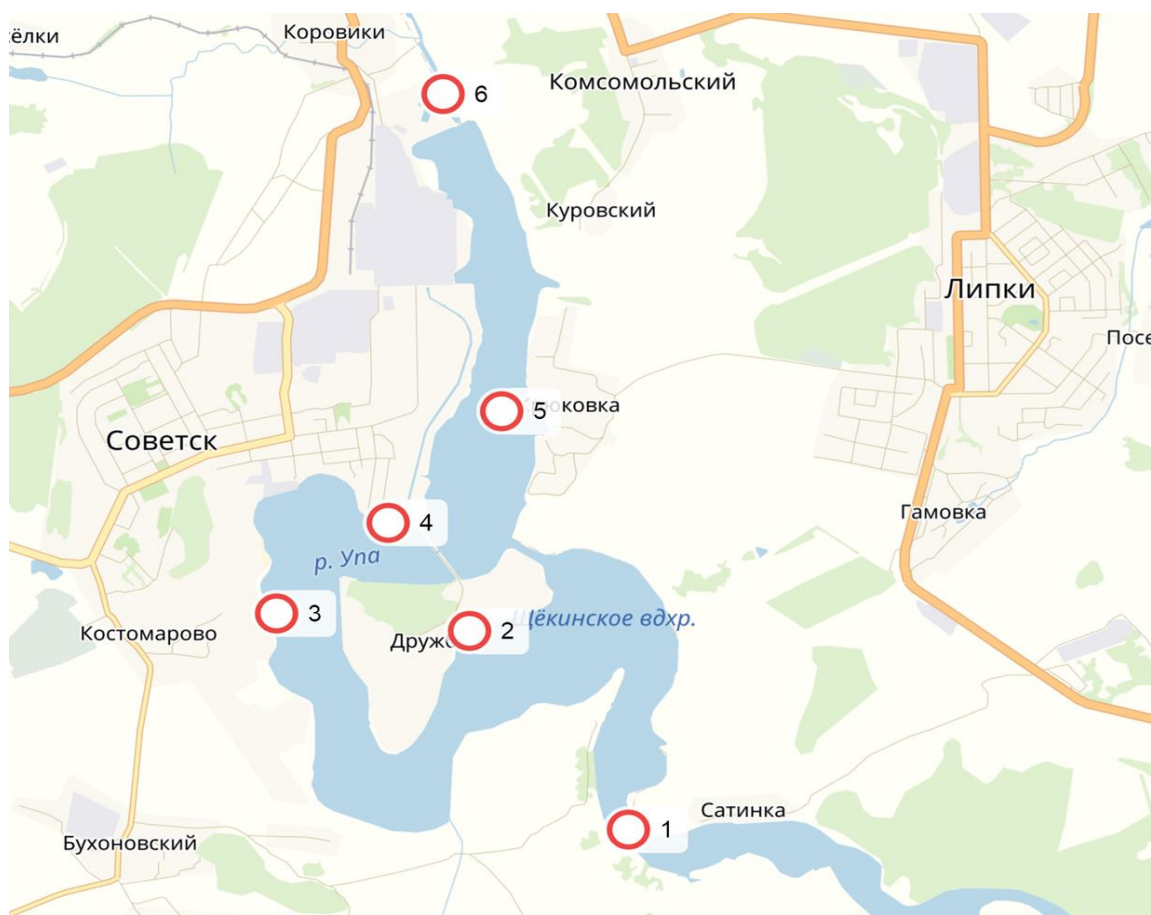
Исследования в Щёкинском водохранилище проводили на протяжении 2-х лет (2019-2020 гг.).

Щёкинское водохранилище является одним из крупных водоемов Тульской области с площадью зеркала воды – 587 га, средняя глубина – 3,5 м, зарастаемость – до 30% от общей площади.

Отлов рыб осуществляли в весенне-осенний период (с мая по октябрь) ставными сетями в соответствии с разрешениями на вылов, полученными для проведения научно-исследовательских работ.

Отбор проб воды для оценки экологической ситуации проводили на 6 станциях (рисунок 1). Собранный материал для последующего исследования в лабораторных условиях доставляли в Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») и в лаборатории ВНИРО-ТЕСТ ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

Паразитологический анализ рыб проведен методом неполного паразитологического исследования, согласно общепринятыми в ихтиопаразитологии методами [Быховская-Павловская, 1985; Беэр, 2005], идентификацию паразитов проводили по Определителям паразитов пресноводных рыб [Определитель ..., 1984; 1985; 1987]. Зараженность рыб паразитами оценивали: по встречаемости или экстенсивности (Э.И., %), по зараженности (интенсивности инвазии средней И.И. ср., экз./рыбу), по амплитуде заражения (А.И.И., экз./рыбу) и индексу обилия (И.О., экз./рыбу). Анализу подвергнуто 150 экз. рыб (окунь, ёрш, плотва, карась, сазан, ротан).



Примечание: т.1 – русло р. Упа; т.- 2 Щёкинское вдхр. у СНТ Дружба; т. 3 – у с. Костомарово; т. 4 – забор воды на ТЭЦ, т.5 – р-он д. Крюково; т. 6 – р. Упа

Рисунок 1 – Схема станций отбора проб на Щёкинском водохранилище

Бактериологический анализ рыб был проведен один раз (осенью 2019 г.) у 10 экз. рыб (окунь, плотва, карась серебряный, ротан) с целью оценки загрязнения бактериями внутренних органов рыб. Посевы паренхиматозных органов (печени и почек) проведены на плотные питательные среды: эритритагар, Эндо, Анакера-Ордала, энтерококкагар и висмут сульфит агар. Вирулентность выделенных аэромонад определяли на ДНК-агаре [Методические указания ..., 1998]. Культуры аэромонад, выделенные из патматериала, дающие зону деполимеризации до 2 мм – слабовирулентные, 2-4 мм – вирулентные, более 4 мм – высоковирулентные. Колонии бактерий на

питательных средах оценивали по интенсивности роста: единичный ≤ 10 КОЕ, умеренный 10-100 КОЕ, обильный рост > 100 КОЕ.

При бактериологическом анализе воды определяли общее микробное число (ОМЧ) и микробиоценоз. Количественный посев воды проводили на плотные питательные среды: эритритагар, Эндо, Анакера-Ордала, энтерококкагар и висмут сульфит агар [Лабораторный практикум ..., 1983; Практикум по ихтиопатологии, 2016].

Токсикологические исследования воды проводили на следующие показатели: азот аммонийный, нитрит-ионы, нитрат-ионы, фосфат-ионы, БПК₅, перманганатную окисляемость, общее железо [ПНД Ф 14.1:2:3.1-95; ПНД Ф 14.1:2:4.3-95; ПНД Ф 14.1:2:4.4-95; ПНД Ф 14.1:2:4.112-97; ПНД Ф 14.1:2:3.4.123-97; ПНД Ф 14.1:2:4.154-99; ПНД Ф 14.1:2:4.50-96].

В 2020 г. у 20 экз. рыб (окуня и плотвы) определили содержание пестицидов и полихлорированных бифенилов по МВИ МН 2352-2005 [Методика одновременного определения остаточных количеств..., 2005] с определением на газовом хроматографе Shimadzu GC 2010 с электронно-захватным детектором, хроматографические данные собирали и обрабатывали на персональном компьютере с помощью программного обеспечения «GCsolution». Токсичные элементы: свинец, кадмий и мышьяк определяли по М 02-1009-08 [Методика количественного химического анализа, 2008], а ртуть определяли на атомно-адсорбционном анализаторе МА-3000 по руководству к эксплуатации к данному прибору.

С целью оценки влияния на питательную ценность мяса плотвы при высоком уровне заражения мышц трематодами определяли содержание белка по методу Кьельдаля на автоматическом анализаторе «Kjeltec-2300» [Лазаревский, 1955], аминокислотный состав белков – методом количественной ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе Agasus (membraPure, Германия) в соответствии с инструкцией к прибору. Экстракцию липидов – по методу Блайя и Дайера [Bligh, Dyer, 1959], который предусматривает экстракцию бинарным растворителем (хлороформ-метанол) и позволяет наиболее полно извлекать липиды. Фракционный состав липидов определяли методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии по Кейтсу [Кейтс, 1975]. Жирнокислотный состав исследовали на приборе Кристалл 5000 по ГОСТ 31663-2012 [Масла растительные и жиры животные, 2012].

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При паразитологическом анализе у рыб Щёкинского водохранилища обнаружено 12 видов паразитов, относящихся к восьми семействам из пяти систематических групп (классов): ресничные инфузории, микроспоридии, миксоспоридии, трематоды и цестоды (таблица 1).

Таблица 1 – Видовой состав паразитов рыб Щёкинского водохранилища

Класс	Семейство	Вид паразитов	Хозяева	Локализация
Hymenostomada	Ophryoglenidae	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	окунь	жабры
Microsporidea	Glugeidae	<i>Glugea sp.</i>	окунь	кишечник
Мухоспоридия	Мухоболidae	<i>Myxobolus musculi</i>	плотва	мышцы
		<i>Henneguya creplini</i>	ерш	жабры
Trematoda	Diplostomidae	<i>Diplostomum volvens</i> (mtc*)	ерш	хрусталик
		<i>Diplostomum chromatophorum</i> (mtc)	плотва, сазан	хрусталик
		<i>Tylodelphys clavata</i> (mtc)	окунь, ерш, карась серебряный, плотва	стекловидное тело
		<i>Tylodelphys podicipina</i> (mtc)	ротан	стекловидное тело
	Posthodiplostomidae	<i>Posthodiplostomum cuticola</i> (mtc)	плотва	кожа
	Prohemistomatidae	<i>Paracoenogonimus ovatus</i> (mtc)	плотва	мышцы
	Bunoderidae	<i>Bunodera luciopercae</i>	окунь	кишечник
Cestoda	Proteocephalidea	<i>Proteocephalus percae</i>	окунь	кишечник
Примечание *mtc – метацеркарии				

Наиболее многочисленны гельминты, которые в паразитофауне составляют 67% из общего количества обнаруженных видов, на долю микроспоридий приходится 17%, микроспоридий и ресничных инфузорий – по 8%.

В числе гельминтов наибольшую часть (87,5%) составляют трематоды, из которых большинство паразитируют на личиночной стадии (метацеркарии).

Распределение паразитов по хозяевам было следующее: наибольшее количество выявлено у окуня и плотвы, по 5 видов, у ерша – 3, у карася серебряного, сазана и ротана по 1 виду. Подобное обнаружение паразитов у сазана и карася, вероятно, можно объяснить их малой выборкой.

В 2019 г. в осенний период у рыб было обнаружено 5 видов паразитов и одна форма, не определенная до вида (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты паразитологического анализа рыб из Щёкинского водохранилища (сентябрь 2019 г.)

Вид рыб m ср.	Вид паразита	Э.И.,%	И.И. ср. (экз./рыбу)	А.И.И. (экз./рыбу)	И.О. (экз./рыбу)
Окунь 104-149 г	<i>Glugea sp.</i>	100,0	более 100 цист на рыбу		
	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	33,3	4,0	-	1,3
	<i>Tylodelphys clavata</i>	100,0	22,7	8,0-40,0	22,7
Ротан 116-153 г	<i>Tylodelphys podicipina</i>	10,0	3,0	-	0,3
Карась сер. 54-224 г	<i>Tylodelphys clavata</i>	12,5	1,0	-	0,1
Сазан 63 г	<i>Diplostomum chromatophorum</i>	-	1,0	-	-
Плотва 84-137 г	<i>Tylodelphys clavata</i>	16,7	66,0	-	11,0
	<i>Diplostomum chromatophorum</i>	16,7	12,0	-	2,0
	<i>Posthodiplostomum cuticola</i>	33,3	1,0	-	0,33

Метацеркарии трематод *Tylodelphys clavata* обнаружены в стекловидном теле глаз у окуня, плотвы и серебряного карася. Наибольшая интенсивность инвазии отмечена у плотвы при достаточно невысокой встречаемости, у окуня встречаемость этого гельминта достигала 100%, но интенсивность инвазии была в 3 раза ниже. У карася отмечен единичный случай обнаружения *T. clavata*. У ротана отмечен другой вид – *T. podicipina*. Информация о встречаемости этого вида гельминтов в паразитофауне ротана отсутствует [Соколов и др., 2013], возможно, что это была случайная находка. Известно, что вселенец-ротан широко используется в европейских водных экосистемах в качестве хозяина паразитов [Соколов и др., 2011].

В хрусталиках глаз выявлены метацеркарии трематоды *Diplostomum chromatophorum* у сазана и плотвы, кроме того отмечены метацеркарии *Posthodiplostomum cuticola* в кожном покрове плотвы, встречаемость и интенсивность инвазии эти видами гельминтов невысокая.

У окуня (Э.И.=100%) обнаружены на стенках кишечника многочисленные мелкие ксеномы, содержащие микроспории р. *Glugea sp.* (рисунок 2).

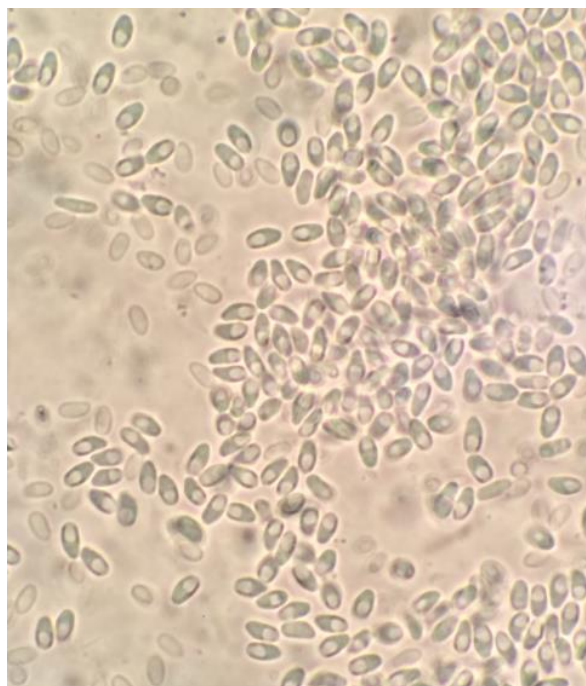


Рисунок 2 – Микроспоридии *Glugea* sp. из кишечника окуня
(фото при увеличении 10x40)

С целью оценки влияния зараженности паразитами на контаминацию бактериями внутренних органов рыб был проведен бактериологический анализ. Нами была выявлена обратная корреляционная связь. У рыб, имеющих высокую встречаемость и наибольшую интенсивность инвазии (окунь, плотва), уровень бактериальной контаминации был ниже (единичный рост бактериальной микрофлоры в печени и почках) по сравнению с рыбами с низким уровнем заражения паразитами (карась и ротан), у которых отмечен обильный рост бактерий.

Основными контаминантами выступали слабовирулентные аэромонады (*Aeromonas* sp.), ацинетобактеры (*Acinetobacter calcoaceticus*, *Acinetobacter baumannii*), моракселлы (*Moraxella* sp.), БГКП и сапрофиты. Из двух проб печени серебряного карася был выделен цитробактер (*Citrobacter* sp.), являющийся патогенным как для рыб, так и для человека. Вирулентные аэромонады (зона деполимеризации 2,0-4,0 мм) были выделены из печени и почек у всех обследованных карасей, слабовирулентные штаммы (зона деполимеризации 1,0-2,0 мм) в виде единичных колоний выявляли в органах ротана.

В 2020 г. в весенний период состав рыб в научно-исследовательских уловах изменился. Из ранее обследованных видов остались окунь, у которого практически изменился видовой состав паразитов, и плотва, у которой расширилось видовое разнообразие. У рыб обнаружено 9 видов паразитов (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты паразитологического анализа рыб из Щёкинского водохранилища Тульская область (май 2020 г.)

