

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

Vân

НГУЕН ТХИ ХОНГ ВАН

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ
ОБЫКНОВЕННОГО ОКУНЯ В ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЕ ОБИТАНИЯ
И УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ**

Специальность 06.04.01 – рыбное хозяйство и аквакультура

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук, профессор
С.В. Пономарев

Астрахань – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1 Обзор литературы	9
1.1 Биологические особенности обыкновенного окуня	9
1.1.1 Питание окуня в естественных условиях	9
1.1.2 Особенности поведения окуня	12
1.1.3 Особенности нереста и раннего постэмбриогенеза окуня	13
1.2 Опыт выращивания обыкновенного окуня в мировой практике	17
1.3 Пищевые потребности обыкновенного окуня, влияние питательных веществ корма на его рост и развитие	19
1.4 Физиологические индикаторы состояния организма в различных условиях	25
1.5 Морфофизиологические особенности крови и кроветворных органов обыкновенного окуня	39
Глава 2 Материал и методы исследований	47
Глава 3 Особенности морфофизиологических индикаторов обыкновенного окуня в зависимости от возраста	56
3.1 Показатели крови у окуней разных возрастных групп, выращенных в проточных бассейнах	56
3.2 Показатели крови у окуней разных возрастных групп из естественных водоемов	59
3.3 Сравнение динамики морфофизиологических показателей окуней из естественных водоемов и выращенных в проточных бассейнах	61
Глава 4 Морфофизиологические особенности обыкновенного окуня в годовом цикле развития	65
4.1 Морфофизиологические показатели рыб, выращенных в условиях проточных бассейнов.	65
4.2 Морфофизиологические показатели рыб, выловленных из естественных водоемов Астраханской области.	83

Глава 5 Морфофизиологические показатели обыкновенного окуня при паразитарной инвазии	98
Глава 6 Сравнительный анализ строения и функционирования кроветворных органов обыкновенного окуня в естественных водоемах и аквакультуре	104
Глава 7 Влияние состава комбикормов на морфофизиологические показатели обыкновенного окуня	112
7.1 Морфофизиологические показатели у рыб товарной массы, потреблявших комбикорма с различными источниками белка	112
7.2 Морфофизиологические показатели у производителей окуня, потреблявших комбикорма с различными источниками белка	120
7.3 Экономическая эффективность выращивания окуня на комбикормах до товарной массы	124
Обсуждение результатов исследований	133
Выводы	138
Практические рекомендации	141
Перспективы дальнейшей разработки темы	142
Список сокращений	143
Список литературы	143
Приложение	172

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Наряду с традиционно выращиваемыми объектами аквакультуры, в настоящее время высоко ценится продукция из рыб окуневого семейства, в том числе обыкновенного (речного, евроазиатского) окуня. Интерес к этому виду связан не только с его неприхотливостью к условиям выращивания, но, главное, с высокой пищевой ценностью. Мясо евроазиатского окуня белое, плотное и имеет хорошие вкусовые качества и диетические свойства. По химическому составу оно богато минеральными веществами, такими, как натрий, калий, кальций, магний и другие (Карашук, Петриченко, 2006). Использование выловленных из естественных водоемов окуней в пищевых целях ограничивается высокой зараженностью круглыми гельминтами (эустронгилидами), поэтому для получения экологически чистой товарной продукции используют технологии индустриальной аквакультуры – системы установки замкнутого водоснабжения (УЗВ). Современная технология обеспечивает возможность круглогодичного выращивания этих рыб, гарантирует выживаемость личинок, и более легкий контроль за их ростом и развитием, исключая каннибализм, который характерен для рыб семейства окуневых (Федоровых и др., 2011).

Практико доказано, что любые живые организмы, в том числе рыбы, находятся под влиянием биотических и абиотических факторов среды их обитания. Применение морфофизиологических индикаторов в аквакультуре позволяет оценить влияние факторов среды на организм и особенности его приспособления к изменениям окружающей среды. Именно такой анализ необходим для успешного рыборазведения. В качестве индикаторов физиологического состояния рыб целенаправленно используются биометрические показатели, параметры крови и функциональной деятельности жизненно важных органов кроветворения, таких как селезенка, почки, пищеварительный тракт, жабры и другие (Щварц и др., 1968). Являясь

внутренней средой организма, кровь быстро реагирует на любое изменение факторов, влияющих на состояние организма рыб. Гематологический анализ позволяет определить не только моментальное изменение здоровья рыб при острых болезнях и токсикозах, но и их стрессовое состояние при хронических заболеваниях (Журавлева и др., 2016). Количественный и морфологический анализ крови позволяет выявить характерные свойства обмена веществ на разных стадиях развития и при разных условиях существования организма (Гольдин, 1975; Головина, 1997; Иванов, 2002; Лукьяненко, 1971; Микряков и др., 2001 и др.). Таким образом, комплексный анализ позволяет статистически эффективно оценить и проконтролировать физиологическое состояние организма в условиях изменяющихся факторов окружающей среды.

Степень разработанности темы. В мировой практике, из-за «молодости» окуневодства, недостаточно разработана технология контроля выращивания речного окуня в различных условиях. Анализ состояния организма речного окуня как объекта аквакультуры приводится в некоторых зарубежных исследованиях, посвященных потребностям рыб в питательных веществах (Keslemont et al., 2001; Kottelat, Freyhof, 2007; Mathis, 2003). В России технология выращивания евроазиатского окуня в промышленных условиях была рассмотрена в работе Ю. В. Федоровых (2011), в которой были введены технологические рекомендации для производства данного вида. Кроме того, были проведены исследования гематологических показателей речного окуня, выловленных из загрязненных водоемов, где рыбы служили индикаторным объектом для оценки водной среды водоемов (Камшилов, 2014; Микряков и др., 2001; Мошу, Стругуля, 2009).

Целью данной работы явился анализ индикаторов морфофизиологического состояния обыкновенного окуня в естественной среде обитания и выращиваемого в искусственных условиях. Для реализации цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- оценить динамику изменений биометрических и физиологических показателей речного окуня в естественных и искусственных условиях в разные периоды годового цикла и в зависимости от возраста рыб;
- проанализировать изменения показателей состава крови речного окуня при паразитарной инвазии;
- дать сравнительный анализ функционального состояния органов кроветворения окуня из естественных популяций и выращенного в искусственных условиях;
- оценить изменения морфофизиологических показателей окуня при использовании комбинированных кормов с различными источниками белка;
- дать экономическое обоснование выращивания обыкновенного окуня для получения товарной продукции.

Научная новизна. Впервые были комплексно изучены морфофизиологические индикаторы состояния обыкновенного окуня, выращенного в искусственных условиях, в сравнении с особями, обитавшими в естественной среде. Дана характеристика возрастной динамики показателей крови речного окуня в разные периоды годового цикла. Проведено гистологическое изучение кроветворных органов для оценки состояния здоровья рыб, исследованы изменения морфофизиологических показателей объекта в зависимости от состава питательных веществ комбикормов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Новые данные по комплексной оценке морфофизиологических индикаторов могут служить теоретической основой для работ по оптимизации условий выращивания и контроля физиологического состояния обыкновенного окуня в аквакультуре. Результаты исследований могут быть применимы при мониторинге физиологического состояния выращиваемых рыб и для дальнейшего совершенствования технологии выращивания речного окуня в искусственно

созданных условиях, в том числе при использовании сухих комбинированных кормов с различным источником протеина.

Методология и методы исследований. В работе используется комплекс ихтиологических, гематологических, биохимических, гидрохимических и экспериментальных методов исследований, направленных на оценку физиологических реакций организм рыб на разные факторы среды обитания, в том числе и комбикорма с различными источниками протеина. Результаты практических исследований обработаны статистическим методом.

Положения, выносимые на защиту:

1. Морфофизиологические показатели у выращенных и выловленных из реки окуней различались в зависимости от биотических и абиотических факторов среды их обитания.

2. Наиболее значимым отклонением показателей крови речного окуня при паразитарной инвазии (эустронгилидоза) являлась повышение встречаемости и вариабельности патологических эритроцитов.

3. Морфофизиологические показатели состояния речного окуня свидетельствовали об адаптационной способности рыб к сухими комбинированными кормами с различным источником протеина.

Степень достоверности исследования. Диссертация выполнена с применением современных методов исследования и точного оборудования. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, содержащихся в диссертационной работе, определяются значительным объемом фактического материала (выращенные в бассейнах окуни – 1960 шт., количество анализов – 6025.; окуни, выловленные из естественных популяций – 431 шт., количество анализов – 1314). Полученные данные были обработаны статистически с использованием современных методов и программ MS Excel 2010 и JASP-1.

Апробация результатов исследований. Основные материалы диссертационной работы докладывались на научных и научно-практических конференциях: «Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России», Ростов-на-Дону, 2014 г.; «Современные концепции научных исследований», Москва, 2014 г.; XI ежегодной научной конференции студентов и аспирантов базовых кафедр ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, 2015 г.; «Инновационные технологии рыбоводства в рециркуляционных системах» РУП «Институт рыбного хозяйства», Минск, 2015 г.; «Морские биологические исследования: достижения и перспективы», приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции, Севастополь, 2016 г.; 60-й, 61-й международных научных конференциях научно-педагогических работников Астраханского государственного технического университета, 62-й международной научной конференции Астраханского государственного технического университета, Астрахань, 2016-2018 гг.; «Исследования и разработки передовых научных направлений», «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки», Ростов-на-Дону, 2018 г.; «Наука и практика», Астрахань, 2017-2018 гг.; «Рыбохозяйственные водоемы России: фундаментальные и прикладные исследования», Санкт-Петербург, 2018 г. Материалы диссертации отражены в 18 печатных работах, в том числе в 2-х изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы. Она изложена на 171 странице печатного текста, включает 41 таблицу, 30 рисунок. Список использованной литературы состоит из 252 наименования, из них 124 опубликованы в зарубежных изданиях.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Биологические особенности обыкновенного окуня

Представитель семейства окуневых рыб, евроазиатский окунь (речной или обыкновенный окунь), обитает в пресноводных водоемах России, большей части Европы и в Северной Азии (рисунок 1) (Попова, 1965). Максимальная длина тела может достигать 60 см, а масса – до 5 кг, обычно – 15 - 20 см и 200 - 300 г (Иванов, Ершова, 2014; Kottelat, Freyhof, 2007).



Рисунок 1 – Речной окунь

Тип: Хордовые (Chordata)

Класс: Лучеперые рыбы (Actinopterygii)

Отряд: Окунеобразные (Perciformes)

Семейство: Окуневые (Percidae)

Род: Пресноводные окуни (Perca)

Рыба приобретает зеленовато-желтую окраску тела, по бокам имеются 5 - 9 черных полос (Иванов, Ершова, 2014). На спине передний плавник, окрашен в сероватый цвет с черными пятнами, имеет колючие лучи. Задний спинной плавник зеленовато-желтого цвета приобретает мягкие лучи. Грудные плавники окрашены в желтый цвет. Остальные плавники рыб, такие как хвостовой, анальный и брюшной – в красный цвет (Решетникова, 2003).

1.1.1 Питание окуня в естественных условиях

По типу питания речной окунь относится к хищным рыбам. Личинки питаются зоопланктоном, предпочтение отдают ветвистоусым рачкам (Коблицкая, 1981). Затем во время первого лета молодь переходит на питание

бентосными организмами, а взрослый окунь питается преимущественно молодью различных видов рыб (Покровский, 1951; Никольский, 1971; Поляков, 1975; Collete et al., 1977). В некоторых водоемах молодь окуня при длине 4 см может питаться и молодью других видов рыб (Попова, 1971, 1979). Однако в разных водоемах пища окуня значительно различается в связи с составом кормовой базы. В некоторых водоемах окунь в течение всей жизни потребляет зоопланктон, или остается бентофагом, не переходя на хищничество. В крупных озерах и водохранилищах с богатой и разнообразной кормовой базой и обилием подходящих для него биотопов окунь образует 2 или 3 экологических формы (расы), различающиеся местом обитания, составом пищи и темпом роста. Прибрежный мелкий окунь растет медленно и питается беспозвоночными, а глубинный – растет быстро и ведет преимущественно хищный образ жизни (Никольский, 1963; Поддубный, 1971). Пищевой рацион окуня различен не только в разных водоёмах, но также может значительно меняться в течение года в одном водоёме из-за изменения доступности кормовых организмов. Окунь достаточно легко переходит с одного корма на другой (Семёнов, 2005). Для окуня характерен каннибализм: взрослые особи зачастую поедают молодых особей. Наиболее часто каннибализм происходит осенью, когда молодь окуня покидает прибрежную зону, перемещаясь на зиму в более глубокие места. Каннибализм наиболее характерен для водоёмов, населённых исключительно окунем (Wang, Eckmann, 1994).

Онтогенетические изменения в использовании корма частично связаны с изменением среды обитания. У евроазиатского окуня вылупившиеся предличинки обычно занимают пелагическую зону, питаясь планктоном в водной толще (Bystrom et al., 2003). Через какое-то время они мигрируют в прибрежную зону, начиная питаться макробеспозвоночными. Двухлетки окуня часто занимают литоральную зону водоема в высокой численности, в то время, как сеголетки, наоборот, занимают пелагическую зону в меньшей

численности, по сравнению с двухлетками. Двухлетки окуня не только конкурируют друг с другом за макробеспозвоночных, но и нападают на окуней более ранних стадий развития. Крупные особи окуня обитают как в литоральной, так и в пелагической зоне. Однако, самые крупные окуни редко нападают на наименьших по размеру окуней (Lundvall et al., 1999; Bystrom et al., 2003). Во многих озерах популяция зрелых окуней разделяется на субпопуляции с разным местообитанием и питанием. Отдельные исследования экотипов показали, что трофическое перекрытие между литоральной и пелагической субпопуляциями окуней одного озера небольшое (Quevedo et al., 2009). Окунь из обеих зон питается рыбой, но особи, пойманные в пелагической зоне, питаются зоопланктоном в большей степени, чем макробеспозвоночными (Svanbäck, Eklöv 2002, 2003; Quevedo et al., 2009). Кроме того, исследования, проведенные в пруду, показали, что в рационе питания у потомков, полученных от литоральных производителей, также отмечается большая пропорция литоральной пищи, чем у особей, полученных от производителей, обитавших в пелагиали. В результате этих наблюдений было предложено, что имеет место генетически закрепленное приспособление, влияющее на питание кормовыми организмами (Svanbäck, Eklöv, 2006). Морфологически две расы окуней также различаются: у пелагических – удлинённое веретенообразное тело, а у литоральных – тело более плоское. Было установлено, что в аквариумных условиях каждая морфологическая раса предпочитает питаться свойственной ей rationом пищи (Svanbäck, Eklöv, 2002). Однако морфологические черты являются довольно пластичными и могут изменяться в течение определенного периода жизни в зависимости от наличия пищи (Olsson, Eklöv 2005; Eklöv, Jonsson, 2007).

В реке Волге окунь является активным хищником, часто преследуя свою добычу на значительные расстояния, и становится настоящим хищником уже на первом году жизни (Лесонен и др., 2016).

1.1.2 Особенности поведения окуня

Окунь является стайной рыбой, то есть обычно встречаются в стае или в небольшой группе. Однако окуни не собираются стаями, как сельди (*Clupea* spp.) или скумбрии и тунцы (*Scomber* spp.), с синхронизируемым движением и тесной связью. Размер стаи окуней значителен в начале жизни, но уменьшается с увеличением размера рыб, и большие, крупные особи могут даже стать одиночными особями (Bruylants et al, 1986; LeCren, 1992). Опыты, проведенные в прудах, показали, что темпы роста окуней были выше при обитании их в группах по пяти, чем по одиночке (Eklov 1992). В лабораторных условиях молодь окуня демонстрировала более высокий темп роста в группах, чем в отдельности от группы, хотя потребление пищи было выше у одиночек (Strand et al., 2007).

Каннибализм окуня в следует учитывать при его культивировании в искусственных условиях. У окуня, как и других видов рыб этого семейства, крупный рот, за счет которого рыба может захватывать жертву значительного размера, примерно около половины размера своего тела. Поэтому во избежание каннибализма, разница в размерах содержащихся вместе рыб не должна быть большой.

В некоторых исследованиях была обнаружена взаимосвязь между степенью каннибализма и плотностью посадки. По мнению E. Baras и других авторов (2003), высокая плотность посадки привела к меньшей степени каннибализма у окуня. Это объясняется тем, что нападение на других окуней сложнее осуществлять при более плотной посадке (Grant 1993). Аналогичное поведение наблюдается у арктических гольцов (*Salvelinus alpinus*): хищническое поведение снижается при более высоких плотностях посадки, они тратят меньше энергии, следовательно, скорость роста этих рыб становится выше (Brown et al., 1992). Однако, по данным T. Molnar и других авторов (2004), не была обнаружена взаимосвязь между плотностью посадки и высокой степенью каннибализма у предличинок окуня, выдерживаемых в

прудах.

Таким образом, поведение окуня, как и большинства других рыб, в значительной степени зависит от размера тела. По мере роста у окуня происходит изменение поведения, в соответствии с изменением относительных затрат на кормление, плаванием и эффектом альтернативных действий. В связи с изменением кормового рациона, происходит и изменение места обитания. При этом окуни с различной формой тела отличаются рационом и занимают разные местообитания даже в пределах одного водоема. Окунь, как правило, является стайным видом, но размер группы изменяется с размером рыбы. Более мелкие рыбы оказываются в крупной стае для защиты от хищников. С ростом рыб размер групп становится меньше, однако, нагул более эффективен в группах, чем в отдельности от стаи. Поведение окуня меняется в течение жизни, так же, как и стайность, выбор среды обитания и режим питания. На эти изменения в онтогенезе влияют как внутривидовые взаимодействия, так и структура всего ихтиоценоза (Persson 1988). Популяции окуней, имеющие разную структуру по размеру, выступают либо как конкуренты, либо как хищники по отношению друг к другу.

1.1.3 Особенности нереста и раннего постэмбриогенеза окуня

Половая зрелость окуня наступает в разные сроки в зависимости от места обитания, но самец обычно созревает в возрасте 1 – 2 лет, самка – 3 – 4 лет (Лебедев, Спановская, 1983; Kottelat, Freyhof, 2007). Окунь, как и другие хищные рыбы, нерестится ранней весной в слабопроточных водоемах, в Волге – в апреле – мае, в Куре – в марте – апреле, при температуре воды 8-15° С. Плодовитость колеблется от 10 до 900 тыс. шт., в среднем – 60 тыс. икринок (Иванов, Комарова, 2008). Икра в виде студенистой кружевной ленты откладывается на прошлогоднюю растительность, затопленные кусты и коряги. Икринки сильно обводненные, имеют диаметр 2,0-2,5 мм. Нерестовое поведение у евроазиатского окуня было описано J. W. Treasurer

(1981). За самкой, готовой к нересту, следует группа из нескольких самцов, а при нахождении утонувшей ветви растения или какого-либо другого подходящего субстрата самка выметывает свои икринки в одну нить, а самцы оплодотворяют ее спермой (рисунок 2; Craig, 2000).

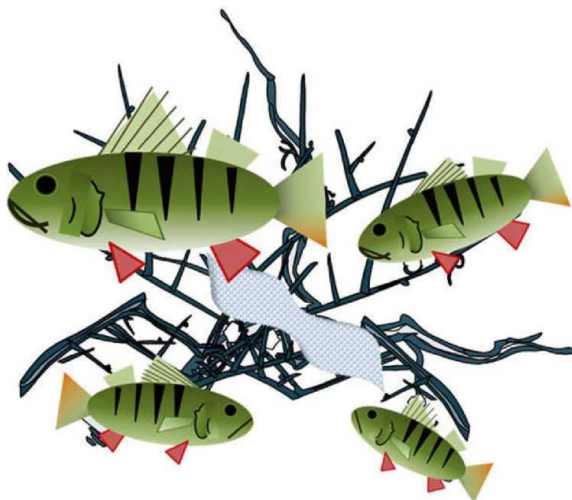


Рисунок 2 – В течение нереста самка выметывает всю икру одновременно на растительность или утопленные мертвые ветви дерева

Согласно данным Е. Fabricius (1956), самки остаются на некоторое время после вымета икринок рядом с ними и отгоняют самцов. Причина этой ситуации непонятна, как так икринки хорошо защищены от хищников за счет густого студенистого покрытия икринок лентой. Все имеющиеся на сегодняшний день исследования свидетельствуют о том, что икра окуня не является кормом для других рыб и гидробионтов (Newsome, Tompkins, 1985). Нерест однократный и продолжается в течение 4 – 5 дней, максимально – 9 дней. По окончании нереста, в отличие от других видов окуневых рыб, икринки у самки никогда не остаются (Кошелев, 1984).

Требования к нерестовой среде были изучены более подробно многими авторами (Cech et al., 2009; Probst et al., 2009; Smith et al., 2001). Нерестовая среда окунями выбирается на основании наличия субстратов, оценки воздействия волн, температуры и глубины (Snickars et al., 2010). Наиболее важным фактором является субстрат с предпочтением жестких и сложных структур, таких, как стебли камыша и других водных растений, ветвей

мертвых деревьев. Этот субстрат, особенно мертвые ветви деревьев, хорошо подходят для поддержания насыщения икринок кислородом, в то время как более высокая смертность наблюдается на нитях икринок, расположенных на иле (Smith et al., 2001).

Для нереста окуни отдают предпочтение защищенным от солнца участкам (Probst et al., 2009) и мелким глубинам (Snickars et al., 2010). Использование более глубоких нерестилищ, которые приводят к более длительному периоду развития, можно объяснить отсутствием высокой степени солнечной радиации, которая отрицательно влияет на выживание икринок окуня.

Эмбриональное развитие длится 2 недели. Через 110 часов после оплодотворения при температуре воды 15 – 17 °C у эмбриона различимы глаза, хвостовая часть и сегментация тела (Франк, 1983). Через 180 часов после оплодотворения эмбрион реагирует на изменение интенсивности освещения и сотрясение икринки. Личинки при вылуплении имеют длину около 6 мм и почти резорбированный желток, поэтому сразу начинают активно плавать и охотиться за планктонными ракообразными. По данным А. П. Петлины и В. И. Романова (2004), при длине 7 мм начинается формирование хвостовой плавник, наполняться воздухом плавательный пузырь, нижняя челюсть становится длиннее верхней. При длине 8 – 9 мм начинают закладываться лучи хвостового плавника, появляются едва заметные брюшные плавники, образуются анальный и второй спинной плавники, формируются зубы. При длине тела 10 – 11 мм становятся заметными брюшные плавники, формируются лучи во втором спинном и анальном плавниках, появляется первый спинной плавник. При длине 12 – 15 мм окончательно формируются лучи во всех плавниках, исчезают остатки плавниковой складки. Чешуя начинает формироваться на самой поздней стадии развития личинки при длине 15 – 17 мм.

Оптимальная температура воды для развития речного окуня составляет от 10 до 22 °С, активная реакция воды (рН) - 7,0 – 7,5. Рыба живет в медленно и средне-текучих реках, прудах, глубоких и мелких озерах и избегает участков водоёма с низкой температурой и быстрым течением. Неблагоприятна для размножения окуня температура воды выше 30 – 31 °С (Rowe, 2008).

N. Wang и другие авторы (2010) определили три основных фазы репродуктивного цикла окуневых рыб: индукция гаметогенеза при снижении как температуры, так и фотопериода, вителлогенез (желткообразование) во время осеннего периода охлаждения воды и синхронизация конечных стадий (созревание ооцитов, нереста) при повышении температуры. Таким образом, репродуктивный цикл у окуневых рыб контролируется ежегодными изменениями как фотопериода, так и температуры. Поэтому его экологический контроль более сложен, чем у других видов, таких, как лососевые рыбы. Поскольку фотопериод является наиболее точным экологическим индикатором в умеренной климатической зоне (Migaud et al., 2010), этот фактор четко связан с репродуктивным циклом у этих рыб. Многочисленные исследования показывают, что нерестовой период зависит от зимней и весенней температуры (Hokanson 1977; Schlumberger, Proteau 1996; Sandström et al. 1997; Gillet, Dubois 2007, Lappalainen et al., 2003), что приводит к различиям в разных водоемах (таблица 1).

Таблица 1 - Внутривидовые изменения нерестового периода и температуры у евразийского окуня, обитающего в разных водоемах

Место обитания	Нерестовый период	Нерестовые температуры, (°C)	Авторы
1	2	3	4
водохранилище Миргенбах, Франция	конец февраля – середина апреля	12–14	Flesch, 1994
Озеро Агиос Василиос, Греция	середина марта – начало апреля	8	Papageorgiou, 1977

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Озеро Лей Слэптона, Англия	середина марта– начало мая	8–14	Craig, 1974
Иваньковское водохранилище, Россия	апрель - май	7–15	Makarova, 1973
Форсмарк и Оскаршамн бассейны, Швеция	начало апреля – поздно июня	7–24	Sandström et al., 1997
Даван Шотландия	конец апреля – середина мая	9–11	Treasurer, 1983
Цюрихское озеро, Швейцария	конец апреля – начало июня	8–15	Zeh et al. 1989
Женевское озеро, Франция	конец апреля – начало июня	8–16	Gillet, Dubois, 1995
Ла-Гомбе, Бельгия	конец апреля – середина июня	8,5–13,5	Dalimier et al., 1982
Лох-Ливен, Шотландия	конец апреля – середина июня	9–11,5	Jones, 1982
Уиндермир, Англия	середина мая – середина июня	9–18	Guma'a, 1978
Волга, Россия	апрель - май	12–14	Иванов, Егорова, 2012

1.2 Опыт выращивания обыкновенного окуня в мировой практике

По данным ФАО в 2014 году мировой объем вылова речного окуня составил около 29 тыс.т, в то время как общий объем культивированного окуня составил 475 т. Причем объем выловленных окуней в России составил около 15 тыс. т (рисунок 3). На долю плотоядных видов – таких как окуни, дорадо и змееголовы, в 2010 году пришлось всего 2,6% общего объема производства пресноводных рыб.

Важно отметить, что объем выращенного товарного речного окуня в три последних года увеличился в два раза, по сравнению с данными предыдущих годов (рисунок 4). Основными производителями евроазиатского окуня являются Австралия, Чехия, Нидерланды, Тунис и Украина.

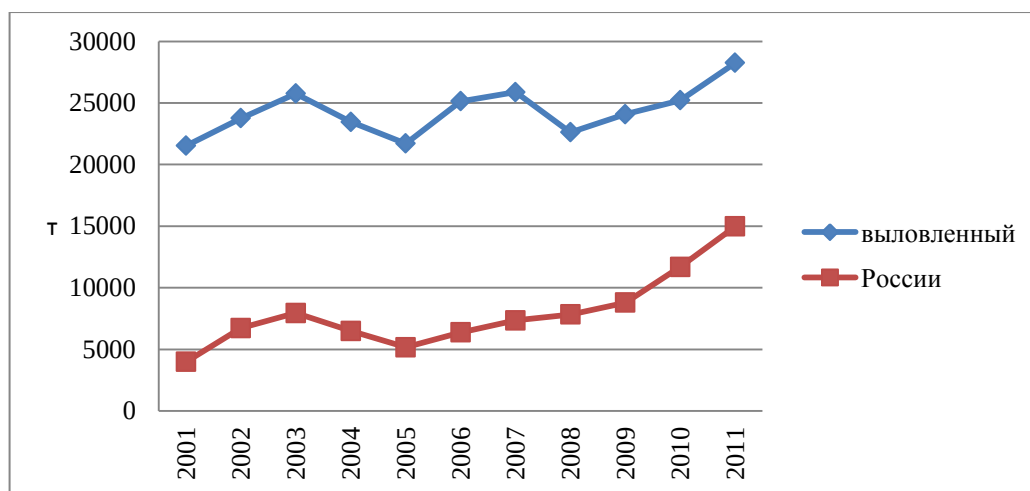


Рисунок 3 – Объем вылова речного окуня в мире и в России (ФАО, 2014)

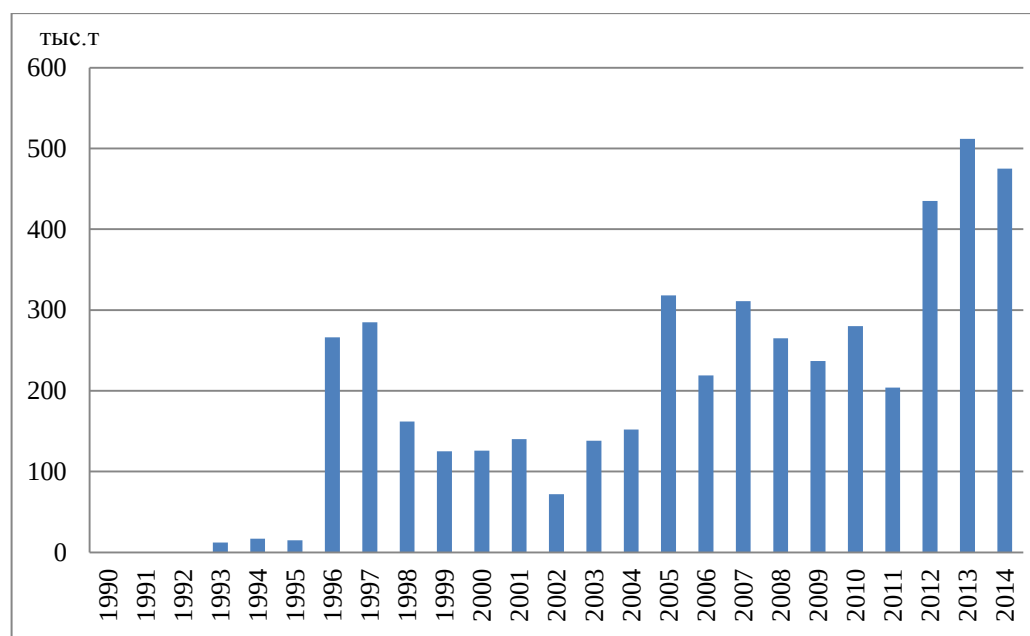


Рисунок 4 – Объем выращенного речного окуня в мире (ФАО, 2014)

По объему выращивания и вылова окунь уступает лососевым и карповым рыбам; в основном его увеличение происходит за счет интродукции естественных водоемов и саморазмножения. В Швеции речной окунь был интродуцирован и широко распространен во многих водоемах страны. В Дании ежегодно производят около 350 тыс.шт. двухграммовой молоди речного окуня, которую экспортируют в Швейцарию и Ирландию. В Ирландии речной окунь стал потенциальным объектом аквакультуры еще в 1995 году (Ashe, 1997). До 2000-х годов основным методом производства окуня представлялся прудовой метод, затем стали выращивать рыб и в

системах циркуляционного водообмена. Также было проведено исследование внесезонных нерестов и кормлений личинок живыми организмами. При быстром развитии окуневодства в Ирландии, выращенные товарные окуни в основном экспортируются в другие страны такие, как Франция, Швейцария, Германия и Италия. Например, в 2012 году объем окуней, выращенных на крупнейшем рыбоводном заводе в Ирландии, составлял 1,5 т в неделю.

Речной окунь был индуцирован на севере Европы по разным причинам, одной из которых являлась увеличивающаяся потребность рынка в товарной рыбе в центральной Европе. С 1990-х по 2000-х года в Западной Европе провели масштабное изучение биологии речного окуня и технологии его выращивания. В рамках Европейского проекта исследователей интересовал контроль репродуктивного цикла речного окуня и судака, получение их качественного посадочного материала, изучение потребности рыб в питательных веществах корма, селекционное развитие и т.д., то есть все факты, необходимые для разведения окуневых рыб в замкнутой системе водоснабжения (Kestemont et al., 2000; Fontaine, Thomas, 2004; Kamstra et al., 2001; Teletchea et al., 2006; Wang et al., 2008).

Чехия занимает шестое место в мире по производству товарного речного окуня за период с 2000 по 2010 годы (FAO, 2011). Годовой объем вылова речного окуня в Чехии с 1996 по 2010 варьировался от 14 до 37 т. в то время как выращенный объем товарных окуней за тот же период составлял от 14 до 27 т. Таким образом, общий объем продукции из окуня в Чехии составил от 31 до 58 т (Brozova, 2005; Zemskova, Gall 2011).

1.3 Пищевые потребности обыкновенного окуня, влияние питательных веществ корма на рост и развитие организма

С целью оптимизации роста рыб, выращиваемых в условиях бассейнов, была изучена их потребность в питательных веществах: протеине, липидах и углеводах. Было установлено, что содержание европейских окуневых рыб при высокой плотности в относительно теплой воде (22-27° С) с трехразовым

кормлением и продолжительностью дня до 12 часов в день, значительно улучшает активность кормления рыб и таким же образом показатели роста (Kestermont et al., 2015).

Пищевой белок является основным источником аминокислот и белка в организме рыб. Белок также используется в качестве источника энергии для метаболизма. Оптимальная доля белка в пище зависит от нескольких факторов, в том числе от трофического уровня, жизненной стадии, баланса аминокислот в пищевых протеинах, общей энергии, содержащейся в пище, и частоты кормления. В зависимости от вида рыб, стадий развития, источников белков и условий среды потребность в белке варьируется от 30 до 60% (NRC, 2001).

Оценка потребности евроазиатского окуня в протеинах была проведена С. Schulz и другими (2007). Молодь окуня массой 1 г кормили шестью различными кормами, содержащими 26, 33, 40, 47, 54, 61 % протеина в течение 56 дней. Увеличение доли белка в пище от 26 % до 50 % вызвало значительное увеличение удельной скорости роста (2,44 % - 3,11 %), значительное снижение кормового коэффициента (2,45 - 1,88), но не влияло на выживаемость. Более высокое содержание протеина (61 %) не привело к увеличению темпа роста рыб (таблица 2). Молодь евроазиатского окуня массой 2,9 г также показала лучший рост при относительно высоком уровне протеина в пище (40 – 50%) (Fiogbe et al., 1996).

Таблица 2 – Влияние содержания в корме протеина на темп роста молоди евроазиатского окуня (Mathis et al., 2003)

Продолжительность (день)	Доля протеина(%)	Доля липида	Начальная масса	Конечная масса	УСР (%/день)	Эффективность корма	Кормовой коэффициент
1	2	3	4	5	6	7	8
73	20	-	2,97 ±0,50	3,01±0,6	0,01 ± 0,42	-	22,76±10,1
73	30	-	2,70 ±0,40	4,18 ± 0,6	0,60 ±0,11	-	7,58 ± 1,7
73	40	-	2,71 ±0,43	5,95 ± 1,0	1,08 ± 0,15	-	4,62 ± 0,7

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
73	50	-	2,95 ±0,20	6,96±0,60	1,18±0,16	-	3,91±1,0
73	60	-	2,91 ±0,40	7,28±0,60	1,26 ± 0,20	-	3,81±0,6
123	49,2	11,9	36,8±0,8	123,0 ± 2,4	0,98 ±0,03	0,76 ± 0,04	-
123	46,6	16,3	37,3 ±1,5	140,3 ± 5,0	1,08 ±0,05	0,86±0,09	-
123	43,2	22,2	37,9 ±0.1	130,0±7,5	1,00 ±0,05	0,93 ± 0,01	-

Потребность в белке пищевого рациона также была исследована у более крупного евроазиатского окуня и судака. N. Mathis и ряд авторов (2003) оценили влияние трех отношений протеина к энергии (25, 22 и 19×10^3 мг/кДж) на результаты выращивания рыб массой тела 35 г до товарной массы (150 г). После 18-недельного периода удельный темп роста рыб значительно не различался между тремя вариантами, в то же время эффективность корма и коэффициента усвоения белка значительно увеличились со снижением долей протеина в пище. В результате лучший рост был отмечен у рыб, потреблявших корм с соотношением белок/энергия 22×10^3 мг/кДж, что соответствует содержанию 46,6% белка и 16,3% липидов в рационе.

Таким образом, авторы пришли к выводу, что оптимальное содержание белка в корме для окуня составляет от 43% до 50%.

Кроме того, оптимальный уровень протеина в корме, влияющий на темп роста рыб, состав незаменимых аминокислот, необходимых для оптимального развития окуня, были установлены в исследованиях других авторов (Fiogbe, Kestemont, 2003). Согласно их утверждениям, потребность окуня в составе незаменимых аминокислот остаются аналогичной на разных стадиях развития рыб. Состав незаменимых аминокислот в корме для речного окуня представлен в таблице 3 (в сравнении с канальным сомом и радужной форелью). В таблице показано сходство относительного содержания незаменимых аминокислот в протеине корма между рассматриваемыми видами рыб. Большее сходство по содержанию этих

аминокислот в корме наблюдалось у окуня и радужного форели, поскольку оба вида являются хищными рыбами.

Среди нижеперечисленных аминокислот, лизин является наиболее незаменимым при кормлении рыб (Hauler, Carter, 2001; Akiyama et al., 1997). По сравнению с другими аминокислотами лизин присутствует в скелете многих видов рыб в самых высоких концентрациях (NRC, 2011; Wilson, Cowey, 1985; Wilson, Poe, 1985).

Таблица 3 – Потребность в незаменимых аминокислотах евроазиатского окуня, по сравнению с канальным сомом и радужной форелью (Lovell, 1991; Fiogbe et al., 1996).

Незаменимые аминокислоты	Евроазиатский окунь	Канальный сом	Радужная форель
Аргинин	4,02	4,30	4,00
Гистидин	2,00	1,50	1,80
Изолейцин	3,26	2,60	2,80
Лейцин	4,99	3,50	5,00
Лизин	5,24	5,10	6,00
Метионин	1,92	-	-
(Метионин + цистеин)	2,19	2,30	3,30
Фенилаланин	2,77	-	-
(Фенилаланин + тирозин)	5,22	5,00	6,00
Треонин	3,34	2,00	4,10
Триптофан	-	0,50	0,60
Валин	3.75	3	3.6

Рыбий жир является основным источником незаменимых жирных кислот в комбинированных кормах для рыб в аквакультуре. Доминирующим компонентом в составе рыбьего жира являются триглицериды, а также жирорастворимые витамины, такие, как витамин А и витамин D. Как было установлено высокое содержание жирных кислот в рыбе, это необходимый источник метаболической энергии для роста, размножения и плавания. Это обеспечение метаболической энергии происходит путем окисления жирных

кислот до АТФ (Sargent et al., 2002). Степень накопления определенных жирных кислот в организме рыб зависит от потребности и специфичности каждой ткани. У евроазиатского окуня и судака установлено относительно низкое содержание жирных кислот в мышцах по сравнению с лососевыми. У окуневых видов триглицериды в основном накапливаются в печени и во внутренних органах. Уровень общего содержания липидов в теле речного окуня варьируется от 1 до 2 % от массы тела (Mairesse et al., 2007; Schulz et al., 2002, 2006; Zaks, Demska-Zakes, 1998).

P. Kestemont и другие (2001) впервые изучили влияние разного уровня содержания липидов (6, 12, 18 %) при одинаковом уровне протеина (40%) в корме на рост и состояние речного окуня. Также были проведены эксперименты по сравнению трех разных уровней доли жира в корме (12, 15, 19 %) для речного окуня при содержании белка 46 %. Установлено, что самые высокие значения роста и эффективности корма наблюдались у групп рыб, питавшихся кормом, содержащим 15% жира (Ху, 2001).

Z. Zakes и другие авторы (2004) определили влияние градуируемого содержания липида в изо-азотистых рационах (6, 10 и 14%, 45% протеина) на рост зрелых окуней массой 210 г. Как отмечают авторы, увеличение содержания жира в корме приводит к увеличению его в теле рыбы. Действительно, содержание жира в организме рыбы, потреблявшей корм с 10% липидов, было значительно выше, чем у рыбы, потреблявшей корм с 6% жира. Однако дальнейшее увеличение содержания жира (14%) в корме не привело к существенному увеличению содержания жира в организме. Оптимальное содержание в пище каждого питательного вещества зависит от баланса между содержанием белков, жиров и углеводов. Таким образом, авторы пришли к выводу, что 10-процентное содержание липидов в корме речного окуня обеспечивает наиболее быстрое увеличение массы тела рыб.

В литературе определение оптимального уровня углеводов в корме евроазиатского окуня встречается крайне редко. L. Nyina-wamwiza и другие

авторы (2005) исследовали питательный баланс протеина, липидов и углеводов в питании 35-граммовой молоди судака. У рыб, питающихся пищей, обогащенной углеводами (15, 20%), наблюдали лучший рост и эффективность корма, чем у рыб, потреблявших корм с 10% углеводов при одинаковом протеиновом уровне. В результате показатели лучшего роста были отмечены у рыб, питающихся пищей, содержащей 43% протеина, 22% жира, 20% углеводов, а также 50% протеина, 16% жира, 20% углеводов.

Большинство витаминов не синтезируется рыбами или синтезируются в количестве, недостаточном для обеспечения их потребностей. Потребность в витаминах у судака и евразийского окуня мало изучена. В настоящее время окуня и других видов окуневых кормят с использованием премиксов для лососевых рыб. Считается, что у них близкие физиологические потребности в витаминах и минеральных элементах.

В связи с развитием аквакультуры понадобятся больше источников протеина, жира, чем при использовании вырабатываемых в настоящее время рыбной муки и рыбьего жира. В современный период 25-50% рыбной муки заменяется растительным белком в кормах для плотоядных видов рыб без снижения показателей роста, в количестве, зависящем от вида и стадии развития. Относительно высокий уровень высоко-ненасыщенных жирных кислот (ВНЖК), содержащихся в мышцах, поддерживается за счет использования рыбьего жира, богатого ВНЖК. Растительное масло, наоборот, лишено ВНЖК и богато их предшественниками: С18 ПНЖК (низко-ненасыщенная жирная кислота, α -линоленовой кислотой (ALA, C18: 3n-3) и линолевой кислотой (LA, C18: 2n-6).

Евразийский окунь является пресноводной плотоядной рыбой. Однако на ранних стадиях развития он потребляет относительно мелкие кормовые организмы, в частности, зоопланктон, где много жира с ВНЖК. Влияние включения растительного масла в корм для окуня на показатели роста и развития было проведено Х. Ху и Р. Кестемонт (2002). В течение 10-

недельного эксперимента рыб кормили четырьмя экспериментальными рационами, состоящими из 16% масла печени трески, оливкового масла, сафлорового масла или льняного масла.

Наиболее низкий темп роста (30%) и эффективность корма (0,86) отмечены у рыб, питавшихся рационом с оливковым маслом. При кормлении кормами с сафлоровым и льняным маслами у рыбы значительно увеличился рост и улучшилась эффективность корма (1,10-1,23), по сравнению с кормившейся сафлоровым вариантом рыбой. Однако наиболее высокий темп роста (141,7 %) и эффективность корма (1,28) были отмечены у контрольных рыб, питавшихся кормом с добавкой масла печени трески. В заключение было доказано, что судак и евроазиатский окунь демонстрируют относительно высокую способность к биосинтезу п-3 насыщенной жирной кислоты, когда рыбий жир заменяется смесью растительных масел, включая льняное масло, с отношением п-3/п-6, близким к 1,6. Вследствие этого, было предложено использование частичной замены рыбьего жира растительным маслом. Более того, несмотря на отсутствие влияния на показатели роста, превышение уровня растительного масла в корме вызывает негативные изменения в структуре печени. Это может повлиять на ограниченное применение данных типов источников липидов в питании окуневых рыб.

1.4 Физиологические индикаторы состояния организма в различных условиях

На физиологические показатели речного окуня влияют такие факторы водной среды, как температура воды, содержание кислорода, величина pH, солевой состав, степень загрязнения водоёма и др. (Антонова, 1979). Кровь, как наиболее лабильная ткань, быстро реагирует на влияние внешней среды, поэтому исследование показателей крови дает объективные оценки физиологического состояния рыб.

В течение года наблюдается сезонная динамика гематологических показателей, которая позволяет оценивать состояние популяции в разные

периоды годового цикла. В дальнейшем, картину крови можно будет использовать для оценки эколого-физиологического состояния рыб в период активного антропогенного воздействия (Лугаськова, 2003).

Т. А. Гилева, Е.А. Зиновьев, Н. В. Костицына (2013), изучив в течение года динамику гематологических показателей окуня, обитающего в верхней части Воткинского водохранилища, пришли к выводу, что абсолютное количество эритроцитов в крови окуня было максимальным (1,85 млн./1мкл) в летней пробе и минимальным (1,29 млн./1мкл) - в зимней. Это объясняется тем, что эритроциты рыб переносят кислород, диоксид углерода, поэтому различия в количестве эритроцитов связаны с различным содержанием растворенного кислорода в воде.

Так, в летне-осенний период, когда количество кислорода наименьшее, в пробах отмечено повышение эритроцитов в крови. Кроме этого, абсолютное количество лейкоцитов минимально (120,05 тыс./1 мкл) в осенней пробе, а в весенней достигает наибольшего количества (147,84 тыс./1 мкл). Максимальное количество лейкоцитов было отмечено в весенней пробе, в основном, за счет увеличения лимфоцитов и нейтрофилов. Основная функция этих клеток – защита организма от инфекций и токсических воздействий, что связано с естественными сезонными изменениями в организме рыб (рыбы выходят из зимовки и начинают нагуливаться). Также в Воткинском водохранилище максимум биогенных веществ наблюдается в весенний, минимум – в летний период (Китаев, 2009).

В 2010 г. Е. В. Сementина и Г. Г. Серпунин впервые исследовали показатели крови окуня, обитающего в озере Виштынецком в весенний и летний периоды года. Показатели белой крови, хотя и повышались в весенний период, но не превышали значения, установленные для окуня реки Дон Н.Т. Ивановой (1983). Это свидетельствует о благополучном физиологическом состоянии особей в изученных районах озера Виштынецкого и, следовательно, о благоприятных экологических условиях в

этих районах озера. Доказано, что гематологические показатели окуня изменяются не только по сезонам, но и по возрастам. Отмечены достоверные различия ($p < 0,01$) концентрации эритроцитов, которые оказались выше у рыб в возрасте 3 – 5 лет, по сравнению с рыбами 2 – 4-летнего возраста ($56,55 \pm 0,11$ против $42,21 \pm 3,74$ г/л). Также было установлено уменьшение с возрастом доли нейтрофильных миелоцитов (при сравнении с рыбами двух и трех лет) и больших лимфоцитов (при сравнении рыб в возрасте двух, трех и четырех лет). Например, процент больших лимфоцитов в крови окуней двухлетки составил 25 %, у трехлеток – 17 % и а у четырехлеток – не выше 15 %.

Е. В. Сементиной (2008) также было подтверждено, что морфологические характеристики эритроцитов у всех исследованных рыб в озере Виштынецком не имели отклонений от нормы. Весной 2008 и 2009 гг. у исследованных окуней разного возраста наблюдалась невысокая концентрация гемоглобина в крови (42,06 – 56,32 г/л). По мнению Л. Д. Житеновой с соавторами (1997), потребность в гемоглобине у окуня, как и у ската, повышается только при быстрых бросках. Значение этого показателя может измениться при неудовлетворительном физиологическом состоянии, вызванном антропогенным загрязнением (Савина, 2003). В крови окуней разного возраста, исследованных в озере Виштынецком, установлена большая концентрация эритроцитов $0,93\text{--}2,02 \times 10^{12}$ /л. Концентрация лейкоцитов также колебалась в зависимости от возраста, массы и района обитания в озере, находясь в пределах $96,75\text{--}165,50 \times 10^9$ /л.

По данным Ф. Х. Бикташевой (2010), которые были получены при исследовании гематологических показателей окуня, обитающего в озере Асылыкуль, содержание белка в крови окуня значительно более высокое, по сравнению с растительноядными рыбами, и составило 48 г/л. Это связано с хищным образом жизни окуня. Другие показатели крови, такие как

содержание общего белка, холестерина, глюкозы, приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Биохимические показатели крови рыб озера Асылыкуль

Показатели	Фактическое значение	Норма*	Cv, %
Общий белок сыворотки г/л	48,0±1,7	25 - 70	7,81
Холестерин, (ммоль/л)	6,40±0,18	7,5 – 10,5	6,35
Глюкоза, (моль/л)	4,10 ±0,04	2,0 – 11,0	2,44

Содержание гемоглобина у окуня составило 106,0 г/л, при норме 70-120 г/л. Средние показатели содержания эритроцитов у окуня озера Асылыкуль соответствуют физиологической норме.

Таблица 5 – Гематологические показатели щуки и окуня озера Асылыкуль

Показатели	Фактическое значение	Норма*	Cv, %
Число эритроцитов ($10^{12}/л$)	2,4±0,13	1,5-2,5	15,0
Число лейкоцитов ($10^9/л$)	44,87 ±1,53	25-50	9,0
Скорость осаждения эритроцитов (мм/ч)	6,0±0,08	4	5,4
Гемоглобин (г/л)	106,0±2,5	70-120	6,2

* - за физиологическую норму были взяты данные (Кудрявцев, Кудрявцева, Привольнев, 1969)

Количество лейкоцитов в крови окуня близко к верхнему показателю физиологического значения $44,87 \times 10^9$. Таким образом, большинство исследованных гематологических и биохимических показателей рыб находятся в рамках физиологических нормативов, за исключением СОЭ.

Для выяснения воздействий радионуклидов на рыб, подвергающихся длительному воздействию радиоактивного излучения малой дозы, Гудковым и другими соавторами (2011) были проведены исследования особенностей морфологии форменных элементов крови окуня в водоемах Чернобыльской зоны отчуждения. Результаты гематологических исследований показали, что у рыб, обитающих в исследованных озерах, обнаружено большое количество изменений во всех органах кроветворения, как количественных, так и качественных. Было отмечено увеличение количества тромбоцитов овальной

формы на мазках крови у рыб, выловленных из озера Глубокое, по сравнению с контрольными особями. Наблюдалось также снижение количества клеток лейкоцитарного ряда у исследуемых рыб. Согласно мнению ряда авторов (Житенева и др., 2003), при развитии токсических заболеваний, сочетающихся с гемолизом эритроцитов, наблюдается повышение содержания овальных форм тромбоцитов. У исследуемых рыб также было обнаружено нарушение морфологии клеток крови, например, наличие безъядерных, двухъядерных эритроцитов, деформация ядра эритроцитов, вакуолизация цитоплазмы эритроцитов и лейкоцитов и т. д. Суммарная доля морфологически измененных клеток крови окуня в озере Глубокое достигло 22,6 %, что значительно превышает показатели нарушений для контрольных рыб. Среди исследованных рыб особи без клеточных патологий не были обнаружены. По литературным данным, увеличение нарушений морфологии клетки крови оценивается как дегенеративные изменения, возникающие в результате негативного воздействия факторов внешней среды на организм рыб (Лугаськова, 2003). Таким образом, патологические отклонения показателей крови окуня, обитающего в водоемах Чернобыльской зоны отчуждения, свидетельствуют о негативном воздействии факторов внешней среды на организм рыб, то есть о неблагополучии состояния исследуемых водоемов (Гудков и др., 2011).

Культивирование рыб включает в себя ряд процессов, в том числе перевозку и контрольную обработку рыб, которые непосредственно вызывают определенный стресс. После стресса рыба реагирует по-разному, поддерживая гомеостаз организма (Wedemeyer et al., 1990). J. C. Acerete и другие авторы (2004) изучили изменения некоторых гематологических параметров, осмотического давления и выделений гормонов у рыб после перевозки, а также при ловле и пребывании на воздухе в течение 1 минуты. В результате этого исследования авторы выяснили, что концентрация гемоглобина, количество эритроцитов и содержание гемоглобина в одном

эритроците (МСН), по сравнению с контрольной группой, не показали больших изменений по времени сразу после транспортировки, однако гематокритное число (Hc, %) значительно повышалось ($23,91 \pm 2,29$ %) на второй день и уменьшалось ($13,99 \pm 1,27$ %) на 14-ый день после транспортировки. С седьмого дня МСНС увеличилось до $30,26 \pm 1,22$ г/дл. Сразу после транспортировки уровень глюкозы увеличивался и достигал максимального значения на 2-ой день ($70,9 \pm 9,98$ мг/дл), что статистически достоверно различимо с контрольной группой. С другой стороны, уровень лактата в сыворотке остался не различимым от контрольной группы. Выживаемость в эксперименте равнялась 94 %. Было установлено, что стресс от перевозки вызывает у рыб высокие метаболические изменения, усиление транспортировки кислорода в организме за счет увеличения гематокрита и количества эритроцитов, а не за счет анаэробного дыхания, измеряемого увеличением лактата. Содержание гемоглобина в крови колебалось за период этого эксперимента, однако изменения были незначительными. Значение МСНС также изменялось в течение эксперимента при отсутствии достоверных различий от контрольной группы. Было отмечено повышение количества эритроцитов (полицитемия) после 0,5 и 1 часа после вылова рыб из воды. Уровень кортизона повышался сразу же после вылова из воды и постепенно снижался до контрольного значения за 4 часа после вылова.

В заключении исследования авторы утверждают, что для евроазиатского окуня, выращенного в контролируемых условиях, типично высокое содержание кортизона в крови (около 45 нг/мл), в то время как у других пресноводных рыб, таких, как карп, радужная форель, данный показатель невысокий (7,4 нг/мл и 1,7 нг/мл соответственно) (Barton, 2002). У некоторых морских видов рыб, например, у золотистого спара (*Sparus aurata*), содержание кортизона составило 2 нг/мл (Rotllant et al., 2001), у золотистого пагра (*Pagrus pagrus*) – 6 нг/мл (Rotllant, Tort, 1997). Из представителей окуневого семейства у желтого окуня (*Perca flavescens*) содержание

кортизона колеблется в пределах от 3,4 до 8,3 нг/мл (Barton, 2002; Haukenes, 2001). Более близкое значение к полученному результату по речному окуню наблюдалось у лаврака обыкновенного *Dicentrarchus labrax* и составило 20 нг/мл (Cerdeira-Reverter et al., 1998; Roche, Borge, 1996; Planas et al., 1990). У лаврака обыкновенного, выращиваемого в контролируемых условиях, был зафиксирован более высокий уровень кортизона, чем у рыб, обитающих в естественных водоемах (Rotllant et al., 2001). В связи с данным фактом было выдвинуто предположение о том, что либо евроазиатский окунь обладает особенностями, аналогичными лавраку, либо данный вид с большим трудом адаптируется к условиям выращивания, что сопровождается повышением уровня кортизона в крови. Причем у обеих (контрольной и экспериментальной) групп было отмечено высокое содержание кортизона. У желтого окуня при хроническом стрессе из-за большой плотности посадки, уровень кортизона повысился до 46 нг/мл (Haukenes, 2001), что близко к полученному значению в эксперименте с окунем, поэтому авторы предположили, что у евроазиатского окуня низкая адаптационная способность к условиям выращивания. Это прежде всего связано с тем фактом, что окуни в течение большого периода времени не выращивались искусственно (то есть мало поколений подвергалось разведению).

Исследование J. C. Acerete (2004) также показало, что реакция речного окуня на разные стрессовые факты оказалась неодинаковой. Конкретнее, уровень кортизона повышался в течение семи дней после перевозки и нормализовался на 14-ый день. После стресса из-за вылова данный показатель возвращался к норме после 4 часов. Такая продолжительность времени для восстановления нормального состояния наблюдалась и у других рыб: от 4 до 8 часов после стресса (Molinero et al., 1997).

Содержание глюкозы и лактата в сыворотке речного окуня показывают типичную катаболическую реакцию рыб в стрессе после перевозки,

освобождая большой энергический ресурс для процесса восстановления в организме рыб (Barton, Iwama, 1991; Rotllant et al., 2001).

М. Rahbar и другие авторы (2011) исследовали показатели крови речного окуня в Энзели в Иране. Результаты исследования показали, что наиболее высокая концентрация гемоглобина и большее количество эритроцитов были отмечены у шестилеток (таблица 6).

Таблица 6 – Показатели крови речного окуня по возрастным группам в дельте Anzali Wetland, Иран

Показатель	2+	3+	4+	5+
Эритроциты ($\times 10^3/\text{мм}^3$)	4495 $\pm$ 3194543,8	4671563 $\pm$ 2475690,4	4596000 $\pm$ 3042853,9	5717692 $\pm$ 2249011,5
Лейкоциты	8700 $\pm$ 5880,4	8701,04 $\pm$ 4990,81	6550 $\pm$ 2341,5	8930,77 $\pm$ 8337,6
Гематокрит (%)	28,7 $\pm$ 5,85	28,75 $\pm$ 5,53	27,00 $\pm$ 4,9	28,92 $\pm$ 5,3
Гемоглобин (г/л)	65,5 $\pm$ 1,05	68,7 $\pm$ 1,13	67,5 $\pm$ 1,31	73,2 $\pm$ 1,33
Средний клеточный гемоглобин (фл)	228,38 $\pm$ 102,26	233,8 $\pm$ 93,6	192,05 $\pm$ 77,07	282,27 $\pm$ 122,15
Лимфоциты (%)	80,17 $\pm$ 3,66	82,44 $\pm$ 9,9	84,2 $\pm$ 9,46	83,85 $\pm$ 9,84
Нейтрофилы (%)	18 $\pm$ 3,7	15,75 $\pm$ 8,7	15,3 $\pm$ 9,9	14 $\pm$ 9,27
Моноциты (%)	1,83 $\pm$ 0,75	1,46 $\pm$ 1,03	1,5 $\pm$ 0,97	1,38 $\pm$ 1,04

Согласно результатам исследований ряда авторов, наиболее многочисленными форменными элементами крови речного окуня являются эритроциты, наименьшим – моноциты. Аналогичные результаты были отмечены у других водоемных рыб, таких как карась серебряный (*Carasius carasius*) (Vosoughi, Mostajir, 2001), кутум (*Rutilus frisii kutum*) (Rahimibashar et al., 2008; Rashidi, 2007), судак (*Sander lucioperca*) (Movahed et al., 2011) и белый амур (*Ctenopharyngodon idella*) (Ejraei, 2011). У белого американского лаврака (Abbasi et al., 1999) (*Morone americana*), выращиваемого в интенсивных условиях, количество эритроцитов составляло 125×10^4 кл/мм³, гематокрит – 35 %, МСН – 5,76 пг (Hlavova, 1993). Показатели крови белого

американского лаврака были изучены рядом авторов; вот их данные: количество эритроцитов (RBC) – 177×10^4 кл/мм³, количество лейкоцитов – $1,14 \times 10^4$ кл/мм³, МНС – 33,1 пг. Дифференцированная формула лейкоцитов представляет собой следующие показатели: лимфоциты – 86,16 %, нейтрофилы – 11 % и моноциты – 1,46 % (Movahed et al., 2011). По сравнению с этими данными, показатели крови речного окуня в реке Anzali Wetland (Иран) были приблизительно аналогичными: по содержанию гемоглобина в крови и доли моноцитов в лейкоцитарной формуле. В то же время было обнаружено повышение по количеству эритроцитов (RBC) и доли нейтрофилов, а по количеству лейкоцитов (WBC), МНС – снижение. Несмотря на то, что в исследовании М. Rahbar (2011) не было обнаружено по составу крови значительных различий между возрастными группами, но, данные других ученых, изучавших физиологию карпа, показали, что содержание гемоглобина в крови повышается с возрастом (Svetina et al., 2002). G. Khajeh с соавторами (2007) утверждает, что у радужной форели возраст рыб влияет на содержание гемоглобина в крови, МСН и не влияет на лейкоцитарную формулу. В исследовании М. Nayatbakhsh (2010) отмечается, что количество лейкоцитов и нейтрофилов у каспийского леща (*Abramis brama*) зависит от возраста рыб.

Во многих исследованиях ряда авторов отмечается тот факт, что окунь обладает высокой устойчивостью к закислению воды (Комов, 2007) и к недостатку кислорода в воде (Лукьяненко, 1987); имеет жаберные механизмы адаптации к низким рН воды (Виноградов, 2000; Evans et al., 2005). Отмечено также высокое сродство гемоглобина к кислороду, как и у других устойчивых к гипоксии рыб (Камшилов и др., 2014; Запруднова и др., 2015). Для определения механизма устойчивости речного окуня к неблагоприятным факторам среды обитания было выполнено исследование Р.А. Запрудновой (2017), в котором выявляется участие ионов натрия и калия в эритроцитах рыб. Экспериментальная работа была проведена и среди других видов

пресноводных рыб с разной устойчивостью к закислению воды и к недостатку в ней кислорода. Известно, что основным способом регуляции pH среды внутри красных кровяных клеток является Na^+/H^+ обмен через мембрану эритроцитов (Солдатов, 2003).

В результате исследований Р.А. Запрудновой были приведены выводы, что наиболее сильной способностью к повышению pH среды внутри эритроцитов обладают окунь и щука: для окуня концентрация натрия в эритроцитах составила 54,3 ммоль/л; для щуки - 65,6 ммоль/л. Данные результаты совпали по устойчивой способности этих двух видов рыб к закислению воды (Строганов, 1962, 1968); у стерляди, напротив, была отмечена минимальная концентрация натрия в эритроцитах – 18,2 ммоль/л. У группы рыб со среднеустойчивостью к низким pH воды (леща, сазана, плотвы, синца, карася, линя, язя, чехони) были установлены промежуточные значения концентрации натрия в красных кровяных клетках (различия статистически значимы $p \leq 0,01$), что указывает на среднюю интенсивность обмена Na^+/H^+ в эритроцитах по сравнению с вышеописанными видами.

Такая же связь уровня ионов была отмечена и у морских рыб. Например, концентрация натрия в эритроцитах к закислению воды неустойчивых рыб, таких как скат, морская лисица (*Raja clavata*), морской кот (*Dasyatis pastinaca*) и акула катран (*Squalus acanthias*), находится в диапазоне 11,4-15,5 ммоль/л (Строганов, 1962). У морских костистых рыб, которые более устойчивы к закислению, чем акулы, концентрация натрия в красных кровяных клетках в 2–3 раза выше (Силкин, Солюс, 1987).

Известно (Jensen, 1992), что существует обратная зависимость между концентрацией калия в эритроцитах и содержанием кислорода в крови и концентрацией оксигемоглобина, а также прямая зависимость между концентрацией калия и дезоксигемоглобина в эритроцитах.

Самый низкий уровень калия в эритроцитах – у щуки (65,7 ммоль/л), что связано с гипероксией крови из-за большой поверхности жабр для

обмена газами (Матей, 1996). Самый высокий уровень калия в эритроцитах – у стерляди (111 ммоль/л), которая, как и другие осетровые, может находиться без воды в течение нескольких часов (Строганов, 1962, 1968; Запруднова, Камшилов, 2010). Остальные исследуемые виды рыб по концентрации калия в эритроцитах (диапазон колебания: 83,9-94,8 ммоль/л) находятся в промежуточном положении между щукой и стерлядью, достоверно от них отличаясь ($p \leq 0,01$). У других устойчивых к гипоксии рыб концентрация калия в эритроцитах довольно высокая: у карася – 92,7 ммоль/л, линя – 94,8 ммоль/л, сазана – 91,0 ммоль/л (Запруднова, 2017), сома (*Silurus glanis*) – 90 ммоль/л и угря (*Anguilla anguilla*) – 105 ммоль/л (Мартемьянов, 1992). Уровень калия в эритроцитах превышал таковой у рыб со средней и низкой устойчивостью к недостатку кислорода в воде (чехони, язя, синца, плотвы, леща) и колебался в пределах 90–111 ммоль/л. У окуня концентрация калия в эритроцитах составила 89,1 ммоль/л. Данное значение находится возле нижней границы диапазона, характерного для устойчивых к гипоксии рыб.

Повышенная концентрация калия в эритроцитах связывается с оптимальной работой гемоглобина в гипоксических условиях, характерных для рыб, устойчивых к недостатку кислорода в воде. Среди костистых рыб, различающихся уровнем потребления кислорода, тоже существуют различия в концентрации калия в эритроцитах, например, у малоподвижной донной рыбы скорпены *Scorpaena porcus* – 103 ммоль/л, у активной пелагической ставриды *Trachurus mediterraneus* – 80 – 94 ммоль/л (Силкин, Силкина, 2005).

По величине гематокрита окунь обладает более высоким значением ($44 \pm 1,3 \%$), чем у других пресноводных рыб: у плотвы ($34 \pm 1,7 \%$), леща ($36 \pm 1,4 \%$) и щуки ($35 \pm 1,9 \%$) с достоверным различием при $p \leq 0,01$. Это позволяет предполагать более высокое содержание гемоглобина в крови у этого вида рыб, по сравнению с представителями карповых и щукой и, следовательно, лучшее обеспечение организма окуня кислородом.

По мнению ряда авторов, окунь имеет повышенную способность к утилизации и ресинтезу макроэргических веществ (Романенко и др., 2011). На высокий энергетический потенциал окуня указывает также высокий уровень натриемии, превосходящий этот показатель по сравнению с другими пресноводными рыбами (Запруднова, Мартемьянов, 1988). Высокий уровень энергетики окуня можно рассматривать в качестве неспецифического механизма повышения общей жизнеспособности и устойчивости к разным неблагоприятным факторам. С большим энергетическим потенциалом у окуня может быть связана повышенная скорость различных метаболических процессов. В частности, у окуня быстрее, чем у представителей карповых рыб и щуки, выводятся продукты распада введенных бактерий (Балабанова, 1979), что, в свою очередь, может указывать на большую устойчивость окуня к болезням. Кроме того, у окуня выявлена более высокая, чем у других видов рыб, устойчивость пищеварительных ферментов к гербицидам, что является одним из механизмов большей устойчивости к антропогенным загрязнителям (Голованова, Аминов, 2013).

Многие исследования выясняли иммуно-физиологический механизм рыб при размножении. Согласно мнению ряда авторов, процесс размножения у рыб состоит из нескольких периодов: преднерестового, нереста, посленерестового и нагула. Каждый период характеризуется своими особенностями, зависящими от состояния процесса обмена веществ в организме, функционально-структурного состояния нейроэндокринной, водно-солевой и иммунной систем (Лав, 1976; Микряков, 1978; Запруднова, Мартемьянов, 1988; Мартемьянов, 2001, 2004; Запруднова, 2003). Чаще всего концентрация содержания общего белка и аминокислот в сыворотке крови и тканях рыб снижается перед нерестом. В нерестовом периоде количество накопленного жира во внутренних органах и мышцах рыб резко сокращается, что обусловлено увеличением распада липидного резерва в связи с энергетическим обменом. Такое явление объясняется тем, что организм и его

отдельные ткани перед нерестом требуют большого количества кислорода. Более того, группа физиологически активных веществ (катехоламины) ускоряет полисахаридный распад в организме рыб, идущих на нерест (Mommensen et al., 1988). Поскольку генеративный обмен увеличивается, затраты запасных энергетических веществ (белков, липидов и углеводов) также возрастают. В результате вышеперечисленных процессов повышается концентрация липопротеинов, холестерина, в-глобулинов, ионов Mg^{2+} , фосфолипидов, некоторых аминокислот, таких как аргинин, гистидин; увеличивается доля стероидных гормонов в крови и содержание тканевой воды. Исследования ряда авторов подтвердили, что перед нерестом у рыб повышается ее толерантность к стрессорным воздействиям и к колебаниям температур; снижается содержание внутриклеточного и внутримышечного иона кальция (Алтухов, 1963; Запруднова, Мартемьянов, 1988; Мартемьянов, 2001). Уменьшение концентрации иона кальция приводит к повышению устойчивости сети волокон в цитоплазме клетки, которая, в свою очередь, обеспечивает толерантность клетки к любым повреждающим факторам (Микряков и Мартемьянов, 2015).

В отличие от преднерестового, нерестовый период у рыб рассматривается как критический в их жизненном цикле. В данный период большие ресурсы энергии расходуются на выметывание половых продуктов. В процессах обмена веществ участвуют, главным образом, фосфолипиды и белки. В связи с этим уровень холестерина и белковых фракций снижается, катаболические процессы превалируют над анаболическими (Шатуновский, 1980; Решетников, 1980). Результаты исследований сыворотки леща во время нереста показали, что очень часто встречались пробы, которые не угнетали развитие микроорганизмов или очень слабо это делали. Доля особей с нарушением иммунной системы в исследуемой популяции леща составляла 1-25 % (Микрякова и Мартемьянова, 2015).

После нереста большинство рыб истощается. Несмотря на короткую продолжительность посленерестового периода в годовом цикле рыб, в этот период в их организме наблюдается большое количество изменений: снижение концентрации гемоглобина, кинетической устойчивости, равновесия между внутриклеточной и внеклеточной жидкостями, уменьшение содержания липидов и увеличение количества воды в тканях (Мартемьянов, 2004). Вследствие значительной затраты энергии на нересте обычно большая часть популяции рыб погибает. У погибавших рыб, как было установлено во многих исследованиях, резко изменялись паразито-хозяйинные отношения, которые ведут к массовому заражению рыб паразитами. В анализах физиолого-биохимических показателей и функционально-иммунологической реактивности рыб Рыбинского водохранилища после нереста наблюдались значительные изменения (Микряков, Силкина, 1980). Доля лещей с нарушением функций иммунной системы в популяции после нереста повышалась до 30-35 %. Скорее всего, нерестовый период для рыб является иммуносупрессивным, при котором снижается защитная реакция организма, что приводит к изменению соотношения слабых и сильных иммуно-устойчивых особей в популяции после нереста. Повышение доли рыб с ослабленной иммунной системой можно считать причиной нарушения паразито-хозяйинных отношений и вспышек паразитарных болезней в водоемах.

Однако причиной этих нарушений являются не только изменения в физиологических и биохимических процессах организма, но и структурное ослабление органов, регулирующих иммунную реакцию рыб. Подобное утверждение было отмечено и в исследованиях зарубежных авторов (Tamura, Nonaka, 1974), которые изучали гистологическую структуру тимуса рыб в разные периоды годового цикла. По данным их работы, у многих видов рыб, таких как бычковые, лососевые и пескари, во время гаметогенеза происходят значительные изменения в тимусе. Было отмечено заметное увеличение

количества лимфоцитов в тимусе, его размер и объем при этом тоже увеличились. После нереста, наоборот, из-за снижения количества тимоцитов тимус значительно уменьшился. Результаты исследований С.Л. Махажан и J. S. Dheer (1979) показали, что при размножении у обыкновенной ханмы (*Channa punctatus* Bloch) снизилось количество лимфоцитов.

Наиболее длительным периодом в жизненном цикле рыб является нагул. За этот период восстанавливаются все метаболические процессы и стабильно аккумулируются энергетические ресурсы в организме рыб. Следовательно, повышается и иммунореактивность организма. К концу нагульного периода соотношение белков и липидов в сыворотке крови полностью восстанавливается за счет увеличения и накопления гликогена, белковых компонентов и жира. Нагульный период также сопровождается высокой активностью гуморальных факторов иммунитета (Микряков и др., 1979). За 2-3 недели после нереста физиологические и биохимические показатели постепенно восстанавливаются и их значения достигают стабилизации. В данный период особи с сильной иммунореактивностью в популяции в количественном отношении преобладают над особями с ослабленной функцией иммунной системы. В популяции леща доля таких рыб снизилась до 5-10 % (Микряков и Мартемьянов, 2015).

В зимовальный период не было отмечено значительных изменений в водно-солевом балансе и процессе обмена веществ в организме рыб.

1.5 Морфофизиологические особенности крови и кроветворных органов у обыкновенного окуня

Наряду с биохимическим анализом показателей крови, морфология и состав ее форменных элементов и кроветворных органов играют важную роль для оценки физиологического состояния организма рыб. При любом изменении факторов среды изменяется форма и состав клеток крови. Было установлено, что морфологические особенности клеток крови, особенно эритроцитов, в большой степени подвергаются изменениям под влиянием

среды обитания рыб. При неблагоприятных условиях среды повышается доля патологически измененных клеток крови (Лугаськова, 1992; Николаева, 1987; Cavas, 2003; Alkindi et al., 1996). Очень часто наблюдается нарушение клеточного метаболизма и некроз форменных элементов крови при интоксикации, появляются разные виды изменений эритроцитов: пойкилоцитоз, анизоцитоз, гемолиз, шистоцитоз, полихромазия и другие. В результате исследований мазков крови рыб в озере Тихое были выявлены некоторые виды патологически измененных клеток крови в весенний и осенний периоды. Весной среди исследуемых рыб в озере Тихое у окуня были выявлены небольшие доли патологий эритроцитов: анизоцитоз составил 0,06 %, пойкилоцитоз – 0,09 %, гипохромия – 0,03 %, тени ядер – 0,03 % и смещение ядер – 0,09 %; в то же время у густеры были зафиксированы значительно большие доли патологических клеток красной крови: анизоцитоз составил 0,35 %, пойкилоцитоз – 0,18%, гипохромия – 0,41 %, тени ядер – 0,33 % и смещение ядер – 0,15 %. Осенью доля анизоцитоза в мазках крови окуня составляла 0,08 %, пойкилоцитоз – 0,09 %, гипохромия – 0,05 %, тени ядер – 0,06 % и смещение ядер 0,06 %. Однако не существует достоверных различий между осенними и весенними значениями по одному и тому же виду патологий (Барбухо и Килочицкая, 2015).