Вид рыб и ср.	Вид паразита	Э.И.,%	И.И. ср. (экз./рыбу)	А.И.И. (экз./рыбу)	И.О. (экз./рыбу)
Окунь 32,0-69,0 г	<i>Tylodelphys clavata</i>	100,0	61,0	30,0-100,0	61,0
	<i>Bunodera luciopercae</i>	20,0	1,0	-	0,2
	<i>Proteocephalus percae</i>	40,0	1,0	-	0,4
Ерш 116-153 г	<i>Henneguya creplini</i>	16,7	7,0 цист	-	1,2 цист
	<i>Tylodelphys clavata</i>	100,0	43,2	10,0-108,0	43,2
	<i>Diplostomum volvens</i>	66,7	11,8	1,0-26,0	7,8
Плотва 84-137 г	<i>Myxobolus musculi</i>	20,0	единичные цисты		
	<i>Tylodelphys clavata</i>	60,0	7,0	3,0-10,0	4,2
	<i>Diplostomum chromatophorum</i>	60,0	9,0	8,0-11,0	5,4
	<i>Posthodiplostomum cuticola</i>	58,3	2,0	1,0-5,0	1,2
	<i>Paracoenogonimus ovatus</i>	60,0	50,0	40,0-70,0	30,0

Увеличилась встречаемость метацеркарий трематод *Tylodelphys clavata*, наибольшая зараженность отмечена у окуня и ерша, у плотвы – при увеличении встречаемости интенсивность инвазии снизилась.

Род *Diplostomum* был представлен двумя видами: *D. volvens*, выявленный в хрусталиках у ерша, и *D. chromatophorum* – у плотвы. Встречаемость паразита у плотвы по сравнению с результатами исследования, проведенного в осенней период 2019 г., увеличилась более чем в 3 раза, но интенсивность инвазии осталась практически на том же уровне.

Увеличилась зараженность плотвы метацеркариями трематоды *P. cuticola*, кроме того в мышцах у этого вида рыб были выявлены цисты с метацеркариями трематод *Paracoenogonimus ovatus*, уровень заражения был высокий от 40 до 70 экз./рыбу.

В составе паразитофауны окуня выявлены трематоды *Bunodera luciopercae* и цестоды *Proteocephalus percae*, обнаруженные в кишечнике, зараженность ими была невысокой.

Простейшие были представлены миксоспоридиями, которые обнаружены на жабрах ерша – *Henneguya creplini* и в мышцах плотвы – *Myxobolus musculi*.

В осенней период 2020 г. паразитологическому анализу были подвергнуты два вида рыб: окунь и плотва. У них обнаружено 4 вида паразитов, которые ранее были обнаружены у этих видов (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты паразитологического анализа рыб из Щекинского водохранилища Тульской области (октябрь 2020 г.)

Вид рыб и ср.	Вид паразита	Э.И.,%	И.И. ср. (экз./рыбу)	А.И.И. (экз./рыбу)	И.О. (экз./рыбу)
Окунь 46,1 – 91,4 г	<i>Tyloodelphys clavata</i>	40,0	24,5	10,0-39,0	9,8
Плотва 30,9 - 226,4 г	<i>Tyloodelphys clavata</i>	87,5	13,9	2,0-61,0	12,1
	<i>Diplostomum chromatophorum</i>	100,0	24,6	1,0-64,0	24,6
	<i>Posthodiplostomum cuticola</i>	18,1	9,8	1,0-40,0	1,8
	<i>Paracoenogonimus ovatus</i>	75,0	51,7	10,0-100,0	38,8

У окуня зараженность метацеркариями трематод *T. clavata* снижалась более чем в 2 раза по сравнению с весной (май), а также и интенсивность инвазии значительно уменьшилась (в 2,5 раза).

У плотвы отмечено увеличение встречаемости *Tyloodelphys clavata*, *Diplostomum chromatophorum* и *Paracoenogonimus ovatus* и повышение средней интенсивности инвазии. Встречаемость трематоды *Posthodiplostomum cuticola* снижается, но у зараженных рыб выявлено увеличение инвазии (таблица 4).

Paracoenogonimus ovatus, выявленный в мышцах у плотвы, мог повлиять на снижение ценности мяса. С целью оценки влияния зараженности на биохимический состав мяса были определены показатели, характеризующие питательную ценность мяса рыб – содержание белка и аминокислотный состав, количество жира и липидный состав у наиболее зараженного вида (плотвы) в весенний и осенний период (плотвы и окуня). Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Содержание белка и жира в некоторых объектах Щекинского водохранилища в 2020 г., %

Наименование ВБР	Содержание белка	Содержание жира
Весенний сезон		
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	18,1	1,8
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	17,8	1,8
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	17,3	1,5
Осенне-зимний сезон		
Окунь (<i>Perca fluviatilis</i>)	17,5	1,3
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	17,0	1,5

Содержание белка и жира в плотве весеннего и осеннего периода отличаются незначительно. В целом, отмечена тенденция малозначительных колебаний пищевой ценности в плотве в зависимости от сезона лова.

Проведены исследования аминокислотного состава белка, фракционного состава и жирнокислотного состава липидов плотвы весеннего сезона лова. Результаты исследований нескольких образцов одного сезона лова были сходными и почти идентичны. В результате исследований установлено, что мышечная ткань плотвы содержит заменимые и незаменимые аминокислоты, фосфолипиды, полиненасыщенные жирные кислоты. Содержание незаменимых аминокислот в мышечной ткани плотвы составляет в сумме (триптофан не определяли) около 40,0%. Более всего содержится лизина – около 10,0%, лейцина – около 8,0%. Содержание валина, изолейцина, треонина и фенилаланина составляет примерно 5,0%. менее всего содержится треонина – около 3,0%.

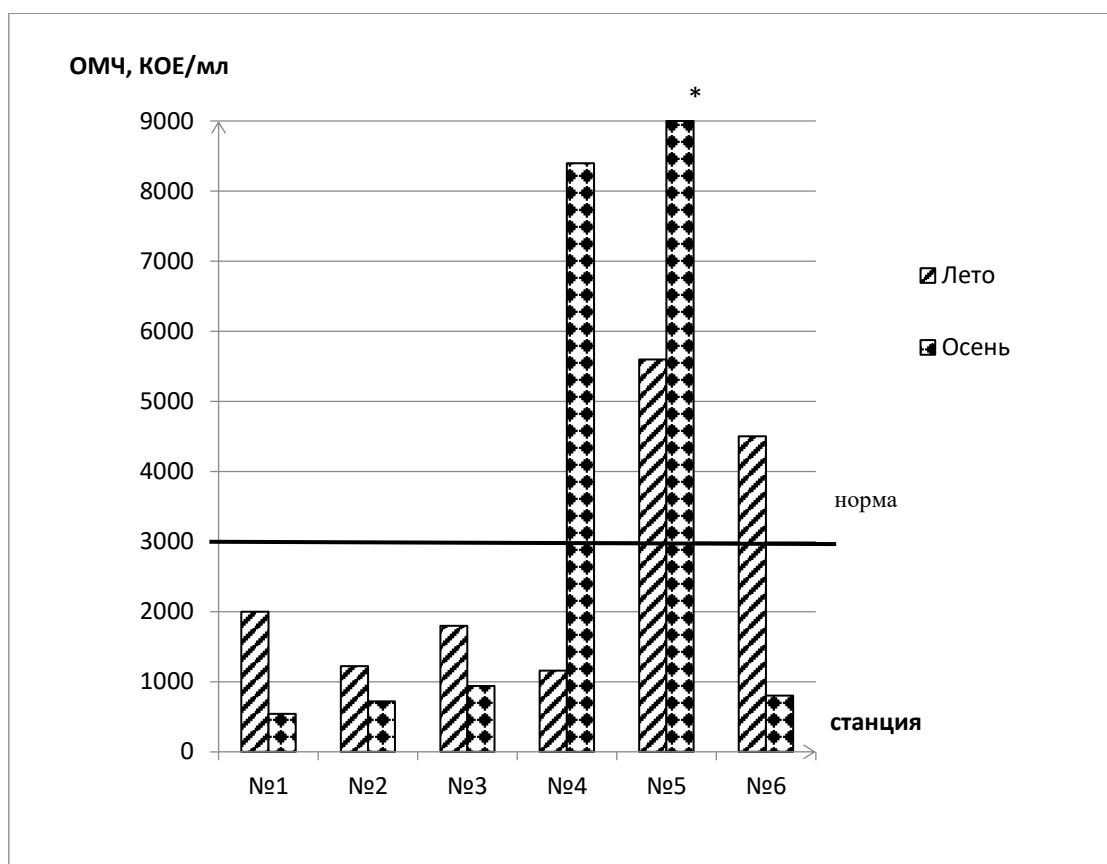
Липиды плотвы обладают по результатам исследований невысокой биологической ценностью: фосфолипидов – примерно 2,0-3,0%, полиненасыщенных жирных кислот – около 25,0-30,0% от общего содержания липидов.

С целью оценки экологической ситуации в Щёкинском водохранилище были осуществлены количественные бактериологический и химический анализы проб воды и токсикологические анализы проб рыб на наличие в мышцах загрязняющих веществ – тяжелых металлов, пестицидов и полихлорированных бифенилов.

Количественный химический анализ проб воды, отобранных в Щёкинском водохранилище выше и ниже расположения водоема на р. Упа, показал наличие превышений загрязняющих веществ относительно ПДК для рыбохозяйственных водоемов. В летний период на большинстве станций отбора проб было отмечено превышение ПДК, по азоту аммонийному до 2,2 ПДК, по БПК₅ до 1,8 ПДК, по железу общему до 1,5 ПДК. В осенний период отмечали улучшение ситуации, однако по-прежнему присутствовали превышения относительно ПДК по азоту аммонийному до 2 ПДК и железу общему до 1,3 ПДК. Содержание токсичных элементов: свинца, кадмия, меди и ртути, в пробах воды и донных отложениях не превышало нормативов.

В летний период превышение допустимых значений ОМЧ для рыбохозяйственных водоемов (3000 КОЕ/мл) было отмечено в районе д. Крюково (станция №5) и р. Упа (станция №6). В осенний период ухудшилась ситуация в районе забора воды на ТЭЦ (станция №4) и в несколько раз возросло загрязнение в районе д. Крюково (сливной рост на питательных средах).

Микробиоценоз воды представляли ацинетобактеры (*Acinetobacter calcoaceticus*, *Ac.baumannii*), аэромонады (*Aeromonas* sp. от авирулентных до высоковирулентных штаммов), моракселлы (*Moraxella* sp.), бактерии группы кишечной палочки, в т.ч. с бронзовым блеском, энтерококкок, миксобактерии и сапрофиты.



Примечание: * – сливной рост бактерий на питательной среде (не подлежащий подсчету колоний)

Рисунок 4 – ОМЧ в воде р. Упа и Щекинского водохранилища в летне-осенний период

Количественный анализ образцов тканей (мышц) плотвы и окуня на содержание тяжелых металлов, пестицидов и полихлорированных бифенилов показал, что среди определяемых показателей превышение не выявлено (таблица 6). Но следы этих поллютантов присутствуют в рыбе, и наиболее в значительном количестве выявлены по кадмию. Дополнительно был проведен анализ на содержание меди (в настоящее время данный показатель в рыбной продукции не регламентируется). Количественные данные содержания меди составили: для плотвы – 0,1147 и 0,1198 мг/кг в весенний период, а для окуня – 0,3973 мг/кг.

Отсутствие превышения установленных норм может косвенно свидетельствовать об отсутствии превышений норм указанных веществ в воде.

Таблица 6 – Количественные показатели содержания тяжелых металлов, пестицидов и полихлорированных бифенилов в мышцах плотвы и окуня в Щёкинском водохранилище (2020 г.)

№п/п	Наименование объекта исследований/ сезон лова	Токсичные элементы, мг/кг				Пестициды, мг/кг		ПХБ, мг/кг
		свинец	кадмий	мышьяк	ртуть	ДДТ и метаболиты	ГХЦГ и изомеры	Сумма изомеров
1	Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)/весенний	<0,05	0,081± 0,021	0,083± 0,021	0,019	0,006± 0,0012	0,0045± 0,0011	0,0075± 0,0022
2	Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)/весенний	<0,05	0,086± 0,022	0,082± 0,022	0,020	0,0059± 0,0011	0,0044± 0,001	0,0089± 0,0027
3	Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)/осенний	<0,05	0,11± 0,29	<0,05	0,041	0,0038± 0,0009	0,0004± 0,0001	0,0062± 0,0019
4	Окунь (<i>Perca fluviatilis</i>)/осенний	<0,05	0,11± 0,029	<0,05	0,037	0,0009± 0,0002	0,0036± 0,0009	0,0039± 0,0015
5	Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)/осенний	<0,05	0,11± 0,029	<0,05	0,029	0,0012± 0,0003	0,0032± 0,0008	0,0034± 0,0013
Нормы по ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 040/2016		1,0	0,2	1,0	0,3	0,3	0,03	2,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования водных биоресурсов из Щёкинского водохранилища. У 6 видов рыб (окунь, ёрш, плотва, карась, сазан, ротан) выявили 12 видов паразитов, из них эпидемиологически (опасных для человека и теплокровных животных) значимых видов не обнаружено. Отмечена высокая встречаемость трематод, что свидетельствует о формировании природных очагов трематодозов, что может привести к уменьшению биоразнообразия в данном водохранилище и снижению рыбопродуктивности. Наибольшее значение в водоеме имеют метацеркарии трематод, и в частности *Tylodelphys clavata*, *Diplostomum chromatophorum*, *Posthodiplostomum cuticola* и *Paracoenogonimus ovatus*. Другие виды трематод *Tylodelphys podicipina*, *Diplostomum volvens* и *Bunodera luciopercae* встречали редко с низкой интенсивностью инвазии.

Эпизоотическую значимость представляют микроспоридии *Glugea* sp., обнаруженные в осенний период 2019 г. в кишечнике окуня. Этот род микроспоридий является узко специфичным и характерным только для этого окуневых рыб. Окунь в данном водохранилище является достаточно распространенным видом, и при резком подъеме его численности может возникнуть заболевание и массовая гибель.

Бактериологический и химический анализ воды – среды обитания гидробионтов, показал, что в Щёкинском водохранилище загрязнение не локальное, а по отдельным точкам (станциям), что вероятно связано с влиянием антропогенного фактора (приближенность населенных пунктом и др.).

Ухудшение качества водной среды приводит к нарушению системы «паразито-хозяйинных» отношений, в этих условиях наблюдается снижение сопротивляемости рыб к заболеваниям, что отражается на эпизоотическом

состоянии водоема. Контаминация бактериями паренхиматозных органов выявлена у окуня, плотвы, ротана, но в большей степени у карася. Состав бактерий был аналогичный обнаруженному в воде, что свидетельствует о сниженной неспецифической резистентности организма рыб (сопротивляемости к возбудителям). Обнаруженные бактерии (аэромонады, ацинетобактеры, моракселлы, энтерококк) являются условно-патогенными для людей, но при подготовке к употреблению у рыбы удаляют внутренние органы, а контаминация мышц будет значительно ниже, но в целом, необходимо подвергать термической обработке рыбную продукцию с целью её обеззараживания.

Превышения нормируемых показателей содержания свинца, кадмия, мышьяка, ртути, хлорорганических пестицидов, полихлорированных бифенилов в мышцах рыб Щёкинского водохранилища не обнаружено.

Исследования пищевой и биологической ценности плотвы показали возможность использования ее в пищу как источник белка, полиненасыщенных жирных кислот и фосфолипидов.

Экологическая ситуация в Щёкинском водохранилище напряженная: выявлено превышение аммонийного и бактериального загрязнения, высокий уровень заражения рыб трематодами, что свидетельствует о эвтрофикации данного водоема.

Представленные результаты мониторинговых исследований водных биоресурсов и среды их обитания в Щёкинском водохранилище являются обобщением работ, проводимых ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» и Филиалом по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») с целью оценки качества гидробионтов. Полученные данные позволяют наметить пути дальнейшего проведения научно-исследовательских работ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников лаборатории водных биологических ресурсов Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») за организацию лова рыбы и представленную возможность проведения анализов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Быков А.Д., Митенков Ю.А. Результаты рыбохозяйственного обследования р. Ока в границах Московской области // Труды ВНИРО, 2018. – Т. 171. – С. 123-140.

Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: Руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 131 с.

Безр С.А. Биология возбудителя описторхоза. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 336 с.

Ваганов А.С. Накопление тяжелых металлов тканями и органами промысловых видов рыб различных экологических групп Куйбышевского

водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Нижний Новгород; 2012. – 120 с.

Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / О.А. Давыдова, Е.С. Климов, Е.С. Ваганова, А.С. Ваганов/ под науч. ред. Е. С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.

Герман А.В., Законнов В.В., Мамонтов А.А. Хлорорганические соединения в донных отложениях, бентосе и рыбе Волжского плеса Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы, 2010. – Т. 37. – №1. – С. 84-88.

Евланов И.А. Экологические аспекты устойчивости паразитарных систем (на примере паразитов рыб): автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М., 1993. – 41 с.

Кейтс М. Техника липидологии: Выделение, анализ и идентификация липидов. – М.: Мир, 1975. – 322 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб / В.А. Мусселиус, В.Ф. Ванятинский, А.А. Вихман, Головина Н.А., Головин П.П., Марченко А.М., Щелкунова Т.И., Щелкунов И.С., Юхименко Л.Н. // Под ред. докт. биол. наук, проф. В.А. Мусселиус. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 296 с.

Лазаревский А.А. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. – М.: Пищпромиздат, 1955. – 518 с.

Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. ГОСТ 31663-2012. <https://internet-law.ru/gosts/gost/56502/>

Методика одновременного определения остаточных количеств полихлорированных бифенилов и хлорорганических пестицидов в рыбе и рыбной продукции с помощью газожидкостной хроматографии. МВИ МН 2352–2005.

https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/%D0%9C%D0%92%D0%98.%D0%9C%D0%9D_2352-2005.pdf

Методика количественного химического анализа. Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией. М-02-1009-08. <https://docs.cntd.ru/document/437147050>

Методические указания по определению патогенности аэромонад по степени ДНКазной активности // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. – Отдел маркетинга АМБ-агро, 1998. – Ч.1. – С.150-151.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т.1 Паразитические простейшие. – Л.: Наука, 1984. – 428 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т.2 Паразитические многоклеточные. (Первая часть). – Л.: Наука, 1985. – 425 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т.3 Паразитические многоклеточные. (Вторая часть). – Л.: Наука, 1987. – 583 с.

ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. <https://gostassistant.ru/doc/fe319e3e-87f5-4c4e-b468-1b7ff70692fa>

ПНД Ф 14.1:2:4.3-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. <https://gostassistant.ru/doc/e35687b8-cd26-47b4-b031-b848f15e5290>

ПНД Ф 14.1:2:4.4-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой. <https://gostassistant.ru/doc/04554e2e-4f1c-4aea-bf34-c1a7c1847e7e>

ПНД Ф 14.1:2:4.112-97 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония. <https://gostassistant.ru/doc/1d53e27c-08a2-44bd-980b-160717f55eb7>

ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 Количественный химический анализ вод. МВИ биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн.) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. <https://gostassistant.ru/doc/43d19a48-122f-471c-8c35-919e4ec3071c>

ПНД Ф 14.1:2:4.154-99 Количественный химический анализ вод. Методика измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. <https://gostassistant.ru/doc/7ffa2364-44d6-45bd-a295-222848f49a69>

ПНД Ф 14.1:2:4.50-96 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. <https://gostassistant.ru/doc/4f84d71d-91d6-4e13-bdde-517fc8bdd4f2>

Практикум по ихтиопатологии: учебное пособие / Н.А. Головина, Е.В. Авдеева, Е.Б. Евдокимова, О.В. Казимирченко, М.Ю. Котлярчук / под ред. Н.А. Головиной. – М.: МОРКНИГА, 2016. – 417 с.

Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. – М.: Отдел маркетинга АМБ-агро, 1999. – Ч. 2. – 234 с.

Соколов С.Г., Лебедева Д.И., Ядренкина Е.Н. Первые данные о паразитофауне ротана в водоемах лесостепной зоны Западно-Сибирской равнины. – Ж. Паразитология, 2013. – Т.43. – №6. – С. 448-460.

Соколов С.Г., Протасова Е.Н., Решетников А.Н. Паразитофауна ротана в некоторых водоемах Европейской части России. – Поволжский экологический журнал, 2011. – №4. – С.507-522.

Bligh E.G., Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. – 1959. – Vol. 37, N 8. – P. 911-917.

ASSESSMENT OF AQUATIC BIORESOURCES QUALITY AND ECOLOGICAL SITUATION IN THE SHCHIKINSKOYE RESERVOIR OF TULA REGION

N.N. Romanova¹, A.V. Zdrok¹, O.V. Sekhina¹, A.A. Vishtorskaya¹, T.N. Uskov²,
N.V. Bedrina²

¹*State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)*

E-mail: romanova@vniiprh.vniro.ru

²*SSC RF FGBNU 'All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography', E-mail: uskov@vniro.ru*

Abstract. The paper presents the results of studies of quality indicators of aquatic bioresources of six fish species (perch, ruff, roach, carp, silver carp, and roten) and the ecological situation in the Shchekinskoye reservoir of the Tula region. Twelve species of parasites were detected in the examined fish, of which no epidemiologically significant helminths were found. Bacterial contamination of internal organs (liver and kidneys) was observed in crucian carp, perch, roach, and roten. Bacteriological and chemical analysis of water revealed pollution at individual points (stations), which is associated with the influence of anthropogenic factor (proximity of settlements). No excesses of lead, cadmium, arsenic, mercury, organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls were found in fish muscles.

Keywords: aquatic bioresources, bacteriological, parasitological and toxicological analyses, Tula Region, Shchekinskoye Reservoir, safety indicators, nutritional value.

ЗООПЛАНКТОН ОЗЕРА СЕНЕЖ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2024 ГОДА

И.А. Жернаков, Д.Ю. Тюлин, А.И. Никитенко, Г.И. Христенко, С.С. Ерёмкин

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)

E-mail: hidra@vniiprh.vniro.ru

Цель настоящей работы – исследование качественных и количественных показателей зоопланктона озера Сенеж в июле 2024 г. Отбор и обработку проб выполняли по общепринятым методикам на семи станциях учёта. Всего летом в озере Сенеж было выявлено 18 таксонов зоопланктона: 6 таксонов коловраток, 8 таксонов ветвистоусых и 4 таксона веслоногих. Таксономический состав зоопланктона оказался сходным для разных станций водохранилища. На всех станциях, за исключением станции № 5, присутствовал вид *Brachionus angularis*, также практически на всех станциях были обнаружены такие виды, как *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*. Среди ветвистоусых на всех станциях встречался вид *Chydorus sphaericus* из семейства Chydoridae. Также на всех станциях были обнаружены виды *Daphnia cucullata* и *Daphnia galeata*. На всех станциях были обнаружены рачки рода *Bosmina*. Рачки рода *Diaphanosoma* также были обнаружены на всех станциях, как и вид *Polyphemus pediculus*. Веслоногие были представлены отрядами Cyclopoida и Calanoida. Самые высокие значения численности наблюдались на станциях 5 и 4. Наибольшие значения биомассы были зафиксированы на станциях 4 и 7. В среднем, в июле 2024 г. озеро Сенеж имело следующие количественные показатели: 311,13 тыс. экз/м³ численности и 4,69 г/м³ биомассы. Согласно классификации Пидгайко, озеро Сенеж в июле 2024 г. может быть охарактеризовано как водоём выше средней кормности.

Ключевые слова: естественная кормовая база, коловратки, ветвистоусые, веслоногие, кормность водоёма.

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Сенеж расположено в Центрально-Нечернозёмном районе Европейской части России, на северо-западе Московской области, в Солнечногорском районе. Длина озера составляет 4,88 км, наибольшая ширина – 3100 м. Общая площадь около 900 га. [Чухрай, 1969].

Водоём слабопроточный, в него поступают воды рек Сестры и Мазихи, а сток из озера проходит через трубу ГЭС и несколько отверстий в плотине. Водозабор на ГЭС и сброс в плотине не имеют РЗУ. Озеро неправильной формы – два его залива вытянуты по долинам рек Сестры и Мазихи. С юга впадает несколько ручьёв. Глубины небольшие, в среднем около 2 м, максимальные – 6 м в районе русел рек. Заилено озеро слабо. Берега на западе и

востоке – возвышенные, на юге – низменные, заболоченные. Северный берег образован искусственной плотиной длиной 1,5 км [Никитенко и др., 2020].

Естественная кормовая база – это комплекс растительных и животных организмов, потребляемых рыбой [Шмакова и др., 2015]. Зоопланктон – вторичное звено трофической цепи водных экосистем и играет большую роль в их структуре и функционировании. Потребляя фито– и бактериопланктон, он принимает участие в процессах самоочищения, а также служит объектом мониторинга экологического состояния водных объектов разного типа [Крылов, 2005]. Кормовая база – один из важнейших факторов, определяющих эффективность воспроизводства рыб [Nelson, Walburg, 1977; Beck et al., 2001; Atabak, 2011; Чавычалова, 2013]. Многочисленные исследования указывают на значимость живых кормов как источника полноценного белка, витаминов, минеральных веществ на первом, а также – на втором годах жизни рыбы [Шмакова, 1989; Крылов, 2005; Науменко и др., 2020; Decima, 2022]. Авторы также отмечают, что личинкам большинства видов рыб, перешедших на активное питание в первые 5-7 дней, доступны очень мелкие корма (размером 0,2-0,25 мм). По мере роста, молодь переходит на питание более крупным кормом [Шмакова и др., 2015]. Также, при очень высоком количестве естественной пищи, потребление рыбой корма в искусственных водоемах повышается [Шмакова, 1989]. После того, как личинка подрастает, она переходит на питание более крупными организмами, в частности – объектами макрозообентоса. Не все взрослые рыбы питаются бентосом: так, например, рыбы дальневосточно-амурского комплекса имеют довольно широкий спектр питания. Белый толстолобик питается фитопланктоном, пестрый толстолобик – зоопланктоном, а белый амур – высшей водной растительностью [Мельченков, Калмыкова, 2009]. Зоопланктон является лишь вторичным звеном во всех водных экосистемах, однако, при этом всё, влияет на биомассу фитопланктона, являющегося основой трофической пирамиды водоёма [Панасенко и др., 2020]. Также, от фитопланктона зависит кислородный режим водной экосистемы, так как количество кислорода, поступающего из атмосферы воздуха, в сотни раз меньше произведенного им [Пронина и др., 2016].

Цель настоящей работы – исследование зоопланктона в озере Сенеж в июле 2024 г. Ранее изучение данного водоёма уже проводилось [Кузьмина, Сазонова, 2014], однако авторы не определяли таксономический состав зоопланктона, не анализировали флуктуации температуры и кислорода в акватории. Таким образом, данная работа представляется актуальной и содержит научную новизну.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор и обработка гидробиологических проб зоопланктона выполняли по общепринятым методикам [Методика изучения ..., 1975; Винберг, Лаврентьева, 1982] на озере Сенеж в границах Московской области близ города Солнечногорск в июле 2024 г. на 7 станциях учёта. Станции №1 и №2

находятся в акваторий реки Мазиха, станции №5 и №7 – в акватории реки Сестра, остальные станции – в центре озера (рисунок 1).

Пробы отбирали при помощи сети Джели из газ-сита № 49 (размер ячеи – 134 мкм), фиксировали 4% раствором формалина. Далее пробы просматривали под бинокулярным микроскопом Микромед МС-4-ZOOMLED в камере Богорова. Захват изображения с бинокля производили при помощи видеоокуляра TourCam UCMOS05100KPA, длину планктонных организмов измеряли при помощи прилагающейся программы TourView. Для установления таксономической принадлежности планктонных организмов использовали бинокулярный микроскоп Микромед 3 вар. 3-20 и определитель [Цалолихин, 2004].

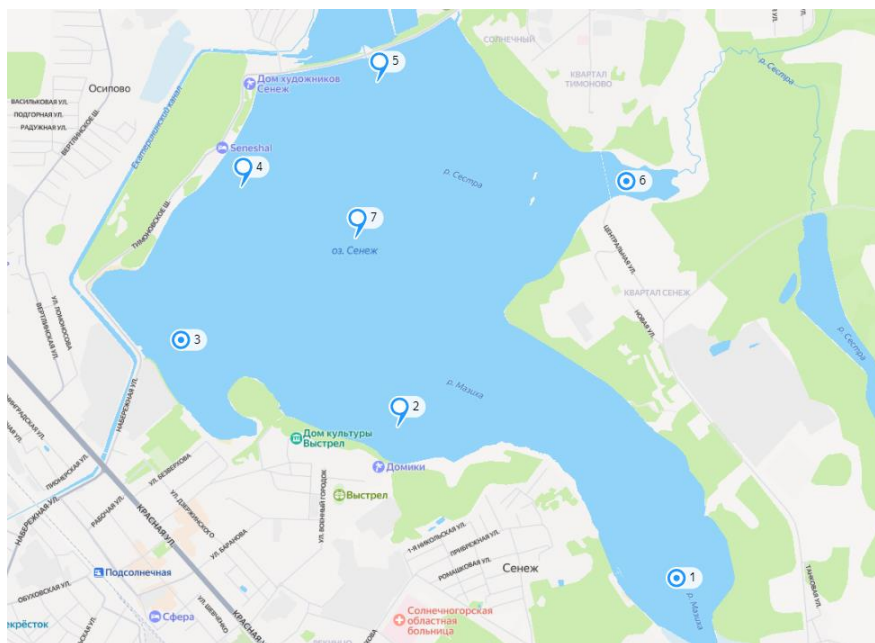


Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб зоопланктона в озере Сенеж в июле 2024 г.

Исследования доминирования среди таксонов зоопланктона производили с использованием индекса доминирования по Бродской и Зенкевичу по формуле [Количественные методы, 2005]:

$$ID = \sqrt{B * P}, \text{ где:}$$

В – биомасса, г/м²,

Р – встречаемость, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Наиболее высокие показатели температуры отмечены на станциях №6, №7 составляли 26,2°C и 25,3°C соответственно. Самые низкие значения температуры зафиксированы на станциях №1 и №2 (24°C). Концентрация растворенного кислорода на дне водоёма варьировала от 5 мг/л до 11,4 мг/л, у

поверхности от 9,6 мг/л до 12,3 мг/л. В среднем же значение температуры на станциях отбора проб на озере Сенеж составило 24,8°C, кислорода – 9,5 мг/л и 11,3 мг/л у дна и поверхности соответственно. В целом, вместе с повышением температуры, падает средняя концентрация кислорода в воде. Концентрация кислорода и распределение температуры на поверхности воды по станциям в различные сезоны представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температура на поверхности воды и концентрация кислорода в воде в озере Сенеж в июле 2024 г. в период отбора проб

№ Станций	Температура, °C	O ₂ , мг/л	
		Дно	Поверхность
Лето			
1	24,0	9,3	9,6
2	24,0	5,0	10,5
3	24,1	8,0	10,9
4	24,5	10,9	14,2
5	25,2	11,4	11,3
6	26,2	12,0	12,3
7	25,3	10,2	10,1
<i>В среднем</i>	24,8	9,5	11,3

Всего летом в озере Сенеж было выявлено 18 таксонов зоопланктона: 6 таксонов коловраток, 8 таксонов ветвистоусых и 4 таксона веслоногих. Таксономический состав зоопланктона для разных станций оказался сходным. На всех станциях, за исключением станции №5, присутствовал вид *Brachionus angularis* (Gosse, 1851), также практически на всех станциях были обнаружены такие виды, как *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850), *Keratella quadrata* (Müller, 1786); вид *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879) был обнаружен на станциях №1, №3, №4, №5, №7, вид *Polyarthra major* (Burckhardt, 1900) был обнаружен только на станции №2. Ветвистоусые были представлены семействами Chydoridae, Daphniidae, Bosminidae, Sididae, Polyphemidae и Leptodoridae. На всех станциях встречался вид *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1776) из семейства Chydoridae, также виды *Daphnia cucullata* (Sars 1862) и *Daphnia galeata* (Sars 1864), рачки рода *Bosmina*, рачки рода *Diaphanosoma* и *Polyphemus pediculus* (Linnaeus 1761). Вид *Daphnia cristata* (Sars 1862) встречался на всех станциях, за исключением станций №6 и №7, род *Ceriodaphnia* был обнаружен только на станции №3. На станциях №1 и №2 был обнаружен крупный ветвистоусый рачок *Leptodora kindtii* (Focke, 1844). Веслоногие были представлены отрядами Cyclopoida и Calanoida, которые были обнаружены на всех станциях и были представлены как взрослыми особями, так и личинками на науплиальных стадиях развития (таблица 2).