Лейкоциты играют важную роль в защите организма от чужеродных тел, обеспечивая нормальное функционально-физиологическое состояние рыб (Головина, Тромбицкий, 1989; Заварзин, 1976; Иванова, 1983; Флоренсов, Пестова, 1990; Галактионов, 2005). Лейкоциты разнообразны по форме и функциям, поэтому они участвуют в адаптационном процессе рыб к различными факторами среды и повышают устойчивость рыб к паразитам (Микряков, Балабанова, 1979; Микряков, 1991; Ellis, 1977; Van Muiswinkel, Vervoorn-Van Der Wal, 2006). В состав белой крови рыб входят следующие классы клеток: лимфоциты, моноциты, нейтрофилы, эозинофилы и базофилы

(Грушко и др., 2009; Калашникова, 1976; Серпунин, 2002; Точилина, 1994; Parish et al., 1986; Secombes, 1996; Yadov et al., 1986). Наличие определенных типов лейкоцитов зависит от видовых и экологических особенностей рыб, а доля каждого типа в лейкоцитарной формуле отражает физиологическое состояние организма в связи с воздействием абиотических и биотических факторов среды (Головина, Тромбицкий, 1989; Балабанова, 1998; Житенева и др., 1989; Микряков и др., 2001; Ellis, 1977; Parish et al., 1986; Yadov et al. 1986). В современной литературе тщательно изучены функции клеток лейкоцитарного ряда и их состава не только у рыб, обитающих в естественных водоемах, но и у тех, которые выращены в искусственных условиях. Также достаточно изучен состав лейкоцитов у различных экологических групп рыб (Иванова, 1983; Яхненко, 1984; Головина, Тромбицкий, 1989; Точилина, 1994; Ellis, 1997; Серпунин, 2002; Грушко и др., 2009).

Согласно исследованиям, лейкоциты рыб очень чувствительны к изменению интенсивности лейкопоза, вызывающего изменения в составе и количестве отдельных типов лейкоцитов. В свою очередь, интенсивность лейкопоза зависит от гидрохимических качеств воды и подвергается влиянию биотических и абиотических стресс-факторов. Например, при изучении лейкоцитарной формулы у 29 видов костистых рыб из сельдеобразных (Clupeiformes), трескообразных (Gadiformes), сарганообразных (Beloniformes), камбалообразных (Pleuronectiformes) и окунеобразных (Perciformes) отрядов в Черном море было выделено всего 3 типа клеток – лимфоциты, нейтрофилы и моноциты (Точилина, 1994).

В последнее время повышение распространенности и интенсивности заражения рыб паразитическими нематодами р. *Eustrongylides* было отмечено в работах ряда исследователей (Квач, 2001; Ибрагимова, 2008; Есипова, 2013; Мошу, Стругуля, 2009; Ibiwoye et al., 2004). У окуней, отловленных на разных участках Запорожского водохранилища, наблюдалось высокое

значение экстенсивности инвазии (ЭИ), которое составило 80 %. Интенсивность инвазии (ИИ) рыб составляла $18,4 \pm 1,44$ экз./рыбу. По сравнению со здоровыми особями, у зараженных нематодами самок окуня снизился гонадосоматический индекс до $10,4 \pm 1,12$ (против $15,2 \pm 0,98$ – у здоровых самок; различия достоверны при $p \leq 0,05$). Можно утверждать, что при высокой интенсивности инвазии эустронгилидами (более 10 экз./рыбу) у половозрелых окуней наблюдалась задержка в развитии половых продуктов (Есипова, Сидоренко, 2015).

Паразиты рода *E. Excisus* оказывает влияние на гистологическую структуру внутренних органов рыб. В печени инвазированного судака отметились участки некроза, где проходили личинки паразита. Кроме того, при миграции личинки эустронгилида нарушают структуру и целостность кровеносных сосудов органа, образуя на этом месте кровоизлияния. Нарушение появилось не только на уровне органов и ткани, но и на клеточном уровне. У гепатоцитов, которые граничат с капсулами паразита, ядра значительно уплотнились и уменьшились и постепенно разрушились. В таких клетках печени сеголеток бычка песочника было заметно набухание цитоплазмы и распад ядер. Гистологическая структура печени зараженных и незараженных сеголеток заметно отличается еще и увеличением содержания жира. При паразитарной инвазии паренхима печени рыб более рыхлая, проявляется жировая дистрофия. Можно предположить, что липидный обмен печени нарушился вследствие токсического воздействия продуктов метаболизма паразитов. У пораженных *E. Excises* рыб отметились разрушение тканевых и клеточных структур и некроз эпителия почечных канальцев. Продвижение паразита механически разрывало кровеносные сосуды почек рыб, приводя к появлению участков ткани с разрастанием и кровоизлиянием. Находясь в мышечной ткани, паразиты вызывают деструкцию и разрыхление мышечных волокон, некроз ткани в зоне локализации паразита, замедление тока крови в сосудах. Подобные выводы

были установлены R. Movahed и другими соавторами (2012) при исследовании гематологических показателей судаков, инвазированных эустронгилидами. Результаты исследований показали, что даже при невысокой степени инвазии у 4-хлетних судаков количество лимфоцитов в периферической крови значительно снижалось, а количество нейтрофилов увеличивалось почти в 3 раза, по сравнению со здоровыми рыбами, что свидетельствует о воздействии паразита на иммунную систему рыб.

Среди наиболее показательных и относительно простых методов оценок состояния гидрозкосистем с использованием рыб в качестве биоиндикаторов, можно отметить микроядерный тест (МЯ-тест) на клетках периферийной крови рыб, который является индикатором стресса и отражает благоприятность водной среды для ихтиопопуляций в данный момент (Shmid, 1975; Моисеенко, 2010).

Поскольку у рыб отсутствует костный мозг, кроветворение (гемопоз) у них происходит как в органах, в состав которых входит ретикулярная ткань (жаберный аппарат, почки, лимфоидный орган), так и эндотелии сосудов жаберного аппарата, сердца и селезёнки, а в некоторых случаях – слизистая кишечника. У костных рыб большую роль в кроветворении играют передние части почек, но гемопоз идёт также и в лимфоидных органах, и в селезёнке (Тромбицкий, 1984). Особенностью рыб является наличие в крови как зрелых, так и молодых клеток крови эритроцитов, при этом эритроциты имеют ядра (Гальперин, 1977; Федорова, Грушко, 2008).

В гемопозе рыб, как и других позвоночных животных, имеются 2 периода: эмбриональный и постэмбриональный. В эмбриональном периоде происходит формирование и развитие крови как ткани, а в постэмбриональном – процесс физиологической регенерации крови.

Местом развития первых сосудов и крови рыб является мезенхима желточного мешка. Здесь возникают стволовые кроветворные клетки, являющиеся родоначальными клетками гемопоза. Морфология стволовой

клетки, по мнению Вана Бекума, напоминает малые лимфоциты. В отличие от лимфоцитов, они имеют более рыхлое ядро, несколько больше цитоплазмы, очень мало митохондрий. Из желточного мешка стволовые клетки могут мигрировать в печень, селезенку и другие кроветворные органы. Если стволовые клетки попадают в костный мозг, они часто дифференцируются по «белому» ряду, а если в селезенку – по «красному». В пределах одного органа, например, в селезенке, дифференцировка происходит в зависимости от случайных соседей: одни клетки стимулируют лейкопоз, другие – эритропоз (Житенева, 2001).

В сосудах желточного мешка первичные кровяные клетки усиленно размножаются митотически, большинство их одновременно преобразуется в первичные эритробласты. В них начинает накапливаться гемоглобин, и цитоплазма постепенно приобретает более оксифильный характер. По мнению Л. Д. Житеневой и других соавторов (1989, 1997), когда первичные кровяные клетки еще не содержат гемоглобина, они выполняют трофическую функцию, транспортируя гранулы желтка.

Селезенка рыб обеспечивает образование клеток эритроидного ряда. Поэтому селезенка функционально напоминает красный костный мозг высших позвоночных. Многие исследователи считают селезенку и органом лимфогранулопоза. У костистых рыб селезенка играет функцию не только кроветворения, но и разрушения и фагоцитоза. Здесь происходит распад старых эритроцитов.

Сердце рыб внутри выстлано однослойным плоским эпителием, который также причастен к процессу кроветворения, как и эндотелий кровеносных сосудов рыб. Эпителиальный слой сердца и эндотелий сосудов является источником образования клеток крови. Клеточный состав крови различных отделов сердца представлен преимущественно лимфоцитами. Но при определенных условиях встречаются и другие категории клеток, в том числе и гранулоциты. Более того, результаты исследований М. П. Грушко

(2010) подтвердили, что в кроветворной ткани сердца формируются все форменные элементы, кроме тромбоцитов и моноцитов.

В гемопоэзе рыб особое значение имеют предпочка и почки. В их структуру включается ретикулярная ткань, которая концентрируется между почечными канальцами. Н. Т. Иванова (1995) также отмечает, что гемопоэз происходит по всей поверхности почки, но наиболее активно идет в передней части почки, то есть в предпочке. В ней происходит дифференцировка клеток красной и белой крови. Были обнаружены формирующиеся клетки эритроидного ряда и клетки грануло- и агранулоцитопоэтического рядов. Таким образом, предпочка является многофункциональным органом, а также органом иммунологической защиты организма (Грушко, 2010).

Тимус у костистых рыб представляет собой утолщение стенки жаберной полости. Тимус как у осетровых, так и у костистых рыб, является парным органом, находящимся за глоткой на медиальной стороне жаберной крышки (Ложниченко, 2007; Грушко, 2010). Основные структурные элементы тимуса – ретикулярная ткань, в которой находятся лимфоциты и макрофаги. В отличие от млекопитающих, тимус у рыб функционирует всю жизнь. Он имеет корковый и мозговой слои. В мозговом слое происходит развитие предшественников Т-лимфоцитов, которые составляют основную массу белой крови. Лимфопоэз во взрослом организме рыб происходит в селезенке и тимусе.

В состав слизистой оболочки кишечника входят элементы соединительной и ретикулярной тканей. Здесь находятся подэпителиальные лимфоидные скопления в виде фолликулярных образований, которые постоянно продуцируют форменные элементы крови. В данном случае, лимфоидные фолликулы являются резервуарами, пополняющими кровь форменными элементами, преимущественно агранулоцитами, в том числе лимфоцитами (Житенева и др., 2004).

Некоторые исследователи (Бурдак, 1955; Гревати, 1991) считают, что собственно в слое слизистой оболочки кишечника рыб образуются сплошные эозинофильные поля, особенно мощные – в задней кишке. Эозинофилы в кишечнике у рыб играют роль защитника от вредного воздействия бактерий.

В жаберных лепестках и других отделах жаберного аппарата, где содержатся скопления ретикулярной ткани, осуществляется гемолимфопоэз (Суворов, 1948; Иванова, 1970; Грушко, 2002; Ложниченко, 2007). В этих кроветворных образованиях были выявлены развивающиеся клетки грануло- и агранулоцитопоэтического рядов, которые располагались в ретикулярной ткани диффузно (Грушко, 2010).

Таким образом, в кроветворении рыб участвуют многие органы. Интенсивность кроветворения разных органов неодинакова и зависит как от внутренних, так и внешних факторов. Например, зимой наблюдается увеличение в размерах селезенки. Это объясняется пониженным обменом веществ, вследствие чего ток крови замедляется, она скапливается в селезенке, печени и почках, которые служат депо крови. При недостатке кислорода, перевозке и сортировке рыбы, облове прудов запасы крови из селезенки поступают в кровяное русло (Анисимова, Лавровский, 1983).

При дефиците кислорода наблюдается усиление эритропоэза; пониженная температура воды и ее загрязненность органическими веществами стимулируют лейкопоэз за счет фагоцитирующих форм. Инфицирование рыбы, кроме фагоцитоза, усиливает и морфогенез лимфоцитов (Иванов, 2003).

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на кафедре «Аквакультура и рыболовство», на базе инновационного центра «Биоаквапарк – научно-технический центр аквакультуры АГТУ» в проблемной лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры» АГТУ, ООО «СРК Шараповский» в период 2013 – 2018 гг. В работе использованы следующие методы: ихтиологический (морфометрический), биохимический, физиологический (гематологический метод исследования), гистологический, экспериментальный, гидрологический и статистический.

Объектом исследования явился обыкновенный окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) в возрасте от 0 до 4 лет (сеголетки – четырехлетки) обоих полов (таблица 7).

Таблица 7 – Объем собранного и обработанного материала

Методы исследования	Объект исследования	Количество, экз. (проб)	Место исследования
1	2	3	4
Ихтиологический	Окуни, содержащиеся в искусственных условиях	1960 проб	Инновационный центр «Биоаквапарк АГТУ»
	Окуни, выловленные из естественных водоемов	431 экз.	Приток Белый Ильмень и река Большая Болда
Физиологические: <i>Гематологические и биохимические</i>	Окуни, содержащиеся в искусственных условиях	1960 проб	Инновационный центр «Биоаквапарк АГТУ»
	Окуни, выловленные из естественных водоемов	431 экз.	
	<i>Мазки крови</i>	2391 экз.	Приток Белый Ильмень и река Большая Болда
Гистологические	Окуни, содержащиеся в искусственных условиях	25 экз.	Инновационный центр «Биоаквапарк АГТУ»
	Окуни, выловленные из естественных водоемов	21 экз.	
Гидрохимические	Вода в бассейне	526 проб	Инновационный центр «Биоаквапарк АГТУ»

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
	Вода в реках	24 проб	Приток Белый Ильмень и река Большая Болда
Экспериментальные	Товарные окуни	120 экз.	Инновационный центр «Биоаквапарк АГТУ»
	Производители	120 экз.	

2.1 Ихтиологические методы исследования

Для сравнения взяты морфофизиологические показатели окуней из естественных водоемов Белый ильмень и Большая Болда и тех, которые выращивались в искусственных условиях. Для выращивания окуней в искусственных условиях рыб содержали в бассейне ИЦА-1 размером 1х1х0,5м (0,5 м³) с проточной системой водообмена. Морфологические и морфометрические показатели рыб были определены по общепринятым методам рыбохозяйственного исследования для окуневых рыб: была определена абсолютная длина тела (L, см), длина тела до конца чешуйного покрова (l, см), масса тела (M, г) и возраст рыб, был рассчитан коэффициент упитанности по Фультону (У). Возраст рыб определили по годовым кольцам чешуи (Правдин, 1966). Коэффициент упитанности по Фультону рассчитывали по формуле (1):

$$Y_{\phi} = \frac{m \times 100}{l^3} \quad (1)$$

где,

Y_{ϕ} – коэффициент упитанности по Фультону

m – масса тела (г)

l – длина тела до конца чешуйного покрова (см)

2.2 Гидрохимические методы исследования

По ходу обследования были определены гидрохимические показатели воды в реке, в бассейне и аквариумах, где содержали окуней. Температура и концентрация растворенного в воде кислорода определялись каждый день с помощью портативный термооксиметра Handy Polaris. Водородный

показатель (pH) воды измеряли с помощью pH-метра марки «Cheker 1». Метод определения нитрат - анионов в исследуемой воде основан на визуальном сравнении окраски пробы исследуемой воды с контрольной шкалой образцов окраски водных растворов с различным содержанием нитрат - анионов. Метод определения нитратов основан на реакции нитрат - аниона в среде азотистой кислоты с реактивом Грисса (смесью сульфаниловой кислоты и 1-нафтиламина). Фосфаты определяются колориметрическим методом (ГОСТ 18309) по реакции с молибдатом аммония в кислой среде (Муравьев, 2009). Всего было взято 526 проб воды из бассейна и 24 пробы воды из рек.

2.3 Физиологические методы исследования

Кровь для анализа собирали из хвостовой вены прижизненным способом (Иванова, 1983). Во избежание попадания воды и слизи место взятия крови протирали ватным тампоном, смоченным 96° спиртом. Сбор крови проводили с помощью инсулиновых шприцов, предварительно обработанных раствором антикоагулянта – гепарином (Смирнов, Гладун, 2000). Иглу шприца вводили позади анального отверстия до соприкосновения с позвоночником (Иванова, 1983). Исходя из того, что кровь быстро свертывается, взятую из каждой особи кровь сразу сливали в две разные пробирки типа Эппендорф: одна из них содержала гепарин, препятствующий свертыванию крови, для определения концентрации гемоглобина, другая – пустая, без гепарина, для получения сыворотки крови. Были также изготовлены мазки крови для оценки морфологических особенностей форменных элементов крови. Фиксированные спиртом мазки были окрашены двойной окраской гематоксилин-эозином и по Романовскому изучены под микроскопом с иммерсией. Всего было собрано 2391 проб для анализов.

Микроскопирование окрашенных мазков крови осуществляли при помощи микроскопа «БИОМЕД-6-LED»; для микрофотосъемки

использовалась фотонасадка ДМС-510. При дифференцировке форменных элементов применялась классификация форменных клеток крови рыб Н. Т. Ивановой (1983). Были также изучены морфоизмененные эритроциты с использованием атласа нормальных и патологических клеток крови рыб Л. Д. Житеновой с соавторами (1989). Всего был исследован 2391 мазок крови окуней из естественных популяций и выращенных в искусственных условиях.

Концентрацию гемоглобина определили гемоглобинцианидным методом с применением фотоэлектроколориметра марки КФК-2 (Смирнов, Гладун, 2000).

В стеклянные пробирки с 5,0 мл трансформирующего раствора вносили по 0,02 мл крови. Содержание пробирок тщательно перемешивали, оставляя при комнатной температуре (18 – 25°C) в течение 20 минут, после чего измеряли величину оптической плотности опытных проб в сравнении с холостой пробой (трансформирующий раствор) при длине волны 575 (540–620) нм в кювете с толщиной слоя в 10 мм поглощающего свет. Калибровочный раствор гемоглобина обрабатывали так же, как и пробу цельной крови. Концентрацию гемоглобина в крови рассчитывали по формуле 2 (Смирнов, Гладун, 2000):

$$C = \frac{E_o}{E_k} \times 120 \quad (2)$$

где

C – концентрация гемоглобина в опытной пробе, г/л;

E_o – оптическая плотность опытной пробы, единицы оптической плотности;

E_k – оптическая плотность калибровочной пробы, единицы оптической плотности;

120 – концентрация гемоглобина в калибровочном растворе, г/л.

Подсчет количества эритроцитов в одном миллилитре крови осуществляли в камере Горяева. Для этого в 20 мкл исследуемой крови

добавляли 4 мл раствора 0,09% натрия хлорида. Камера и покровное стекло должны быть высушенными. Покровное стекло притирали к камере, слегка надавливая на него до появления цветных колец Ньютона. Заполненную разведенной кровью камеру выдерживали 1 минуту для прекращения движения клеток. При малом увеличении микроскопа (окуляр $\times 10$, объектив $\times 8$) посчитывали эритроциты в 5 больших квадратах, разделенных на 16 малых (всего 80 малых квадратов). Количество эритроцитов в одном миллилитре крови определяли по формуле 3: (Иванова, 1983).

$$X = \frac{a \times 4000 \times 200}{80}, \quad (3)$$

где

X - искомое число эритроцитов в 1 мм^3 крови;

a – число эритроцитов в 5 больших (80 малых) квадратах;

200 – степень разведения крови;

4000 – фактор пересчета для определения количества эритроцитов в 1 мм^3 .

Найденное количество эритроцитов переводили в единицы СИ (международная система единиц), т. е. на 1 л крови, умножая на 10^6 . После сокращения, формула определения количества эритроцитов в крови выглядит следующим образом:

$$RBC = (a \times 10^{10} \text{ клеток в одном литре крови.})$$

Содержание гемоглобина в одном эритроците было определено косвенным способом, вычислено по следующей формуле 4:

$$MCH = \frac{Hb \times 10^{12}}{RBC}, \quad (4)$$

где

MCH – содержание гемоглобина в одном эритроците (пг);

Hb – концентрации гемоглобина в крови (г/л);

RBC – количество эритроцитов в одном литре крови (кл/л);

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) определяли в аппаратах Панченкова, которая рассчитывается в миллиметрах за 1 ч (мм/ч). Капиллярную пипетку промывали раствором лимоннокислого натрия, затем набирали этот раствор до метки Р и выливали его в часовое стекло. Тем же капилляром набирали кровь 2 раза до метки К и спускали в часовое стекло. Смесь хорошо перемешивали и, набрав ее в капилляр до метки К, ставили в штатив на 1 ч. По истечении этого времени определяли скорость оседания эритроцитов путем измерения величины столбика плазмы, освободившегося от эритроцитов, рассчитывая по делениям на капиллярной пипетке (Селиверстов, 1999).

Показатели, характерные для белкового обмена в организме рыб (общего белка в сыворотке, пре- β - и β -липопротеидов в сыворотке), были определены методами, обоснованными на принципе измерения оптической плотности опытных проб, сравнивая их с контрольным и калибровочным растворами, с применением фотоэлектроколориметра. Концентрация общего белка определялась по биуретовой реакции: по 0,1 мл негемолизированной сыворотки помещали в пробирки с 5 мл трансформирующего раствора – раствора биуретового реагента (Василенко, 2011; Меньшикова, 1987). Принцип данного метода основан на взаимодействии ионов меди в щелочной среде биуретового реагента с пептидными связями белков, в результате чего образуется комплекс красного цвета, интенсивность которого пропорциональна концентрации общего белка и измеряется фотометрически при длине волны 500-560 нм (Козлов, 2005). Содержание пробирок тщательно перемешивали, оставляя при комнатной температуре (18 – 25°C) в течение 30 минут, после чего измеряли величину оптической плотности калибровочной и опытных проб, по сравнению с контрольной пробой (трансформирующий раствор + 0,1мл дистиллированной воды) при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя в 10 мм поглощающего свет. Концентрацию общего белка в сыворотке рассчитывали по формуле 5:

$$C = \frac{E_o}{E_k} \times 60, (5)$$

где

C – концентрация общего белка в опытной пробе, г/л;

E_o – оптическая плотность опытной пробы, единицы оптической плотности;

E_k – оптическая плотность калибровочной пробы, единицы оптической плотности;

60 – концентрация общего белка в калибровочном растворе, г/л.

Показатели, характеризующие жировой обмен (концентрацию холестерина) также определялись колориметрическим методом (Семиколенова, 2005). В пробирки, содержащие 2 мл трансформирующего раствора, добавляли по 0,01 мл сыворотки крови. Пробы тщательно перемешивали и инкубировали в течение 25 мин при комнатной температуре (18–25° C). После окончания инкубации измеряли величину оптической плотности опытной и калибровочной проб, по сравнению с контрольной (трансформирующий раствор+0,01мл дистиллированной воды) пробой в кюветах с толщиной слоя в 5 мм поглощающего свет, при длине волны 500 (490–540) нм. Концентрация общего холестерина в сыворотке рассчитывалась по формуле 6 (Семиколенова, 2005):

$$C = \frac{E_o}{E_k} \times 5,17, (6)$$

где

C – концентрация холестерина в опытной пробе, ммоль/л;

E_o – оптическая плотность опытной пробы, единицы оптической плотности;

E_k – оптическая плотность калибровочной пробы, единицы оптической плотности;

5,17 – концентрация холестерина в калибровочном растворе, ммоль/л.

2.4 Гистологические исследования

Материал для гистологических исследований (печень, почки, жабры, кишечник, желудок, селезенка) был фиксирован 10-процентным нейтральным формалином, затем залит в парафин для изготовления гистологических срезов (Волкова, Елецкий, 1982; Иванова, 1983). Всего было взято 25 рыб, выращенных в искусственных условиях, и 21 рыба из естественных водоемов. Из них были фиксированы 276 органов, изготовлены 1380 гистологических препаратов, на которых приклеены 13386 срезов. Срезы покрашены гематоксилин-эозином и изучены под микроскопом.

2.5 Экспериментальный метод исследования

С целью анализа изменений морфофизиологических показателей у речного окуня при кормлении различными вариантами комбикорма были проведены эксперименты в течение 30 суток в двух повторностях. Рыб содержали в 240-литровых аквариумах, в которых были установлены оптимальные условия для развития рыб. Температура воды была установлена в пределах допустимой температуры для развития речного окуня: от 19 до 24 °C (Kestemont et al., 2015).

Эксперименты планировались по двум направлениям: с товарной рыбой (двухлетки) и с производителями окуня (половозрелые трехлетки). Рыбу кормили три раза в день различными опытными вариантами корма. Корма, использованные для экспериментов, были основаны на разных источниках протеина. Для рыб первого варианта использовали корм с гаприном – продуктом метанооксиляющих бактерий; второй вариант – корм с протеиновой добавкой из личинок насекомых (черная львинка), третий вариант – корм из фарша на основе малоценной рыбы, четвертый вариант – комбикорм с рыбной мукой. За основу комбикорма для окуня принимали разработки Ю.В. Федоровых (2011).

Рецептура вариантов комбикорма для подопытных рыб представлена в таблице 8:

Таблица 8 – Рецепты комбикорма для речного окуня (%)

Состав	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Гаприн	54	0	0	0
Личинки черной львинки	0	54	0	0
Фарш из малоценной рыбы	0	0	54	0
Рыбная мука	0	0	0	54
Соевый концентрат	30	30	30	30
Пшеничная мука	10	10	10	10
Рыбий жир	5	5	5	5
Премикс	1	1	1	1
Итого	100	100	100	100

В конце эксперимента оценили влияние разных вариантов комбикормов на темп роста и показателей физиологического состояния подопытных рыб.

2.4 Статистические исследования

Цифровые результаты исследования были обработаны статическим методом с использованием компьютерных программ «Microsoft Exel 2010», «JASP-1». Были вычислены средние значения – M , стандартное отклонение – δ , средняя ошибка – m . Для подтверждения достоверности различий использовали критерий Стьюдента – t (Аксютин, 1968; Лакин, 1990).

ГЛАВА 3 ОСОБЕННОСТИ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ОБЫКНОВЕННОГО ОКУНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА

Обыкновенный (евроазиатский) окунь, являющийся хищным видом, на разных этапах жизненного цикла характеризуется определенными особенностями поведения, с которыми меняет места обитания в водоеме, что чаще всего приводит к разным статусам физиологического состояния рыб. В мае 2017 и 2018 годов были проведены сбор материалов и исследования для сравнения морфофизиологических показателей окуней разных возрастов.

3.1 Показатели крови у окуней разных возрастных групп, выращенных в проточных бассейнах

Морфометрические параметры возрастных групп (от сеголеток до четырехлеток) окуня представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Морфологические показатели обыкновенного окуня разного
возраста и пола

Возрастная группа		Масса (г)	Длина абсолютная (см)	Длина до хвостового плавника (см)	Упитанность по Фультону
Сравнение по возрастам					
Сеголетки	0 ⁺	51,57±3,90 ¹	15,60±0,24 ²	13,50±0,29 ²	2,08±0,09
Двухлетки	1 ⁺	66,44±4,35 ¹	17,29±0,31 ²	14,62±0,26 ²	2,13±0,11
Трехлетки	2 ⁺	128,6±6,35 ¹	20,84±0,29 ²	18,08±0,22 ²	2,18±0,11
Четырехлетки	3 ⁺	264,9±10,50 ²	24,88±0,38 ²	21,38±0,28 ²	2,71±0,15
Сравнение по полу					
Самцы, n = 25		121,13±6,51 ¹	20,49±0,27	17,92±0,21 ²	2,10±0,10
Самки, n = 22		139,36±5,77 ¹	21,23±0,26	18,64±0,20 ²	2,15±0,09

(¹ – различия достоверны при $p < 0,05$; ² – различия достоверны при $p < 0,01$)

Особи окуня разных групп различались по средней массе и длине (различия достоверны при $p < 0,05$ и $p < 0,01$). Согласно результатам, приведенным в таблице, наибольшее значение абсолютной длины и массы тела наблюдалось у четырехлеток. Различия по рассматриваемым показателям между каждыми возрастными группами (группа 0⁺ против 1⁺; 1⁺ против 2⁺; 2⁺ против 3⁺) были достоверны. Коэффициент упитанности по Фультону повышался с возрастом, однако различия по данному показателю

были недостоверны ($p > 0,05$), что говорит о равномерном увеличении массы и длины тела рыб по возрастам.

Между полами у речного окуня существовали статистически достоверные различия по абсолютной длине рыб и по длине до конца чешуйного покрова. В обоих случаях, у самок наблюдались большие значения.

Показатели крови постоянно меняются в зависимости от среды обитания рыб, а также сезонов и возрастов. В данном исследовании значения гемоглобина разных возрастных групп рыб варьировались в пределах от $37,07 \pm 4,90$ г/л до $47,68 \pm 4,51$ г/л (таблица 10), что соотносилось с показателями особей естественных популяций и ранее проведенными исследованиями (Нгуен, 2015).

Таблица 10 – Динамика показателей крови разновозрастных групп речного окуня, выращенного в искусственных условиях

Возрастная группа	Гемоглобин (г/л)	Общий белок (г/л)	Холестерин (ммоль/л)	СОЭ (мм/час)	Общее количество эритроцитов $\times 10^{10}$ /л	MCH (пг)
Сравнение по возрастам						
0 ⁺ n = 35	$37,07 \pm 4,90$	$30,50 \pm 2,68$	$1,22 \pm 0,30$	$2,5 \pm 0,18$	$171,29 \pm 3,29^2$	$21,78 \pm 3,08$
1 ⁺ n = 40	$39,28 \pm 3,54$	$25,05 \pm 2,53^2$	$0,76 \pm 0,02^2$	$2,5 \pm 0,1$	$202,44 \pm 5,29^2$	$19,51 \pm 1,87$
2 ⁺ n = 45	$47,68 \pm 4,51$	$36,19 \pm 1,41^2$	$2,93 \pm 0,41^2$	$2,5 \pm 0,13^1$	$254,60 \pm 4,71^2$	$18,72 \pm 1,63$
3 ⁺ n = 55	$45,68 \pm 2,84$	$40,28 \pm 1,11$	$5,17 \pm 0,46^2$	$3,03 \pm 0,21^1$	$278,52 \pm 4,39^b$	$16,40 \pm 1,24$
Сравнение по полу						
Самцы	$45,25 \pm 4,01$	$36,65 \pm 1,39$	$2,90 \pm 0,39$	$2,56 \pm 0,10$	$238,11 \pm 4,54^2$	$19,00 \pm 1,22$
Самки	$47,91 \pm 4,50$	$33,94 \pm 1,40$	$3,03 \pm 0,30$	$2,45 \pm 0,13$	$260,14 \pm 4,35^2$	$18,42 \pm 1,47$

(¹ – различия достоверны при $p < 0,05$; ² – различия достоверны при $p < 0,01$)

Наиболее низкое содержание гемоглобина отметились у сеголеток ($37,07 \pm 4,90$ г/л). Значение этого показателя постепенно повышалось с возрастом: у двухлеток оно составило $39,28 \pm 3,54$ г/л и $47,68 \pm 4,51$ г/л – у трехлеток. Однако различия были недостоверны ни между сеголетками и

двухлетками, ни между сеголетками и трехлетками. Аналогично, между самкой и самцом также не было отмечено достоверных различий по уровню гемоглобина, хотя у самок уровень гемоглобина был выше, чем у самцов. Среди показателей красной крови были зарегистрированы достоверные различия между самками и самцами по концентрации эритроцитов с повышением у самок ($260,14 \pm 4,35 \times 10^{10}$ /л против $238,11 \pm 4,54 \times 10^{10}$ /л), следовательно, содержание гемоглобина в каждом эритроците было выше у самцов ($19,00 \pm 1,22$ пг против $18,42 \pm 1,47$ пг).

Наряду с этим, по количеству эритроцитов в крови среди возрастных групп были отмечены достоверные различия при $p < 0,01$. Наиболее высокую концентрацию эритроцитов также отметили у четырехлеток – $278,52 \pm 4,39 \times 10^{10}$ /л, ниже у трехлеток – $252,60 \pm 4,71 \times 10^{10}$ /л, еще ниже у двухлеток – $202,44 \pm 5,29 \times 10^{10}$ /л, и у сеголеток – $171,29 \pm 3,29 \times 10^{10}$ /л. Такой итог объясняется тем, что с возрастом активность рыбы как хищника увеличивается, что требует большого резервного количества эритроцитов в крови. В среднем в содержании гемоглобина в одном эритроците (MCH) наблюдалась обратная картина: самое высокое значение было отмечено у сеголеток ($21,78 \pm 3,08$ пг), а самое низкое – у четырехлеток ($16,40 \pm 1,24$ пг). Статистические различия по данному показателю были недостоверны.

Концентрация общего белка в сыворотке крови отражает состояние белкового обмена и тесно связана с кормлением рыб. В искусственных условиях с постоянным кормлением значения данного показателя были стабильно высокими. Наиболее высокое содержание общего белка было отмечено у группы четырехлеток ($40,28 \pm 1,11$ г/л). Не было достоверных различий в концентрации общего белка между сеголетками и двухлетками; между сеголетками и трехлетками, однако различия были достоверны между двухлетками и трехлетками ($25,05 \pm 2,53$ г/л против $36,19 \pm 1,41$ г/л). Сравнивая эти показатели между самками и самцами, в них также не наблюдалось достоверных различий. Полученные данные, возможно,

позволяют предположить, что такой показатель, как общий белок, не подвергается влиянию возраста и пола, а главным образом зависит от питания рыб.

3.2 Показатели крови у окуней разных возрастных групп из естественных водоемов

Для окуней, выловленных из естественных водоемов, были характерны следующие морфометрические показатели (таблица 11).

Таблица 11 – Морфологические показатели обыкновенного окуня разного возраста и пола

Возрастная группа		Масса (г)	Длина абсолютная (см)	Длина до хвостового плавника (см)	Упитанность по Фультону
Сравнение по возрастам					
Сеголетки	0 ⁺	40,27±4,22 ²	14,53±0,33 ²	12,64±0,39 ²	1,99±0,19
Двухлетки	1 ⁺	52,33±5,14 ²	16,89±0,41 ²	13,92±0,37 ²	1,94±0,25
Трехлетки	2 ⁺	106,20±10,06 ²	20,11±0,72 ²	17,30±0,56 ²	2,05±0,29
Четырехлетки	3 ⁺	213,15±12,32 ²	23,75±0,32 ²	20,78±0,34 ²	2,38±0,36
Сравнение по полу					
Самцы, n = 17		86,68±9,52 ²	19,45±0,68	16,80±0,47	1,83±0,21
Самки, n = 9		123,12±5,71 ²	20,31±0,43	17,69±0,36	2,22±0,18

(1 – различия достоверны при $p < 0,05$; 2 – различия достоверны при $p < 0,01$)

Средняя масса тела, абсолютная длина и длина до хвостового плавника у разновозрастных групп были статистически достоверно различны (между возрастной группой 0⁺ и 1⁺, 1⁺ и 2⁺, 2⁺ и 3⁺). Наиболее высокие значения этих показателей наблюдались у четырехлеток. Коэффициенты упитанности по Фультону увеличиваются с возрастом рыб, однако различия между группами были недостоверны.

Исследования состава крови показали, что концентрация гемоглобина в крови была наиболее высокая у сеголеток (52,37±4,21 г/л) и у двухлеток (45,78±3,62 г/л), различия между 0⁺ и 1⁺ группами недостоверны. В сравнении с 2⁺ и 3⁺ группами различия были достоверны при $p < 0,01$ и $p < 0,05$, соответственно. Наименьшая концентрация гемоглобина отмечилась у четырехлеток (39,82±3,63 г/л) и трехлеток (42,54±2,67 г/л), различия между этими возрастными группами были недостоверны. Между самками и

самцами не наблюдалось достоверных различий по уровню гемоглобина в крови, однако у самок окуня этот показатель был выше, чем у самцов (таблица 12).

Таблица 12 – Динамика показателей крови разновозрастных групп евроазиатского окуня, выловленных из реки

Возрастная группа	Гемоглобин (г/л)	Общий белок (г/л)	Холестерин (ммоль/л)	СОЭ (мм/час)	Общее количество эритроцитов $\times 10^{10}$ /л	МСН (пг)
Сравнение по возрастам						
0 ⁺ n = 23	52,37 $\pm$ 4,21 ^{1,2}	36,23 $\pm$ 2,31	2,34 $\pm$ 0,28	3,35 $\pm$ 0,16	227,31 $\pm$ 4,54 ¹	23,04 $\pm$ 1,56 ²
1 ⁺ n = 27	45,78 $\pm$ 3,62	35,54 $\pm$ 2,73	2,82 $\pm$ 0,17	3,75 $\pm$ 0,12	219,52 $\pm$ 5,30	20,85 $\pm$ 1,44 ¹
2 ⁺ n = 26	42,54 $\pm$ 2,67 ¹	32,39 $\pm$ 2,01	5,54 $\pm$ 0,21	3,68 $\pm$ 0,11	241,21 $\pm$ 3,25 ¹	17,63 $\pm$ 1,09 ²
3 ⁺ n = 21	39,82 $\pm$ 3,63 ²	36,12 $\pm$ 2,45	6,16 $\pm$ 0,26	3,53 $\pm$ 0,18	249,67 $\pm$ 4,22	15,95 $\pm$ 1,15 ¹
Сравнение по полу						
Самцы	41,19 $\pm$ 2,55	35,65 $\pm$ 1,98	5,11 $\pm$ 0,19	3,70 $\pm$ 0,10	212,31 $\pm$ 3,16	19,40 $\pm$ 0,98 ¹
Самки	43,58 $\pm$ 2,23	31,28 $\pm$ 1,34	5,72 $\pm$ 0,13	3,48 $\pm$ 0,09	254,12 $\pm$ 1,22	17,15 $\pm$ 0,45 ¹

(1 – различия достоверны при $p < 0,05$; 2 – различия достоверны при $p < 0,01$)

Концентрация общего белка была выше всего у 0⁺ окуней (38,23 $\pm$ 2,31 г/л), наиболее низкая – у трехлеток, однако различия между группами были недостоверны.