Таблица 2 – Таксономическое распределение наиболее распространённых зоопланктонных организмов в озере Сенеж в июле 2024 г. по станциям

Таксон	№ станции						
	1	2	3	4	5	6	7
Rotifera	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus angularis</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Keratella quadrata</i>	+	+	-	+	+	-	+
<i>Asplanchna priodonta</i>	+	+	+	+	+	-	+
<i>Polyarthra major</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Kellicottia longispina</i>	+	-	+	+	+	-	+
<i>Polyarthra</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-
Cladocera	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chydoridae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chydorus sphaericus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphniidae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia cucullata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia cristata</i>	+	+	+	+	+	-	-
<i>Daphnia galeata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-
<i>Bosminidae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sididae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diaphanosoma</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polyphemidae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polyphemus pediculus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leptodoridae</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Leptodora kindtii</i>	+	+	-	-	-	-	-
Copepoda	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cyclopoida</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calanoida</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nauplii</i>	+	+	+	+	+	+	+

Самые высокие значения численности отмечены на станциях №5 и №4 и составляли 424,33 тыс. экз./м³ и 368,57 тыс. экз./м³ соответственно. Самые низкие значения на станции №3 – 183 тыс. экз./м³. На станциях № 4-5 доминировали ветвистоусые ракообразные, субдоминировали веслоногие с численностью 304,14 тыс. экз./м³ и 206,19 тыс. экз./м³ соответственно. На станции №3 доминировали веслоногие (рисунок 2).

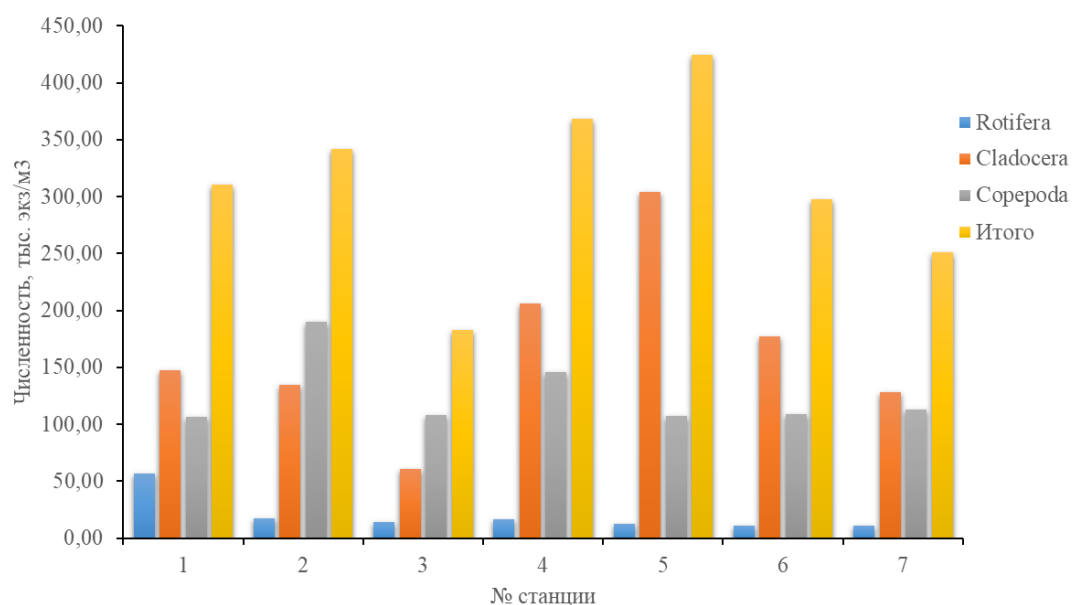


Рисунок 2 – Численность зоопланктона в озере Сенеж в июле 2024 г.

На станциях №4 и №7 были зафиксированы наибольшие значения биомассы 8,5 г/м³ и 6,2 г/м³ соответственно. Минимальные значения отмечены на станциях №3 и №6: 2,2 г/м³ и 2,8 г/м³ соответственно. На всех станциях по биомассе доминировали ветвистоусые (рисунок 3).

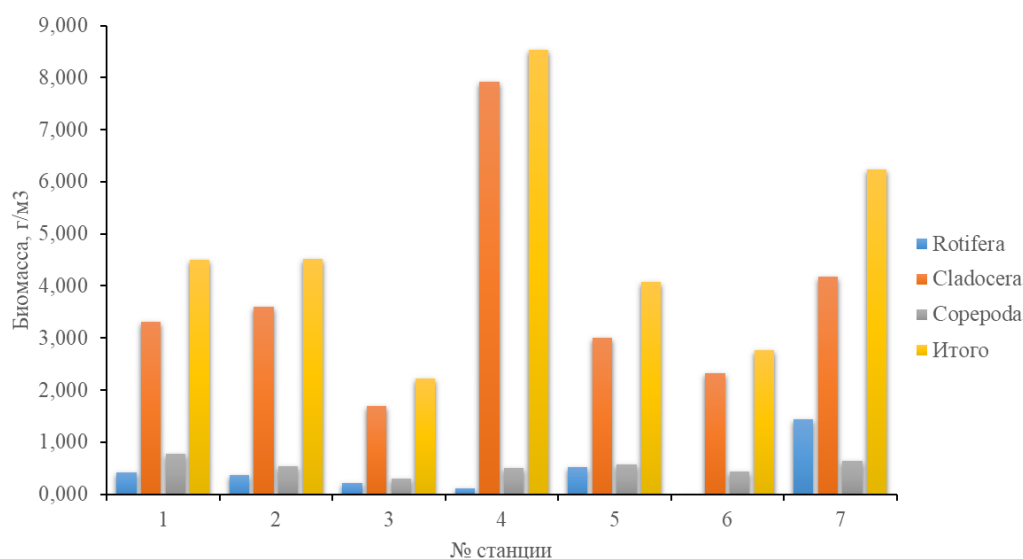


Рисунок 3 – Биомасса зоопланктона в озере Сенеж в июле 2024 г.

В целом, доминировали ветвистоусые (165,39 тыс. экз/м³ и 3,71 г/м³), субдоминировали веслоногие (125,74 тыс. экз/м³ и 0,53 г/м³). В среднем, в июле 2024 г. озеро Сенеж имело следующие количественные показатели: 311,13 тыс. экз/м³ численности и 4,69 г/м³ биомассы (таблица 3). Стоит отметить, что высокие значения биомассы достигались за счёт наличия в пробах крупных ветвистоусых рачков из семейства Daphniidae, а также – из-за присутствия в

пробах таких видов, как *Polyphemus pediculus* и *Leptodora kindtii*, индивидуальный вес которых достаточно высок.

Таблица 3 – Средняя численность и биомасса зоопланктона озера Сенеж в июле 2024 г.

Таксон	Численность, тыс. экз./м ³	Биомасса, г/м ³	ID
<i>Rotifera</i>	19,99	0,43	1,7
<i>Cladocera</i>	165,39	3,71	14
<i>Copepoda</i>	125,74	0,53	4,7
Зоопланктон в целом	311,13	4,69	-

Согласно классификации Пидгайко и соавторов (1986), озеро Сенеж в июле 2024 года может быть охарактеризовано как водоём выше средней кормности, со средним показателем по биомассе 4,69 г/м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По количественным показателем зоопланктона озеро Сенеж в июле 2024 года может быть охарактеризовано как водоём выше средней кормности, что должно удовлетворять рыбохозяйственным потребностям. Как по показателю численности, так и показателю биомассы выделялась станция №4, прежде всего – за счёт массового развития вида *Daphnia cucullata*, биомасса которого на данной станции составляла 5,41 г/м³, аналогичная ситуация наблюдалась на станции №7, где по биомассе также доминировала *Daphnia cucullata*. Также на станции №7 было зафиксировано одно из максимальных значений температуры, а именно – 25,3°C. Бесспорно, абиотические факторы определяют численность и биомассу зоопланктона. Среди таких факторов следует отметить температуру воды и концентрацию растворённого в ней кислорода. Однако, столь высокие значения, как численности, так биомассы, вполне вероятно могут оказаться случайными, для изучения этого вопроса необходимы дальнейшие более комплексные исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Винберг Г.Г., Лаврентьева Г.М. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. // – Л.: ГосНИОРХ, Зоол. ин-т АН СССР, 1982. – 33 с.

Количественные методы экологии и гидробиологии (сб. научных трудов, посвящённый памяти А.И. Баканова) / Тольятти: СамНЦ РАН. – 2005. – 412 с.

Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек / А В Крылов // – М.: Наука, 2005. – 263 с.

Кузьмина Е.Ю., Сазонова Л.В. Кормовая база внутренних пресноводных водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение (на примере озера Сенеж) / Е.Ю. Кузьмина, Л.В. Сазонова // Сб. науч. тр. Ставропольского научно-исслед. института животновод. и кормопроизводства. – 2014. – Т. 2, № 7. – С. 592-596.

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

Методика изучения биоценозов внутренних водоёмов / под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского // – М.: Наука, 1975. – 240 с.

Науменко Е.Н., Ушакова А.Ю., Голубкова Т.А. Питание сеголеток рыб Куршского залива Балтийского моря в 2016 году / Е.Н. Науменко, А.Ю. Ушакова, Т.А. Голубкова // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 179. – С. 60-77.

Никитенко А.И., Горячев Д.В., Клец Н.Н., Здрок А.В., Ускова С.С., Бадаева И.Ю., Кукин М.С., Вишторская А.А. Результаты комплексного исследования водных биоресурсов озера Сенеж / А.И. Никитенко, Д.В. Горячев, Н.Н. Клец, [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 10(177). – С. 6-17. <https://doi.org/10.33920/sel-09-2010-01>.

Панасенко Н.Д., Атаян А.М., Мотуз Н.С. Обработка и усвоение данных космического зондирования для осуществления мониторинга текущего состояния разнородных объектов на поверхности водоемов / Н.Д. Панасенко, А.М. Атаян, Н.С. Мотуз // Инженерный вестник Дона, 2020. – №12. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6701 (дата обращения: 11.09.2023).

Пидгайко М.Л., Александров Б.А., Иоффе Ц.И., Салазкин А.А. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР / М.Л. Пидгайко, Б.А. Александров, Ц.И. Иоффе, А.А. Салазкин // Известия ГосНИОРХ. – Л., 1968. – Т. 67. – С. 205-225.

Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., Терентьев П.В. Воздействие фитопланктона на кислородный режим рыбохозяйственного водоема в условиях низких температур / Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина, П.В. Терентьев // Вестник Астраханского ГТУ. – 2016. – № 1. – С. 52-61.

Цалолихин С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / С.Я. Цалолихин // – СПб.: Наука, 2004. – 528 с.

Чавычалова Н.И. Современные проблемы естественного воспроизводства рыб в низовьях Волги / Н.И. Чавычалова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – Астрахань: АГТУ, 2013. – № 2 (5). – С. 80-87.

Чухрай И. Сенеж. Водоёмы Подмосковья: Справ. Московского общества «Рыболовспортсмен» / И. Чухрай // – М.: Советская Россия, 1969. – 224 с.

Шмакова З.И. Питание сеголетков карпа при разных способах повышения естественной кормовой базы прудов / Шмакова З.И. // – Сб. науч. тр. ВНИИПРХ, 1989. – Вып. 56.

Шмакова З.И. Рекомендации по повышению кормовой базы и контролю гидробиологического режима водоемов фермерских хозяйств / З.И. Шмакова, И.Ю. Бадаева, С.С. Ускова // ФГБНУ ВНИИПРХ – 2015. – 18 с.

Atabak N. Survey on natural feeding of Juvenile *Cynoglossus arel* and *Solea elongata* fishes (Cynoglossidae and Soleidae) in the northwest of Persian Gulf coastal water / N. Atabak // Fisheries Research, 2011. – № 108. – P. 9-14.

Beck M.W., Heck K.L., Able K.W., Childers D.L., Eggleston D.B., Gillanders B.M., Halpern B., Hays C.G., Hoshino K., Minello T.J., Orth R.J., Sheridan P.F., Weinstein M.R. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates / M.W. Beck, K.L. Heck, K.W. Able, D.L. Childers, D.B. Eggleston, B.M. Gillanders, B. Halpern, C.G. Hays, K. Hoshino, T.J. Minello, R.J. Orth, P.F. Sheridan, M.R. Weinstein // *Bioscience*, 2001. – № 51. – P. 633-641.

Decima M. Zooplankton trophic structure and ecosystem productivity / M. Decima // *Marine ecology progress series*, 2022. – Vol. – P. 23-42.

Nelson W.R., Walburg C.H. Population dynamics of yellow perch (*Perca flavescens*), sauger (*Stizostedion canadense*), and walleye (*S. vitreum vitreum*) in four main stem Missouri River reservoirs / W.R. Nelson, C.H. Walburg // *J. Fish. Res.*, 1977. – Board Can. 34 (10). – P. 1748-1763.

ZOOPLANKTON OF LAKE SENEZH IN THE SUMMER OF 2024

I.A. Zhernakov, D.Yu. Tyulin, A.I. Nikitenko, G.I. Khristenko, S.S. Eremkim

State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)
E-mail: hidra@vniiprh.vniro.ru

Abstract. This study aimed to investigate the qualitative and quantitative characteristics of zooplankton in Lake Senezh in July 2024. Sampling and processing of samples were carried out according to standard methodologies at seven monitoring stations. A total of 18 zooplankton taxa were identified in Lake Senezh during the summer: 6 rotifer taxa, 8 cladoceran taxa, and 4 copepod taxa. The taxonomic composition of zooplankton was similar across different stations of the reservoir. The species *Brachionus angularis* was present at all stations except station № 5. Species such as *Asplanchna priodonta* and *Keratella quadrata* were also found at almost all stations. Among the cladocerans, the species *Chydorus sphaericus* from the family Chydoridae was found at all stations. Additionally, the species *Daphnia cucullata* and *Daphnia galeata* were detected at all stations. Representatives of the genus *Bosmina* were found at all stations. Copepods of the genus *Diaphanosoma* were also found at all stations, as was the species *Polyphemus pediculus*. Copepods were represented by the orders Cyclopoida and Calanoida. The highest abundance values were observed at stations 5 and 4. The highest biomass values were recorded at stations 4 and 7. On average, in July 2024, Lake Senezh had the following quantitative indicators: 311,13 thousand ind./m³ abundance and 4,69 g/m³ biomass. According to Pidgayko's classifications, Lake Senezh in July 2024 can be characterized as a water body with above-average food abundance.

Keywords: natural food base, rotifers, cladocerans, copepods, trophic status of water body.

РАЗВИТИЕ ЗООПЛАНКТОНА В ОЗЕРНИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ ЛЕТОМ 2024 ГОДА

И.А Жернаков, Д.Ю. Тюлин, А.И. Никитенко, Г.И. Христенко, С.С. Ерёмкин

Филиал по пресноводному рыбному хозяйству

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)

E-mail: hidra@vniiprh.vniro.ru

Цель настоящей работы – исследование качественных и количественных показателей зоопланктона Озернинского водохранилища в июле 2024 года. Отбор и обработку проб выполняли по общепринятым методикам на восьми станциях учёта. Всего летом в Озернинском водохранилище был выявлен 21 таксон зоопланктона: 11 таксонов коловраток, 6 таксонов ветвистоусых и 4 таксона веслоногих. Таксономический состав зоопланктона оказался сходным для разных станций водохранилища. На всех станциях присутствовали виды *Brachionus angularis* и *Keratella cochlearis*, также практически на всех станциях был обнаружен вид *Asplanchna priodonta*. Ветвистоусые были представлены семействами Chydoridae, Daphniidae, Bosminidae и Sididae. На всех станциях встречался вид *Daphnia cucullata*, также на всех станциях встречались рачки рода *Diaphanosoma*. Веслоногие были представлены отрядами Cyclopoida и Calanoida, как взрослыми особями, так и личинками на науплиальных стадиях развития. Самые высокие значения численности были отмечены на станции №1. На станциях №1 и №4 были зафиксированы наибольшие значения биомассы. В среднем, в июле 2024 года Озернинское водохранилище имело следующие количественные показатели по зоопланктону: 547,14 тыс. экз/м³ численности и 4,01 г/м³ биомассы. Согласно классификации Пидгайко, Озернинское водохранилище в июле 2024 года может быть охарактеризовано как водоём с кормностью выше средней.

Ключевые слова: естественная кормовая база, коловратки, ветвистоусые, веслоногие, кормность водоёма.

ВВЕДЕНИЕ

Озернинское водохранилище – искусственный водоём в Рузском городском округе Московской области России. Водохранилище образовано в 1967 году в результате строительства гидроузла на реке Озерне в 2,6 км от её устья. Площадь водохранилища при (НПУ) составляет 21,22 км², объём – 135,504 млн. км³, средняя глубина – 6,39 м. Озернинское водохранилище – важный источник водоснабжения г. Москвы [Шапоренко и др., 2011].

Естественная кормовая база – это комплекс как растительных, так и животных организмов, потребляемых рыбой [Шмакова и др., 2015]. Зоопланктон – вторичное звено трофической цепи водных экосистем, которое

играет большую роль в их структуре и функционировании. Потребляя фито– и бактериопланктон, зоопланктон принимает участие в процессах самоочищения, а также служит объектом мониторинга экологического состояния водных объектов разного типа [Крылов, 2005]. Кормовая база – один из важнейших факторов, определяющих эффективность воспроизводства рыб [Nelson, Walburg, 1977; Beck et al., 2001; Atabak, 2011; Чавычалова, 2013]. Многочисленные исследования указывают на значимость живых кормов как источника полноценного белка, витаминов, минеральных веществ на первом, а также – на втором годах жизни рыбы [Шмакова, 1989; Крылов, 2005; Науменко и др., 2020; Decima, 2022]. Авторы также отмечают, что личинкам большинства видов рыб, перешедших на активное питание в первые 5-7 дней, доступны очень мелкие корма (размером 0,2-0,25 мм). По мере роста, молодь переходит на питание более крупным кормом [Шмакова и др., 2015]. Также, при очень высоком количестве запасов естественной пищи, потребление рыбой корма в искусственных водоемах повышается [Шмакова, 1989]. После того, как личинка подрастает, она переходит на питание более крупными организмами, в частности – объектами макрозообентоса. Не все взрослые рыбы питаются бентосом: так, например, рыбы дальневосточно-амурского комплекса имеют довольно широкий спектр питания. Белый толстолобик питается фитопланктоном, пёстрый толстолобик – зоопланктоном, а белый амур – высшей водной растительностью [Мельченков, Калмыкова, 2009]. Несмотря на всё выше перечисленное, стоит помнить, что зоопланктон является лишь вторичным звеном во всех водных экосистемах, однако, при этом влияет на биомассу фитопланктона, являющегося основой трофической пирамиды водоёма [Панасенко и др., 2020]. Кроме того, от фитопланктона зависит кислородный режим водной экосистемы, так как количество кислорода, поступающего из атмосферы воздуха, в сотни раз меньше произведённого им [Пронина и др., 2016].

Цель настоящей работы – наблюдение за развитием зоопланктона в Озернинском водохранилище 2024 года. Ранее изучение данного водоёма уже проводилось [Гончаров 2007], однако авторы исследовали только развитие фитопланктона, никак не затрагивая развитие зоопланктона. Таким образом, данная работа представляется актуальной и содержит научную новизну.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор и обработка гидробиологических проб зоопланктона выполнялись по общепринятым методикам. [Методика изучения ..., 1975; Винберг, Лаврентьева, 1982] Наблюдение проводилось в июле 2024 года на 8 станциях учёта. Станция № 1 расположена в притоке реки Вейна, станции № 7 и № 8 находятся в заливе, образованном притоком реки Хлынь, станции № 2, № 3 и № 6 находятся в заливах близ населённых пунктов (рисунок 1).

Пробы отбирали при помощи сети Джели из газ-сита № 49 (размер ячеи – 134 мкм), фиксировали 4% раствором формалина. Далее пробы просматривали под бинокулярным микроскопом Микромед MC-4-ZOOMLED в камере

Богорова. Захват изображения с бинокля производили при помощи видеоокуляра TourCam UCMOS05100KPA, длину планктонных организмов измеряли при помощи прилагающейся программы TourView. Для установления таксономической принадлежности планктонных организмов использовали биноклярный микроскоп Микромед 3 вар. 3-20 и определитель [Цалолихин, 2004].

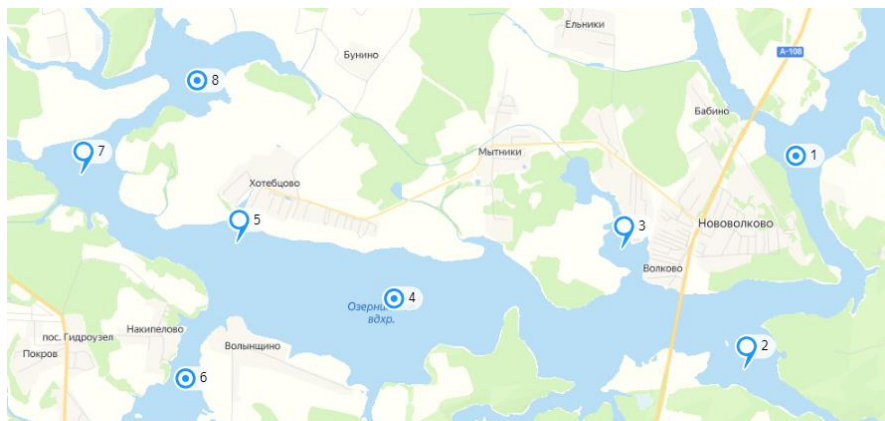


Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб зоопланктона в Озернинском водохранилище в июле 2024 г.

Исследования доминирования среди таксонов зоопланктона производили с использованием индекса доминирования по Бродской и Зенкевичу по формуле [Количественные методы..., 2005]:

$$ID = \sqrt{B * P},$$

где: В – биомасса, г/м²,
Р – встречаемость, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Самое высокое значение температуры было отмечены на станции № 3, где она составляла 27,4°C, также высокие показатели наблюдались на станциях № 1 и № 2, где они составляли 27,1°C. Самые низкие показатели температуры зафиксированы на станциях № 5 и № 8 (26,5°C). Концентрация растворённого кислорода на дне водоёма варьировала от 9 мг/л до 11,9 мг/л, а у поверхности – от 9,1 мг/л до 11,4 мг/л. В среднем же значение температуры на станциях отбора проб на Озернинском составило 26,9°C, кислорода – 10 мг/л и 9,5 мг/л, у дна и поверхности соответственно. В целом, вместе с повышением температуры, падает средняя концентрация кислорода в воде. Концентрация кислорода и распределение температуры на поверхности воды по станциям в различные сезоны представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температура на поверхности воды и концентрация кислорода в воде в Озернинском водохранилище в июле 2024 г. в период отбора проб

№ Станций	Температура, °С	О ₂ , мг/л	
		Дно	Поверхность
Лето			
1	27,1	11,9	11,4
2	27,1	10	9,7
3	27,4	10,4	9,6
4	26,9	10,3	9,5
5	26,5	9	9,1
6	26,9	9,2	8,6
7	27	9,9	9,1
8	26,5	9,3	8,9
<i>В среднем</i>	26,9	10	9,5

Всего в июле на Озернинском водохранилище был выявлен 21 таксон зоопланктона: 11 таксонов коловраток, 6 таксонов ветвистоусых и 4 таксона веслоногих. Таксономический состав зоопланктона для разных станций оказался сходным. На всех станциях присутствовали такие виды, как *Brachionus angularis* (Gosse, 1851) и *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), также практически на всех станциях был обнаружен вид *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850). На 5 станциях из 8 встречался вид *Keratella quadrata* (Müller, 1786). Вид *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879) был обнаружен на станциях № 3, № 5, № 6, № 7, № 8, вид *Polyarthra major* (Burckhardt, 1900) был обнаружен на станциях № 1, № 3, № 8, вид *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834) был обнаружен лишь на станции № 7. Ветвистоусые были представлены семействами Chydoridae, Daphniidae, Bosminidae и Sididae. На всех станциях встречался вид *Daphnia cucullata* (Sars, 1862) из семейства Daphniidae, род *Ceriodaphnia* был обнаружен только на станции № 7, также на всех станциях встречались рачки рода *Diaphanosoma* семейства Sididae. *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1776) из семейства Chydoridae, встречался на станциях № 1 и № 3. Рачки рода *Bosmina* отсутствовали только на первых трёх станциях. Веслоногие были обнаружены на всех станциях, оказались представлены отрядами Cyclopoida и Calanoida, как взрослыми особями, так и личинками на науплиальных стадиях развития (таблица 2).

Таблица 2 – Таксономическое распределение наиболее распространённых зоопланктонных форм в Озернинском водохранилище в июле 2024 г. по станциям

Таксон	№ станции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Rotifera	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus angularis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i>	-	-	+	+	+	+	-	+
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Asplanchna priodonta</i>	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Polyarthra major</i>	+	-	+	-	-	-	-	+
<i>Polyarthra</i> sp.	+	-	-	+	-	-	+	-
<i>Kellicottia longispina</i>	-	-	+	-	+	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Trichocerca</i> sp.	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Notholca</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Philodina</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-
Cladocera	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chydoridae</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i>	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Bosminidae</i>	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Daphniidae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia cucullata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Sididae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diaphanosoma</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+
Copepoda	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cyclopoida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calanoida</i>	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Nauplii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

Самое высокое значение численности зоопланктона было отмечено на станции № 1 (1177,78 тыс. экз./м³). Самые низкие значения – на станциях № 4 и № 6 (381,14 тыс. экз./м³ и 326,75 тыс. экз./м³ соответственно). На станции № 1 доминировали коловратки, субдоминировали веслоногие, с численностью 911,11 тыс. экз./м³ и 188,89 тыс. экз./м³ соответственно. На станциях № 4 и № 6 также доминировали коловратки (рисунок 2).

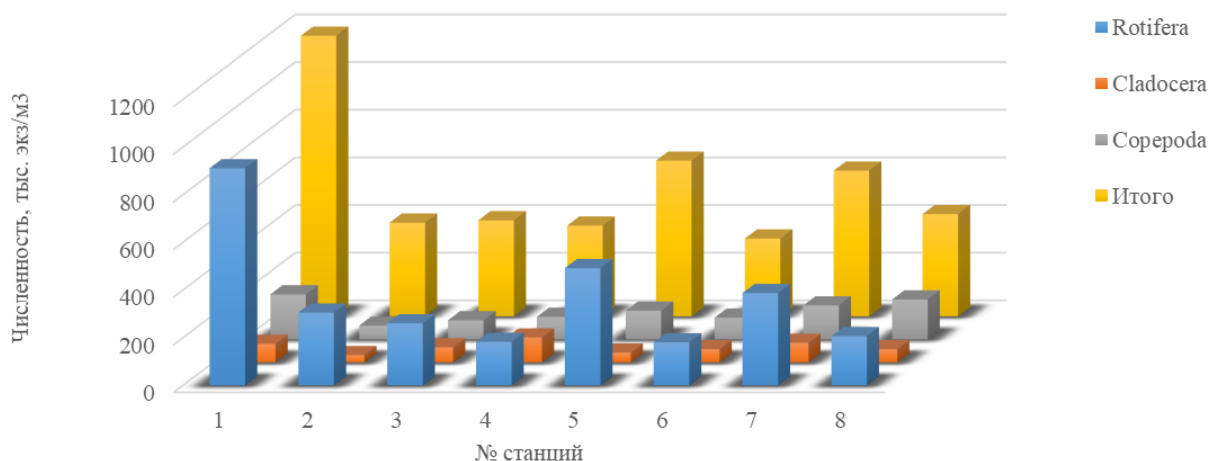


Рисунок 2 – Численность зоопланктона в Озернинском водохранилище в июле 2024 г.

На станциях № 1 и № 4 были зафиксированы наибольшие значения биомассы 5,758 г/м³ и 5,527 г/м³ соответственно. Минимальные значения отмечены на станции № 6 (1,9605 г/м³). На станциях № 1, № 2, № 5 и № 8 по биомассе доминировали коловратки, на всех остальных станциях доминировали ветвистоусые ракообразные.

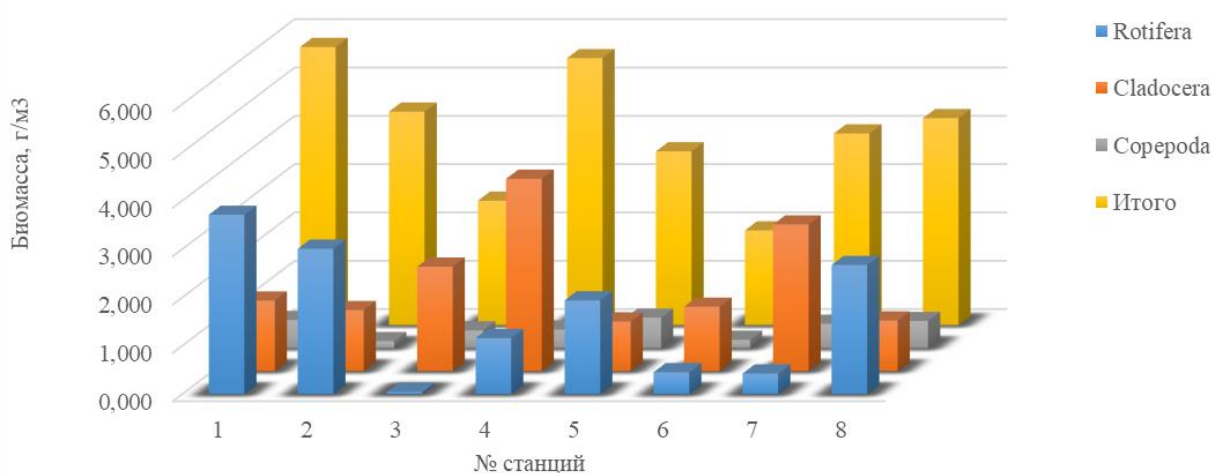


Рисунок 3 – Биомасса зоопланктона в Озернинском водохранилище в июле 2024 г.

В целом, по численности доминировали коловратки (365,685 тыс. экз/м³ и 1,68 г/м³), коловратки также субдоминировали по биомассе, доминировали же по биомассе ветвистоусые (63,63 тыс. экз/м³ и 1,91 г/м³). В среднем, в июле 2024 года Озернинское водохранилище имело следующие количественные

показатели: 547,15 тыс. экз/м³ численности и 4,01 г/м³ биомассы (таблица 3). Столь высокие значения, как численности, так и биомассы были обусловлены массовым развитием коловраток вида *Asplanchna priodonta*, а также – массовым развитием ветвистоусых рачков, прежде всего вида *Daphnia cucullata*.

Таблица 3 – Средняя численность и биомасса зоопланктона Озернинского водохранилища июле 2024 г.