Количество эритроцитов в крови имеет тенденцию к увеличению с возрастом (кроме двухлеток, у которых данный показатель слегка снизился, однако это снижение было статистически незначительным). Различия были достоверны между 0⁺ и 2⁺ группами, между 1⁺ и 2⁺ группами, между 0⁺ и 3⁺ группами. Наиболее высокое количество эритроцитов было отмечено у четырехлеток (249,67 $\pm$ 4,22 $\times 10^{10}$ /л). В среднем содержании гемоглобина в эритроците (МСН) наблюдалась обратная картина: самое высокое значение было отмечено у сеголеток (23,04 $\pm$ 1,56 пг) и у двухлеток (20,85 $\pm$ 1,44 пг), но различия между 0⁺ и 1⁺ группами были недостоверны. Наименьший показатель МСН был у четырехлеток (15,95 $\pm$ 1,15 пг). Различия были

достоверны между 1⁺ и 2⁺ группами при $p < 0,05$, между 1⁺ и 3⁺ группами при $p < 0,01$.

3.3 Сравнение динамики морфофизиологических показателей окуней из естественных водоемов и выращенных в проточных бассейнах

Сравнение абсолютной длины и длины до конца хвостового плавника рыб позволило установить, что между окунями из естественных водоемов и окунями, выращенными в искусственных условиях одной и той же возрастной группы не существовало достоверных различий. Однако по средней массе тела различия были достоверны. На графике видно, что среди особей одного возраста средняя масса тела у выращенных окуней выше на 15-20 %, чем у окуней, выловленных из реки (рисунок 5). В связи с этим фактом коэффициент упитанности по Фультону также был выше у выращенных окуней.

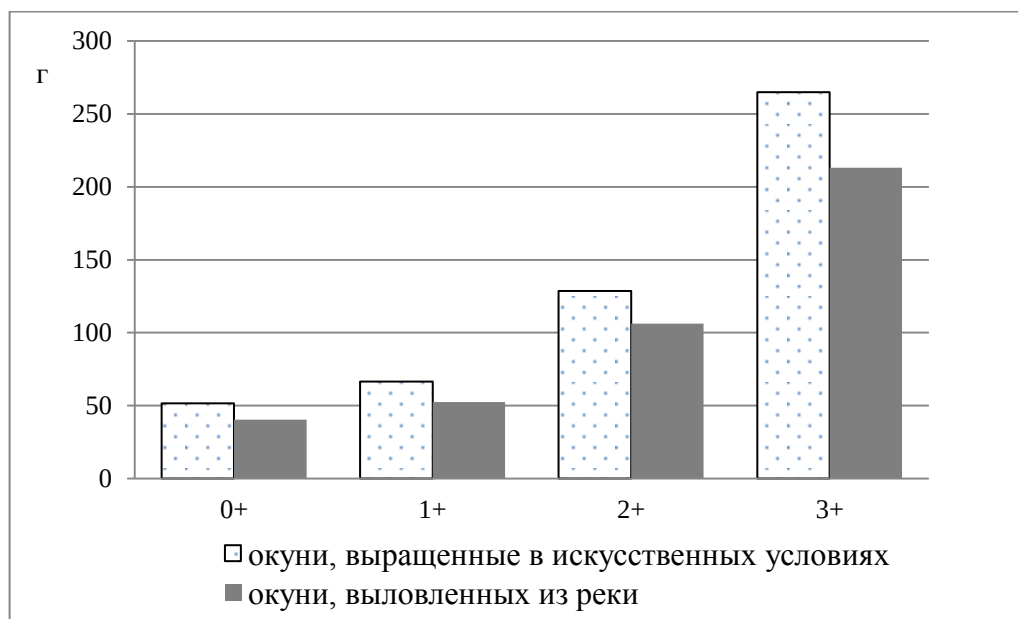


Рисунок 5 – Масса тела окуней из естественных водоемов и окуней, выращенных в бассейнах

Несмотря на то, что показатели концентрации гемоглобина в крови между возрастными группами были статистически не различны, у окуней, выращенных в искусственных условиях, данный показатель был выше у старших возрастных групп, а у окуней, выловленных из естественных

водоемов, он снизился у трех- и четырехлеток. Это, скорее всего, связано с тем, что в мае проходит посленерестовый период в жизни окуней, поэтому у половозрелых особей снизилась концентрация гемоглобина. В условиях бассейнового выращивания кормление рыб было более стабильным, чем в реках, следовательно, содержание гемоглобина в крови данных рыб было выше, чем у особей аналогичного возраста в реке (рисунок 6).

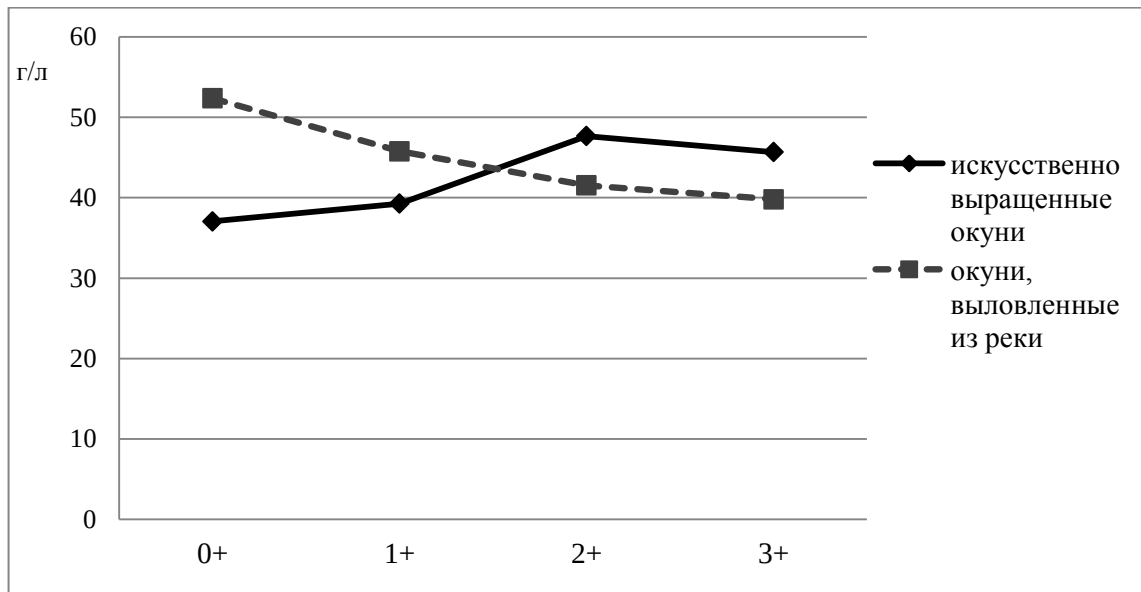


Рисунок 6 – Сравнение концентрации гемоглобина между окунями из естественных водоемов и окунями, выращенными в бассейнах

По количеству эритроцитов в литре крови как у выращенных окуней, так и у тех, которых вылавливали в реке, сохранялась динамика их увеличения с возрастом, то есть наиболее высокое количество эритроцитов отмечалось у четырехлеток (рисунок 7). В одной и той же возрастной группе у сеголеток из реки данный показатель был выше, чем у выращенных окуней (различия достоверны при $p < 0,01$, $n = 56$). Аналогично, у двухлеток из реки количество эритроцитов в 1 мм^3 крови было больше, чем у выращенных двухлеток ($219,52 \pm 5,30$ против $202,44 \pm 5,29 \times 10^{10} / \text{л}$, различия достоверны при $p < 0,05$, $n = 65$). Данные результаты свидетельствуют о том, что сеголетки и двухлетки в реке постоянно ищут пищу и ведут более активный образ жизни, чем рыбы, выращенные в бассейнах. У трехлеток значения данного показателя были близкими (различия недостоверны), среди четырехлеток у

выращенных окуней они были выше, чем у окуней из реки (различия достоверны при $p < 0,01$, $n = 69$).

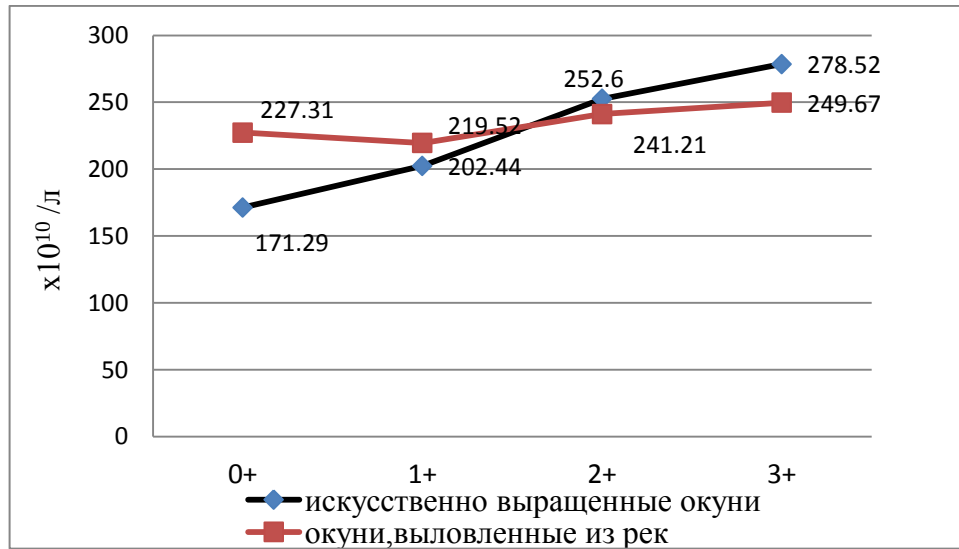


Рисунок 7 – Сравнение количества эритроцитов в крови между окунями из естественных водоемов и окунями, выращенными в бассейнах

Как было указано выше, концентрация общего белка в сыворотке крови зависит не от возраста рыб, а от активности метаболизма в их организме. В данном случае наблюдалась такая же тенденция, как в концентрации гемоглобина. У половозрелых окуней из естественных водоемов снизилось содержание общего белка (рисунок 8).

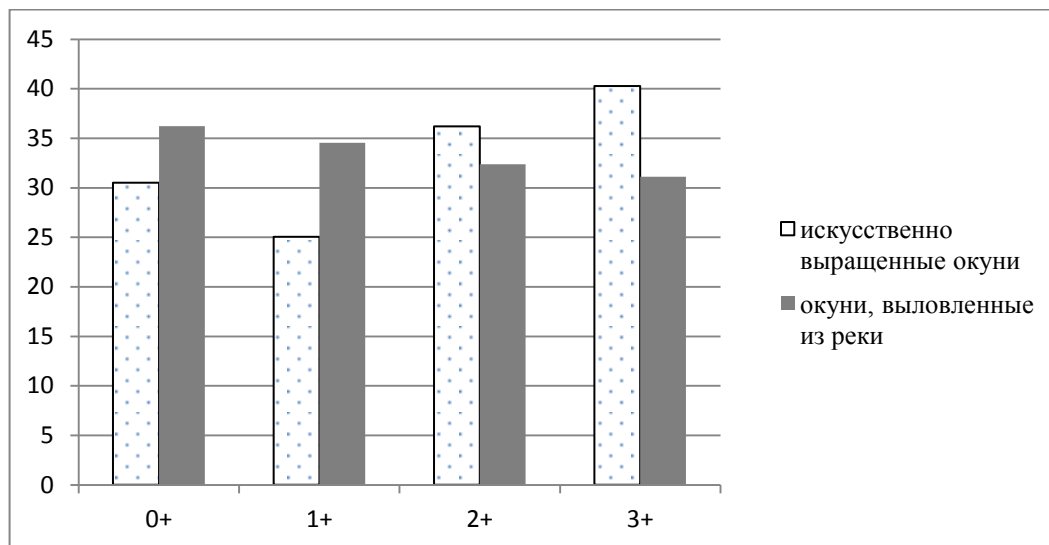


Рисунок 8 – Сравнение концентрации общего белка между окунями из естественных водоемов и окунями, выращенными в бассейнах

Таким образом, была установлена частичная зависимость некоторых показателей крови речного окуня от возраста. Содержание гемоглобина, общее количество эритроцитов в крови повышаются с возрастом, что связано с увеличением активности данного вида как хищника. С другой стороны, концентрация общего белка в сыворотке крови рыб остается независимой от возраста. Между искусственно выращенными и выловленными из реки окунями наблюдали существенные различия по массе тела. Кроме того, различия также отметили по концентрации общего белка и количеству эритроцитов в крови. У выращенных окуней 2⁺ и 3⁺ возрастных групп отмечено более высокий уровень гемоглобина, общего белка и количества эритроцитов в крови, в сравнении с рыбами естественных популяций, что объясняется постоянным обеспечением пищей в условиях искусственного содержания и выращивания в проточных бассейнах.

ГЛАВА 4 МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБЫКНОВЕННОГО ОКУНЯ В ГОДОВОМ ЦИКЛЕ РАЗВИТИЯ

4.1 Морфофизиологические показатели рыб, выращенных в условиях проточных бассейнов

Согласно мнению ряда авторов, годовой цикл рыб делится на несколько периодов: нагульный (I период), зимовальный (II период), преднерестовый (III период), нерестовый (IV период) и посленерестовый (V период) (Лав, 1976; Микряков, 1978; Запруднова, Мартемьянов, 1988; Мартемьянов, 2001, 2004; Запруднова, 2003). Каждый период организма характеризуется морфофизиологическими особенностями, соответствующими развитию, активности рыб, формированию пищеварительной системы и потребностям в питательных веществах.

Выращиваемые в бассейнах окуни имели такие же периоды жизни, сопровождающиеся изменению биологических и физиологических показателей. Биометрические показатели особей (трехлеток, трехгодовиков) евроазиатского окуня, выращенного в проточных бассейнах, представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Рыбоводно-биологические показатели (по годовому циклу)
евроазиатского окуня, выращенного в проточных бассейнах

Периоды в годовом цикле		Масса (г)	Среднесуточный прирост, г/сут.	Длина абсолютная (см)	Длина до хвостового плавника (см)	Упитанность по Фультону
Июнь	I	102,05±4,24	-	19,50±0,27	16,94±0,24	2,07±0,07
Июль		113,36±3,65	0,40	19,78±0,34	17,12±0,28	2,23±0,04
Август		129,75±5,39	0,53	20,44±0,30	17,67±0,27	2,34±0,03
Сентябрь		140,51±4,44	0,36	21,30±0,29	18,47±0,30	2,23±0,03
Октябрь		156,44±6,06	0,53	22,07±0,24	19,02±0,22	2,27±0,03
Ноябрь		166,84±3,78	0,35	22,41±0,32	19,52±0,27	2,28±0,02
Декабрь	II	176,60±4,63	0,33	22,54±0,31	19,65±0,28	2,33±0,03
Январь		182,80±3,92	0,21	22,70±0,30	19,87±0,24	2,33±0,03
Февраль		194,12±4,54	0,38	22,94±0,29	19,98±0,22	2,43±0,02
Март	III	200,17±5,22	0,20	23,01±0,31	20,00±0,23	2,50±0,03
Апрель	IV	199,56±5,12	-	23,00±0,30	20,00±0,22	2,50±0,03
Май	V	180,34±6,02	-	23,01±0,30	20,01±0,23	2,25±0,03

Как показано в таблице 13, темп роста окуней в разные периоды года был неодинаков. Наиболее интенсивный рост наблюдался во время нагула, особенно в конце осени. За счет постоянного кормления в условиях бассейнового выращивания рост окуней продолжал повышаться и в зимний период.

Гидрохимические показатели в бассейнах были благоприятными для развития объекта выращивания (ГОСТ-1986; Пономарев и др., 2002) (таблица 14). Значение активной реакции воды pH составило 7,0 – 8,0. Повышение концентрации нитратного азота за стандартными пределами отмечалось в утренние часы дня. Существует взаимосвязь между содержанием азота и растворенного в воде кислорода: при повышении содержания азота за пределы нормы наблюдается уменьшение растворенного в воде кислорода (Исаев, 1959).

Таблица 14 – Гидрохимические показатели в бассейнах

Периоды в годовом цикле		Температура воды, °С	Содержание кислорода мг/л	Водородный показатель (pH)	Азот аммонийный NH ₄ ⁺ , мг/л	Аммиак мг/л	Азот нитритный, мг/л	Азот нитратный, мг/л
Июнь	I	21	6,0	8	0	0	0,0	2,5
Июль		22	5,9	7,5	0	0	0,1	2,0
Август		19,5	6,0	7	0	0	0,2	2,0
Сентябрь		19,5	6,0	7,5	0	0	0,1	5,0
Октябрь		19	7,0	7,5	0	0	0,1	10
Ноябрь		17	7,2	7,5	0	0	0,1	5,0
Декабрь	II	13	8,0	7,5	0,25	0	0,0	5,0
Январь		10	7,9	7,5	0	0	0,1	2,5
Февраль		9	7,5	7	0	0	0,1	2,5
Март	III	10	7,2	7	0	0	0,2	2,5
Апрель	IV	14	7,5	8,0	0,25	0	0,2	3,5
Май	V	19	6,5	7,5	0,25	0	0,2	5,0
Технологическая норма				6,0 – 8,0	≤0,5	≤0,1	≤0,1	≤1,0

Повышение концентрации аммонийного и нитритного азота обычно указывает на «свежее» загрязнение и его токсичность для рыб, в связи с этим

в течение выращивания также измерялись содержания этих веществ. Их концентрации в воде составили: 0,02 мг/л (NH_4^+) и 0,03 (NO_2^-), что соответствовало норме (Пономарев и др., 2002).

В нагульный период концентрация гемоглобина в крови у рыб была довольно высокой и колебалась от $43,67 \pm 3,50$ г/л в августе до $54,51 \pm 2,58$ г/л в октябре (таблица 15).

Таблица 15 – Показатели крови речного окуня, выращенного в условиях проточных бассейнов

Периоды в годовом цикле		Гемоглобин, г/л	СОЭ (мм/час)	RBC, $\times 10^{10}$ /л	MCH (пг)	Температура воды, °C
Июнь	I	$47,90 \pm 2,20$	$3,55 \pm 0,22$	$206,43 \pm 5,91$	$23,20 \pm 1,26$	21
Июль		$44,50 \pm 2,28$	$3,45 \pm 0,23$	$219,78 \pm 6,25$	$20,25 \pm 1,22$	22
Август		$43,67 \pm 3,50$	$3,64 \pm 0,24$	$207,54 \pm 7,23$	$21,04 \pm 1,19$	19,5
Сентябрь		$46,94 \pm 3,39$	$3,52 \pm 0,30$	$235,50 \pm 4,78$	$26,72 \pm 1,39^2$	19,5
Октябрь		$54,51 \pm 2,58^2$	$3,25 \pm 0,17$	$312,10 \pm 6,28$	$17,58 \pm 2,13^2$	19
Ноябрь		$42,72 \pm 3,12^{2,1}$	$3,48 \pm 0,19$	$212,36 \pm 9,25$	$20,12 \pm 1,27$	17
Декабрь	II	$34,93 \pm 2,08^1$	$3,02 \pm 0,12$	$207,86 \pm 9,19$	$18,80 \pm 1,53$	13
Январь		$62,50 \pm 5,18$	$3,12 \pm 0,21$	$221,25 \pm 15,49$	$16,14 \pm 4,17$	10
Февраль		$48,20 \pm 4,15$	$3,23 \pm 0,35$	$234,22 \pm 10,31$	$20,58 \pm 2,34$	9
Март	III	$42,70 \pm 3,24^1$	$3,50 \pm 0,28$	$256,50 \pm 11,75$	$16,64 \pm 2,32$	10
Апрель	IV	$40,11 \pm 3,24$	$3,54 \pm 0,25$	$260,44 \pm 8,78$	$15,40 \pm 2,01$	14
Май	V	$35,68 \pm 0,84^1$	$3,72 \pm 0,19$	$240,20 \pm 4,39$	$15,04 \pm 0,62$	19

1 – различия достоверны при $p < 0,05$; 2 – различия достоверны при $p < 0,01$

Полученные результаты совпадали с изменениями содержания гемоглобина в крови речного окуня, которые наблюдались в ранее проведенных работах (Нгуен, 2015). Изменения общего характера показали, что концентрация гемоглобина в крови в летнее время была выше, чем в зимний период. Важно отметить, что между значениями данного показателя крови в течение месяцев нагульного периода не существовало статистически достоверных различий, за исключением октября ($54,51 \pm 2,58$ г/л) и ноября ($42,72 \pm 3,12$ г/л); различия достоверны при $p < 0,01$. Такой результат доказывает, что в нагульный период концентрация гемоглобина в крови рыб более стабильна. Поскольку гемоглобин представляет собой показатель жизненной активности рыбы как во внешней среде ее обитания, так и во

внутренней среде организма, то стабильно высокие концентрации гемоглобина свидетельствуют об активном состоянии метаболических процессов организма.

В декабре при снижении температуры воды (ниже 12 °С) начинается зимовальный период, который характеризуется снижением концентрации гемоглобина в крови (до $34,93 \pm 2,08$ г/л, против $42,72 \pm 3,12$ г/л в ноябре, различия достоверны при $p < 0,05$). Если сравнивать эти данные с результатами, полученными в ранее проведенном исследовании (2015 год), то в декабре также наблюдалась сниженная концентрация гемоглобина ($36,23 \pm 1,96$ г/л). В зимовальный период, кроме того, замедлялся рост окуня (см. таблицу 13). Однако в конце января произошло резкое повышение концентрации гемоглобина в крови рыб ($62,50 \pm 5,18$ г/л против $34,93 \pm 2,08$ г/л в декабре, различия достоверны при $p < 0,05$). При этом сохранился замедленный рост рыбы. В конце зимовки концентрация гемоглобина постепенно снизилась ($48,20 \pm 4,15$ г/л в феврале).

Преднерестовый период характеризуется умеренно более высокими значениями уровня гемоглобина $42,70 \pm 3,24$ г/л (различия недостоверны по сравнению со значениями в феврале).

Концентрация гемоглобина в крови в нерестовый период составила $40,11 \pm 3,24$ г/л, то есть немного снизилась по сравнению с преднерестовым периодом, однако статистические различия были недостоверны.

В посленерестовый период концентрация гемоглобина еще несколько снизилась до $35,68 \pm 0,84$ г/л. Однако различия по этому снижению были также недостоверны в сравнении с нерестовым периодом ($35,68 \pm 0,84$ г/л против $40,11 \pm 3,24$ г/л). Существовали достоверные различия лишь между посленерестовым и преднерестовым периодами ($35,68 \pm 0,84$ г/л против $42,70 \pm 3,24$ г/л; различия достоверны при $p < 0,05$). Несмотря на мнение многих авторов о том, что концентрация гемоглобина у рыб после нереста значительно снижается из-за истощенного состояния организма рыб, у окуня

снижение уровня гемоглобина в данном случае было незначительным. Можно считать, что у окуней более высокая устойчивость к стрессу после нереста.

На рисунке 9 представлена динамика концентрации гемоглобина в крови речного окуня по месяцам годового цикла.

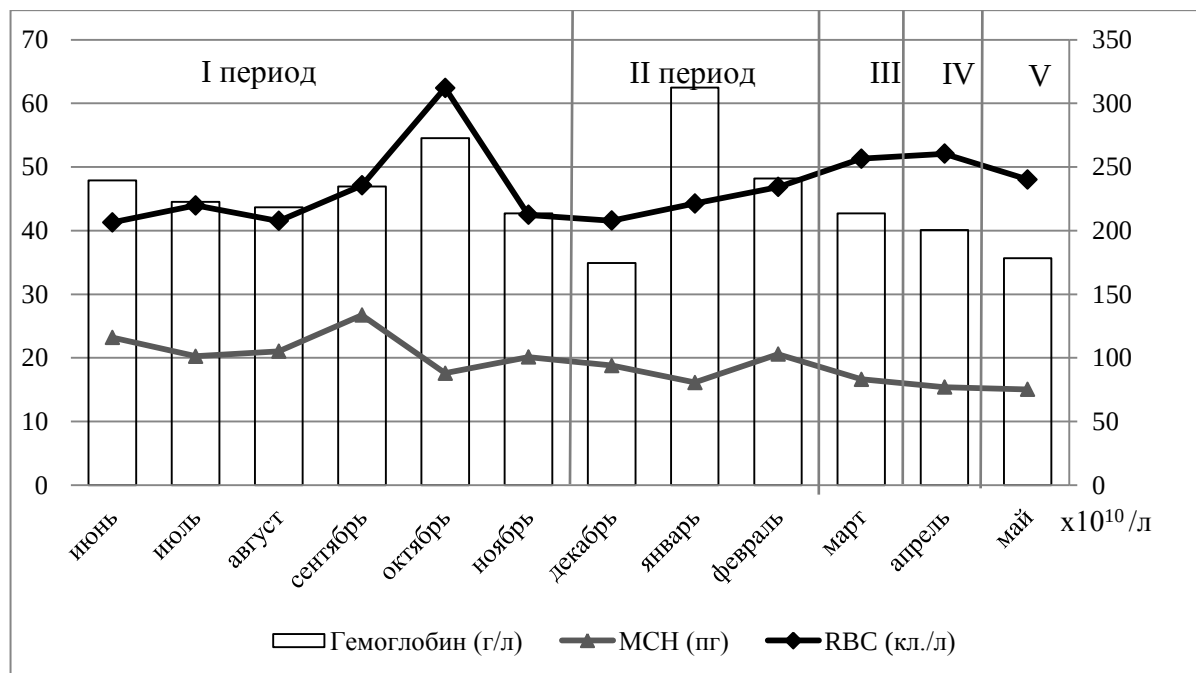


Рисунок 9 – Динамика гематологических показателей речного окуня, выращенного в бассейнах

На рисунке видно, что самая низкая концентрация гемоглобина наблюдалась в декабре, самая высокая – в конце января. Согласно динамике, отраженной на графике, наиболее критический период по содержанию гемоглобина для речного окуня отмечен в конце зимовального периода.

Количество эритроцитов в крови (RBC) подвергалось небольшим колебаниям и изменялось от $206,43 \pm 5,91 \times 10^{10}$ /л в июне до $312,10 \pm 6,28 \times 10^{10}$ /л – в октябре (различия достоверны при $p < 0,01$). По содержанию гемоглобина в одном эритроците (MHC) наблюдались некоторые сниженные значения, по сравнению с другими месяцами: $16,14 \pm 4,17$ пг – в январе, $16,64 \pm 2,32$ пг – в марте, $15,4 \pm 2,01$ пг – в апреле $15,04 \pm 0,62$ пг – в мае (различия недостоверны между собой).

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) – неспецифический показатель крови, который зависит от количества эритроцитов и белковых фракций в плазме крови. Изменение СОЭ может служить косвенным признаком текущего воспалительного или патологического процесса в организме (Вракин, 1991; Моисеенко, 1984, 1998). Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) показывает вязкость крови, чем меньше СОЭ, тем выше вязкость и удельный вес крови. В данной работе значение показателя СОЭ рыб варьировалась от 3,02 (в декабре) до 3,72 (в мае).

Концентрация общего белка в сыворотке у исследованных окуней оставалась высокой весь год выращивания, за исключением января, когда данный показатель упал до значения $29,57 \pm 2,47$ г/л (таблица 16). Кроме того, в зимовальный период концентрация общего белка была более низкая, чем в период нагула. Весной, когда начинался преднерестовый период, повышался и уровень общего белка $44,21 \pm 0,57$ (против $30,12 \pm 1,79$ г/л в феврале, различия достоверны при $p < 0,01$).

Таблица 16 – Результаты биохимического анализа крови речного окуня, выращенного в условиях аквакультуры

Периоды в годовом цикле		Общий белок, г/л	Холестерин, ммоль/л
Июнь	I	$57,10 \pm 0,25$	$6,04 \pm 0,12$
Июль		$55,21 \pm 1,85$	$4,57 \pm 0,13$
Август		$53,52 \pm 2,52$	$3,88 \pm 0,11$
Сентябрь		$43,71 \pm 0,66$	$6,25 \pm 0,50$
Октябрь		$43,23 \pm 1,06$	$5,19 \pm 0,39$
Ноябрь		$50,22 \pm 2,11$	$5,12 \pm 0,23$
Декабрь	II	$46,68 \pm 3,66$	$5,51 \pm 0,30$
Январь		$29,57 \pm 2,47$	$7,04 \pm 0,29$
Февраль		$32,12 \pm 1,79^2$	$7,53 \pm 0,63$
Март	III	$44,21 \pm 0,57^2$	$6,89 \pm 0,15$
Апрель	IV	$35,85 \pm 2,12^2$	$9,26 \pm 0,06$
Май	V	$44,29 \pm 1,12$	$2,27 \pm 1,04$

При нересте уровень общего белка снизился до $35,85 \pm 2,12$ г/л (против $44,21 \pm 0,57$ в преднерестовый период, различия достоверны при $p < 0,01$).

Можно предположить, что в конце каждого периода подвергаются изменениям физико-биохимическое состояние организма рыб, что является критическим явлением для рыб. Зимой, в условиях выращивания в бассейне с постоянным кормлением, рост рыб продолжался, однако при низкой температуре у рыб снижается потребность к пище, поэтому снизились и значения общего белка.

Для выяснения динамики концентрации общего белка в сыворотке крови по годовому циклу, в связи с концентрациями гемоглобина, был построен график, который представлен на рисунке 10. На графике можно выделить две точки с наибольшей разницей между концентрацией гемоглобина и уровнем общего белка: в январе и феврале (рисунок 10). Причем чрезвычайно противоположные значения двух рассматриваемых показателей были отмечены в январе.

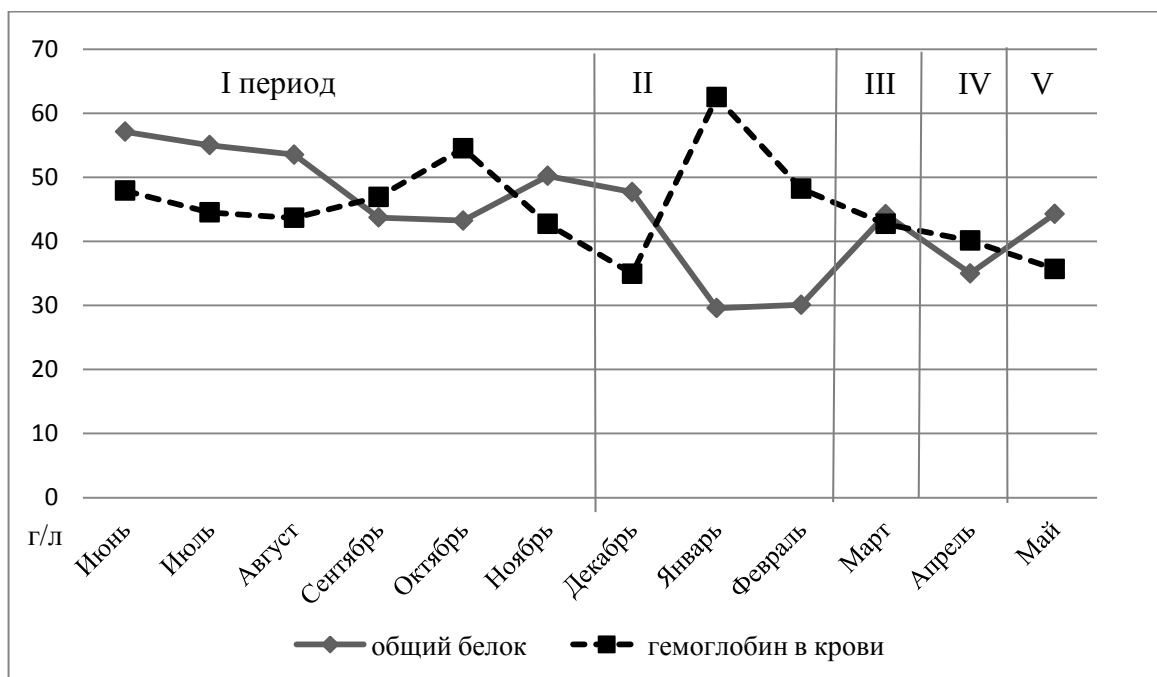


Рисунок 10 – Динамика концентрации общего белка в сыворотке крови

Сниженные концентрации общего белка при повышенном содержании гемоглобина в крови свидетельствует о том, что в организме рыб произошли значительные изменения, которые, возможно, связаны не только с зимовкой рыб, но и с формированием и созреванием половых продуктов. Именно в

данный период наблюдалась самая высокая смертность производителей (до 35 %).

Уровень концентрации холестерина характеризует липидный обмен в организме рыб, который обуславливается накоплением жировых веществ в организме рыб. Последнее зависит от содержания углеводов в пище и стадии зрелости рыб. Максимальный уровень холестерина отмечали в нерестовый период ($9,26 \pm 0,06$ ммоль/л), минимальный – в посленерестовый период. По ходу формирования и созревания половых продуктов (в конце зимовального периода и в преднерестовый период) также отмечали высокий уровень холестерина от $6,89 \pm 0,15$ ммоль/л в марте до $7,53 \pm 0,63$ ммоль/л в феврале (различия недостоверны).

На рисунке 11 представлен график динамики изменений концентрации холестерина в сыворотке крови по месяцам годового цикла.

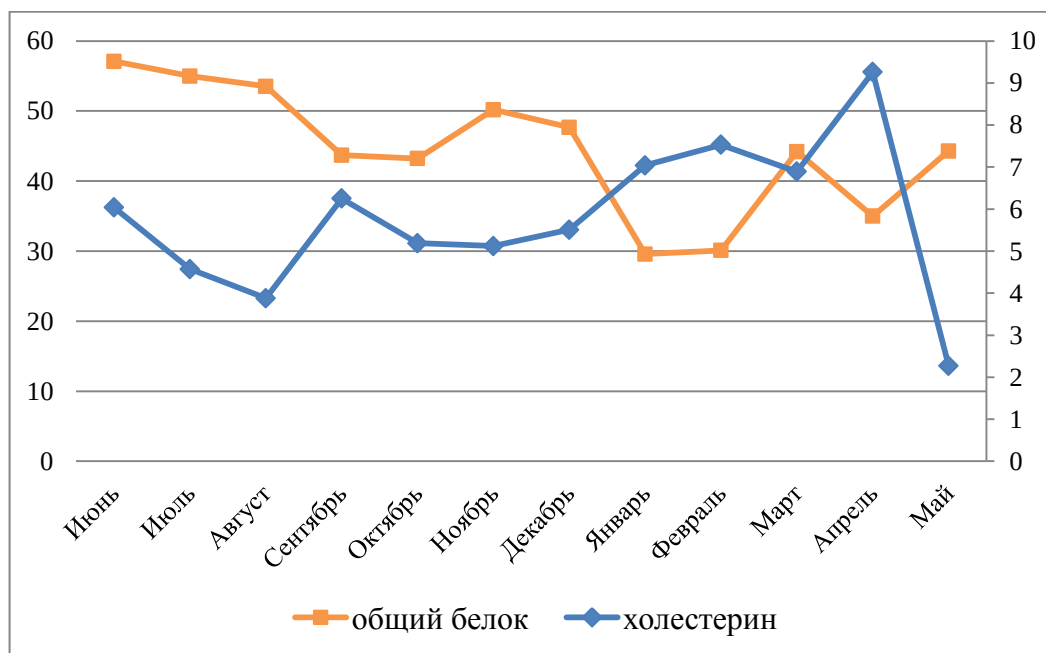


Рисунок 11 – Динамика концентрации холестерина в сыворотке крови

Повышение содержания холестерина в крови способствует процессу размножения; так у тихоокеанских лососей он повышается до 25,9 ммоль/л, то есть увеличивается примерно в 10 раз в нерестовый период (Wexler, 1976). Это позволяет обеспечить потребность размножения за счет продукции очень большого количества половых клеток, в которых холестерин используется

для построения клеточных мембран. В нашем случае концентрации холестерина в нагульный период были высокими: от $3,88 \pm 0,11$ ммоль/л – в августе до $6,25 \pm 0,50$ ммоль/л – в сентябре (различия достоверны при $p < 0,01$). Наблюдали постепенное увеличение у зимнему периоду и к нерестовому. Непосредственно после нереста уровень холестерина в сыворотке крови снизился (рисунок 11). Наряду с этим в апреле наблюдалось снижение общего белка. Более низкое содержание белка может свидетельствовать о том, что имеют место излишние траты легко реализуемого в процессе обмена такого биохимического субстрата, как белок.