Таксон	Численность, тыс. экз./м ³	Биомасса, г/м ³	ID
<i>Rotifera</i>	356,685	1,68	10,6
<i>Cladocera</i>	63,63	1,91	4,72
<i>Copepoda</i>	117,83	0,42	3
Зоопланктон в целом	547,14	4,01	-

Согласно классификации Пидгайко и соавторов (1986), Озернинское водохранилище в июле 2024 г. может быть охарактеризовано как водоём выше средней кормности, со средним показателем по биомассе 4,01 г/м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По количественным показателем зоопланктона Озернинское водохранилище в июле 2024 г. может быть охарактеризовано как водоём выше средней кормности, что должно удовлетворять рыбохозяйственным потребностям. Как по показателю численности, так и показателю биомассы выделялась станция № 1, прежде всего – за счёт массового развития вида *Asplanchna priodonta*, биомасса которого на данной станции составляла 3,5 г/м³. Аналогичная ситуация наблюдалась на станции № 2, где по биомассе также доминировала коловратка *Asplanchna priodonta*, а субдоминировал по биомассе ветвистоусый рачок *Daphnia cucullata*; на станции № 4 данный вид рачков уже доминировал по биомассе. Также на станции № 1 было зафиксировано одно из максимальных значений температуры, а именно – 27,1°C. Бесспорно, абиотические факторы определяют численность и биомассу зоопланктона. Среди таких факторов следует отметить температуру воды и концентрацию растворённого в ней кислорода. Однако, столь высокие значения, как численности, так биомассы, вполне вероятно могут оказаться случайными, для изучения этого вопроса необходимы дальнейшие, более комплексные исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Винберг Г.Г., Лаврентьева Г.М. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. // – Л.: ГосНИОРХ, Зоолог. ин-т АН СССР, 1982. – 33 с.

Гончаров, А. В. Сравнение водохранилищ московско-вазуской водной системы по количественному развитию фитопланктона и степени

евтрофирования / А. В. Гончаров // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34, № 1. – С. 78-82.

Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвящённый памяти А.И. Баканова) / Тольятти: СамНЦ РАН. – 2005. – 412 с.

Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек / А В Крылов // М.: Наука, 2005. – 263 с.

Кузьмина Е.Ю., Сазонова Л.В. Кормовая база внутренних пресноводных водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение (на примере озера Сенеж) / Е.Ю. Кузьмина, Л.В. Сазонова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. – Т. 2, № 7. – С. 592-596.

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

Методика изучения биоценозов внутренних водоёмов / под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского // М.: Наука, 1975. – 240 с.

Морфометрические параметры Истринского, Рузского, Озернинского и Рублевского водохранилищ по данным батиметрических съёмок 2009 г / С. И. Шапоренко, С. В. Ясинский, Е. П. Матафонов, А. В. Горелкин // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов : труды Международной научно-практической конференции: в 4 т., Пермь, 17–20 мая 2011 года / Пермский государственный национальный исследовательский университет; Федеральное агентство водных ресурсов; Камское бассейновое водное управление; Горный институт УрО РАН. Том I. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2011. – С. 172-177.

Науменко Е.Н., Ушакова А.Ю., Голубкова Т.А. Питание сеголеток рыб Куршского залива Балтийского моря в 2016 году / Е.Н. Науменко, А.Ю. Ушакова, Т.А. Голубкова // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 179. – С. 60-77.

Панасенко Н.Д., Атаян А.М., Мотуз Н.С. Обработка и усвоение данных космического зондирования для осуществления мониторинга текущего состояния разнородных объектов на поверхности водоемов / Н.Д. Панасенко, А.М. Атаян, Н.С. Мотуз // Инженерный вестник Дона, 2020. – №12. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n12y2020/6701 (дата обращения: 11.09.2023).

Пидгайко М.Л., Александров Б.А., Иоффе Ц.И., Салазкин А.А. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР / М.Л. Пидгайко, Б.А. Александров, Ц.И. Иоффе, А.А. Салазкин // Известия ГосНИОРХ. – Л., 1968. – Т. 67. – С. 205–225.

Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., Терентьев П.В. Воздействие фитопланктона на кислородный режим рыбохозяйственного водоема в условиях низких температур / Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина, П.В. Терентьев // Вестник Астраханского ГТУ. – 2016. – № 1. – С. 52–61.

Цалолихин С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / С.Я. Цалолихин // СПб.: Наука, 2004. – 528 с.

Чавычалова Н.И. Современные проблемы естественного воспроизводства рыб в низовьях Волги / Н.И. Чавычалова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. - Астрахань: АГТУ, 2013. – № 2 (5). – С. 80–87.

Шмакова З.И. Питание сеголетков карпа при разных способах повышения естественной кормовой базы прудов / Шмакова З.И. // сб. науч. тр. ВНИИПРХ, 1989. – Вып. 56.

Шмакова З.И. Рекомендации по повышению кормовой базы и контролю гидробиологического режима водоемов фермерских хозяйств / З.И. Шмакова, И.Ю. Бадаева, С.С. Ускова // ФГБНУ ВНИИПРХ – 2015. – 18 с.

Atabak N. Survey on natural feeding of Juvenile *Cynoglossus arel* and *Solea elongata* fishes (Cynoglossidae and Soleidae) in the northwest of Persian Gulf coastal water / N. Atabak // Fisheries Research, 2011. – № 108. – P. 9-14.

Beck M.W., Heck K.L., Able K.W., Childers D.L., Eggleston D.B., Gillanders B.M., Halpern B., Hays C.G., Hoshino K., Minello T.J., Orth R.J., Sheridan P.F., Weinstein M.R. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates / M.W. Beck, K.L. Heck, K.W. Able, D.L. Childers, D.B. Eggleston, B.M. Gillanders, B. Halpern, C.G. Hays, K. Hoshino, T.J. Minello, R.J. Orth, P.F. Sheridan, M.R. Weinstein // Bioscience, 2001. – № 51. – P. 633–641.

Decima M. Zooplankton trophic structure and ecosystem productivity / M. Decima // Marine ecology progress series, 2022. – Vol. – P. 23–42.

Nelson W.R., Walburg C.H. Population dynamics of yellow perch (*Perca flavescens*), sauger (*Stizostedion canadense*), and walleye (*S. vitreum vitreum*) in four main stem Missouri River reservoirs / W.R. Nelson, C.H. Walburg // J. Fish. Res, 1977. – Board Can. 34 (10). – P. 1748-1763.

ZOOPLANKTON DEVELOPMENT IN OZERNINSKY RESERVOIR IN SUMMER 2024

I.A. Zhernakov, D.Yu. Tyulin, A.I. Nikitenko, G.I. Khristenko, S.S. Eromkin *State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)*

E-mail: hidra@vniiprh.vniro.ru

Abstract. This study investigates the qualitative and quantitative characteristics of zooplankton in Ozerninsky Reservoir during July 2024. Samples were collected and processed according to standard methodologies at eight monitoring stations. A total of 21 zooplankton taxa were identified in Ozerninsky Reservoir during the summer: 11 rotifer taxa, 6 cladoceran taxa, and 4 copepod taxa. The taxonomic composition of zooplankton was similar across different stations in the reservoir. The species *Brachionus angularis* and *Keratella cochlearis* were present at all stations, and the species *Asplanchna priodonta* was found at almost all

stations. Cladocerans were represented by the families Chydoridae, Daphniidae, Bosminidae, and Sididae. The species *Daphnia cucullata* was found at all stations, as were the cladocerans of the genus *Diaphanosoma*. Copepods were represented by the orders Cyclopoida and Calanoida, both as adults and as nauplii larvae. The highest abundance values were recorded at station № 1. Stations № 2 and № 4 had the highest biomass values. On average, in July 2024, Ozerninsky Reservoir had the following quantitative zooplankton indicators: 547,14 thousand ind./m³ abundance and 4,01 g/m³ biomass. According to Pidgayko's classification, Ozerninsky Reservoir in July 2024 can be characterized as a water body with above-average food productivity.

Keywords: natural food base, rotifers, cladocerans, copepods, water body productivity.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРМОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРИ КОРМЛЕНИИ ГИБРИДА БЕЛОГО И ПЕСТРОГО ТОЛСТОЛОБИКОВ ОДНОКЛЕТОЧНОЙ ВОДОРΟΣЛЬЮ ХЛОРЕЛЛА ИНДУСТРИАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

С.Б. Мустаев¹, В.Е. Грабарник², Н.В. Карелин², П.В. Кудинов¹

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

²ООО «Альготек»

E-mail: mustaev@vniiprh.vniro.ru

В результате проведения 60-дневного опыта в установке замкнутого водоиспользования определен кормовой коэффициент при кормлении гибрида белого и пестрого толстолобиков одноклеточной водорослью хлорелла, который оказался равным 43,8 единицы.

Ключевые слова: хлорелла, гибрид белого и пестрого толстолобиков, установка замкнутого водоиспользования (УЗВ), кормовой коэффициент.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в практике прудового рыбоводства все чаще стали применять культуру одноклеточной водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris*). Известно, что она способствует улучшению кислородного режима, стимулированию естественной кормовой базы прудов и увеличению их продуктивности, а также снижению кормовых затрат [Богданов, 2008; Кульнев и др., 2020; Lage et al, 2021]. Основными и практически единственными потребителями фитопланктона в прудах при выращивании рыбы в поликультуре являются белый толстолобик и его гибрид с пестрым толстолобиком, который несет в себе признаки обоих видов. Вследствие неконтролируемой гибридизации в 90-е годы прошлого века и два десятилетия XXI века, основным видом толстолобиков стал именно гибрид белого и пестрого толстолобиков. Если для белого и пестрого толстолобиков известны кормовые коэффициенты по фитопланктону и зоопланктону [Приказ Министерства сельского хозяйства..., 2020, Приказ Федерального агентства по рыболовству ..., 2020], согласно этим приказам, кормовой коэффициент по фитопланктону для белого толстолобика составляет 70-80 единиц, а для пестрого толстолобика – 15-20 единиц, то для их гибридов таких данных нет.

В связи с этим целью данной работы являлось: определение кормового коэффициента при кормлении гибрида белого и пестрого толстолобиков одноклеточной водорослью хлорелла (штамм *Chlorella vulgaris* GKO) индустриальным методом.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи:

1. Отобрать однотипную группу годовиков гибрида белого и пестрого толстолобиков в количестве 50 экз. и поместить в закрытый бассейн;
2. Обеспечить условия содержания, близкие к естественным, для опытной группы;
3. Обеспечить внесение биомассы хлореллы в бассейн по поеданию;
4. Обеспечить постоянное наблюдение за ходом испытаний (количество вносимой биомассы водорослей, температура воды, pH, концентрация растворенного в воде кислорода, содержание общего и аммонийного азота, фосфора, фиксация отхода);
5. После окончания эксперимента определить кормовой коэффициент биомассы хлореллы для белого толстолобика.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований явились годовики гибрида белого и пестрого толстолобиков. Была создана несложная замкнутая установка, состоящая из бассейна емкостью 10 м³ и биофильтра с плавающей биоагрузкой объемом 100 л и подачей воды в систему насосом (рисунок 1). В опыте использовали годовиков средней массой 45,8 г/экз. и общей массой 2290 г. Годовиков поместили в круглый бассейн объемом 10 м³ с часовой акклимацией (выравниванием температуры воды в бассейне и емкостях с рыбой) 17 июля 2024 г. (рисунок 2).



Рисунок 1 – Замкнутая система с биофильтром для проведения опыта



Рисунок 2 – Первичная акклимация рыбы

Во время посадки измеряли массу каждой рыбы на электронных весах и зоологическую длину каждой рыбы линейкой. Объем воды на протяжении опыта составлял 8 м³. Бассейн находился на улице на территории производственного комплекса ООО «Альготек» под навесом. На всём протяжении испытаний бассейн был накрыт защитной сеткой. Воду в систему подавали после промышленной водоподготовки и отстаивания в течение трех дней. Единоновременно подменяли 1 куб. м воды. Всего воду подменяли 18 раз, начиная с 05 августа 2024 г., до окончания опыта полный водообмен в системе происходил за 19 дней

Второй этап акклимации проходил 12 дней, до 27 июля 2024 г. До помещения рыб в замкнутую систему, ее содержали в пруду, где они имели возможность питаться не только фитопланктоном, но и зоопланктоном. Поэтому в течение 12 дней гибриды привыкали к новым условиям и необходимости питаться только одноклеточными водорослями. В этот период они не питались, именно на это время пришелся почти весь отход – 11 экз. из 12 за весь опыт.

Продолжительность опыта составила 60 дней (с 17 июля по 15 сентября 2024 г.). Однако, активный период эксперимента, когда рыба начала питаться биомассой хлореллы, составил 48 дней. Биомассу хлореллы изготавливали по мере необходимости из биопрепарата «Альготек Аква» [Грабарник и др., 2018] путем загущения на центрифуге, взвешивали и вносили в бассейн с рыбами. Необходимый объём биомассы рассчитывали, исходя из показаний оптической плотности (не менее 0,03) и количества клеток хлореллы в воде бассейна (не менее 0,3 млн клеток на 1 мл) в зависимости от того значения, которое наступает раньше. Всего за время опыта было внесено 11 479 г хлореллы.

Ежедневно, трижды в день, измеряли содержание растворенного в воде кислорода, температуру воды, pH, концентрации соединений азота и фосфора.

В качестве оборудования для измерений использовали: термооксиметр оптический модель SSC-S7, с точностью измерений 1% – для измерения температуры воды и растворенного в воде кислорода; pH-метр – pH55 Pro Milwaukee – для измерения pH; капельные тесты НИЛПА на аммиак-аммоний и фосфаты.

Облов произвели по завершению опыта. Скорость роста определяли по стандартной модели массонакопления [Толчинский, 1980] по формуле:

$$K_m = 3 \times (M_k^{1/3} - M_n^{1/3}) : t, \quad (1)$$

где K_m – коэффициент массонакопления;
 M_k – конечная средняя масса рыб, г;
 M_n – начальная средняя масса рыб, г;
 t – продолжительность выращивания, сут.

Коэффициент вариации (C_n) рассчитывали путем деления среднего квадратичного отклонения (стандартного отклонения) массива данных по массе рыб и зоологической длины на средние арифметические эти же показатели:

$$S : M \times 100\%, \quad (2)$$

где S – среднее квадратичное отклонение;
 M – среднее арифметическое значение показателя.

Коэффициент упитанности по Фультону рассчитывали по формуле:

$$M \times 100 : L^3, \quad (3)$$

где M – масса рыбы в г;
 L – длина рыбы зоологическая (большая) в см [Правдин, 1966]

Подготовка биомассы микроводорослей из суспензии хлореллы состояла из нескольких этапов. В процессе проведения эксперимента было важно определить кормовой коэффициент исключительно на микроводоросли хлорелла, без примесей и присутствия посторонних водорослей, а также без наличия зоопланктона, таким образом, чтобы получить чистые данные по привесу, получаемому рыбами исключительно за счёт внесения микроводоросли.

Для достижения поставленной задачи приготовленную в закрытых фотобиореакторах суспензию хлореллы (штамм *Chlorella vulgaris* GKO [Грабарник и др. 2018] доводили до состояния загущенной биомассы (с целью исключения питательных веществ) на центрифуге, загущенную биомассу

взвешивали на электронных весах, а затем биомассу разводили в подготовленной чистой воде и вносили в систему.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В течение всего опыта после двенадцатидневной акклимации поддерживали температуру воды в пределах 21-25°C, в среднем она составила 22°C. Концентрация растворенного в воде кислорода не опускалась ниже 6,8 мг/л (один день), в среднем составила 7,4 мг/л. Активная реакция воды колебалась от 7,0 до 7,8 и в среднем составила 7,3. Концентрация азотистых соединений колебалась от 0 до 2 мг/л, фосфора от 0 до 1,5 мг/л.

В таблице 1 приведены массы рыб и их зоологическая длина перед запуском в замкнутую систему.