Таким образом, на основании анализа полученных результатов при изучении показателей красной и белой крови, некоторых биохимических показателей, были установлены наиболее стабильные и наиболее критические периоды жизни речного окуня. Нагульный период со стабильными значениями показателей крови рыб свидетельствует об активном кормлении и росте рыб. Зимой, в основном, показатели крови снижались и лишь в конце января начал повышаться уровень холестерина в связи с созревaniem половых продуктов. Наиболее критическим периодом, когда происходила более высокая смертность рыб, является конец зимовального периода (конец января – начало февраля). Показатели состава крови у исследуемых рыб в это время стали разнозначимыми, что подтверждает критическое состояния организма.

Микроскопическое изучение мазков крови позволяет оценить качественные показатели крови, понаблюдать за морфологическими изменениями клеток крови, а также проанализировать лейкоцитарную формулу. В мазках крови речного окуня присутствовали молодые формы эритроцитов, которые представляли собой эритробласты, базофильные, полихроматофильные и оксифильные нормобласты. Изучение незрелых форм клеток эритроцитарного ряда позволяет оценить активность процесса эритропоэза (таблица 17).

Таблица 17 – Результаты микроскопического изучения красных элементов на мазках крови выращенного окуня

Показатели	1	I					
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Эритробласты	2	$2,13 \pm 0,24$	$0,16 \pm 0,03$	$1,80 \pm 0,52$	$0,44 \pm 0,06$	$0,36 \pm 0,11$	$0,23 \pm 0,05$
Базофильные нормобласты	3	$0,025 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	$0,036 \pm 0,01$	$0,085 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,03$	-
Оксифильные нормобласты	4	$0,18 \pm 0,04$	$0,24 \pm 0,02$	$1,04 \pm 0,27$	$1,01 \pm 0,002$	$0,68 \pm 0,07$	$0,65 \pm 0,08$
Полихроматофильные нормобласты	5	$0,1 \pm 0,04$	$0,855 \pm 0,09$	$0,33 \pm 0,05$	$0,084 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,02$
Всего	6	$2,43 \pm 0,22$	$1,18 \pm 0,10$	$2,86 \pm 0,46$	$1,61 \pm 0,10$	$1,35 \pm 0,22$	$0,97 \pm 0,16$

продолжение таблицы 17

1	II			III	IV	V
	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
2	$0,2 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,03$	$0,33 \pm 0,11$	$0,30 \pm 0,08$	-	$0,1 \pm 0,01$
3	-	-	$0,21 \pm 0,08$	$0,35 \pm 0,05$	$0,095 \pm 0,02$	$0,1 \pm 0,01$
4	-	-	$1,38 \pm 0,12$	$1,23 \pm 0,04$	$0,185 \pm 0,01$	-
5	$0,3 \pm 0,02$	$1,93 \pm 0,09$	$0,19 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,02$	-	$0,1 \pm 0,01$
6	$0,51 \pm 0,10$	$2,05 \pm 0,08$	$2,11 \pm 0,14$	$2,14 \pm 0,09$	$0,28 \pm 0,03$	$0,3 \pm 0,01$

Общеизвестно, что у рыб в периферической крови присутствуют не только зрелые эритроциты, но и их незрелые формы. Доля этих клеток характеризует активность эритропоэза. В нормальном состоянии рыб процесс эритропоэза характеризуется следующим показателем: доля бластных и молодых клеток эритроцитарного ряда не должна превышать 20 % (Головина, 1996). Доля молодых эритроцитов зависит от вида и изменяется с возрастом рыб, обычно, уменьшаясь. Например: общая доля нормобластов у мальков форели составила 14,9 %, у сеголеток – 18,6 %, у годовиков – 10 %, у двухлеток – 3 % (Головина, 1996). У карася доля молодых клеток эритропоэза составила 5,0 %; у двухлеток карпа – 15,4 %, это значение снизилось до 9,7 % у карпов с дефектом чешуи (Пронина и Корягина, 2016). В данном исследовании доля клеток эритропоэтического ряда окуня варьировалась от $0,28 \pm 0,03\%$ в апреле (нерестовый период) до $2,86 \pm 0,46\%$ в августе – нагульный период (различия достоверны при $p < 0,01$).

В периферической крови особей окуня были обнаружены морфологически измененные формы эритроцитов (Житенева, 1989), отличающиеся степенью проявления патоморфологических нарушений (таблица 18). Чаще всего встречался пойкилоцитоз эритроцитов (рисунок 12.1), который отмечен во все сезоны исследования, в основном, они полиморфны (максимально до 8,0 % клеток на мазке). Отмечены клетки грушевидной, заостренной, многогранной формы. Наименьшее количество пойкилоцитов обнаружено наименьшее в декабре ($1,92 \pm 0,02\%$), наибольшее – в апреле ($7,42 \pm 0,11\%$)(различия достоверны при $p < 0,01$).

Шистоцитоз характерен появлением на мазке «оборванных» клеток (шистоциты) (рисунок 12.3). Шистоциты также были отмечены в пробах всех месяцев в небольшом количестве: от $0,075 \pm 0,02\%$ в июне до $0,52 \pm 0,07\%$ в августе, за исключением апреля. Наиболее высокая доля шистоцитов отмечалась в нерестовый период, в апреле – $2,15 \pm 0,05\%$. Предположительно, это связано с разрушением эритроцитов.

Таблица 18 – Патологически измененные клетки красной крови выращенного окуня по периодам года

Показатели	1	I					
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Пойкилоцитоз	2	5,08 ±0,43	0,55±0,07	7,39±0,31	3,96 ±0,01	0,62±0,02	1,52±0,02
Заостренные	3	1,76 ±0,17	0,26±0,02	2,85 ±0,15	1,59 ±0,01	0,11±0,01	0,20±0,01
Грушевидные	4	0,20 ±0,04	-	0,23 ±0,05	0,24 ±0,02	-	0,40±0,01
Многогранные	5	3,10±0,23	0,30±0,05	4,32 ±0,18	2,14 ±0,01	0,52±0,02	0,92±0,02
Смещение ядра к периферии	6	0,075 ±0,02	3,08±0,03	0,52 ±0,07	0,37 ±0,01	0,62±0,03	0,30±0,04
Шистоцитоз	7	-	0,57±0,02	0,29 ±0,01	0,60 ±0,1	0,62±0,02	0,28±0,05
Двухъядерные клетки	8	0,1 ±0,02	-	-	0,05 ±0,01	-	-
Деформация ядра	9	-	0,10±0,01	0,04±0,14	-	-	-
Всего	10	5,25 ±0,44	2,71±0,50	8,24 ±0,25	4,97±0,10	1,86±0,03	2,1±0,05

Продолжение таблица 18

1	II			III	IV	V
	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
2	2,92 ±0,02	4,10±0,03	2,34±1,01	2,02±1,10	7,42 ±0,11	4,14±0,03
3	0,7 ±0,01	1,82±0,03	-	-	1,89 ±0,06	1,90±0,02
4	0,2 ±0,01	1,14±0,02	-	-	0,665 ±0,03	-
5	2,05±0,02	1,14±0,03	-	-	4,86 ±0,20	2,24±0,03
6	0,31± 0,02	1,41±0,02	1,01±0,07	1,03±0,16	2,15 ±0,05	0,4±0,02
7	-	0,68±0,01	0,52±0,03	0,24±0,04	0,39 ±0,10	1,2±0,01
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	0,09 ±0,02	-
10	3,22±0,03	5,92±0,03	3,87±1,32	3,29±1,25	10,05±0,08	5,74±0,03

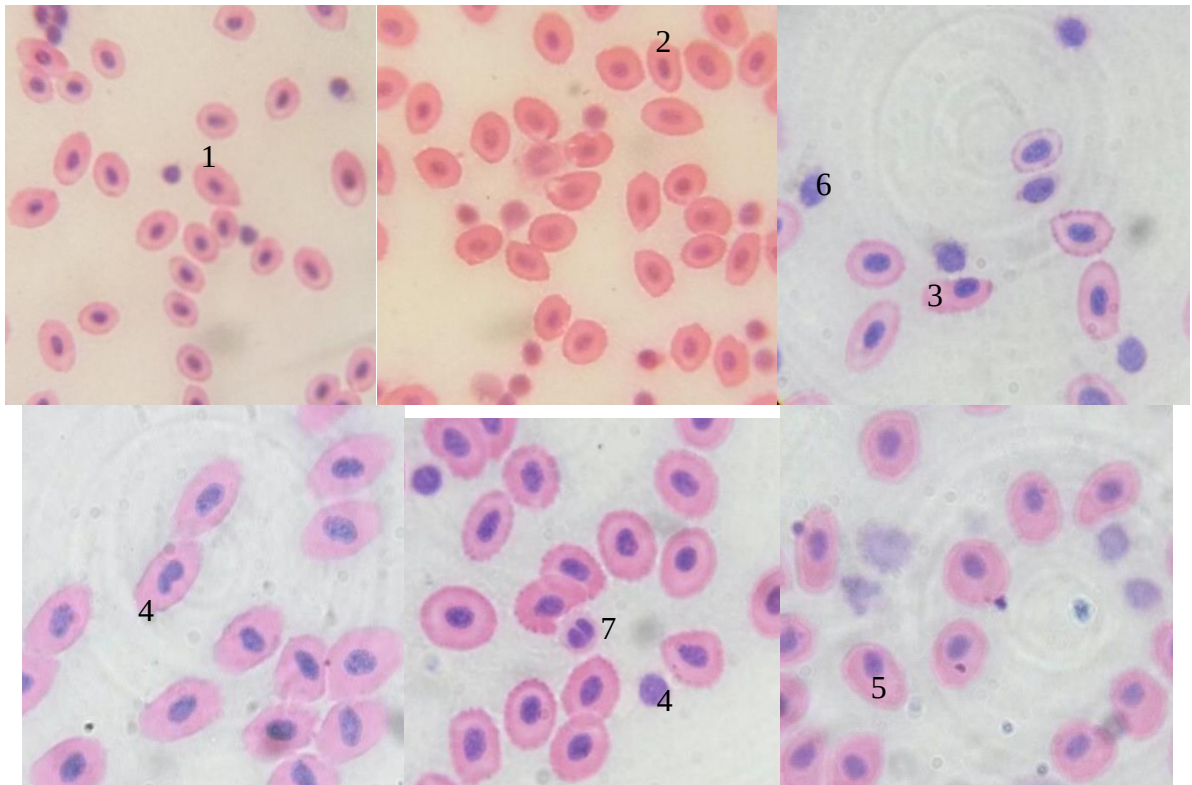


Рисунок 12 – Морфологические нарушения эритроцитов. Гематоксилин-эозин ОКх16, ОБх100. 1 – заостренный эритроцит; 2 – многогранный эритроцит; 3 – шистоциты; 4 – деформация ядра; 5 – смещение ядра к периферии; 6 – лимфоциты; 7– нейтрофил

Деформация ядер эритроцитов наблюдалась в августе и в апреле в незначительном процентном соотношении ($0,04 \pm 0,14\%$ и $0,09 \pm 0,02$, соответственно). Для данного вида нарушения эритроцитов характерна неправильность формы ядра клетки при сохранении нормальных его размеров. Размеры самой клетки также соответствовали норме. Массовая деформация ядер эритроцитов обычно проявляется при загрязнении водной среды и под влиянием радиоактивных факторов, что приводит к дистрофии клеток (Гудков и др., 2015). Однако в данном случае, нарушения ядер клеток были зарегистрированы в небольшом количестве, поэтому это явление следует рассматривать как адаптационную реакцию рыб в связи с колебаниями температуры воды.

Общая сумма патологически измененных клеток была максимальна в апреле – $10,05 \pm 0,98$ %, минимальна в октябре – $1,86 \pm 0,03$ % (различия достоверны при $p < 0,01$).

Таким образом, в нерестовый период чаще всего отмечали встречаемость и вариабельность патологически измененных эритроцитов.

Изучение лейкоцитарного состава крови речного окуня в разные месяцы года показало, что кровь носит лимфоидный характер. Второй по численности группой лейкоцитов являлись моноциты. Нейтрофилы и молодые клетки гранулоцитарного ряда были представлены в небольшом количестве (таблица 19). На мазках крови окуней всех проб практически не встречались эозинофилы и базофилы. По мнению И. М. Пестовой (1960), для окуня характерна абсолютная ацидофилия эозинофилов. Однако исследования Г. Хайдера (1968) и Н. Т. Ивановой (1983) показали, что гранулоциты различных категорий свойственны крови окуня в меньшей мере, в сравнении с другими костистыми рыбами. В различных географических зонах они находятся в разных соотношениях и меняются в зависимости от возраста и сезона.

Общее количество лейкоцитов на 1000 эритроцитов в месяцы нагульного периода было достаточно высоким, что свидетельствует о благоприятном иммунореактивном состоянии рыб. Данный показатель снизился до $48,9 \pm 5,33$ кл. в январе и $68,2 \pm 0,65$ кл. в мае (посленерестовый период). Также отметилось низкое количество лейкоцитов на 1000 эритроцитов в апреле ($69,5 \pm 0,65$) (различия недостоверны в сравнении с майским значением).

Повышение количества тромбоцитов в периферической крови часто связано с наличием в организме каких-либо заболеваний, травм. Количество тромбоцитов на 1000 эритроцитов у подопытных окуней незначительно отличалось от таковых параметров, исследованных Н. Т. Ивановой (1983), что свидетельствует о нормальном состоянии здоровья рыб.

Таблица 19 – Результаты подсчета лейкоцитарной формулы у выращенного окуня по периодам года

Показатели	1	I					
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Лимфоциты	2	92,72±0,25	77,61±2,36	86,65 ±2,09	76,97 ±0,96	83,33±0,98	85,46±1,15
Лимфобласты	3	2,03±0,13	17,07±0,02	10,42 ±1,72	15,59 ±1,68	5,56±1,27	4,35±0,87
<i>Сумма</i>	4	<i>94,75 ±0,41</i>	<i>88,99±1,85</i>	<i>97,07 ±0,43</i>	<i>92,56 ±0,72</i>	<i>88,89±1,22</i>	<i>89,81±1,17</i>
Моноциты	5	2,02±0,13	3,35±0,54	2,20 ±0,31	2,87 ±0,14	5,56±0,20	4,89±0,35
Нейтрофилы	6	1,43±0,28	-	0,73 ±0,25	2,87 ±0,14	-	1,22±0,07
Миелоциты	7	0,82±0,19	7,66±1,31	-	1,13±0,29	5,56±0,14	4,08±0,22
Метамиелоциты	8	0,08±0,27	-	-	0,57 ±0,14	-	-
Лейкоциты на 1000 эритроцитов	9	93,25±1,45	80,67±1,65	98,01 ±20,77	87 ± 5,25	72,14±4,56	70,66±3,35
Тромбоциты на 1000 эритроцитов	10	4,25 ±0,72	13,67±1,49	6,67 ±0,69	7,5 ± 1,68	9,02±1,59	10,25±1,24

Продолжение таблицы 19

1	II			III	IV	V
	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
2	$91,67 \pm 0,98$	$86,36 \pm 0,12$	$80,71 \pm 1,41$	$78,65 \pm 1,89$	$80,79 \pm 0,96$	$82,87 \pm 0,96$
3	$2,08 \pm 0,10$	$4,55 \pm 0,04$	$6,24 \pm 0,56$	$8,33 \pm 1,23$	$10,68 \pm 0,83$	$6,46 \pm 0,13$
4	$93,75 \pm 0,11$	$90,81 \pm 0,05$	$86,95 \pm 1,54$	$86,98 \pm 1,96$	$91,46 \pm 0,66$	$89,55 \pm 0,15$
5	$6,25 \pm 0,24$	$9,09 \pm 0,02$	$7,11 \pm 0,36$	$5,89 \pm 0,24$	$6,46 \pm 0,13$	3,14
6	-	-	$1,47 \pm 0,12$	$3,25 \pm 1,02$	$2,09 \pm 0,54$	$7,11 \pm 0,79$
7	-	-	$3,95 \pm 0,09$	-	-	-
8	-	-	$0,52 \pm 0,03$	$3,88 \pm 0,92$	-	-
9	$52,56 \pm 2,47$	$48,9 \pm 5,33$	$59,11 \pm 5,02$	$64,71 \pm 2,83$	$69,5 \pm 0,65$	$68,2 \pm 0,65$
10	$3,2 \pm 0,25$	$2,9 \pm 0,15$	$5,4 \pm 1,01$	$6,62 \pm 0,90$	$12,1 \pm 2,07$	$13,1 \pm 2,07$

За весь период года наибольшее количество тромбоцитов наблюдалось в мае и апреле ($13,1 \pm 2,07$ кл. и $12,1 \pm 2,07$ кл., соответственно; различия недостоверны между собой). Наименьшее количество тромбоцитов отмечалось в декабре ($2,9 \pm 0,45$ кл.).

Лейкопоз оценивался за счет долей лимфобластов и молодых форм клеток гранулоцитарного ряда. На рисунке 13 видно, что более активный лейкопоз наблюдался в сентябре и августе, то есть в нагульный период. В нерестовый и посленерестовый периоды также были высокие доли молодых лейкоцитарных клеток, однако общая сумма зрелых лимфоцитов и лимфобластов в эти периоды была ниже, чем в другие периоды года ($89,55 \pm 0,15$ в мае и $91,46 \pm 0,66\%$ в апреле; различия достоверны при сравнении с августом). Иными словами, в лейкоцитарном составе крови рыб в эти периоды происходило снижение доли лимфоцитов в пользу моноцитов (6,46 $\pm$ 0,13 % в апреле и 3,14 % в мае) и нейтрофилов ($2,09 \pm 0,54$ % в апреле и $7,11 \pm 0,79\%$ в мае).

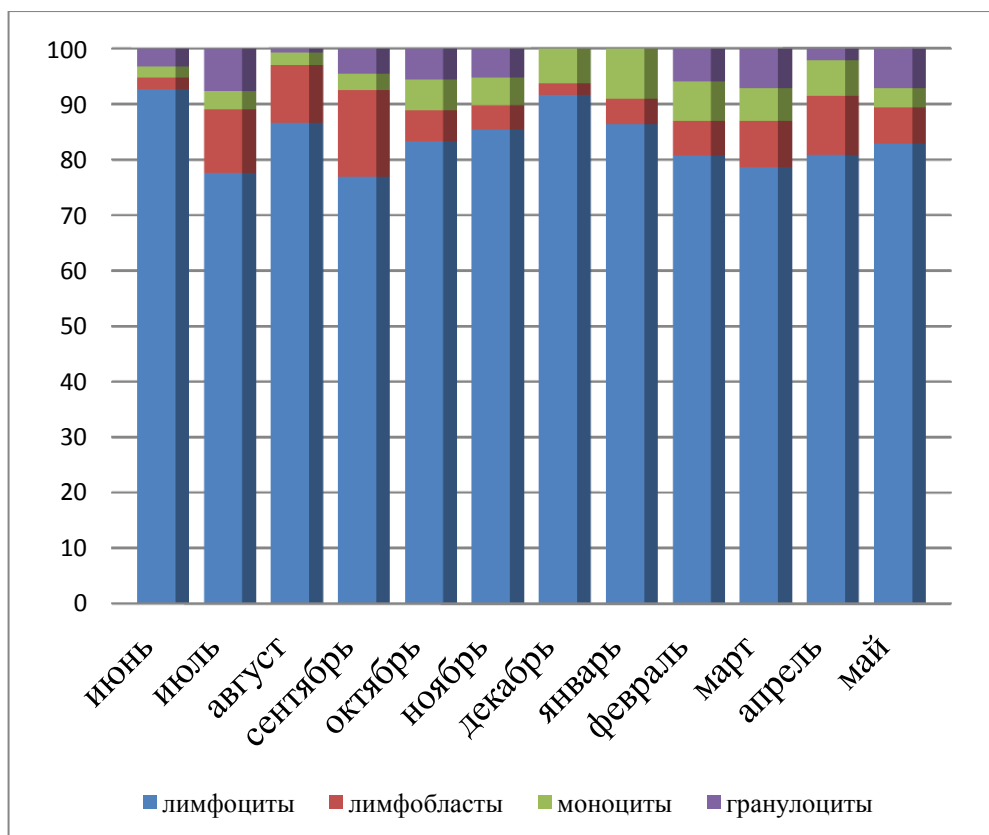


Рисунок 13 – Лейкоцитарная формула у окуней, выращенных в проточных бассейнах в годовом цикле

Таким образом, проведенные исследования выявили годовую динамику колебаний гемоглобина, уровня общего белка, холестерина, числа эритроцитов, лейкоцитов, появления патологических измененных эритроцитов, колебания в лейкоцитарном составе крови. Была изучена степень активности эритропоэза и лейкопоэза в периферической крови выращенных окуней. Наиболее стабильным периодом года для речного окуня был нагульный, когда у рыб наблюдался высокий темп роста, постоянно высокие концентрации гемоглобина и общего белка, высокая активность эритропоэза и лейкопоэза. Наиболее критический период, когда наблюдалась высокая смертность рыб и разнозначимые гематологические показатели, отмечен в конце зимовального периода. Нерестовый и посленерестовый периоды характеризуются изменениями соотношений клеток агранулоцитарного и гранулоцитарного рядов, увеличением количества тромбоцитов, доли моноцитов и нейтрофилов, что указывает на наличие процессов воспаления в организме рыб, и, скорее всего, данный факт связан с выметыванием половых продуктов и их резорбцией после нереста.

4.2 Морфобиологические показатели рыб, выловленных из естественных водоемов Астраханской области

С целью сравнения данных и уточнения морфобиологических показателей нами рассматривались только особи речного окуня в возрасте трехлеток и трехгодовиков, которые совпали с возрастом окуней, выращенных в индустриальных условиях. Морфобиологические показатели рыб, выловленных из рек Астраханской области, представлены в таблице 20. В отличие от искусственно выращенных особей, среднесуточный прирост для них не рассчитывали. Наиболее высокое значение средней массы тела отмечалось в марте и апреле во время нерестовой миграции. Наиболее высокий коэффициент упитанности наблюдался в конце осени – в сентябре и ноябре. Этот показатель еще был высоким в преднерестовый и нерестовый периоды за счет созревания половых продуктов.

Таблица 20 – Рыбоводно-биологические показатели окуней, выловленных из рек Астраханской области

Периоды в годовом цикле		Масса, г	Длина абсолютная, см	Длина до хвостового плавника, см	Упитанность по Фультону	Температура воды, °С
Июнь	I	102,97±8,13	19,15±2,44	17,26±1,12	2,00±1,06	20
Июль		114,17±7,12	20,79±2,01	17,55±1,05	2,11±0,60	25
Август		105,05±5,29	19,67±1,05	17,17±1,20	2,07±1,03	24
Сентябрь		106,20±10,06	20,11±2,72	17,43±1,56	2,16±0,29	24
Октябрь		111,25±5,86	20,83±1,19	17,73±0,95	1,98±0,09	15
Ноябрь		115,50±4,26	20,77±0,15	18,02±0,76	1,97±0,08	6
Декабрь	II	121,33±4,56	20,83±0,23	18,23±0,29	1,99±0,02	3
Январь		123,23±5,21	21,01±1,12	18,28±0,75	2,01±0,17	-2
Февраль		121,64±5,25	22,01±0,98	18,30±0,55	1,99±0,08	4
Март	III	125,33±4,38	22,10±1,01	18,33±0,47	2,04±0,11	6
Апрель	IV	135,21±5,34	22,26±0,89	18,75±0,34	2,05±0,12	9
Май	V	110,06±6,25	21,12±1,82	18,46±0,94	1,75±0,19	14

По сравнению с выращенными окунями (таблица 21), особи, выловленные из рек, были менее упитанными – коэффициент варьировался от $1,75 \pm 0,19$ до $2,16 \pm 0,29$. В нагульный период различия по коэффициенту упитанности между искусственно выращенными и выловленными из рек окунями были недостоверны. В то же время в зимовальный, преднерестовый, нерестовый и посленерестовый периоды различия по рассматриваемому показателю были достоверны с $p < 0,01$.

Уровень гемоглобина в крови у окуней, обитавших в естественной среде, постоянно менялся по сезонам и колебался от $33,93 \pm 3,30$ г/л в августе до $76,67 \pm 5,34$ г/л в январе (таблица 21). В нагульный период значения этого показателя были умеренно высокими за исключением августа, когда они снизились до $33,93 \pm 3,30$ г/л. Вместе с уровнем гемоглобина снизилось и количество эритроцитов в крови (до $156,14 \pm 7,28 \times 10^{10}$ /л), при этом сохранилась концентрация гемоглобина в эритроците, по сравнению с другими месяцами нагульного периода. Помимо августа, большее количество эритроцитов наблюдались в нагульный период, когда температура воды была высокой (от 20 до 25 °С). Можно сделать предположение о том, что, когда в августе происходит

цветение воды и интенсивно развиваются сине-зеленые водоросли, в воде резко снижается количество кислорода и появляются некоторые токсические вещества. Указанные факторы влияют на ухудшение состояния многих рыб, в том числе и речного окуня.

Таблица 21 – Показатели крови речного окуня, выловленного из рек Астраханской области

Периоды в годовом цикле		Гемоглобин, г/л	СОЭ (мм/час)	RBC, $\times 10^{10}$ /л	MCH (пг)	Температура воды.
Июнь	I	48,40 $\pm$ 2,35	2,92 $\pm$ 0,33	241,60 $\pm$ 5,38	20,03 $\pm$ 1,39	20
Июль		45,17 $\pm$ 3,04	3,35 $\pm$ 0,24	225,15 $\pm$ 6,02	20,06 $\pm$ 1,42	25
Август		33,93 $\pm$ 3,30	3,91 $\pm$ 0,13	156,14 $\pm$ 7,28	21,73 $\pm$ 1,72	24
Сентябрь		54,19 $\pm$ 3,93	3,37 $\pm$ 0,35	221,55 $\pm$ 5,27	25,62 $\pm$ 1,41	24
Октябрь		49,06 $\pm$ 2,45	3,19 $\pm$ 0,27	186,60 $\pm$ 5,21	26,67 $\pm$ 1,33	15
Ноябрь		45,35 $\pm$ 2,87	3,21 $\pm$ 0,19	188,11 $\pm$ 3,27	24,10 $\pm$ 1,12	6
Декабрь	II	42,04 $\pm$ 3,49	3,45 $\pm$ 0,21	173,25 $\pm$ 4,56	24,91 $\pm$ 0,23	3
Январь		76,67 $\pm$ 5,34	2,97 $\pm$ 0,52	254,12 $\pm$ 15,13	30,24 $\pm$ 1,71	-2
Февраль		52,22 $\pm$ 3,29	3,23 $\pm$ 0,24	249,56 $\pm$ 5,47	20,91 $\pm$ 1,51	4
Март	III	48,32 $\pm$ 2,91	3,63 $\pm$ 0,21	219,68 $\pm$ 6,39	21,99 $\pm$ 1,44	6
Апрель	IV	41,25 $\pm$ 2,63	3,56 $\pm$ 0,19	225,12 $\pm$ 4,99	18,32 $\pm$ 1,36	9
Май	V	40,01 $\pm$ 2,92	3,42 $\pm$ 0,17	231,67 $\pm$ 2,59	17,04 $\pm$ 1,05	14

1 – различия достоверны при $p < 0,05$; 2 – различия достоверны при $p < 0,01$

В начале зимовального периода уровень гемоглобина незначительно снижался до 42,04 $\pm$ 3,49 г/л, концентрация эритроцитов также понижалась до 173,25 $\pm$ 4,56. $\times 10^{10}$ /л, по сравнению с предыдущим периодом. Однако в январе было отмечено заметное повышение этих показателей (различия достоверны при $p < 0,01$).

Преднерестовый, нерестовый и посленерестовый периоды характеризуются постепенным снижением гематологических показателей. На графике видно, что чем выше уровень гемоглобина в крови рыб, тем больше количество эритроцитов в крови и значение МСН крови (рисунок 14).

Количество эритроцитов в крови снижалось в августе и в конце нагульного, начале зимовального периода. Отмечалось повышение этого показателя в январе, феврале и во время нереста, что связано с развитием половых продуктов рыб.

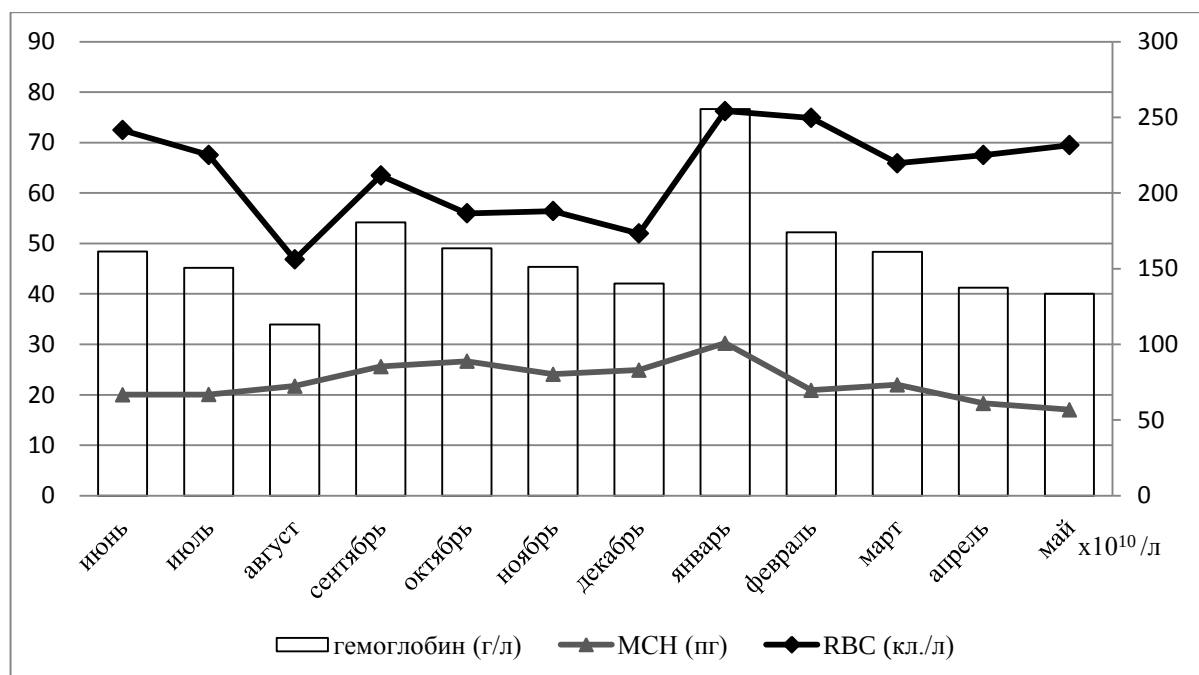


Рисунок 14 – Взаимосвязь между гематологическими показателями в течение года у речного окуня, обитавшего в естественной среде

Содержание общего белка было более высоким в нагульном периоде, который сопровождался наличием обильной пищи в реке, затем оно постепенно снижалось зимой, немного повышалось ранней весной, соответствовало преднерестовому и нерестовому периодам, и затем снизилось в посленерестовом периоде. Необходимо отметить снижение содержания общего белка в августе (до $38,65 \pm 1,12$ г/л; различия достоверны при $p < 0,05$, при сравнении с другими месяцами нагульного периода), когда упало и значение содержания гемоглобина в крови ($33,93 \pm 3,30$ г/л) (таблица 22).

Таблица 22 – Результаты биохимического анализа крови речного окуня, выловленного из рек Астраханской области

Периоды в годовом цикле		Общий белок, г/л	Холестерин, ммоль/л
1		2	3
Июнь	I	$52,97 \pm 2,07$	$6,81 \pm 0,30$
Июль		$46,67 \pm 2,19$	$5,79 \pm 0,34$
Август		$38,65 \pm 1,12$	$5,74 \pm 0,37$
Сентябрь		$42,24 \pm 1,78$	$5,13 \pm 0,25$
Октябрь		$36,36 \pm 1,08$	$5,82 \pm 0,28$
Ноябрь		$47,64 \pm 0,86$	$10,05 \pm 0,07$

Продолжение таблицы 22

1		2	3
Декабрь	II	$33,91 \pm 0,70$	$6,32 \pm 0,03$
Январь		$30,52 \pm 2,63$	$6,81 \pm 0,60$
Февраль		$31,72 \pm 2,45$	$7,25 \pm 0,22$
Март	III	$40,36 \pm 1,93$	$6,95 \pm 0,13$
Апрель	IV	$37,25 \pm 1,65$	$4,58 \pm 0,24$
Май	V	$33,41 \pm 2,10$	$2,13 \pm 0,16$

На рисунке 15 показана взаимосвязь между уровнем гемоглобина и содержанием общего белка в сыворотке крови в течение года. В целом, можно считать, что колебание содержания общего белка совпадает с колебанием уровня гемоглобина, за исключением января. В данный период отмечалась противоположная тенденция показателей, что свидетельствует о критическом состоянии организма рыб.

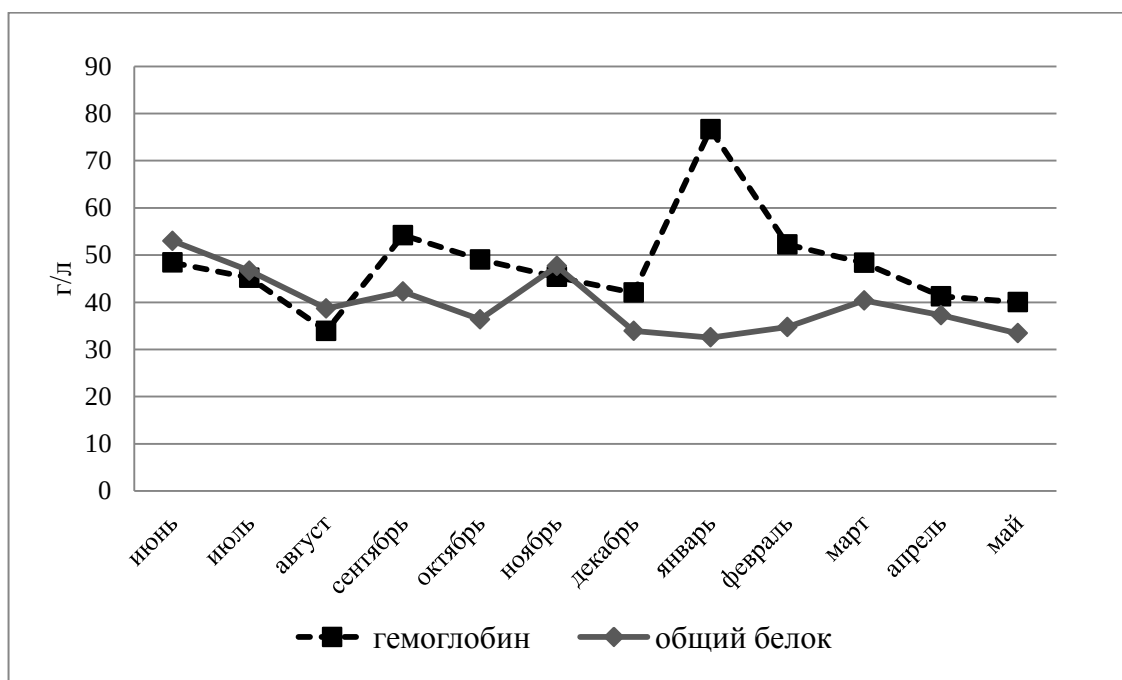


Рисунок 15 – Динамика концентраций общего белка в сыворотке крови по месяцам

После сравнения гематологических показателей между выращенными и выловленными из рек окунями, было установлено, что у последней группы рыб уровень гемоглобина в крови был незначительно выше в нагульный период (различия недостоверны по следующим месяцам: июнь, июль, август, сентябрь и октябрь). Незначительное повышение гемоглобина у выловленных окуней, возможно, свидетельствует о высоком содержании кислорода в воде естественных

водоемов. В августе отмечалось снижение уровня гемоглобина, что связано с развитием сине-зеленных водорослей. Несмотря на разницу значений как у выращенных, так и у окуней, выловленных из рек, была выявлена тенденция, характеризующаяся резким повышением гемоглобина в январе, когда температура воды была самой низкой (рисунок 16).