Таблица 1 – Масса и зоологическая длина рыб в начале эксперимента

№ п/п	Масса рыб, г	Зоологическая длина, см
1	50,0	17
2	51,0	17,5
3	39,6	16,5
4	51,0	17
5	39,5	16
6	35,2	15,5
7	34,4	16
8	57,3	17
9	38,0	15,5
10	44,8	16,5
11	31,8	15
12	45,7	16,5
13	51,3	17
14	51,6	17
15	48,2	17
16	39,3	15
17	56,4	18
18	38,3	16
19	50,6	17
20	51,1	17
21	50,9	16
22	49,0	17
23	43,9	16,5
24	54,6	17
25	27,0	15
26	32,6	16
27	38,2	16
28	52,7	17
29	50,0	17
30	37,3	15
31	54,3	17
32	49,0	17
33	42,3	16,5
34	57,8	17,5

35	42,1	16
36	56,7	17
37	36,2	16,5
38	36,5	16
39	54,2	17
40	56,1	17,5
41	38,8	16
42	59,1	18
43	40,6	16
44	37,1	17
45	48,9	17
46	49,5	17
47	44,4	16
48	48,0	16
49	46,5	16
50	50,6	17

Средняя масса рыб составила 45,8 г, средняя зоологическая длина – 16,5 см, коэффициент вариации массы – 17,3% на момент посадки рыбы в систему. После 12 дней акклимации и гибели 11 экз. коэффициент вариации массы рыб был 12,9%, а длины – 4,4%, коэффициент упитанности по зоологической длине составил 1,02.

В таблице 2 представлены массы и зоологические длины рыб в конце эксперимента.

Таблица 2 – Масса и зоологическая длина рыб в конце эксперимента

№ п/п	Масса рыб, г	Зоологическая длина, см
1	51,0	18
2	76,5	17,5
3	53,5	17
4	61,5	17
5	56,5	17
6	53,0	17
7	59,8	17,5
8	57,5	18,5
9	61,9	18
10	55,6	17
11	59,6	17,5
12	44,6	15,5
13	51,1	18
14	45,3	15,5
15	63,9	19
16	47,7	16,5
17	63,0	17,5
18	43,4	14,5
19	44,2	16
20	59,8	19
21	60,3	17,5
22	54,2	17
23	41,4	16,5

24	64,7	19
25	51,9	17
26	58,9	18
27	65,6	18,5
28	53,3	16,5
29	60,4	17,5
30	47,2	16
31	50,2	18,5
32	55,8	17
33	56,7	17
34	60,3	18
35	55,0	18
36	51,4	17,5
37	47,0	16
38	48,8	16,5

Средняя масса рыб составила 55,1 г, средняя зоологическая длина – 17,3 см, коэффициент вариации массы – 13,4%, длины – 5,9%, коэффициент упитанности по зоологической длине – 1,06, коэффициент массонакопления (K_m) – 0,014.

Во время финального облова был проведен клинический осмотр выловленных рыб (3 экз.), кожные покровы были чистые, без повреждений, эктопаразиты на коже, плавниках и жабрах не обнаружены. При вскрытии 3-х экз. рыб путем случайной выборки было отмечено, что внутренние органы не увеличены, печень плотной консистенции светло-коричневого цвета, селезенка и сердце в норме, у двух рыб кишечник был пуст, а у одной – полностью заполнен полупереваренной зеленой массой. Возможно, это было связано с тем, что воду из бассейна сливали в течение двух дней и какие-то рыбы оказались более стрессоустойчивее, чем другие, продолжив питаться даже в условиях сброса воды. Соотношение длины кишечника и длины рыб оказалось близким у всех 3-х экз. и составило соответственно 3,64, 3,65; и 3,94. Пищевой комок в кишечнике составлял 3% от массы вскрытой рыбы.

Общая масса выловленных рыб (38 экз.) составила 2092,5 г, тогда как масса посаженных (50 экз.) – 2290 г, связано это с отходом (гибелью 11 экз. во время второго этапа акклимации, и еще одной особи 23 августа, на 28 день активной фазы эксперимента).

Общая масса отхода составила 459,6 г. Таким образом, можно считать начальную массу рыб в активной фазе эксперимента равной 1830,4 г (2290 – 459,6). Следовательно, общий прирост массы гибридов составил 262,1 г (2092,5 – 1830,4). За период эксперимента было израсходовано 11479 г биомассы хлореллы. Кормовой коэффициент составил 43,8 единицы.

Скорость роста оценивали по коэффициенту массонакопления (K_m), он составил 0,014. Максимальный коэффициент массонакопления для белого толстолобика составляет 0,214, для пестрого – 0,195 [Завьялов, Есавкин, 2011]. Поскольку гибрид между ними находится в промежуточном положении, то можно принять его за величину 0,200. Если сравнить реально полученный коэффициент массонакопления (K_m) с максимально возможным, он оказался в

14,3 раза меньше, то есть в данных условиях гибриды реализовали только 7% своих потенциальных возможностей роста, но этому есть объяснение. До начала эксперимента гибриды содержались в пруду, где была возможность питаться зоопланктоном. В замкнутой системе не было мелких ракообразных, поэтому приходилось перестраиваться на питание хлореллой, мелкой одноклеточной водорослью. На это ушло 12 дней. У белого толстолобика, который питается исключительно фитопланктоном, соотношение длины кишечника и длины тела составляет 10-13. В нашем эксперименте это соотношение составило около 3,6-3,9, что в 3-4 раза меньше. Кроме того, гибриды могли фильтровать только наиболее крупные клетки хлореллы, длины кишечника им не хватило, чтобы полностью переварить водоросль.

Коэффициент вариации массы в активной фазе эксперимента увеличился с 12,9 до 13,4%. Обычно увеличение этого коэффициента свидетельствует о не самых благоприятных условиях выращивания рыб. Коэффициент вариации длины также увеличился с 4,4 до 5,9%. Коэффициент упитанности по Фультону должен был уменьшиться, однако, он, наоборот, несколько увеличился с 1,02 до 1,06 на 4%, что сопоставимо с ошибкой в измерении длины тела рыб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный эксперимент показал возможность содержания и выращивания гибрида белого и пестрого толстолобиков в замкнутой системе и кормления его только биомассой хлореллы. Несмотря на то, что одноклеточные водоросли не являются его основной пищей, был получен незначительный прирост массы рыб – 14,3% за 60 дней выращивания. Также был определен кормовой коэффициент при кормлении гибрида толстолобиков только хлореллой.

Полученные данные по гидрохимическому режиму в замкнутой системе, скорости роста при кормлении гибрида толстолобиков только одноклеточной водорослью хлореллой и кормовому коэффициенту могут быть использованы на дальнейших этапах работы по созданию моделей технологии интенсивного прудового рыбоводства.

В процессе эксперимента определен кормовой коэффициент для гибрида белого и пестрого толстолобиков при кормлении биомассой одноклеточной водорослью, составивший 43,8 единицы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Богданов Н. И. Биологическая реабилитация водоёмов / Богданов Н. И. – 3 изд., доп. и перераб. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – 126 с.

Завьялов А.П., Есавкин Ю.А. Модель массонакопления и ее использование в рыбоводстве. Учебное пособие / А.П. Завьялов, Ю.И. Есавкин. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 110 с.

Кульнев В., Насонов А., Жогин И., Цветков И., Грабарник В., Карелин Н. Об опыте проведения управляемой альгоремедиации рекреационного водоема.

Экология и промышленность России. 2020;24(3):58-64.
<https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-3-58-64>

Патент РФ № 2 644 653, бюл. № 5 опубликован 13.02.2018 г. Авторы – Грабарник В.Е., Карелин Н.В., Богданов Н.И.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 31 марта 2020 года № 167 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам»: <https://docs.cntd.ru/document/564859759>.

Приказ Федерального Агентства по Рыболовству РФ от 6 мая 2020 г. № 238 «Об утверждении Методики определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрения новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния» <https://docs.cntd.ru/document/5650688800>

Толчинский Г.И. Структура стандартной модели массонакопления рыбы. Сообщение 2. Экологический коэффициент и структура модели // Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПРХ. – 1980. – Вып. 29. – С. 95-101.

Lage, S., Toffolo, A., Gentili, F.G., 2021. Microalgal growth, nitrogen uptake and storage, and dissolved oxygen production in a polyculture based-open pond fed with municipal wastewater in northern Sweden. *Chemosphere* 276, 130122.

CALCULATING THE FOOD COEFFICIENT FOR HYBRID BETWEEN SILVER CARP AND BIGHEAD CARP UNDER FEEDING WITH ALGAE CHLORELLA VULGARIS GKO BY INDUSTRIAL METHOD

S.B. Mustaev¹, V.E. Grabarnik², N.V. Karelin², P.V. Kudinov¹

¹*State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)*

²*Algotec Ltd*

E-mail: mustaev@vniiprh.vniro.ru

Abstract. The food coefficient for hybrid between silver carp and bighead carp under feeding with algae *Chlorella vulgaris* GKO by industrial method during 60 day experiment was calculated. It was equal 43,8 unit.

Keywords: *Chlorella vulgaris*, hybrid between silver carp and bighead carp, food coefficient, recirculating aquaculture system.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЧАСТИЧНОЙ ЗАМЕНЫ РЫБНОЙ МУКИ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ КОРМОВОЙ МУКОЙ ПТИЧЬЕЙ (КУРИНОЙ) И СОЕВЫМ БЕЛКОВЫМ КОНЦЕНТРАТОМ

Ю.А. Новоселова¹, О.А. Бондаренко¹, Е.Ю. Козлова¹, А.В. Артемов²

¹Филиал по пресноводному рыбному хозяйству

ГНЦ РФ ФГБНУ "ВНИРО" ("ВНИИПРХ"),

²ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»

E-mail: fiziolab@vniiprh.vniro.ru

Исследовалась возможность замены рыбной муки альтернативными источниками высокобелкового сырья – мукой кормовой птичьей и соевым белковым концентратом в комбикормах для молоди стерляди начальной массой 2,2-2,5 г. Уровень замены рыбной муки кормовой мукой птичьей (куриной) составил – 7,5%, соевым белковым концентратом – 10%. Полученные данные позволяют говорить, о том, что замена рыбной муки возможна и не снижает питательные свойства кормов, положительно влияя на ростовые показатели, выживаемость рыб и затраты корма.

Ключевые слова: комбикорма, молодь осетровых рыб, стерлядь, кормовая птичья мука, соевый белковый концентрат.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из причин, сдерживающих развитие аквакультуры в России, является нехватка отечественных комбикормов, а главный фактор, не позволяющий увеличивать объемы их производства, – дефицит и нестабильные качественные характеристики рыбной муки – одного из основных видов сырья, традиционно используемого в кормах для различных видов рыб.

В связи с дефицитом рыбной муки на рынке и ростом цен, сохраняет свою актуальность вопрос об альтернативных источниках полноценного белка в комбикормах [Волошин и др., 2022]. В Российской Федерации в качестве одного из перспективных кормовых компонентов выступает мясная мука из отходов птицепереработки. Она содержит 60-64% протеина и является хорошим источником витаминов группы В, микроэлементов, кальция и доступного фосфора. Современные технологии позволяют получать продукт высокого качества и замедлять процессы окисления липидов. Ранее уже была показана перспективность использования мясной и мясокостной муки в кормах для осетровых рыб [Артемов и др., 2020; Калмыков, Дикусаров, 2017].

Широкое применение в стартовых комбикормах также нашел соевый белковый концентрат. Соевый белковый концентрат производится с использованием технологии водно-спиртовой экстракции небелковых веществ из обезжиренного соевого шрота [Пыльнев, Кандыбович и др., 2022]. Это

продукт с содержанием до 65% протеина высокой переваримости и усвояемости, качественным аминокислотным профилем, низким содержанием антипитательных факторов и хорошими вкусовыми качествами. Производитель рекомендует его в качестве частичного заменителя рыбной муки в зависимости от вида рыб [Соевый белковый концентрат..., 2014]. Было показано, что концентрат соевого белка служит отличным источником растительного белка, заменяющим рыбную муку в кормах для объектов аквакультуры [Perera, Yufera, 2015].

Учитывая все достоинства, можно предположить, что соевый белковый концентрат и кормовая куриная мука могут служить заменителями рыбной муки в комбикормах для молоди осетровых рыб.

В связи с этим цель эксперимента – оценить влияние альтернативных высокобелковых компонентов в качестве заменителей рыбной муки в комбикормах на рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди осетровых рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Испытания кормовой куриной муки и соевого белкового концентрата в составе комбикормов для осетровых рыб проводили в филиале ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» «ВНИИПРХ» в отделе инкубации и выращивания рыбы. Объектом исследований служила молодь стерляди средней начальной массой 2,2-2,5 г.

Молодь выращивали в бассейнах объемом 0,8 м³, площадь дна бассейна 1,96 м². Плотность посадки составляла 699 шт./м² (всего 1370 шт./бас, 2740 шт. в каждом варианте опыта). Эксперимент проводился в двойной повторности.

Средняя температура воды составляла – 16,5°C и колебалась в незначительных пределах 15,7-17,5°C, содержание кислорода – 9,4-13,5 мг О₂/л, pH 7,2-7,3, содержание нитритов не превышало 0,1 мг/л. Проточность – 0,6 л/сек., полный водообмен 22 минуты или 2,7 раза в час.

Кормление велось вручную, кратность кормления в сутки: каждый час (24 кормления), суточный рацион составлял 4% от биомассы. Отход рыб учитывался ежедневно. Чистка бассейнов проводилась 1 раз в сутки, также проводилась принудительная подмена воды (сброс небольшого объема воды, для промывки накопившихся экскрементов и прочей взвеси) – 4-5 раз в сутки.

Опытные образцы комбикормов были изготовлены в соответствии с рецептами в **научно-производственном отделе изготовления комбикормов для объектов аквакультуры** Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»). В рецептах использовали муку кормовую животного происхождения (куриную) от ООО "БИОПРОМ-КОРМА" и соевый белковый концентрат (СБК) ГК «Содружество».

Стартовые комбикорма производили на опытно-производственной линии Amandus Kahl (Германия). Процесс получения опытных образцов комбикормов состоял из следующих стадий: кормовые компоненты, согласно смоделированным рецептам, смешивались в вертикальном смесителе, далее

кормосмесь измельчали на молотковой дробилке с диаметром отверстия сита 2 мм; измельченная смесь подавалась в кондиционер, где происходила ее обработка водой и паром. Затем проходил процесс экструдирования на одношнековом экструдере. Полученные гранулы направлялись на сушку, отсеивание от крошки и пыли на вибрационных ситах, вакуумное ожиривание, измельчение и рассеивание на фракции, охлаждение и упаковку.

Биологическую оценку кормов для молодежи 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 4% 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 молодежи с учетом ее отхода, за весь период выращивания [Щербина, Гамыгин, 2015].

Исследования питательной ценности стартовых комбикормов проводились в Центральном институте ВНИРО.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подбор уровня замены рыбной муки птичьей мукой и соевым белковым концентратом был произведен таким образом, чтобы питательная ценность испытываемых кормов была одинаковой. Мука птичья была введена в количестве 7,5%, соевый белковый концентрат в количестве 10%. Это позволило сравнивать питательную ценность кормов между собой и сделать близкой к исходному (контрольному) корму КРОС с содержанием 55% протеина и 15% жира. Помимо этого, в комбикорма входили следующие компоненты: рыбная мука, пшеничный глютен, дрожжи, мука пшеничная, жир рыбий, пребиотик, лецитин, монокальций фосфат, иммуностимулятор, премикс, витамин Е, витамин С, синтетические аминокислоты, антиоксидант. Питательная ценность кормов представлена в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что по питательной ценности комбикорма по основным показателям протеина и жира были близкими между собой и были в пределах 55% и 15% соответственно. Отмечены различия в золе, что связано с большим содержанием минеральной части в муке кормовой птичьей и соевом белковом концентрате.