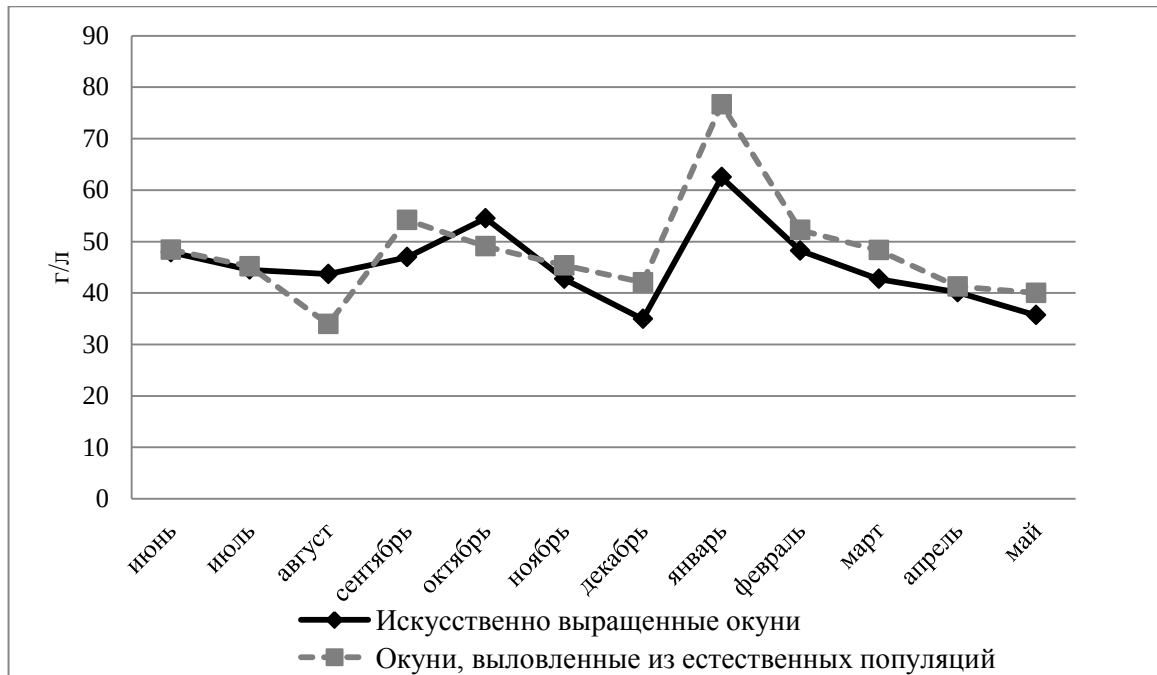


Рисунок 16 – Сравнение уровня гемоглобина у окуней, выращенных в бассейнах и выловленных из реки

Анализ содержания общего белка у выращенных и выловленных из реки окуней показал более высокие значения у первой группы рыб с достоверными различиями в июле, августе, октябре, декабре и мае. В отличие от окуней, обитающих в естественной среде, у выращенных окуней содержание общего белка в сыворотке сохранилось высоким зимой и во время нереста (рисунок 17). Подобная картина наблюдалась и в посленерестовый период, когда многие производители в реке из-за истощения после нереста и недостаточного питания имели низкую концентрацию общего белка. У окуней-производителей, выращенных в искусственных условиях, напротив, за счет кормления, уровень общего белка в сыворотке крови оставался высоким.

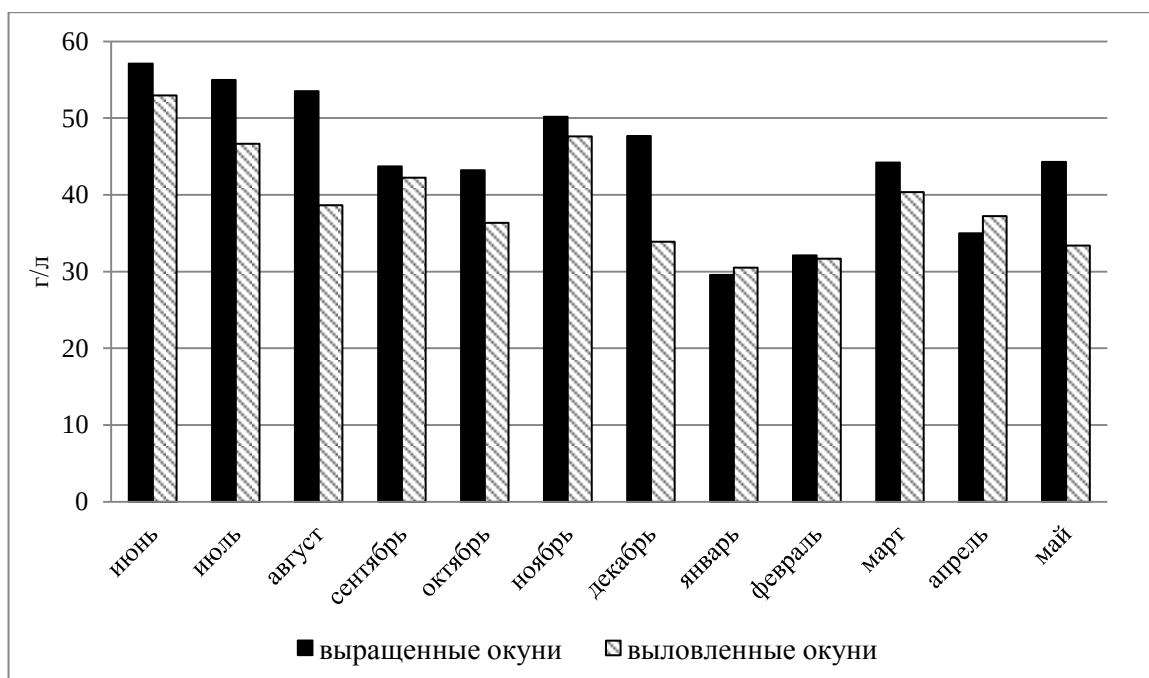


Рисунок 17 – Концентрация общего белка у окуней, выращенных в бассейнах и выловленных из речного водоема

Морфологический анализ крови окуней, выловленных из реки, показал, что наиболее высокая доля молодых клеток эритроцитарного ряда наблюдалась в январе ($2,80 \pm 0,15$ %, различия достоверны при $p < 0,01$ в сравнении с другими месяцами). За месяцы нагульного периода доля молодых эритроцитов была довольно высокой и варьировалась от $1,02 \pm 0,13$ до $2,21 \pm 0,14$ % за исключением августа, когда этот показатель снизился до $0,84 \pm 0,32$ % (различия достоверны при $p < 0,01$) (таблица 23). Снижение степени эритропоэза в августе совпало со снижением уровня гемоглобина в крови рыб в это время года. В августе также отмечены наиболее высокие доли видоизмененных эритроцитов ($14,40 \pm 0,49$ %) (таблица 24).

Наиболее низкая активность эритропоэза была установлена в нерестовый и посленерестовый периоды.

При рассмотрении взаимосвязи между степенью эритропоэза и долей видоизмененных эритроцитов была установлена кривая, соответственно которой до определенного значения эритропоэз был обратно пропорционален долям видоизмененных эритроцитов на мазках; то есть в процессе угнетения эритропоэза доля патологических эритроцитов увеличивалась. Было выдвинуто

предположение, что такое явление сопровождается дегенерацией клеток при угнетении эритропоэза (рисунок 18). По рассчитанной кривой можно определить две точки, когда произошло повышение доли морфологически измененных эритроцитов в нерестовом и поленерестовом периодах, когда снизилась степень эритропоэза. Однако при чрезвычайно высокой активности эритропоэза, как показано в январе, доля патологических эритроцитов тоже повысилась (до $8,65 \pm 1,24$ %).

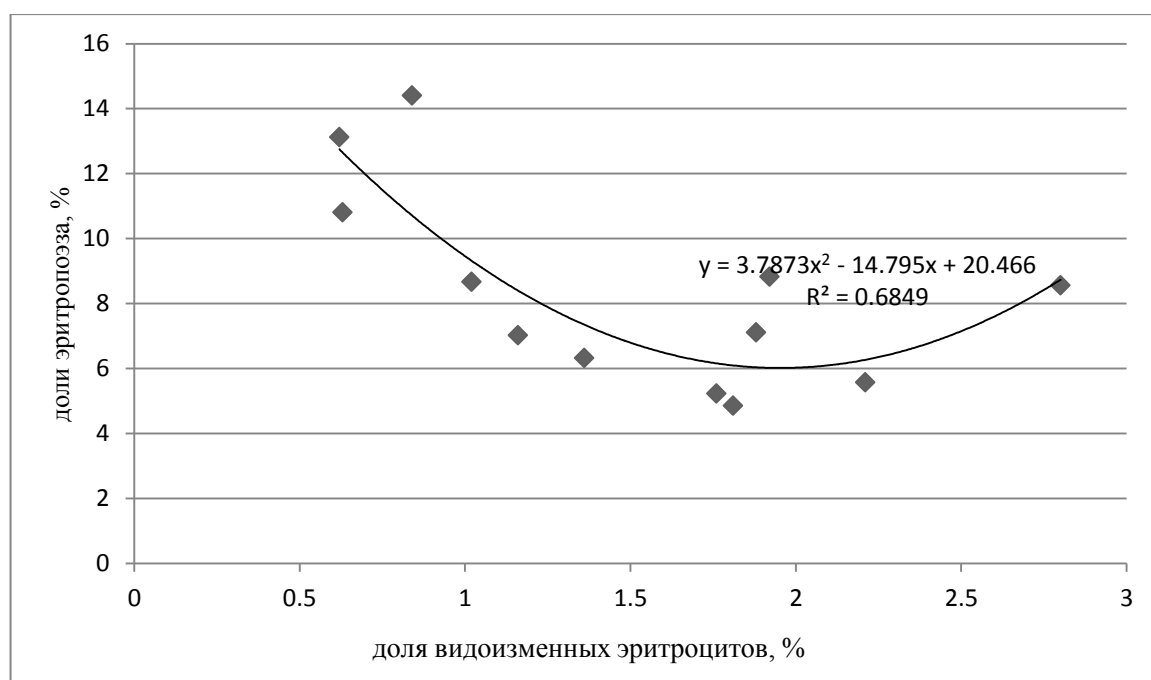


Рисунок 18 – Доля видоизмененных эритроцитов в зависимости от активности эритропоэза

Лейкоцитарная формула у окуней, выловленных из реки, представлена агранулоцитами и гранулоцитами различных стадий зрелости с доминированием первой группы (таблица 25). Агранулоциты представляли собой лимфоциты, лимфобласты и моноциты, в то время как гранулоциты представляли собой миелоциты, метамиелоциты и нейтрофилы. Концентрация лейкоцитов и тромбоцитов изменялась по месяцам, наиболее высокие значения наблюдались в нагульном периоде.

Таблица 23 – Результаты микроскопического изучения красных элементов крови естественных популяций окуня

Показатели	1	I					
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Эритробласты	2	$1,04 \pm 0,09$	$0,45 \pm 0,01$	-	$0,74 \pm 0,03$	$0,98 \pm 0,12$	$0,09 \pm 0,03$
Базофильные нормобласты	3	-	-	$0,80 \pm 0,31$	-	$0,03 \pm 0,01$	-
Полихроматофильные нормобласты	4	$0,38 \pm 0,05$	$0,25 \pm 0,02$	-	$0,63 \pm 0,07$	$0,24 \pm 0,10$	$0,17 \pm 0,02$
Оксифильные нормобласты	5	$0,90 \pm 0,06$	$1,12 \pm 0,04$	$0,04 \pm 0,02$	$0,63 \pm 0,03$	$0,87 \pm 0,06$	$0,76 \pm 0,12$
Всего	6	$1,88 \pm 0,10$	$1,82 \pm 0,06$	$0,84 \pm 0,32$	$1,36 \pm 0,09$	$2,21 \pm 0,14$	$1,02 \pm 0,13$

Продолжение таблицы 23

1	II			III	IV	V
	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
2	-	$0,56 \pm 0,08$	$0,37 \pm 0,12$	$0,67 \pm 0,11$	-	$0,1 \pm 0,01$
3	$0,11 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,04$	-	$0,05 \pm 0,01$	-	-
4	-	$0,89 \pm 0,11$	$0,17 \pm 0,05$	$0,59 \pm 0,14$	$0,29 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,10$
5	$1,05 \pm 0,08$	$1,23 \pm 0,12$	$1,22 \pm 0,09$	$0,50 \pm 0,12$	$0,33 \pm 0,03$	$0,41 \pm 0,09$
6	$1,16 \pm 0,11$	$2,80 \pm 0,15$	$1,76 \pm 0,14$	$1,81 \pm 0,16$	$0,62 \pm 0,03$	$0,63 \pm 0,10$

Таблица 24 – Патологически измененные клетки красной крови окуня по периодам года

Показатели	1	I					
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Пойкилоцитоз	2	$4,74 \pm 0,62$	$5,55 \pm 0,37$	$9,23 \pm 0,47$	$3,98 \pm 0,21$	$3,55 \pm 0,26$	$4,02 \pm 0,56$
Заостренные	3	$2,05 \pm 0,13$	$1,57 \pm 0,26$	$4,28 \pm 0,13$	$1,67 \pm 0,11$	$2,51 \pm 0,16$	$1,17 \pm 0,22$
Грушевидные	4	-	-	$1,13 \pm 0,09$	$0,18 \pm 0,02$	-	$1,03 \pm 0,43$
Многогранные	5	$2,69 \pm 0,47$	$3,89 \pm 0,23$	$3,82 \pm 0,46$	$2,13 \pm 0,18$	$1,88 \pm 0,11$	$1,22 \pm 0,37$
Смещение ядра к периферии	6	$1,14 \pm 0,32$	$2,38 \pm 1,29$	$3,12 \pm 0,11$	$2,31 \pm 0,02$	$3,19 \pm 0,79$	$2,26 \pm 1,02$
Шистоцитоз	7	$1,19 \pm 0,05$	$0,77 \pm 0,13$	$1,94 \pm 0,07$	-	$2,79 \pm 0,04$	$2,23 \pm 0,14$
Двухъядерные клетки	8	-	-	$0,05 \pm 0,02$	-	-	$0,10 \pm 0,03$
Деформация ядра	9	$0,04 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,04$	$0,06 \pm 0,05$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$
Всего	10	$7,11 \pm 0,93$	$8,82 \pm 1,38$	$14,40 \pm 0,49$	$6,32 \pm 0,26$	$5,57 \pm 0,26$	$8,67 \pm 1,33$

Продолжение таблицы 24

1	II			III	IV	V
	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
2	$3,52 \pm 0,34$	$4,78 \pm 1,03$	$3,12 \pm 0,86$	$3,08 \pm 0,72$	$8,79 \pm 0,36$	$6,25 \pm 0,27$
3	$0,98 \pm 0,12$	$1,34 \pm 0,22$	$0,28 \pm 0,17$	$1,06 \pm 0,14$	$1,88 \pm 0,17$	$2,03 \pm 0,11$
4	$0,37 \pm 0,05$	$1,06 \pm 0,15$	$0,08 \pm 0,01$	$0,39 \pm 0,07$	$0,95 \pm 0,12$	-
5	$2,17 \pm 0,30$	$2,38 \pm 0,96$	$2,76 \pm 0,79$	$2,33 \pm 0,65$	$6,59 \pm 0,62$	$4,22 \pm 0,24$
6	$1,48 \pm 0,56$	$2,61 \pm 0,17$	$1,50 \pm 0,65$	$0,83 \pm 0,05$	$3,62 \pm 0,91$	$3,17 \pm 1,21$
7	$2,02 \pm 0,17$	$1,12 \pm 0,21$	$0,61 \pm 0,13$	$0,94 \pm 0,12$	$1,09 \pm 0,07$	$1,26 \pm 0,13$
8	-	$0,08 \pm 0,02$	-	-	-	-
9	-	$0,06 \pm 0,01$	-	-	$0,38 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,05$
10	$7,02 \pm 0,41$	$8,65 \pm 1,24$	$5,23 \pm 1,05$	$4,85 \pm 0,80$	$13,12 \pm 0,66$	$10,81 \pm 1,46$

Таблица 25 – Результаты подсчета лейкоцитарной формулы у речного окуня по периодам года

Показатели	1	I					
		июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь
Лимфоциты	2	$83,93 \pm 1,89$	$87,61 \pm 2,61$	$88,72 \pm 2,91$	$89,50 \pm 0,19$	$90,56 \pm 2,75$	$87,21 \pm 1,98$
Лимфобласты	3	$7,73 \pm 01,25$	$7,37 \pm 0,22$	$4,64 \pm 1,46$	$4,41 \pm 0,33$	$3,26 \pm 1,75$	$3,90 \pm 1,25$
<i>Сумма</i>	4	<i>$91,66 \pm 1,13$</i>	<i>$94,98 \pm 2,85$</i>	<i>$93,36 \pm 3,09$</i>	<i>$93,91 \pm 0,14$</i>	<i>$93,82 \pm 2,79$</i>	<i>$91,11 \pm 2,02$</i>
Моноциты	5	$4,22 \pm 0,87$	$2,05 \pm 0,27$	$3,52 \pm 0,27$	$3,16 \pm 0,09$	$2,84 \pm 0,81$	$4,29 \pm 0,54$
Нейтрофилы	6	$1,91 \pm 0,28$	-	$1,58 \pm 0,26$	$0,85 \pm 0,04$	-	$0,12 \pm 0,07$
Миелоциты	7	$1,20 \pm 0,32$	$1,12 \pm 0,19$	-	$0,57 \pm 0,05$	$2,11 \pm 0,10$	$2,60 \pm 1,17$
Метамиелоциты	8	$1,01 \pm 0,25$	$1,85 \pm 0,32$	$1,54 \pm 0,34$	$1,51 \pm 0,01$	$1,23 \pm 0,33$	$1,88 \pm 0,20$
Лейкоциты на 1000 эритроцитов	9	$123,33 \pm 26,40$	$121,43 \pm 3,85$	$72,97 \pm 15,65$	$128,67 \pm 11,61$	$82,66 \pm 7,06$	$78,94 \pm 8,90$
Тромбоциты на 1000 эритроцитов	10	$9,06 \pm 1,14$	$10,82 \pm 2,90$	$23,08 \pm 2,91$	$13,75 \pm 1,27$	$12,04 \pm 2,94$	$9,02 \pm 1,78$

Продолжение таблицы 25

1	II			III	IV	V
	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
2	$86,98 \pm 2,66$	$86,42 \pm 1,92$	$90,34 \pm 1,98$	$89,17 \pm 2,33$	$87,64 \pm 1,89$	$87,43 \pm 1,68$
3	$3,58 \pm 0,13$	$3,03 \pm 1,12$	$2,59 \pm 1,26$	$3,86 \pm 1,14$	$5,58 \pm 1,72$	$4,64 \pm 0,94$
4	$90,56 \pm 2,67$	$89,45 \pm 2,05$	$92,93 \pm 2,13$	$93,03 \pm 2,42$	$93,22 \pm 1,92$	$92,07 \pm 1,82$
5	$4,85 \pm 0,68$	$4,26 \pm 0,34$	$4,35 \pm 1,01$	$3,62 \pm 1,19$	$3,34 \pm 1,24$	$4,67 \pm 1,32$
6	-	$1,95 \pm 0,02$	-	$1,18 \pm 0,12$	$0,66 \pm 0,11$	$0,89 \pm 0,08$
7	$2,39 \pm 0,22$	$2,49 \pm 0,32$	$2,22 \pm 0,06$	$0,88 \pm 0,07$	$2,02 \pm 0,96$	$1,72 \pm 0,31$
8	$2,20 \pm 0,06$	$1,85 \pm 1,17$	$0,50 \pm 0,12$	$1,29 \pm 0,04$	$0,76 \pm 0,11$	$0,65 \pm 0,20$
9	$70,79 \pm 5,40$	$65,28 \pm 7,14$	$52,49 \pm 8,15$	$70,53 \pm 6,74$	$83,50 \pm 4,55$	$60,82 \pm 5,79$
10	$10,05 \pm 4,73$	$8,08 \pm 0,15$	$9,19 \pm 0,86$	$10,33 \pm 1,02$	$7,13 \pm 3,27$	$8,31 \pm 2,66$

Сравнивая морфологию клеток крови у окуней из естественной популяции с выращенными в искусственных условиях рыбами можно выделить тот факт, что у особей, обитавших в реке, доля патологически измененных эритроцитов была выше за один и тот же месяц сравнения; различия достоверны по месяцам (рисунок 19). В отличие от выращенных окуней, у выловленных особей отмечено снижение степени эритропоза не только во время нереста и после него, но и в августе, при бурном развитии сине-зеленых водорослей.

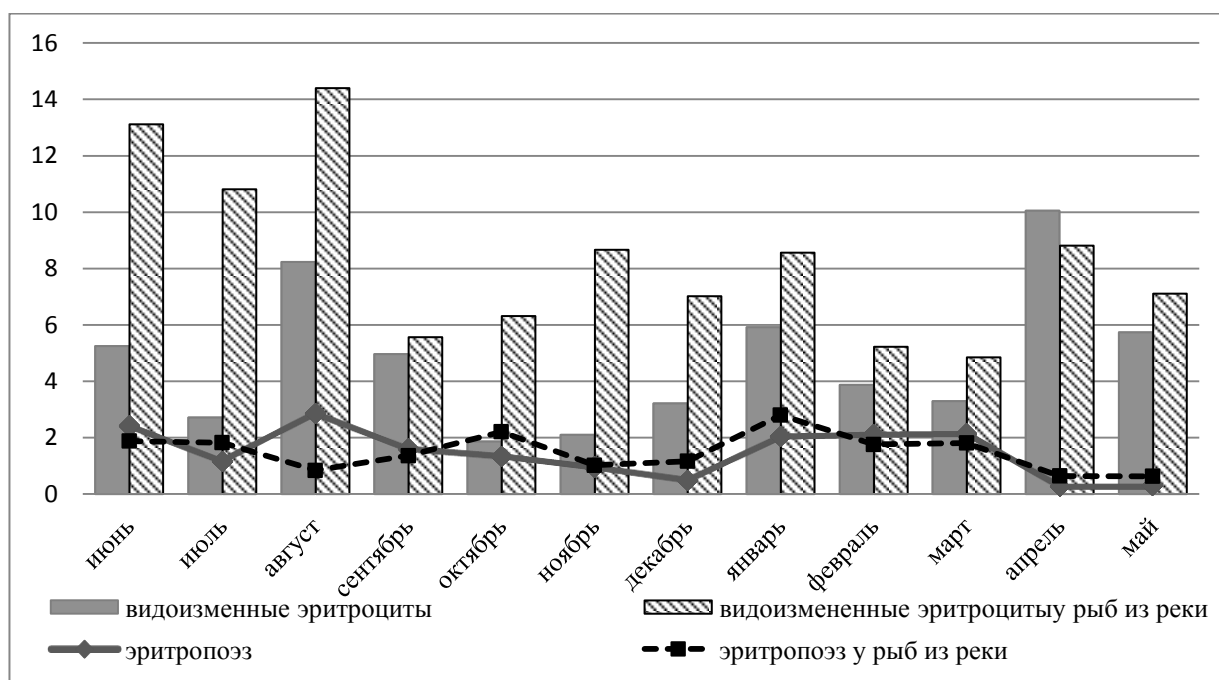


Рисунок 19 – Сравнение морфологических показателей крови между выращенными и выловленными из реки окунями

У выловленных окуней также было отмечено повышенное количество лейкоцитов и тромбоцитов на 1000 эритроцитов, по сравнению с выращенными особями. В теплое время года эти значения были также выше, чем в холодное время. Данные показатели отражают не только состояние иммунитета организма, но и качество водной среды, где обитает рыба. В данном случае окуни, обитавшие в реке, где присутствовал негативный фактор, такой как развитие сине-зеленых водорослей, потенциальных источников инфекций и заболеваний, вырабатывали больше этих клеток в качестве фактора защиты от негативного воздействия. Поэтому в организме

данных рыб выявлено больше концентрации клеток с защитной функцией (рисунок 20).

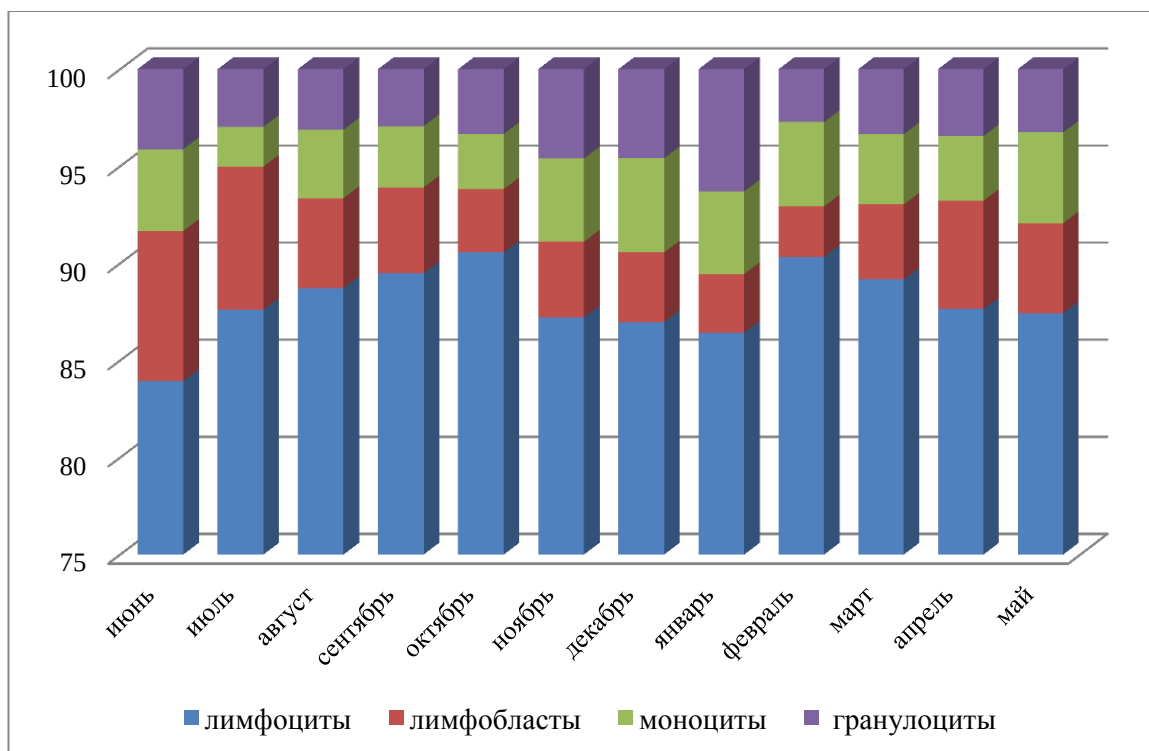


Рисунок 20 – Лейкоцитарная формула у окуней, выловленных из реки

Таким образом, как в естественной среде, так и в искусственных условиях выращивания, у речного окуня наблюдаются колебания показателей красной крови по возрастам и периодам жизненного цикла. У выращенных окуней отмечались более высокие значения рыбоводно-биологических показателей, коэффициента упитанности, количества эритроцитов в крови, биохимических показателей, по сравнению с особями такого же возраста, обитавшими в естественной среде. Комплексное исследование морфофизиологических показателей рыбы, выступающих в качестве индикаторов, позволяет оценить ее физиологическое состояние в целом и установить предельные нормы этих показателей в разных условиях обитания организма. Такой подход имеет большое значение для успешного выращивания речного окуня в условиях аквакультуры в данной отрасли.

ГЛАВА 5 МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБЫКНОВЕННОГО ОКУНЯ ПРИ ПАРАЗИТАРНОЙ ИНВАЗИИ

В естественных водоемах окуни в большой степени заражены различными паразитами. Одним из наиболее распространенных паразитов, живущих в речном окуне, являются нематоды – представители родов *Eustrongylides*, *Anisakis*. Более чем у 55 % выловленных особей речного окуня из реки Большая Болда и Белый Ильмень при вскрытии были обнаружены эти нематоды. У 5 % из выловленных окуней паразиты были выявлены только с помощью микроскопа. Причем 30 % локализовались в печени, 45 % в брюшной полости, 10 % кишечнике, 15 % в мышцах, 5% в жабрах. Паразиты были выделены из внутренних органов или из их оболочек как в свободном состоянии, так и в инкапсулированном; наиболее многочисленными были *Eustrongylides excisus*. При определении паразитов были также выявлены представители некоторых других родов нематод (таблица 26).

Таблица 26 – Нематоды у речного окуня, выловленного из рек Астраханской области

Нематоды	Локализация	ЭИ(%)	ИИ (экз.)
<i>Anisakis schupakow</i>	Брюшная полость, кишечник, жир	51	1-19
<i>Eustrongylides excisus</i>	Брюшная полость, желудок, печень, мышцы, жир	60	5-34
<i>Camallanus lacustris</i>	Жир, кишечник	30	1-7

При заражении этими паразитами у рыб снижается средняя масса тела и коэффициент упитанности, по сравнению со здоровыми особями того же возраста. Результаты исследований показали, что у зараженных окуней меньше масса тела и абсолютная длина, то есть у больных особей происходит задержка роста. Коэффициент упитанности зараженных особей был ниже (таблица 27).

Таблица 27 – Рыбоводно-биологические показатели речного окуня

Показатели	Двухлетки		Трехлетки	
	Зараженные (n=17)	Незараженные (n=7)	Зараженные (n =21)	Незараженные (n=5)
Масса (г)	47,21±4,19	54,33±5,14	91,77±7,85	106,20±10,06
Длина абсолютная (см)	15,36±0,32	16,89±0,41	19,68±0,60	20,11±0,72
Длина до хвостового плавника (см)	13,34±0,41	13,92±0,37	16,92±0,47	17,30±0,56
Коэффициент упитанности по Фультону	1,99±0,08	2,01±0,07	1,89±0,09	2,05±0,10

Изменялись и физиологические показатели зараженных рыб (таблица 28).

Таблица 28 – Показатели крови у зараженных и здоровых окуней

Показатели	Зараженные особи (n = 38)	Здоровые особи (n = 12)
Гемоглобин (г/л)	42,35±2,07	48,40±2,35
СОЭ (мм/час)	4,50±0,12 ²	3,34±0,22 ²
Количество эритроцитов x10 ¹⁰ /л	83,01±4,17 ²	137,22±5,26 ²
МСН (пг)	51,03±2,12 ²	28,34±1,91 ²
Общий белок (г/л)	40,81±1,19 ²	48,97±2,07 ²
Холестерин (ммоль/л)	5,17±0,28 ²	6,81±0,30 ²

¹ – различия достоверны при $p < 0,05$; ² – различия достоверны при $p < 0,01$

Согласно результатам, представленным в таблице 28, у зараженных окуней наблюдалось снижение концентрации гемоглобина (42,35±2,07 г/л), в сравнении со здоровыми особями (48,40±2,35 г/л), однако различия были недостоверны ($p > 0,05$). Так например, у сазана, по данным ряда авторов, при паразитарной инвазии наблюдалось значительное снижение концентрации гемоглобина в крови (Faraz Panjvini et al, 2016). С другой стороны, в исследовании R. Movahed с соавторами (2015) по изменению гематологических показателей судака, обитающего в Anzali Wetland, (Иран),

отмечали инную тенденцию: повышенную концентрацию гемоглобина, по сравнению с незараженными особями, однако различия также были недостоверными. По мнению многих авторов (Benrmanngodel et al., 2015) у речного окуня выявлена большая резистентность к разным абиотическим и биотическим факторам среды, в том числе и к паразитарной инвазии, поэтому при зараженности содержание гемоглобина в крови изменяется неоднозначно.

Количество эритроцитов в крови у зараженных окуней значительно снижалось ($83,01 \pm 4,17 \times 10^{10}$ /л), в то время как у здоровых рыб данный показатель равнялся $137,22 \pm 5,26 \times 10^{10}$ /л (различия достоверны при $p < 0,01$) (рисунок 21). В работах других авторов снижение количества эритроцитов отмечалось у сазана и африканского сома при заражении паразитами, что, естественно, приводило к анемии (Faraz Panjvini et al., 2016; Martins et al., 2004).

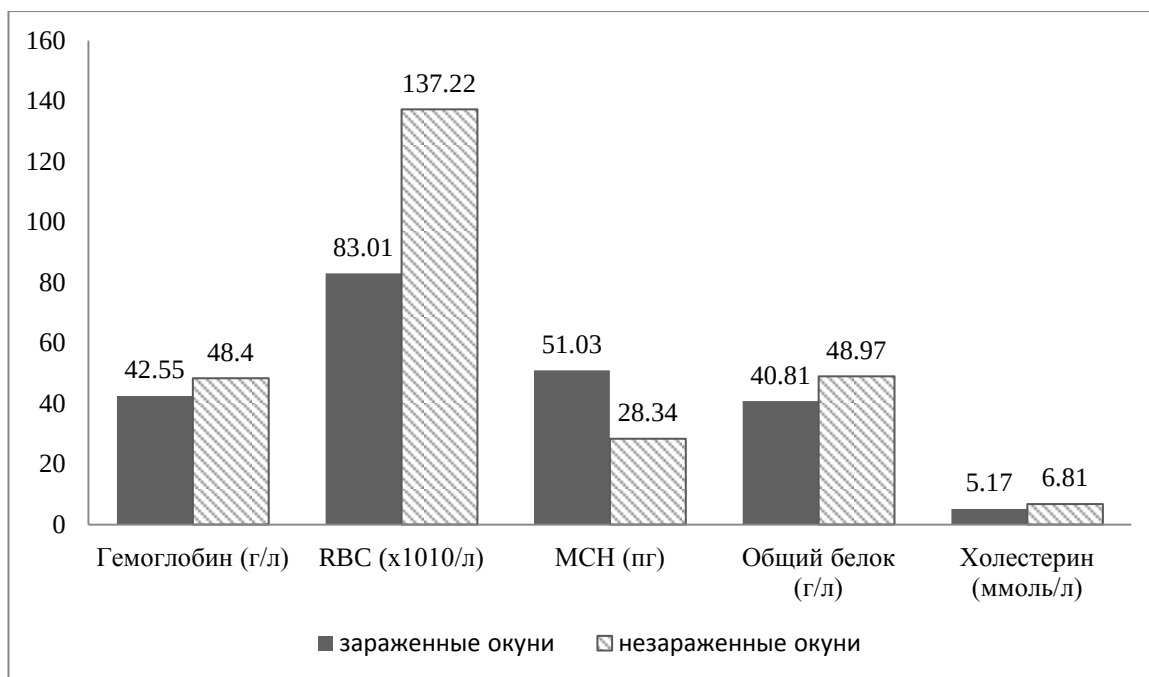


Рисунок 21 – Показатели крови у зараженных и незараженных окуней

В связи со снижением количества эритроцитов увеличилась концентрация гемоглобина в одном эритроците (MCH). Различия по данному показателю были достоверны между зараженными и здоровыми особями речного окуня ($51,03 \pm 2,12$ пг против $28,34 \pm 1,91$ пг при $p < 0,01$). Увеличилось

и значение СОЭ ($4,50 \pm 0,12$ мм/час против $3,34 \pm 0,22$ мм/час у здоровых рыб; различия достоверны при $p < 0,01$). Повышение СОЭ является, во-первых, следствием снижения количества эритроцитов, во-вторых, указывает на наличие воспалительного процесса в организме рыб под влиянием паразитов.

Концентрация общего белка в сыворотке крови у зараженных окуней снижалась до $40,81 \pm 1,19$ г/л, у здоровых была равна $48,97 \pm 2,07$ г/л (различия достоверны при $p < 0,01$). Результаты микроскопического исследования мазков крови рыб показали, что у зараженных окуней уменьшилась доля бластных и молодых клеток эритроцитарного ряда по сравнению со здоровыми особями (таблица 29).

Таблица 29 – Результаты микроскопического изучения мазков крови зараженных и здоровых окуней (%)

Показатели	Зараженные	Незараженные
Эритробласты	$0,32 \pm 0,27$	$0,45 \pm 0,33$
Оксифильные нормобласты	$0,13 \pm 1,32$	$4,73 \pm 1,01$
Полихроматофильные нормобласты	$0,02 \pm 0,71$	$1,18 \pm 0,54$
Патологически измененные формы эритроцитов		
Пойкилоцитоз	$5,9 \pm 0,15$	$3,98 \pm 0,14$
Заостренные	$0,79 \pm 0,11$	$0,59 \pm 0,02$
Грушевидные	$0,30 \pm 0,03$	$0,28 \pm 0,04$
Многогранные	$4,11 \pm 0,09$	$3,11 \pm 0,78$
Смещение ядра к периферии	$1,18 \pm 0,02$	$0,70 \pm 0,13$
Шистоцитоз	$1,82 \pm 0,07$	$0,19 \pm 0,06$
Олигохромазия	$1,22 \pm 0,12$	-
Деформация ядра	$0,17 \pm 0,05$	-
Общая доля патологических клеток	$9,17 \pm 0,23$	$4,87 \pm 0,11$
Лейкоцитарная формула		
Лимфоциты	$75,77 \pm 0,98$	$90,2 \pm 0,54$
Нейтрофилы	$3,57 \pm 0,32$	$0,79 \pm 0,11$
Моноциты	$7,55 \pm 0,46$	$1,57 \pm 0,26$
Лимфобласты	$7,27 \pm 0,67$	$5,86 \pm 0,37$
Миелоциты	$3,27 \pm 0,74$	$0,79 \pm 0,12$
Промиелоциты	$2,57 \pm 0,28$	$0,79 \pm 0,12$
Количество лейкоцитов на 1000 эритроцитов	$252,12 \pm 12,25$	$125,4 \pm 4,28$
Количество тромбоцитов на 1000 эритроцитов	$2,1 \pm 2,01$	$7,1 \pm 1,89$

Такое снижение указывает на угнетение эритропоэза при стрессовом воздействии паразита на организм рыб. Повысилась и доля патологически

измененных эритроцитов в мазках крови до $9,17 \pm 0,23$ % у зараженных особей (против $4,87 \pm 0,11$ % – у здоровых рыб; различия достоверны при $p < 0,01$). Данное повышение в основном происходило за счет увеличения доли пойкилоцитов и шистоцитов в мазках, которые появились вследствие снижения прочности клеточной мембраны клеток, что является симптомом анемии. Как указано в исследовании G. Chiocchia и R. Motias (1989), под влиянием паразитов происходит набухание эритроцитов из-за изменения тока жидкости во внутриклеточную полость.

Работы многих авторов подтверждают, что при паразитарной инвазии наиболее сильно изменяется лейкоцитарная формула и количество лейкоцитов в крови (Lebelo et al., 2001; Rashideh Movahed et al., 2015).

В настоящем исследовании отмечено увеличение количества лейкоцитов на 1000 эритроцитов (до $252,12 \pm 12,25$ клеток у зараженных рыб против $125,4 \pm 4,28$ клеток у здоровых) (таблица 29); увеличение количества лейкоцитов, что связано с их ролью в организме, так как они отвечают за реакцию на паразитов иммуно-защитной системы организма рыб.

Кроме того, было отмечено снижение количества тромбоцитов на 1000 эритроцитов. В лейкоцитарной формуле наблюдались сдвиги состава клеток в сторону нейтрофилов и моноцитов (рисунок 22).



Рисунок 22 – Лейкограмма зараженных и незараженных окуней

Таким образом, как нами было установлено, у зараженных окуней наблюдалось значительное снижение количества эритроцитов в крови, концентрации общего белка и содержания холестерина в сыворотке. По показателям МСН, СОЭ, общего количества лейкоцитов, тромбоцитов, выявлено их увеличение по сравнению с незараженными особями. Анализ состава форменных элементов крови у зараженных окуней показал угнетение эритропоэза в периферической крови. Это явление является признаком анемии; увеличение доли нейтрофилов и моноцитов, доли лимфобластов в лейкоцитарной формуле указывает на усиление лейкопоэза, в том числе нейтрофилеза в организме рыб при паразитарной инвазии.

ГЛАВА 6 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КРОВЕТВОРНЫХ ОРГАНОВ ОБЫКНОВЕННОГО ОКУНЯ

Изучение гистологических препаратов кроветворных органов позволяет оценить их структуру и функциональное состояние, следовательно, оценить физиологическое состояние самого организма. В отличие от теплокровных животных, у рыб отсутствует костный мозг и нет отдельно сформированных лимфоидных органов, а процесс кроветворения происходит во многих органах рыб, в том числе селезенке, кишечнике, жабрах, туловищных почках, печени и периферической крови. Эти органы были изъяты у рыб, выращенных в бассейнах и выловленных из рек в нагульный период жизненного цикла.

Селезенка рыб играет многофункциональную роль, однако, в первую очередь, она является гемопоэтическим и иммунным органом. Селезенка образована гемопоэтической тканью у хрящевых и костистых рыб, в том числе и окуневых. У большинства костистых рыб эритроциты размножаются главным образом в туловищных почках (Terwinghe et al., 2008). Так как селезенка выполняет разнообразные функции, то ее часто используют в качестве объекта для определения физиологических параметров здоровья рыб.

Селезенка рассматриваемых окуней была представлена крупным органом темно-красного цвета. На гистологическом срезе она окружена тонкой соединительнотканной оболочкой, состоящей из кубического эпителия и пластинки из плотной неоформленной соединительной ткани. От этой соединительнотканной пластинки отходят трабекулы, которые состоят из соединительнотканых и гладких мышечных клеток и коллагеновых волокон. Внутри трабекул находятся крупные артерии, заполненные кровью. В паренхиме селезенки различают красную и белую пульпы из ретикулярной ткани, границы которой выражены не очень четко. На срезе красная и белая

пульпы расположены диффузно (рисунок 23). Красная пульпа доминирует над белой. Белая пульпа состоит из периартериального лимфатического влагалища, маргинальной зоны и лимфатических узелков. Периартериальное лимфатическое влагалище образуется путем скопления лимфоцитов вокруг артерии, выходящей из трабекулы в паренхиму селезенки. На срезе периартериальное лимфатическое влагалище четко выделяется темно-фиолетовым цветом за счет скопления лимфоцитов.

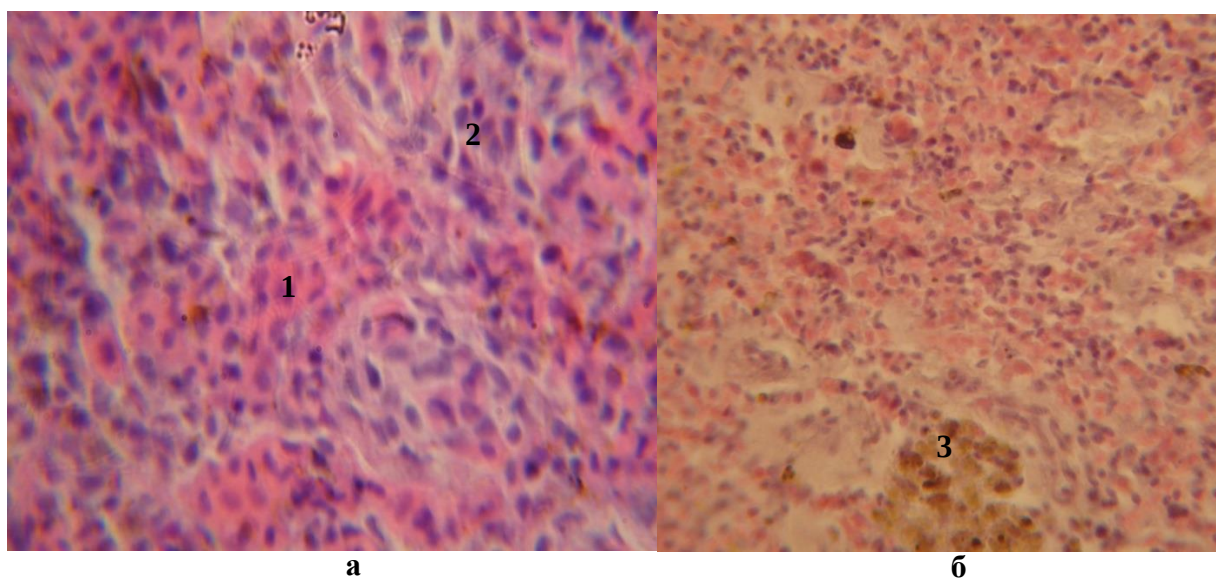


Рисунок 23 – Фрагменты селезенки. Гематоксилин-эозин.

а) фрагмент селезенки особи, выращенной в бассейне. ОК 10 ОБ 100.

б) фрагмент селезенка речной особи. ОК10 ОБ 40; 1– красная пульпа. 2 – белая пульпа; 3 – скопление гемосидерина

На некотором расстоянии от периартериального лимфатического влагалища находится значительное количество развивающихся лимфоцитов, образующих лимфатические узелки. На срезе лимфатические узелки бывают различной формы: вытянутой, овальной, округленно-овальной. В дифференцированном составе клеток белой пульпы у выращенных особей окуня были обнаружены развивающиеся клетки эритроцитарного ($29,78 \pm 0,36$ %), лейкоцитарного ($69,87 \pm 0,42$ %) и тромбоцитарного ($0,35 \pm 0,09$ %) рядов различных стадий зрелости. Среди клеток эритроцитарного ряда наиболее многочисленными были зрелые эритроциты, которые составляли $73,70 \pm 0,23$

%, нормобласты составляли $18,02 \pm 0,12$ %, эритробласты – $6,08 \pm 0,11$ %, гемоцитобласты – $2,2 \pm 0,08$ %. Лейкоциты в белой пульпе делятся на агранулоциты ($52,56 \pm 1,15$ %) и гранулоциты ($18,31 \pm 0,43$ %). Среди агранулоцитов доминируют зрелые лимфоциты ($41,09 \pm 0,27$ %), лимфобласты занимают второе место по численности – $10,90 \pm 0,21$ %, монобласты были наименьшей группой – $0,57 \pm 0,05$ %. В белой пульпе селезенки у речных особей окуня соотношение этих показателей было подобным, то есть доминирующими были клетки лимфоцитарного ряда, однако были отмечены изменения в их соотношении: развивающиеся клетки эритроцитарного составляли $27,13 \pm 0,42$ %, лейкоцитарного – $72,52 \pm 0,55$ %, тромбоцитарного – $0,31 \pm 0,07$ %. Различия были достоверными по доли клеток эритроцитарного и лейкоцитарного рядов с $p < 0,01$. Доля клеток тромбоцитарного ряда у окуней, выловленных из реки незначительно меньше, чем у выращенных особей, однако различия были недостоверными.

Красная пульпа содержит зрелые эритроциты, лимфоциты, окруженные ретикулярными клетками, и макрофаги. В красной пульпе селезенки были обнаружены меланомacroфаговые центры (ММЦ), которые часто встречаются около сосудов. ММЦ состоят из макрофагов и пигментоцитов: меланомacroфагов, содержащих меланин (черного цвета) и гемосидериномacroфагов, содержащих гемосидерин (коричнево-желтого цвета). ММЦ встречаются и в других органах, таких, как печень, почки у костистых рыб, выполняют разные функции: захват и хранение продуктов клеточного распада, инородных тел, участие в иммунологических реакциях (Agius, Roberts, 2003). Считается, что ММЦ характеризуют состояние иммунной системы организма. Повышение и снижение их количества в селезенке свидетельствуют о постоянном стрессовом состоянии или наличии какой-либо болезни в организме (Ribeiro et al., 2011). Кроме того, в ММЦ, меланомacroфаги были обнаружены разбросанными по всей массе красной пульпы (рисунок 23). В результате сравнения обнаружено, что ММЦ в

селезенке искусственно выращенных рыб было больше, чем в селезенке речных окуней

Таким образом, селезенка у речного окуня является универсальным органом кроветворения. В нем происходит размножение и дифференцирование форменных элементов крови, в большей степени – лимфоцитов, а также распад эритроцитов, что обеспечивает процесс обновления и резервирования клеток крови.

Пищеварительный тракт. Желудок рассматриваемых окуней имеет типичную структуру, состоящую из внешней – серозной, средней – мышечной и внутренней – слизистой. Мышечная оболочка состоит из двух слоев гладких мышц: наружный слой представляет собой ряд продольных мышц, внутренний – циркулярно расположенных мышц. Подслизистая оболочка желудка, в связи с его физической и ферментной активностью, снабжена множеством кровеносных сосудов. В мышечной пластинке слизистой оболочки желудка у выращенных в бассейне особей были обнаружены клетки крови различных стадий развития: лимфоциты ($98,95 \pm 0,29$ %), метамиелоциты ($0,23 \pm 0,01$ %), сегментоядерные миелоциты ($0,17 \pm 0,03$ %), моноцит-макрофаги ($0,65 \pm 0,11$ %). Среди последних единично встречаются клетки чрезвычайно большого размера. Клетки разбросаны по всей мышечной пластинке или сосредоточены в небольших скоплениях. У окуней, выловленных из реки, наблюдалось значительное повышение доли моноцитов $2,37 \pm 0,09$ % против $0,65 \pm 0,11$ % у выращенных рыб при $p < 0,01$. Лимфоциты составляли $95,24 \pm 0,61$ %, метамиелоциты – $1,14 \pm 0,02$ %, сегментоядерные миелоциты – $1,25 \pm 0,06$ %. В пилорических придатках, по сравнению с желудком и кишкой, собственная пластинка слизистой оболочки более плотно заполнена клетками крови. Там же были отмечены слабо выраженные скопления кроветворной ткани различного размера и формы в возвышениях эпителия. Клеточный состав таких скоплений был представлен клетками гранулоцитопоэтического ($7,73 \pm 2,33$ %) и

агранулоцитопозитического ($92,27 \pm 3,05$ %) рядов у выращенных особей и $8,21 \pm 1,54$ % и $91,97 \pm 2,76$ % – соответственно, у речных особей. На всем протяжении кишки были обнаружены скопления кроветворной ткани в основаниях кишечных ворсинок. Очень часто данные скопления были расположены у основания ворсинок, в области между двумя соседними ворсинками. Среднее количество таких скоплений на срезе составило $13,21 \pm 2,15$ у рыб, содержащихся в бассейне, и $15,41 \pm 1,52$ – у речных особей. Состав клеток в скоплении у выращенных и выловленных окуней был сходным (различия недостоверны) и был представлен клетками гранулоцитопозитического ряда, составлявшими $11,35 \pm 3,21$ % и $12,17 \pm 2,94$ % – соответственно, клетками агранулоцитопозитического ряда – $88,16 \pm 4,98$ % и $87,83 \pm 3,34$ % .

Таким образом, пищеварительный тракт у речного окуня участвует в процессе гемопоэза, вернее, лейкопоэза. В кроветворной ткани, находящейся в мышечной пластинке слизистой оболочки желудка, пилорических придатков и кишки происходит дифференцировка и созревание элементов белой крови, преимущественно, агранулоцитов. У окуней, обитающих в естественных водоемах, наблюдались большие доли клеток моноцитарного и агранулоцитарного рядов, чем у выращенных в бассейне особей. Такие результаты указывают на особенности питания окуней в естественной среде обитания, которые нуждаются в усилении защитной функции пищеварительного тракта.

Мезонефрос у окуня и многих костистых рыб превратился в лимфоидный орган. В межканальцевой ткани мезонефроса находятся элементы ретикулярной ткани. В этой ткани были найдены формирующиеся клетки крови как эритроцитопозитического, так и лейкоцитопозитического рядов (рисунок 24 – 25). В мезонефросе выращенных в бассейне и выловленных из реки окуней в период нагула происходило развитие тех же рядов клеток, но с различными соотношениями.

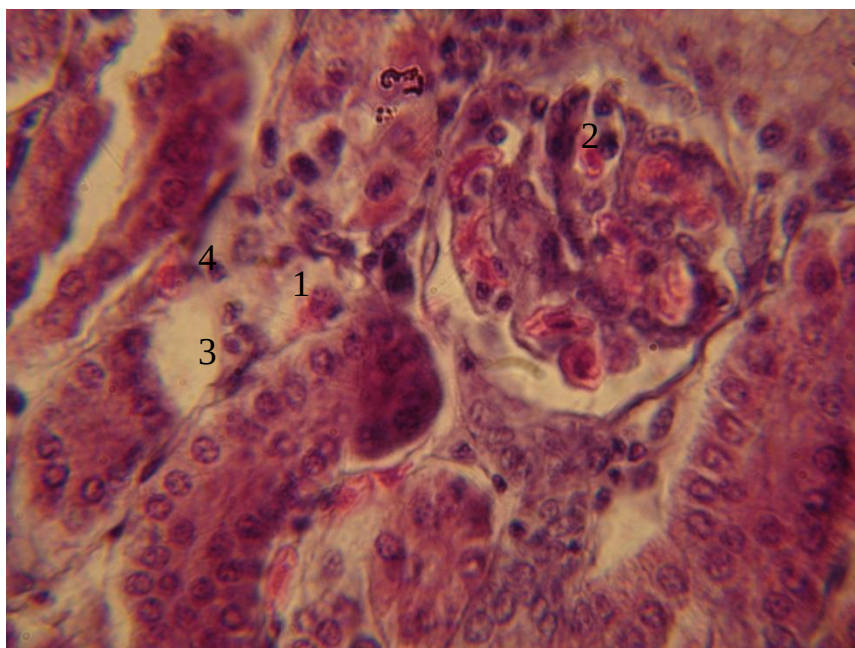


Рисунок 24 – Фрагмент мезонефроса трехлетки речного окуня, выращенного в бассейне. Гематоксилин-эозин. ОК10 ОБ100. 1– эозинофил; 2 – зрелые эритроцит; 3 – лимфобласт; 4 – лимфоцит

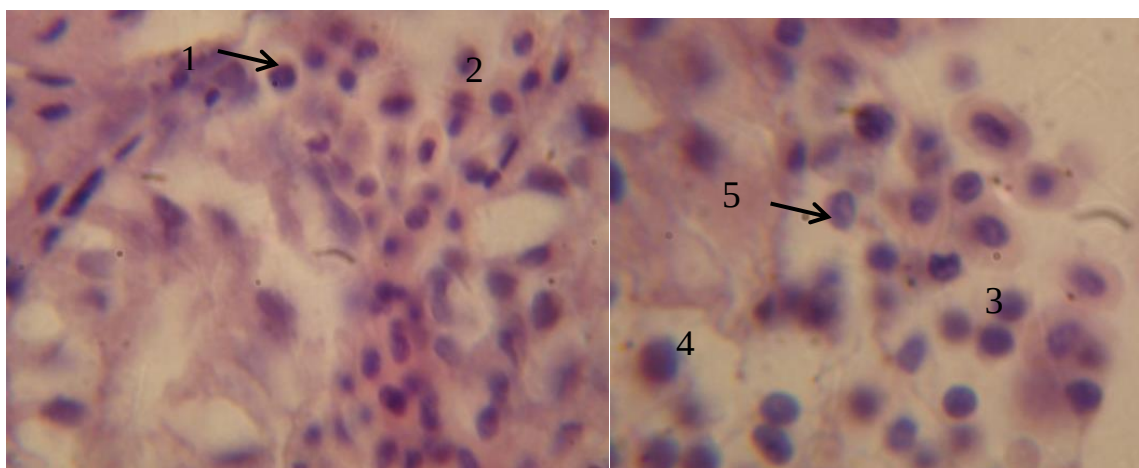


Рисунок 25 – Фрагмент мезонефроса трехлетки речного окуня, выловленного из реки. Гематоксилин-эозин. ОК10 ОБ100. 1– метамиелоцит; 2 – зрелые эритроцит; 3 – эритробласт; 4 – лимфобласт; 5 – лимфоцит

У окуней, выращенных в бассейне, доля зрелых эритроцитов составила $69,67 \pm 2,35$ % против $71,28 \pm 3,24$ % у выловленных из рек особей (различия недостоверны); оксифильными, полихромафильными, базовфильными нормобластами, гемоцитобластами – $30,33 \pm 3,41$ % и $28,72 \pm 2,79$ % – соответственно (различия недостоверны). Клетки лейкоцитопозитического ряда состояли из лимфоцитов и лимфобластов ($32,44 \pm 2,14$ % у искусственно

выращенных рыб и $30,87 \pm 1,68$ % у обитавших в реке окуней); монобластов – $9,36 \pm 2,33$ % и $8,11 \pm 1,55$ %; промиелоцитов, миелоцитов, метамиелоцитов, сегментоядерных гранулоцитов – $57,80 \pm 2,45$ % и $61,02 \pm 1,92$ %, соответственно.

Жабры. У оснований филаментов жаберного аппарата окуня находятся скопления ретикулярной ткани, в которых обнаружены развивающиеся клетки эритропозитического и лейкоцитарного рядов (рисунок 26). У обеих групп окуней наблюдалось небольшое количество этих клеток в ретикулярной ткани жабр.

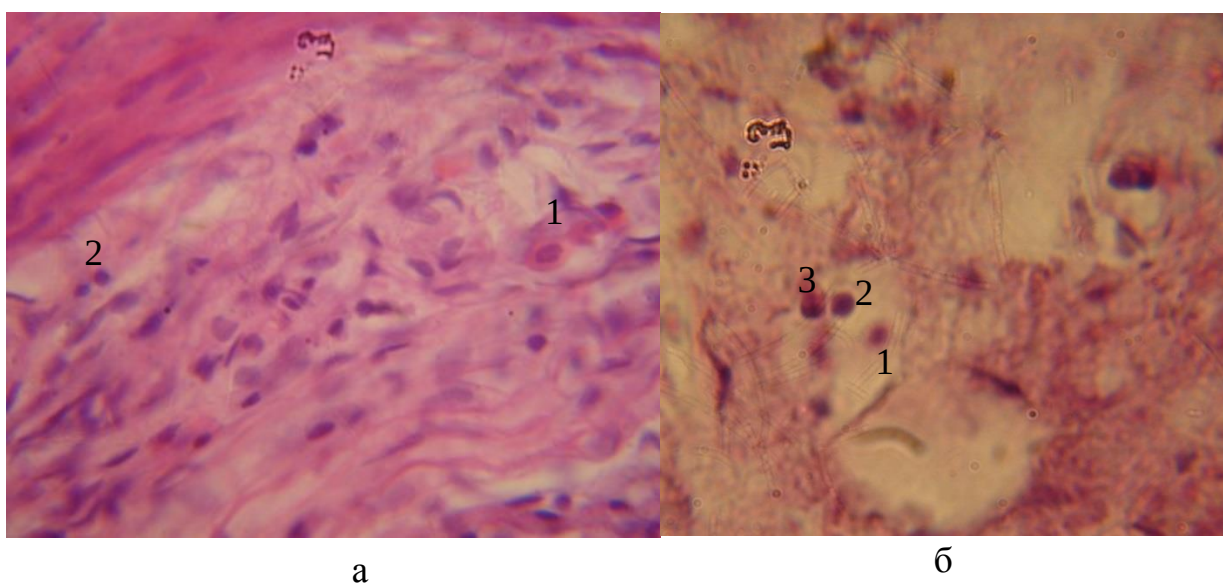


Рисунок 26 – Фрагмент жабры трехлетки речного окуня. Гематоксилин-эозин. ОК10 ОБ100. а) искусственно выращенный окунь; б) выловленный окунь.

1– эритроцит; 2 – лимфоцит; 3–метамиелоцит

Таким образом, универсальными органами кроветворения как у выращенных в бассейне, так и у выловленных из рек окуней, явились селезенка и туловищная почка. Особенно активное кроветворение происходило в почках рыб, которое подтверждено большим количеством бластных и зрелых клеток эритропозитического и лейкопозитического рядов. В ретикулярной ткани кроветворных органов у окуней, выловленных из реки, обнаружены большие доли клеток гранулоцитарного ряда и меньшие доли клеток тромбоцитарного ряда, по сравнению с особями, выращенными в

бассейне. Наиболее значительные различия значений наблюдались в селезенке и пищеварительном тракте. В почке выловленных окуней также было повышение доли гранулоцитов, по сравнению с выращенными рыбами, однако различия между показателями были не достоверными. Увеличение доли клеток гранулоцитарного ряда, возможно связано с особенностью питания окуней в естественной среде обитания, где рыб нуждаются в усилении защитной функции.

ГЛАВА 7 ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМБИКОРМОВ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБЫКНОВЕННОГО ОКУНЯ

В условиях аквакультуры морфофизиологические показатели выращенных рыб реагируют, в первую очередь, на различные корма и кормление. Корма непосредственно влияют на рост и физиологическое состояние выращенных рыб, тем самым определяя выход продукции выращивания. В целях выяснения изменений данных показателей при кормлении различными комбикормами были проведены эксперименты с товарной рыбой и производителями речного окуня.

7.1 Морфофизиологические показатели у рыб товарной массы, потреблявших комбикорм с различными источниками белка

В целях создания оптимальных условий для роста речного окуня в аквариумах была установлена оптимальная температура и другие гидрохимические параметры воды, которые указаны в таблице 30.

Таблица 30 – Гидрохимические параметры качества воды в опытных аквариумах в течение 30-дневного выращивания

Вариант	Температура воды, °С	Содержание кислорода мг/л	Водородный показатель (pH)	Азот аммонийный NH ₄ ⁺ , мг/л	Аммиак мг/л	Азот нитритный, мг/л	Азот нитратный, мг/л
Группа 1	22,1	6,4	7,5	0	0	0,12	2,3
Группа 2	22,4	6,3	7,5	0	0	0,11	2,2
Группа 3	22,4	6,3	7,7	0	0	0,20	2,4
Группа 4	22,1	6,4	7,7	0	0	0,15	2,3
Технологическая норма			6,0 – 8,0	≤0,5	≤0,1	≤0,1	≤1,0

За 30 дней выращивания масса рыб заметно увеличилась. Наиболее высокая масса тела наблюдалась у рыб 3-ей (95,33±5,71 г) и 2-ой групп (92,67±2,40 г), однако различия по средней массе тела рыб между вариантами были недостоверными. При этом важно учитывать показатели

среднесуточного прироста рыб. Наиболее высокое значение этого показателя отметились у рыб 3-ей группы ($0,62 \pm 0,10$ г/сут.), чуть ниже были показатели у рыб 2 группы, которых кормили кормом с личинками мухи ($0,48 \pm 0,12$ г/сут.), еще ниже – у рыб 1-ой группы, которых кормили кормом с гаприном ($0,41 \pm 0,01$ г/сут.) и наименьшим показателем был у рыб 4-ой группы ($0,34 \pm 0,05$ г/сут.) (таблица 31).

Несмотря на довольно большие различия значений среднесуточного прироста между группами, достоверные различия зарегистрированы ($p < 0,05$) только между 3-ей и 4-ой ($0,62 \pm 0,10$ г/сут. против $0,34 \pm 0,05$ г/сут.) и между 3-ей и 1-ой ($0,62 \pm 0,10$ г/сут. против $0,41 \pm 0,01$ г/сут.).

Таблица 31 – Рыбоводно-биологические показатели экспериментальных рыб

Показатель	Группа 1 (n = 30)	Группа 2 (n = 30)	Группа 3 (n = 30)	Группа 4 (n = 30)
Начальная масса (г)	$77,35 \pm 1,69$	$78,33 \pm 5,78$	$76,67 \pm 4,18$	$75,60 \pm 3,23$
Конечная масса (г)	$89,50 \pm 1,41$	$92,67 \pm 2,40$	$95,33 \pm 5,71$	$85,70 \pm 3,52$
Среднесуточный прирост (г/сут.)	$0,41 \pm 0,01$	$0,48 \pm 0,12$	$0,62 \pm 0,10$	$0,34 \pm 0,05$
Начальная длина (L, см)	$18,75 \pm 0,37$	$18,57 \pm 0,54$	$18,33 \pm 0,60$	$18,51 \pm 0,42$
Начальная длина (l, см)	$16,24 \pm 0,29$	$16,13 \pm 0,37$	$16,01 \pm 0,37$	$16,29 \pm 0,31$
Начальная упитанность	$1,81 \pm 0,06$	$1,86 \pm 0,02$	$1,87 \pm 0,06$	$1,75 \pm 0,05$
Конечная длина (L, см)	$19,01 \pm 0,50$	$18,87 \pm 0,55$	$18,57 \pm 0,58$	$18,55 \pm 0,43$
Конечная длина (l, см)	$16,45 \pm 0,29$	$16,27 \pm 0,45$	$16,12 \pm 0,40$	$16,31 \pm 0,40$
Конечная упитанность	$2,02 \pm 0,07$	$2,16 \pm 0,12$	$2,27 \pm 0,04$	$1,97 \pm 0,03$
Выживаемость, %	100	100	100	100

При расчете коэффициента упитанности у рыб всех групп наблюдалось повышение данного показателя в конце эксперимента (различия между показателями начальной и конечной упитанности были достоверными). Наиболее высокое значение было отмечено у рыб 3 группы (0,4 единицы), наименьшее – у рыб 1 группы (0,22 единицы). У рыб 2 и 4 групп данные значения составили 0,3 и 0,22 – соответственно.

На графике рисунка 27 показаны различия морфо-биометрических индикаторов между группами экспериментальных рыб. Нужно отметить, что у рыб второй и третьей групп были незначительные различия, в то же время первая и четвертая группы были более близкими по значениям показателей.

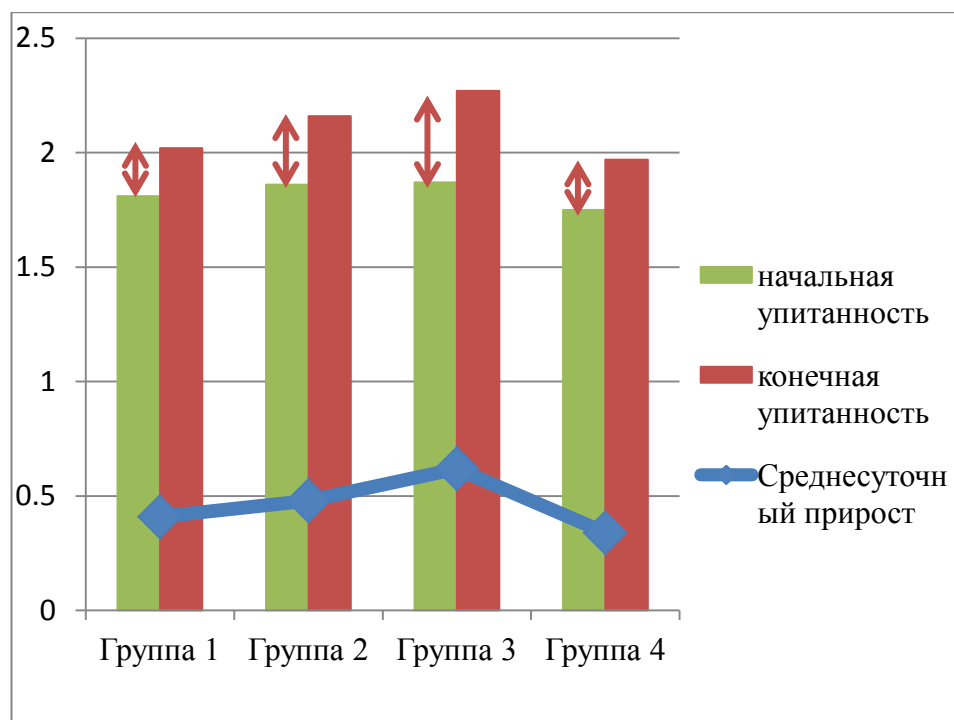


Рисунок 27 – Морфо-биометрические индикаторы в опытных группах

Гематологические показатели у всех подопытных рыб были в пределах данных, полученных в ранее проведенных работах (Нгуен, 2015). Наиболее высокая концентрация гемоглобина оказалась у рыб 3 группы ($59,46 \pm 2,08$ г/л), наиболее низкая – у 1 группы ($37,84 \pm 1,71$ г/л) (таблица 32). Однако не наблюдалось достоверного различия по данному показателю между 1 и 2 группами ($p > 0,05$).

Таблица 32 – Показатели состава крови у рыб в опытных группах

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Гемоглобин (г/л)	$33,71 \pm 1,99$	$36,29 \pm 1,33$	$42,29 \pm 1,56$	$52,28 \pm 2,99$
	$37,84 \pm 1,71$	$39,73 \pm 3,14$	$59,46 \pm 2,08$	$51,89 \pm 2,02$
Общий белок в сыворотке (г/л)	$34,35 \pm 4,26$	$34,78 \pm 3,75$	$40,43 \pm 2,11$	$36,96 \pm 1,22$
	$40,30 \pm 1,24$	$36,43 \pm 1,67$	$35,97 \pm 1,17$	$36,16 \pm 1,86$
Холестерин (ммоль/л)	$7,38 \pm 1,54$	$6,09 \pm 0,21$	$7,94 \pm 0,62$	$7,57 \pm 0,54$
	$5,16 \pm 0,01$	$4,09 \pm 0,20$	$4,14 \pm 0,15$	$5,13 \pm 0,07$
Конечное значение СОЭ (мм/час)	$3,13 \pm 0,27$	$3,25 \pm 0,13$	$3,02 \pm 0,21$	$3,87 \pm 0,14$
Конечное значение количества эритроцитов в крови (млн/л)	$219,25 \pm 22,14$	$215,57 \pm 33,42$	$340,01 \pm 12,28$	$155,58 \pm 31,52$
Конечное значение среднего содержания гемоглобина в эритроците (пг)	$17,28 \pm 0,89$	$18,48 \pm 1,62$	$17,49 \pm 0,12$	$33,4 \pm 3,57$

Несмотря на то, что различия между начальным и конечным уровнями содержания гемоглобина у всех вариантов были недостоверными, в таблице 32 можно заметить динамику увеличения содержания гемоглобина в конце эксперимента, что свидетельствует о позитивном действии кормов на физиологическое состояние организма рыб.

По содержанию общего белка в сыворотке крови наблюдалась другая картина: наиболее высокий показатель общего белка был отмечен у рыб 1 группы (рисунок 28), различия достоверны при $p < 0,05$ против показателей у рыб 2 группы ($36,43 \pm 1,67$ г/л) и 3 группы ($35,97 \pm 1,17$ г/л), при сравнении с 4 группой ($36,16 \pm 1,86$ г/л), различия были недостоверными. Между 2, 3, 4-ой группами достоверные различия не были установлены ($p > 0,05$).

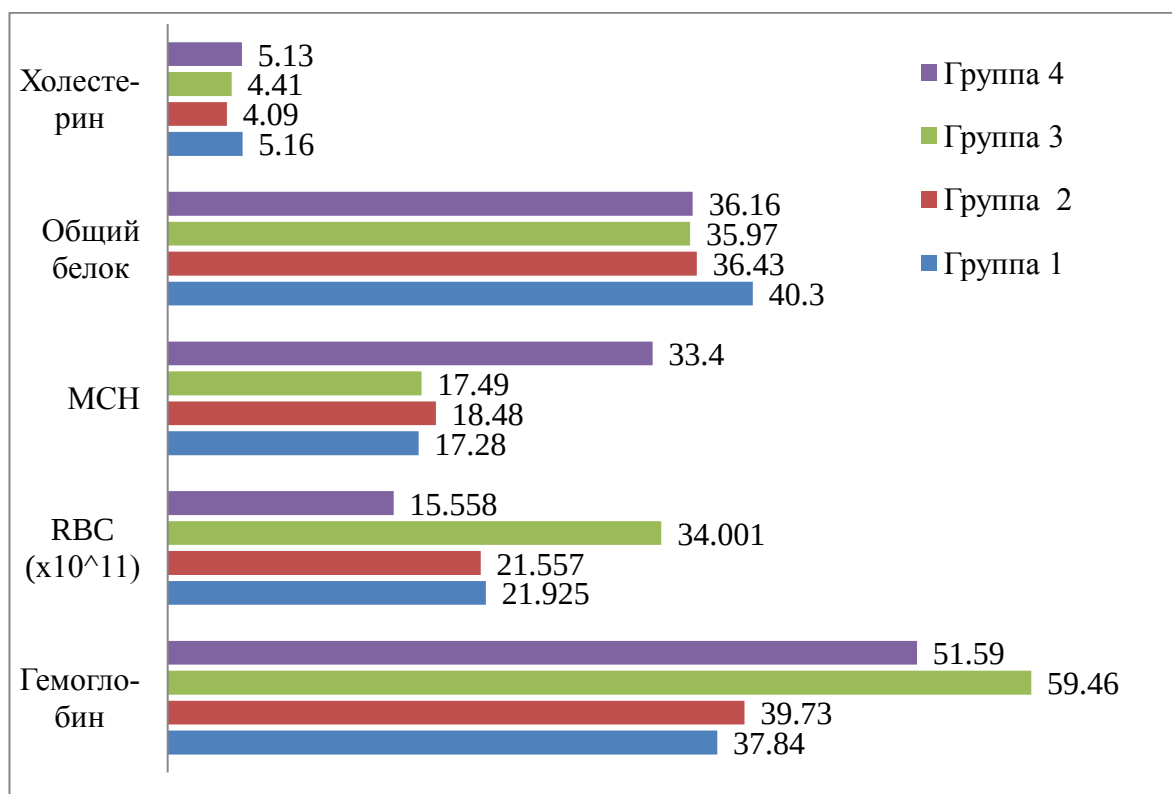


Рисунок 28 – Физиологические индикаторы состояния окуней в разных опытных группах

Холестерин – жизненно необходимый компонент; он обеспечивает сбалансированность биохимических процессов в организме. Повышение или снижение данного показателя за пределы нормы свидетельствует о том, что организм испытывает недостаток питания или был подвержен болезням. В

данном исследовании наиболее высокие концентрации уровня холестерина были отмечены у рыб 1 и 4 групп ($5,16 \pm 0,01$ ммоль/л и $5,13 \pm 0,07$ ммоль/л, соответственно, различия недостоверны между собой). У рыб второй и третьей групп уровень содержания холестерина был чуть ниже, по сравнению с остальными, и составил $4,09 \pm 0,20$ ммоль/л и $4,14 \pm 0,15$ ммоль/л, соответственно. Примечательно, что содержание углеводов в рецептуре кормов 1-го и 4-го вариантов было почти одинаково высоким. В рецептуре корма 2-ой группы, где обнаружилась самая низкая концентрация холестерина, было наименьшее содержание углеводов.