Таблица 1 – Питательная ценность экспериментальных комбикормов

Шифр рецепта	Содержание, %						Валовая энергия, МДж/кг
	сырой протеин	сырой жир	влага	зола	клетчатка	БЭВ	
КРОС контроль	54,10±0,02	14,90±0,06	5,15±0,02	7,64±0,10	1,09±0,10	15,62±0,09	21,4
КРОС МП (мука птичья)	55,94±0,01	14,63±0,04	3,99±0,02	9,75±0,01	0,90±0,16	14,79±0,24	21,7
КРОС СБК (соевый белков. конц.)	55,03±0,04	14,84±0,08	4,62±0,01	8,99±0,03	1,06±0,01	15,57±0,11	21,7

Рыбоводные результаты испытаний экспериментальных комбикормов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рыбоводные результаты испытаний комбикормов с частичной заменой рыбной муки на муку птичью кормовую и соевый белковый концентрат

Рецепт	Контроль (корм КРОС)	КРОС МП (мука птичья)	КРОС СБК (соевый белковый концентрат)
Средняя начальная масса, г	2,40±0,07	2,47±0,06	2,21±0,05
Средняя конечная масса, г	<u>13,82±0,41</u> 100	<u>14,35±0,37</u> 104	<u>15,02±0,43</u> 109
Выживаемость, %	<u>93,6</u> 100	<u>94,2</u> 101	<u>96,0</u> 103
Прирост абсолютный, г	<u>11,42</u> 100	<u>11,88</u> 104	<u>12,81</u> 113
Среднесуточный прирост, С _в . %	<u>6,10</u> 100	<u>6,11</u> 100	<u>6,47</u> 106
Затраты корма	<u>0,40</u> 100	<u>0,37</u> 92,5	<u>0,34</u> 85
Примечание: под чертой процент к контролю			

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что выживаемость молоди стерляди во всех вариантах опыта и в контроле была высокой и составляла 93,6-96,0%.

Большей средней конечной массы – 15 г достигла молодь в варианте корма КРОС СБК с соевым белковым концентратом, превысив контрольный вариант на 9%. Несколько выше (на 4%), по сравнению с контролем, была конечная масса и в варианте корма с заменой рыбной муки птичьей мукой (КРОС МП).

Показатели абсолютного и среднесуточного прироста в варианте с птичьей мукой (КРОС МП) имели сходные значения с контролем. Наиболее высокий темп роста имела молодь стерляди в варианте КРОС СБК с добавлением белкового соевого концентрата. Абсолютный и среднесуточный прирост превысил контроль на 13 и 6% соответственно.

Стоит отметить, что замена рыбной муки птичьей мукой и соевым белковым концентратом положительно отразилась и на затратах корма. Они снизились. При чем в большей степени в варианте КРОС СБК – на 15% по отношению к контролю, в варианте КРОС МП – на 7,5%.

Таким образом, судя по полученным данным можно сделать вывод, что введение кормовой птичьей муки (куриной) и соевого белкового концентрата в качестве замены рыбной муки улучшают качество корма и оказывают положительное действие на ростовые показатели рыб, выживаемость и затраты корма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью эксперимента было оценить возможность замены рыбной муки в комбикормах для молоди осетровых рыб альтернативными источниками высокобелкового сырья – мукой кормовой птичьей (куриной) и соевым белковым концентратом и оценить их влияние на рыбоводно-биологические показатели выращивания молоди стерляди.

Полученные данные позволяют говорить, о том, что замена рыбной муки ими возможна. Введенные в небольших дозах птичья мука и соевый белковый концентрат, не снижая питательные свойства корма, положительно отражаются на ростовых показателях рыб, выживаемости и затратах корма и могут быть рекомендованы в качестве частичной замены рыбной муки для молоди стерляди массой 2,2-2,5 г в количествах: для кормовой муки птичьей (куриной) – 7,5%, для соевого белкового концентрата – 10%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Артемов Р., Арнаутов М., Гершунская В., Бурлаченко И., Суховер К., Ежкин М. Эффективность белковых компонентов в комбикормах для молоди осетровых рыб// Комбикорма. – 2020. – № 12. – С. 39-42.

Волошин Г. А., Акимов Е. Б., Артемов Р. В., Гершунская В. В. Состояние и перспективы развития рынка комбикормов для индустриальной аквакультуры в Российской Федерации// Труды ВНИРО. – 2022. – Т. 190. – С. 163-169.

Пыльнев А., Кандыбович С., Давыдов С., Доморощенкова М. Подготовка сырья при комплексной переработке семян с получением соевых белковых концентратов для использования в кормах // Комбикорма, №1. – 2022. – С. 28-32.

Соевый белковый концентрат и преимущества его применения. Надежность и доверие. //Рекламный проспект ГК «Содружество», Калининград, 2014. – 12 с.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. - М.: Сельскохозяйственные технологии, 2015. – 292 с.

Perera E., Yufera M. Soybean Meal and Soy Protein Concentrate in Early Diet Elicit Different Nutritional Programming Effects on Juvenile Zebrafish// Zebrafish 13. – 2015. – pp. 1-9.

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF PARTIAL FISHMEAL REPLACEMENT WITH POULTRY (CHICKEN) FEED MEAL AND SOY PROTEIN CONCENTRATE IN COMPOUND FEEDS FOR JUVENILE STERLET

Yu.A. Novoselova¹, O.A. Bondarenko¹, E.Yu. Kozlova¹, A.V. Artemov²

¹*State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)*

²*State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO*

E-mail: fiziolab@vniiprh.vniro.ru

Abstract. The subject of the study is the possibility of replacing fishmeal with alternative sources of high-protein raw materials – poultry feed meal and soy protein concentrate in compound feeds for juvenile sterlet weighing 2.2–2.5 g. The rate of the fishmeal replacement with poultry meal was 7.5% and 10% with soy protein concentrate. The data obtained suggested that replacing fish meal using the above mentioned alternative proteins was possible and did not reduce the nutritional properties of the feed, while positively affecting growth rates, fish survival and feed costs.

Keywords: compound feed, juvenile sturgeon fish, sterlet, poultry meal, soy protein concentrate.

ОКУНЬ КАК ОБЪЕКТ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО РЫБОЛОВСТВА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

З.Н. Родимова¹, В.Ю. Жарикова^{1,2}, А.И. Никитенко¹

¹*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»),*

²*Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
Астраханский государственный технический университет (ДРТИ АГТУ)
Россия, E-mail: wbr@vniiprh.vniro.ru*

Представлены результаты работ по изучению любительского рыболовства окуня в водохранилищах канала имени Москвы Московской области, Россия.

Ключевые слова: окунь, любительское рыболовство, рыбаки-любители, улов.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений рыбохозяйственной науки является оценка влияния любительского рыболовства на ихтиофауну водных объектов. В Московской области любительский лов оказывает существенное влияние на состояние сырьевой базы внутренних водоемов.

Все водохранилища канала имени Москвы находятся в непосредственной близости от крупнейшего мегаполиса – г. Москвы и крупных районных центров, что обуславливает их высокую посещаемость рыбаками-любителями в настоящее время.

Канал имени Москвы – гидротехническое сооружение комплексного назначения, построенное в 1937 году для обеспечения водоснабжения г. Москва, регулирования уровня воды в реке Москва и для судоходства. Протяженность канала 126 км от г. Дубна до г. Москва.

Образованная система водохранилищ (Икшинское, Пестовское, Учинское, Пяловское, Клязьминское и Химкинское), построенная на реках: Икша, Вязь, Кокотка, Уча, Клязьма и Химка, соединена копаными участками русла канала. Из всех водохранилищ канала имени Москвы только Учинское закрыто для массового посещения рыболовов-любителей, так как является питьевым водоемом с особым режимом посещения и охраны.

Основными объектами любительского лова водохранилищ канала имени Москвы являются: лещ, плотва, окунь, щука, судак, уклея, густера, язь, ерш.

На первом месте в уловах отмечены лещ и окунь, как наиболее доступные к вылову виды. Их уловы наиболее многочисленны и не зависят от квалификации рыбака-любителя.

Окунь является одним из востребованных объектов любительского рыболовства.

Цель настоящей работы изучение окуня пресноводного как объекта любительского рыболовства на примере водохранилищ канала имени Москвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объем и видовой состав уловов рыбаков-любителей по сезонам 2023 г. на водохранилищах канала имени Москвы (Икшинское, Пестовское, Пяловское, Клязьминское) получены в ходе наблюдений. Выполняли визуальные наблюдения за интенсивностью лова рыбы, применяемых орудиях лова, также проводили анкетный опрос, позволяющий оценить биологическую характеристику видового состава рыб.

Учет посещаемости водного объекта производили визуальным методом оценки количества рыбаков-любителей в будние и выходные дни. Общее количество посещений водоема определяли, исходя из среднего числа рыбаков в отдельные дни и общего количества будних и выходных дней в месяце. Оценка объемов вылова водных биологических ресурсов рыбаками-любителями выполняли согласно Методическим указаниям [Методические указания ..., 1979].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ихтиофауна водохранилищ канала имени Москвы представлена 26 видами из 10 семейств. Основными объектами любительского рыболовства являются представители семейств: окуневые – речной окунь *Perca fluviatilis*, ерш обыкновенный *Gymnocephalus cernuus*, судак *Sander lucioperca*; карповые – лещ *Abramis brama*, плотва *Rutilus rutilus*, густера *Blicca bjoerkna*, уклея *Alburnus alburnus*, язь *Leuciscus idus*; щуковые – щука *Esox lucius*.

Основу уловов рыбаков-любителей в водохранилищах канала имени Москвы составляли окунь, плотва, лещ, густера, судак, щука. Причем на долю окуня приходилось около 30% от общего улова рыбака-любителя.

Следует обратить внимание, что динамика вылова биоресурсов во многом зависит от частоты посещений водного объекта. Различия в пространственном распределении окуня в водохранилищах канала имени Москвы наблюдается в летний и зимний период. В зимний период окунь обитает на глубине более 2 м, а в период весенней оттепели перемещается на глубину от 0,5 до 1,8 м, а в летний при повышении температуры воды возвращается на более глубокие участки водоема.

Визуальные наблюдения и анкетный опрос показал, что в зимний период рыбаки-любители осуществляют лов с помощью мормышки и приманки. Доля окуня в уловах рыбаков-любителей составляла 45% от общего улова (рисунок 1).

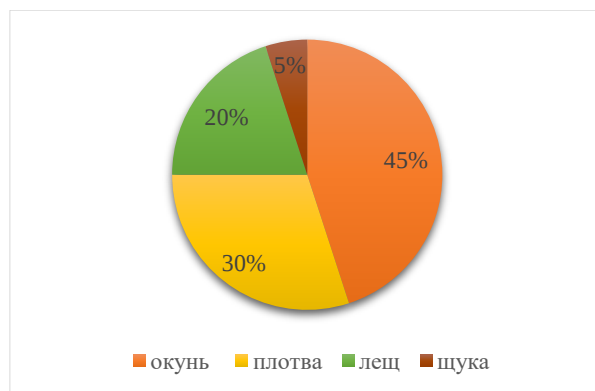


Рисунок 1 – Видовой состав уловов рыбаков-любителей в зимний период, %

В период весенней оттепели (март-апрель) окунь перемещается на меньшую глубину, и рыбаки-любители предпочитают использовать блесну. Окунь относится к единовременно нерестующим рыбам. Нерест окуня в водохранилищах канала имени Москвы обычно протекает с 20 апреля по 2 мая при температуре воды 7-10°C. В соответствии с приказом Минсельхоза России от 13.10.2022 № 695 «Об утверждении правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна» осуществлять вылов водных биоресурсов разрешено с 1 апреля по 10 июня с соблюдением установленных ограничений.

Результаты исследований показали, что в летний период при повышении температурного режима семейство карповых рыб в уловах преобладает, но тем не менее доля встречаемости окуня остается высокой (рисунок 2). Анкетный опрос показал, что рыбаки-любители предпочитают ловить на спиннинг, а в качестве приманки для ловли окуня применять мелкие вращающиеся блёсны и живую наживку.

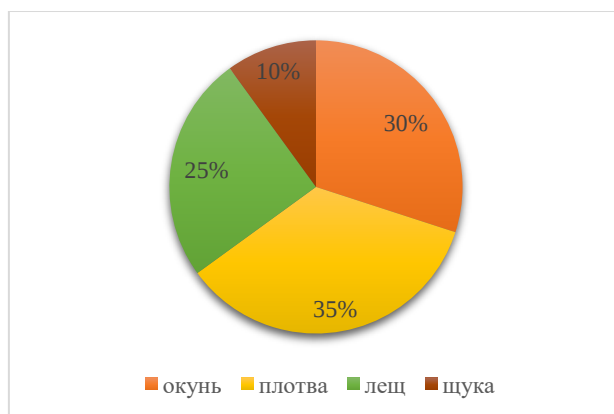


Рисунок 2 – Видовой состав уловов рыбаков-любителей в летний период, %

В осенний период доля окуня в уловах рыбаков-любителей вновь возрастает и составляет не менее 40% (рисунок 3). Осенью в период нагула и до самого ледостава окуня ловят с помощью поплавочной удочки и спиннингом. С началом охлаждения воды окунь подходит ближе к берегу, где есть

возможность поохотиться на мальков, кормящихся в прибрежных водорослях на отмели.

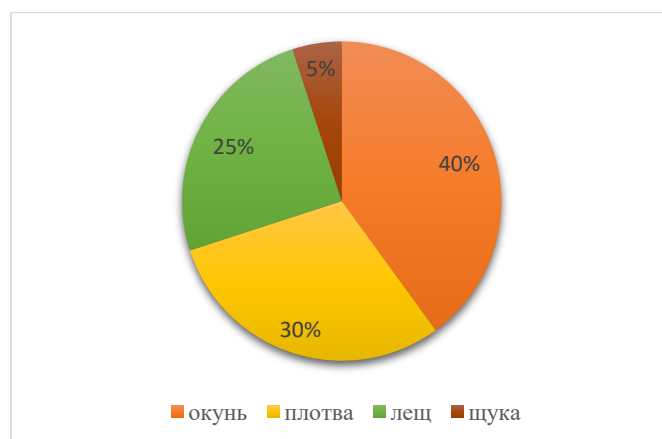


Рисунок 3 – Видовой состав уловов рыбаков-любителей в осенний период, %

Анализ результатов анкетного опроса показал, что в уловах рыбаков-любителей не зависимо от сезона окунь составляет более 30% от общего улова.

Любительский лов окуня в водоемах Московской области имеет хорошие перспективы. Условием успешного развития любительского рыболовства окуня является постоянный экологический мониторинг пресных водоемов и организация участков для любительского рыболовства. По материалам наших исследований общий годовой вылов водных биоресурсов рыбаками-любителями составил 22,8 т, а рекомендованный вылов окуня на 2023 г. – 25,0 т.

Таким образом, отсутствие промышленного рыболовства на водных объектах Московской области, позволяет рассматривать окуня как перспективный вид для организованного любительского рыболовства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Методические указания по изучению влияния любительского рыболовства на состояние рыбных запасов внутренних водоемов. Л.: ГосНИОРХ, 1979. – 18 с.

Приказ Минсельхоза России от 13.10.2022 № 695 «Об утверждении правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна». [Электронный ресурс]. – URL:- <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211290035> (дата обращения 20.09.2024).

PERCH AS AN OBJECT OF RECREATIONAL FISHING IN RESERVOIRS

Z.N. Rodimova¹, V.Y. Zharikova^{1,2}, A.I. Nikitenko¹

¹State Scientific Center of the Russian Federation, Branch for the Freshwater Fisheries of VNIRO (VNIIPRKh)

²Dmitrov Fisheries Technological Institute (branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Astrakhan State Technical University»)

Abstract. The results of work on studying recreational fishing for perch in the reservoirs of the Moscow Canal of the Moscow region are presented, Russian Federation.

Keywords: perch, recreational fishing, amateur fishermen, catch.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРЕСНОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ**

Выпуск 95

Авторский перевод и ООО «АЛС»
Компьютерная верстка Жариковой В.Ю., Клец Н.Н.

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

Подписано в печать 20.10.2024 г. Формат 60×90/16
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 7,38
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