Необходимо отметить, что по сравнению с начальными значениями холестерина в сыворотке крови, в конце экспериментов этот показатель заметно снизился, стал более близким к показателям рыб, обитающих в естественных условиях. У рыб, до начала эксперимента, потреблявших корм с очень высоким содержанием углеводов, часто отмечалось заметное повышение холестерина в сыворотке крови (до 7-8 ммоль/л, таблица 32).

Результаты микроскопического изучения мазков крови свидетельствовали о нормальном состоянии гемопоэза у подопытных рыб. Общие доли бластных клеток эритроцитарного ряда у всех групп варьировались от 3,09% (у рыб 4-ой группы) до 7,65% (у рыб 3-ей группы). Незрелые формы эритроцитов составили, главным образом, оксифильные нормобласты и небольшое количество эритробластов (таблица 33).

В мазках крови были отмечены некоторые морфологические отклонения эритроцитов: пойкилоцитоз, шистоцитоз, смещение ядра к периферии клетки и деформация ядра клетки. Среди перечисленных видов изменений больше всего был распространен пойкилоцитоз, при котором изменяется форма эритроцита, но сохраняются основные характеристики ядра клетки.

Таблица 33 – Форменные элементы крови у рыб, потреблявших разные варианты кормов (%)

Показатели	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Эритробласты	0,45±0,33	0,81±0,27	1,78±0,26	0,21±0,18
Оксифильные нормобласты	2,73±1,01	5,13±1,32	4,67±2,05	1,87±0,97
Полихроматофильные нормобласты	1,18±0,54	1,22±0,71	1,20±0,12	1,01±0,31
Патологически измененные формы эритроцитов				
Пойкилоцитоз	5,98±0,14	2,0±0,06	4,03±0,09	4,49±0,04
Заостренные	0,59±0,02	0,79±0,11	1,81±0,05	1,65±0,08
Грушевидные	0,28±0,04	0,11±0,03	0,12±0,03	0,63±0,02
Многогранные	5,11±0,78	1,11±0,09	2,10±0,12	2,21±0,10
Смещение ядра к периферии	0,70±0,13	0,18±0,02	0,34±0,06	0,43±0,07
Шистоцитоз	0,19±0,06	0,32±0,07	0,17±0,01	0,71±0,02
Деформация ядра	-	-	-	1,05±0,03
Общая доля патологических клеток	6,87±0,11	2,7±0,07	4,54±0,07	6,68±0,06
Лейкоцитарная формула				
Лимфоциты	89,8	90,2	87,95	85,92
Нейтрофилы	0,57	0,79	0,68	1,41
Моноциты	4,55	1,57	2,05	8,45
Лимфобласты	2,27	5,91	7,26	1,41
Миелоциты	2,27	0,79	0,68	1,41
Промиелоциты	0,57	0,79	1,37	1,41
Количество лейкоцитов на 1000 эритроцитов	105,23	114,31	146,16	72,68
Количество тромбоцитов на 1000 эритроцитов	13,22	11,06	7,28	8,31

В данном исследовании были отмечены заостренные, грушевидные и многогранные эритроциты. Изменение формы эритроцитов появляется вследствие того, что клетка теряет эластичность под воздействием неблагоприятных факторов на кроветворные органы или на саму клетку. Однако пойкилоцитоз также рассматривается как компенсаторное явление для увеличения площади эритроцита, участвующего в процессе обмена веществ, и как симптом анемии (Житенева и др., 1989). В данном случае наиболее высокие доли пойкилоцитов были зарегистрированы у рыб 1-ой группы (5,98±0,14 % против всех остальных групп; различия достоверны при $p<0,01$). Наименьшие доли пойкилоцитоза были отмечены у рыб, употреблявших 2-ой вариант (2,0±0,06 %) корма.

Кроме пойкилоцитоза, в мазках крови рыб было отмечено небольшое количество эритроцитов со смещенным к периферии клетки ядром. Их доля была выше у рыб в 1-м варианте кормления. Для шистоцитоза характерно появление на мазке оборванных клеток (шистоцитов). Деформация ядра эритроцита была отмечена у рыб 4-го варианта кормления в небольшом количестве ($1,05 \pm 0,03$ %). Для данного вида нарушения эритроцитов характерна неправильность формы ядра клетки при сохранении относительно нормальных их размеров. Размеры самой клетки также соответствовали норме. Массовая деформация ядра эритроцита обычно проявляется при загрязнении водной среды и под влиянием радиоактивных факторов, что приводит к дистрофии клетки (Семенов, 2004). Однако, в нашем случае, нарушение ядра клеток было зарегистрировано в довольно малом количестве при незначительной встречаемости (6,67%), поэтому оно было отнесено к индивидуальным адаптационным механизмам рыб (таблица 34).

Таблица 34 – Встречаемость рыб с различными патологиями кровяных клеток (%)

Виды изменения	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Пойкилоцитоз	56,67	53,33	50,00	53,33
Смещение ядра к периферии	36,67	43,33	40,00	40
Шистоцитоз	23,33	16,67	23,33	16,67
Деформация ядра	-	-	-	6,67

Общие доли видоизмененных эритроцитов среди всех групп максимально встречались у рыб 1-ой группы ($6,87 \pm 0,11$ % против остальных вариантов; различия достоверны при $p < 0,01$), минимально – у рыб 2-ой группы ($2,7 \pm 0,07$ %) (рисунок 28). Количество видоизмененных эритроцитов в 1-ой группе на опытном корме увеличилось за счет значительной доли пойкилоцитов (таблица 34), количество клеток с остальными видами отклонений не превышало количества, выявленного у рыб, употреблявших другие варианты корма.

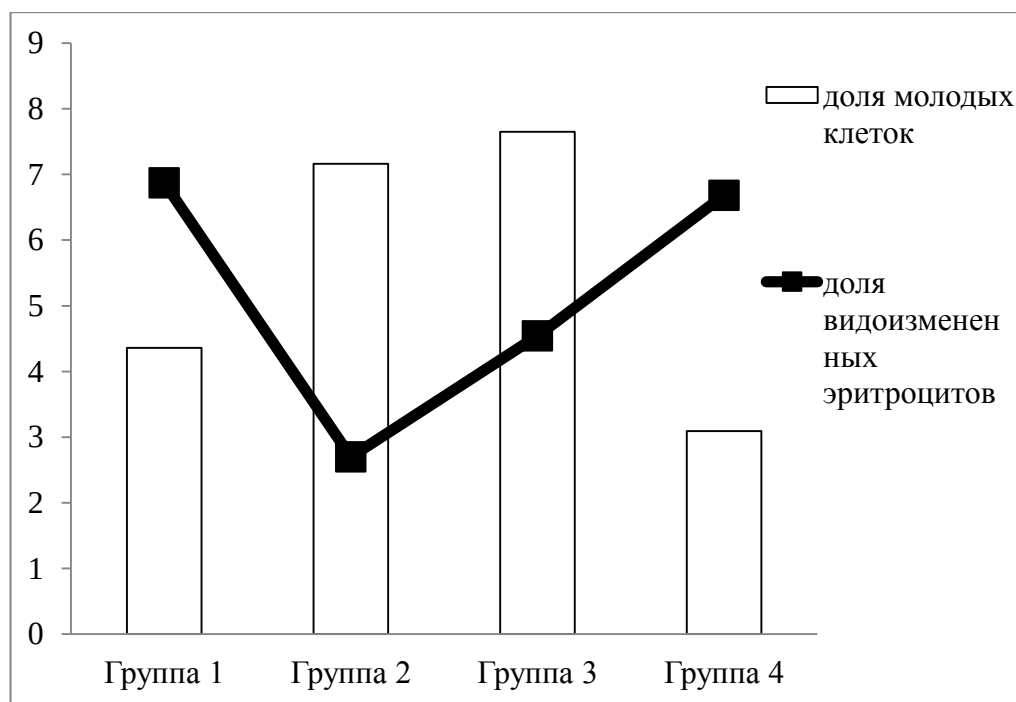


Рисунок 29 – Морфологические изменения эритроцитов в крови окуней, потреблявших корм с разными источниками протеина

Лейкоцитарную формулу исследованных рыб включали в себя лимфоциты, моноциты, нейтрофилы, а также бластные клетки, такие как лимфобласты, миелоциты, промелоциты. Большинство лейкоцитов представлено лимфоцитами, что свидетельствует о высокой степени развития клеточного иммунитета (Житенева и др., 2001).

Таким образом, показатели морфологического и физиологического состояния у выращенных рыб меняется в зависимости не только от среды обитания, биологического ритма организма, но и от кормления. Качество и сбалансированность комбикорма могут отражаться на морфофизиологических показателях рыб. В этом исследовании было установлено, что среди групп экспериментальных рыб у рыб 3-ей и 2-ой групп были наиболее оптимальные значения гемоглобина и количества эритроцитов в крови, МСН, а также по содержанию общего белка и холестерина. У рыб 2-ой группы была более высокая доля молодых клеток эритроцитарного ряда (7,16 %) с наименьшей долей патологических эритроцитов ($2,7 \pm 0,07$ %), что свидетельствует о хорошем физиологическом

состоянии рыб. Наибольший среднесуточный прирост и упитанность тела регистрировались у рыб третьей группы, затем – у рыб второй группы. Такие результаты объясняются тем, что по составу ингредиентов третий вариант корма (фарш из сорной рыбы) наиболее близок к составу пищи окуня в естественных условиях.

7.2 Морфофизиологические показатели у производителей окуня, потреблявших комбикорма с разными источниками белка

Одной из важнейших задач в рыбоводстве является обеспечение качественного посадочного материала, на которое действительно влияет физиологическое состояние производителей.

Для производителей речного окуня были созданы одинаковые условия водной среды в аквариумах, условия были оптимальными для развития объекта и представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Гидрохимические параметры качества воды в аквариумах в течение 30-дневного выращивания

Вариант	Температура воды, °С	Содержание кислорода мг/л	Водородный показатель (рН)	Азот аммонийный NH ₄ ⁺ , мг/л	Аммиак мг/л	Азот нитритный, мг/л	Азот нитратный, мг/л
Группа 1	22,1	6,4	7,5	0	0	0,12	2,3
Группа 2	22,4	6,3	7,5	0	0	0,11	2,2
Группа 3	22,4	6,3	7,7	0	0	0,20	2,4
Группа 4	22,1	6,4	7,7	0	0	0,15	2,3
Технологическая норма			6,0 – 8,0	≤0,5	≤0,1	≤0,1	≤1,0

Результаты экспериментальной работы приведены в таблице 36. Согласно данным в таблице, наиболее высокое значение среднесуточного прироста отмечено у рыб 3-ей группы ($0,60 \pm 0,02$ г/сут), затем у рыб с 1-ым и 2-ым вариантами кормления ($0,55 \pm 0,05$ г/сут и $0,55 \pm 0,03$ г/сут, соответственно).

Таблица 36 – Морфофизиологические показатели экспериментальных рыб

Показатель	Группа 1 (n = 30)	Группа 2 (n = 30)	Группа 3 (n = 30)	Группа 4 (n = 30)
Начальная масса (г)	138,10±4,71	139,33±4,80	140,50±5,74	140,70±3,74
Конечная масса (г)	154,53±3,58	152,67±4,69	158,50±5,29	156,28±2,92
Среднесуточный прирост (г/сут.)	0,55±0,05	0,55±0,03	0,60±0,02	0,52±0,02
Начальная длина (L, см)	19,75±0,40	20,83±0,73	22,25±0,61	21,05±0,57
Начальная длина (l, см)	17,26±0,38	18,30±0,50	19,25±0,60	18,85±0,44
Упитанность	2,49±0,12	2,13±0,21	2,15±0,14	2,13±0,19
Конечная длина (L, см)	20,55±0,25	21,26±0,93	22,55±1,43	21,15±0,60
Конечная длина (l, см)	17,65±0,40	18,80±0,83	19,51±1,22	19,21±0,62
Упитанность	2,63±0,11	2,28±0,20	2,31±0,15	2,23±0,17
Гемоглобин (г/л)	32,43±3,35	39,59±2,39	38,62±3,31	47,55±4,01
Общий белок в сыворотке (г/л)	29,56±2,78	62,70±2,24	63,24±2,25	31,32±1,20
Холестерин (ммоль/л)	5,17±0,01	3,94±0,20	4,25±0,18	5,05±0,21
Количество эритроцитов в крови ($\times 10^{10}$ /л)	155,21±11,02	199,44±13,97	201,24±14,05	186,79±12,33
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (пг)	20,89±1,35	19,85±1,98	19,19±1,58	25,46±2,01

У рыб 4-ой группы среднесуточный прирост составлял $0,52 \pm 0,02$ г/сут. Однако не существовало достоверного различия между группами, за исключением 3-ей и 4-ой, различия между которыми были достоверны при $p < 0,01$.

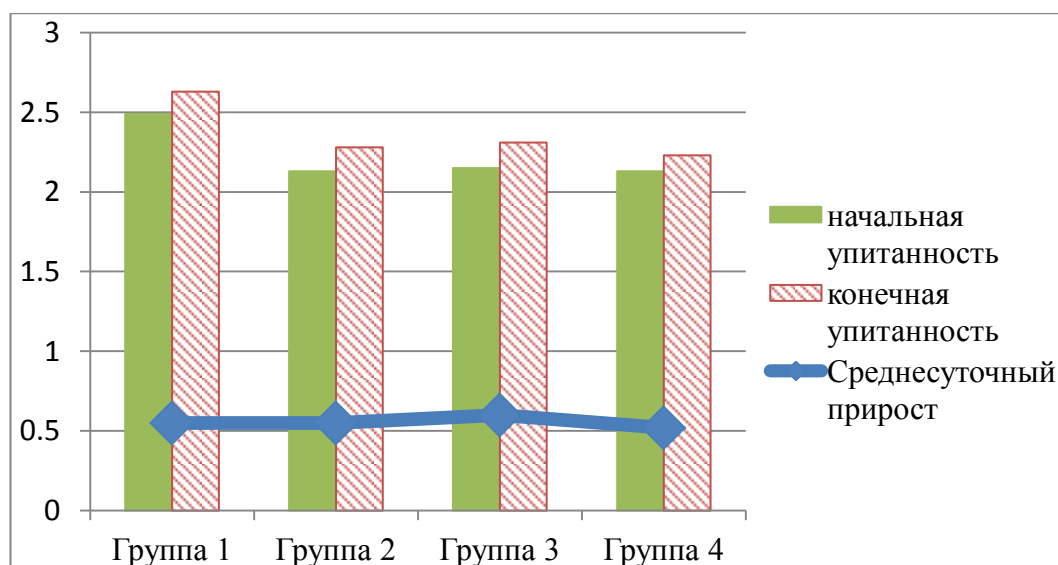


Рисунок 30 – Показатели упитанности и среднесуточного прироста рыб в опытах с кормами и разными источниками протеина

Анализ показателей упитанности в начале и конце опыта показал максимальное его значение у рыб в 3-ей группе (0,16), наименьшее – в 4-ой (0,10). У рыб 1-ой и 2-ой групп эти значения были равны 0,14 и 0,15, соответственно.

Показатели крови у всех подопытных рыб были приблизительно равны показателям крови окуня, выращенного в искусственных условиях (Нгуен, 2015). Наиболее высокая концентрация гемоглобина была установлена у рыб 4-ой группы ($47,55 \pm 4,01$ г/л, различия достоверны при $p < 0,01$ против остальных вариантов). Наиболее низкий уровень гемоглобина был зафиксирован у рыб с 1-ым вариантом кормления ($32,43 \pm 3,35$ г/л). У рыб 2-ой и 3-ей групп концентрация гемоглобина составляла $39,59 \pm 2,39$ г/л и $38,62 \pm 3,31$, соответственно. Однако не существовало достоверных различий по этому показателю между 1-ой, 2-ой и 3-ей группами ($p > 0,05$). Не существовало достоверных различий в показателях количества эритроцитов в объеме крови, однако были выявлены явные различия между группами с концентрацией гемоглобина в одном эритроците. Наиболее высокое значение было отмечено у рыб 4-ой группы ($25,46 \pm 2,01$ пг), наименьшее – у рыб 3-го варианта кормления – $19,19 \pm 1,58$ пг (различия достоверны при $p < 0,01$).

По содержанию общего белка в сыворотке крови у рыб 1-го варианта кормления отмечалось его небольшое снижение по сравнению с четвертым вариантом ($29,56 \pm 2,78$ г/л против $31,32 \pm 1,20$ г/л), однако различия были недостоверными. Наоборот, у рыб 2-го и 3-го вариантов кормления наблюдалось выраженное повышение содержания общего белка до $62,70 \pm 2,24$ г/л и $63,24 \pm 2,25$ г/л (различия были недостоверными).

У рыб 2-го и 3-го вариантов кормления были установлены довольно сходные результаты: более высокое содержание общего белка, слегка повышенные показатели количества эритроцитов в объеме крови; при этом концентрация гемоглобина в эритроците сохранялась в пределах нормы (Rahbar et al., 2011; Нгуен, 2017). Данные свидетельствуют о более активном

состоянии рыб, что, возможно, имеет большое значение в формировании половых продуктов у производителей.

Холестерин является жизненно необходимым компонентом, который обеспечивает сбалансированность биохимических процессов в организме. Повышение или снижение этого показателя за пределами нормы свидетельствует о том, что организм получал несбалансированный корм или рыба была больна. Кроме того, у производителей окуня уровень холестерина в сыворотке характеризует процесс формирования и созревания половых продуктов. В нашем случае у рыб всех вариантов кормления концентрация холестерина была достаточно высокой, что свидетельствует о благополучном физиологическом состоянии рыб. Наиболее высокие значения были отмечены у рыб 1-го и 4-го вариантов кормления ($5,17 \pm 0,01$ ммоль/л и $5,05 \pm 0,21$ ммоль/л, соответственно; различия были недостоверными между собой). Более низкая концентрация холестерина была у рыб, получавших 2-й и 4-й варианты кормов ($3,94 \pm 0,20$ ммоль/л и $4,25 \pm 0,18$ ммоль/л, соответственно; различия недостоверны между собой). В ходе эксперимента было установлено, что содержание углеводов в рецептуре 1-го и 4-го варианта кормов было достаточно высоким. У рыб 2-ой группы, где была установлена самая низкая концентрация холестерина, содержание углеводов в рецептуре было самым низким.

Таким образом, морфофизиологические показатели состояния у выращенных рыб (индикаторы) меняются не только в зависимости от среды обитания, биологических ритмов организма, но и в результате кормления. Качество, сбалансированность комбикорма могут полностью отражаться на морфофизиологических индикаторах рыб. На основе этих рассмотренных показателей, было установлено, что наиболее быстрый темп роста, более высокий коэффициент упитанности, более высокая концентрация гемоглобина, содержание общего белка и холестерина наблюдались у рыб третьего варианта кормления (корм с фаршем из рыбы).

Морфофизиологические индикаторы у товарных и половозрелых окуней были разными в опытах при кормлении разными вариантами белка. Показано, что, чем ближе состав комбикорма к потребностям рыб в питательных веществах, тем выше содержание общего белка крови, ниже доли патологических клеток крови. Это было установлено у рыб, потреблявших комбикорм с фаршем из малоценной рыбы и белком из личинок мухи черная львинка. Такой результат обусловлен тем, что евроазиатский окунь, несмотря на его широкий спектр питания, является хищной рыбоядной рыбой, поэтому фарш из малоценной рыбы, по-видимому, наиболее близок к составу естественной пищи окуня. С другой стороны, мука из личинок насекомых богата аминокислотами и незаменимыми жирными кислотами, микро- и макроэлементами, что необходимо как для роста рыб, так и для формирования и созревания половых продуктов у производителей.

7.3 Экономическая эффективность выращивания окуня на комбикормах до товарной массы

По окончании исследований была рассчитана экономическая эффективность выращивания окуня на комбикормах до товарной массы.

Таблица 37 – Исходные данные для экономических расчетов (Федоровых и др., 2011; Матишов, Пономарев, Бахарева, 2013; Kestemont, Darbowski, Summerfelt, 2015)

Показатель	Ед. измерения	Нормативы
1	2	3
Рабочая плодовитость	тыс.шт.	40
Соотношение полов	Самцы:самки	2:1
Масса производителей	кг	0,2 – 0,3
Плотность посадки производителей	шт/м ²	30
Процент созревания производителей	%	90
Резерв производителей	%	50
Процент оплодотворенной икры	%	97

Продолжение таблицы 37

1	2	3
Норма загрузки инкубационного аквариума	шт./м ²	6000
Отход за период:	%	
- инкубации		10
- выдерживание		3
- подращивание		22
- выращивание молоди до массы 10 г		5
40 г		5
- до товарной массы 250 г		2
Плотность посадки		
- предличинок	шт./бассейн	4000-6000
- личинок	шт./л	100
- молоди	шт./л	10
- сеголеток	шт./л	1-2

7.3.1 Рыбоводный расчет

1. Рыбоводный завод имеет мощность инкубационного цеха 40 аквариумов, причем норма загрузки икры речного окуня составляет 6000 тысяч. шт./м², аквариум размером 200х80см, следовательно нужно загрузить 3840000 шт. оплодотворенной икры.

2. Процент оплодотворенной икры речного окуня равен 97 %, значит, для загрузки на инкубацию необходимо 426667 шт. икринок

3. Рабочая плодовитость самок речного окуня может быть принята равной 40 тысяч. шт. икринок, значит, заводу требуется 11 самок. Соотношение полов у речного окуня составляет 2:1, поэтому потребуется 22 самца.

4. Процент созревания производителей 90 %, следовательно, необходимо заготовить 13 самок и 26 самцов.

5. Резерв производителей составляет 50 %, значит общее количество производителей равно 26 самками и 52 самцам. Следует вычислить количество полученной молоди для выращивания в проточных бассейнах:

6. Отход за период инкубации в аквариумах составляет 10 %, значит количество выклюнувшихся предличинок будет равно 345600 шт. предличинок

7. Выживаемость личинок за период выдерживания в бассейнах равна 97 %, значит количество личинок, полученных после выдерживания будет равно 335232 шт. личинок.

8. Отход за период подращивания личинок – 22%, следовательно, количество молоди будет равно 295005 шт.

9. Отход за период выращивания молоди до массы 10 г равен 5 %, значит количество молоди, достигшей массы 10 г будет равно 280255шт.

10. Отход за период выращивания молоди до массы 40 г равен 5 %, значит количество сеголеток, достигших массы 40 г будет равно 266243 шт.

11. Отход за период выращивания сеголеток до товарной массы равен 2 %, значит количество сеголеток, достигших массы 250 г будет равно 260918 шт.

7.3.2 Расчет количества кормов при выращивании молоди рыб

Общее количество личинок равняется 335232 шт. Начальная штучная масса личинки $m_1 = 21,7$ мг. Период подращивания длится 44 суток. Выживаемость составляет 88%. Конечная масса рыб $m_2 = 60$ мг. Прирост составляет 38,3 мг. Среднесуточный прирост – 0,87 мг/сут.

Таблица 38 – Расчет кормов для подращивания личинок речного окуня

(Матишов, Пономарев, Бахарева, 2013)

Этап	Начальная масса личинок (мг)	Темп °С	Сутки	Количество личинок	Суточная норма %	Корм кг
I	21,7	17	7	335232	35	17,823
II	27,79	19-21	35	328833	30	95,95
Итого						113,773

Масса корма на I этап равна 17,823 кг артемии салина. Следовательно, затрат на живые корма для личинок окуня - $17,823 \times 280 \text{ р/кг} = 4991$ рублей (таблица 39).

За 7 дней количество погибших личинок было равно 6399 шт., следовательно количество оставшихся личинок – 328833 шт. Масса корма на II этап равняется 95,95 кг. Следовательно, затраты на стартовый корм для личинок окуня составляют $95,95 \times 100 \text{ р/кг} = 9595$ рублей.

Общее количество корма для подращивания личинок окуня в течение 44 суток равно 113,773 кг

Выращивание молоди до массы 10 г:

Общее количество молоди – 295005 шт. Начальная масса малька $m_1 = 60$ мг. Конечная масса $m_2 = 10$ г. Период выращивания молоди до массы 10 г длится 75 суток. Выживаемость молоди – 95 %. Прирост – 9940 мг. Среднесуточный прирост – 132,53 мг/сут.

Масса корма на I этапе равна 44,25 кг. За 25 дней количество погибшей молоди – 4916 шт., следовательно, количество оставшейся молоди – 290089 шт. Масса корма на II этапе составляет 2446,36 кг.

После 25 дней количество оставшихся личинок будет равняться 285173 шт. Масса корма на III этапе равна 4767,02 кг (таблица 40).

Таблица 39 – Расчет кормов для выращивания молоди речного окуня

Этап	Начальная масса молоди, (мг)	Темп °С	Сутки	Количество молоди, шт.	Суточная норма, %	Корм, кг
I	60	23	25	295005	10	44,25
II	3373,25	23	25	290089	10	2446,36
III	6686,5	23	25	285173	10	4767,02
Итого						7257,63

Общее количество корма для выращивания молоди окуня до массы 10 г в течение 75 суток равно 7257,63 кг.

Общая сумма для выращивания молоди окуня равна $7257,63 \cdot 8$ руб/кг = 58061,04 рублей.

Выращивание сеголеток речного окуня до массы 40 г:

Общее количество молоди – 280255 шт. Начальная масса малька $m_1 = 10$ г. Конечная масса $m_2 = 40$ г. Период выращивания сеголеток до массы 20 г длится 80 суток. Выживаемость молоди – 95 %. Прирост – 30 г, среднесуточный прирост – 0,375 г.

Таблица 40 – Расчет кормов для выращивания сеголеток окуня

Этап	Началь.масса сеголетки, (г)	Темп °С	Сутки	Количество сеголеток, шт.	Суточная норма %	Корм, кг
I	10	23	25	280255	4,1	2872,6
II	19,375	23	25	275877	3,5	4676,98
III	28,75	23	30	279896	3,1	7259,2
Итого						140195,42

Масса корма на I этапе составляет 2872,61 кг

За 25 дней количество погибшей молоди будет равно 4378 шт., следовательно, количество оставшихся личинок – 275877 шт. Масса корма на II этапе равняется 4676,98 кг.

После 25 дней количество оставшейся молоди будет равно 271499 шт. Масса корма на III этапе – 7259,2 кг.

Общее количество корма для выращивания молоди речного окуня до массы 40 г в течение 80 суток равно 14808,78 кг, то есть 14,809 тонн. Общая сумма для выращивания сеголеток окуня равна $14808,78 \cdot 8$ р/кг = 118470,24 рублей.

Выращивание сеголеток речного окуня до товарной массы:

Общее количество корма для выращивания молоди речного окуня до товарной массы в течение года равно 71,89 тонны. Общая сумма для выращивания товарной рыбы окуня равна $71885,61 \cdot 8$ р/кг = 575084,88 рублей.

7.3.3 Расчет оборудования предприятия, цехов

При заготовке и выдерживании производителей используются бассейны размером 1х1 м. Плотность посадки производителей – 30 шт./м². Необходимо заготовить 26 самок и 52 самца. Таким образом, количество бассейнов, необходимых для выдерживания 26 самок, составляет 1 бассейн.

Количество бассейнов, необходимо для выдерживания 52 самцов, составляет 2 бассейна. Общее количество бассейнов равно 3. Сумма затрат для бассейнов равна 18 000 рублей.

Бассейны для выдерживания производителей речного окуня устанавливают в 1 ряд, между бассейнами имеется мостик шириной 0,5 м для их обслуживания. Площадь садка для выдерживания самцов составляет 4 м². Общая площадь для выдерживания производителей – 4 м².

Расчет инкубационного цеха:

Рыбоводный завод обладает мощностью 40 аквариумов. Аквариум для инкубации имеет размер 2х0,8х0,6. Аквариум устанавливается на двухъярусных рамках, которые расположены на 2 рядах. Расстояние между рядами равно 1 м. Общая площадь инкубационного цеха – 74,5 м².

Предличинки следует выдержать в тех же инкубационных аквариумах. Затраты на аквариумы равны $40 \cdot 2100 = 84\,000$ рублей.

Расчет количества бассейнов для подращивания:

В начале периода подращивания плотность посадки равна 100 шт./л. Площадь бассейна – 1 м², рекомендуемый уровень воды в бассейне – 0,3 м, значит 30 тыс.шт./бассейн. Имеется 335232 шт. личинок. Количество бассейнов равно 12.

Через 7 дней плотность посадки снизится до 50 шт./л, то есть 15 тыс.шт./бассейн. Количество выживших личинок после 7-и дней равно 328833 шт. Количество бассейнов равно 22 бассейнам.

Общая сумма на бассейны для подращивания личинок до 60 мг равна $22 \cdot 22000 = 484000$ рублей.

Расчет количества бассейнов для выращивания:

Молодь окуня массой до 10 г выращивают в бассейнах с плотностью 10 шт./л, рекомендуемый уровень воды – 0,5 м, то есть 5000 шт./бассейн. Количество бассейнов – 57.

После 80 дней, при достижении молодь массой в 40 г, плотность посадки снижается до 2 шт./л, то есть 1000 шт./бассейн. Количество бассейнов – 267. Спаренные бассейны расположены в 9 рядов по 15 шт. Расстояние между рядами составляет 1 м, расстояние от последнего ряда до стены составляет 0,5 м.

Общая площадь будет равна 558 м^2 . Общая сумма на бассейны для выращивания равна $267 \cdot 12000 = 3\,204\,000$ рублей.

7.3.4 Расчет расхода воды

Расход воды для инкубационных аппаратов: объем воды в аквариуме равен $0,64 \text{ м}^3$, всего 40 аквариумов. Общий объем – $25,6 \text{ м}^3$.

Расход воды при подращивании личинок:

Площадь бассейна – 1 м^2 , высота уровня воды – 0,3 м. Объем воды на 1 бассейн составляет $0,3 \text{ м}^3$. Количество бассейнов – 22. Объем воды для заполнения 22 бассейнов будет равен $6,6 \text{ м}^3$.

В начале периода (первые 7 дней) подращивания расход воды будет равен 1,67 л/мин. Количество используемых бассейнов в данный момент – 22. Объем воды для водообмена равен $370,34 \text{ м}^3$.

После 7-и дней расход воды равен 3 л/мин. Количество используемых бассейнов – 57. Продолжительность – 35 дней. Объем воды для водообмена равен $8618,4 \text{ м}^3$.

Общий объем воды для подращивания личинок в бассейнах составляет $8995,34 \text{ м}^3$.

Расход воды для выращивания молоди:

Площадь бассейна – 1 м^2 , высота уровня воды – 0,5 м. Объем воды на 1 бассейн составляет $0,5 \text{ м}^3$. Количество бассейнов – 267. Объем воды для заполнения 267 бассейнов равен $133,5 \text{ м}^3$.

Таблица 41 – Расход воды на рыбоводном предприятии

Оборудование цехов	Расход воды л/с	Оборудование	
		Количество, шт.	Общий расход, м^3
1. Цех выдерживания производителей		3	0,9
2. Инкубационный цех и выдерживания предличинок		40	25,6
3. Цех подращивания личинок выращивания молоди	0,03	22	8995,34
	0,05	57	
4. Цех выращивания	0,3	267	1707224,5
5. Расход воды на бытовые нужды	-	-	858,12 (0,05% от общего)
Итого			1717104,47

При выращивании сеголеток до товарной массы. Расход воды – 0,2 л/с. Количество используемых бассейнов – 267. Продолжительность – 250 суток. Объем воды для водообмена – 1153440 м^3 .

Общий объем воды для выращивания молоди в бассейнах равен $1707224,5 \text{ м}^3$.

Таким образом, расчет экономической эффективности предприятия по выращиванию товарного окуня мощностью 40 инкубационных аквариумов, включает в себя:

Затраты на аренду помещения 700 м^2 на год – 300 000 рублей.

Затраты на электричество – 202733,3 рублей.

Затраты на оборудование:

Бассейны для производителей (3 шт.) – 36 000 рублей.

Инкубационные аквариумы (40 шт.) – 84 000 рублей.

Бассейны для подращивания личинок и выращивания рыб (267 шт.) – 3 204 000 рублей.

Иное оборудование (насосы, трубы, шланги и т.д.) – 800 000 рублей.

Живые корма (артемия салина) – 4991 рублей.

Стартовый комбикорм Ст-окунь – 9595 рублей.

Производственные корма – $58061,04 + 118470,24 + 575084,88 = 751\,616,16$ рублей.

Обслуживание (персонал из 6 человек) – 835 200 рублей/год.

Итого: 7 363 335,56 рублей.

Выручка от продажи 260918 тонн товарных двухлеток окуня массой 250 г. по цене 50 руб/кг составит 3 261 475 рублей.

В следующем году затраты на выращивание составят 1 804 135,46 рублей. Следовательно, прибыль составит 1 457 339 рублей. Срок окупаемости проекта – 5 лет.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Речной окунь является перспективным объектом аквакультуры. Интерес к нему возрастает за счет высокого спроса во многих европейских странах: Франции, Италии, Швейцарии и т.д. Таким образом, имеет место задача обеспечения потребителей качественной продукцией из товарного окуня, но при его разведении требуется тщательно изучить биологические и физиологические особенности этих рыб как в естественных, так и в искусственных условиях. Физиологические индикаторы состава крови позволяют определить не только моментальное изменение здоровья рыб при острых болезнях и токсикозах, но и стрессовое состояние рыб при хронических заболеваниях (Журавлева и др., 2016). Количественный и морфологический анализ состава крови позволяет выявить характерные свойства обмена веществ на разных стадиях развития и при разных условиях существования организма (Лукьяненко, 1971; Гольдин, 1975; Головина, 1996; Микряков и др., 2001 и др.). В данной работе был проведен комплексный анализ морфофизиологических показателей (индикаторов) речного окуня в естественной среде и в условиях искусственного выращивания с применением методов изучения состава крови, гистологии, биохимии, морфометрии в разные сезоны года и времена жизни.

В результате физиологических исследований было установлено, что у речного окуня показатели крови изменяются и увеличиваются с возрастом. У окуней, выращенных в бассейнах, наблюдались более высокие значения морфофизиологических индикаторов, по сравнению с особями такого же возраста, обитавших в естественной среде. Кроме того у выращенных окуней коэффициент упитанности был выше, чем у окуней, выловленных из реки.

При анализе морфофизиологических показателей (индикаторов) речного окуня в периоды жизненного цикла была установлена следующая особенность после нереста: концентрация гемоглобина незначительно снизилась, но сохранялась на среднем уровне. В конце зимы и начале весны

(до нереста), наоборот, был отмечен наиболее критический период для окуня: чрезвычайно высокая концентрация гемоглобина и низкое содержание общего белка в сыворотке крови. В течение всего года концентрация общего белка в сыворотке изменялась с колебаниями температуры воды, которая непосредственно определяет активность питания рыб. Этот показатель снизился в конце января (конце зимовального периода) и после нереста (в апреле).

Проведенные исследования также выявили годовую динамику изменения колебаний соотношения форменных клеток крови: числа эритроцитов, лейкоцитов, появления патологических измененных эритроцитов, изменений в лейкоцитарном составе крови. Были рассмотрены степени активности эритропоэза и лейкопоэза в периферической крови выращенных окуней. Наиболее стабильным периодом года для речного окуня оказался нагульный, когда у рыб был высокий темп роста, постоянно высокая концентрация гемоглобина и общего белка, высокая активность эритропоэза и лейкопоэза. Нерестовый и посленерестовый периоды характеризуются изменениями соотношений клеток агранулоцитарного и гранулоцитарного рядов. Увеличение количества тромбоцитов, долей моноцитов и нейтрофилов указывало на различные признаки воспаления в организме рыб и, скорее всего, было связано с выметыванием половых продуктов и их резорбцией после нереста.

Наряду с изменениями физиологического состояния организма рыб за период жизненного цикла, состав корма и кормление оказывают большое влияние на рост, развитие рыб, определяют качество выхода продукции. В практике рыбоводства достаточно разработаны искусственные комбикорма для лососевых, осетровых, карповых рыб. Однако для окуневых рыб, в том числе и речного окуня, эта область остается малоизученной. В проведенных нами исследованиях были испытаны комбикорма для речного окуня – для рыбы товарной массы и производителей. Результаты исследований показали

практически, что рыбную муку можно заменить на белок бактериальный (гаприн) и белок из личинок мухи черная львинка. Но лучшие результаты были получены, когда рыбную муку заменили фаршем из малоценной рыбы.

Речной окунь широко распространен во многих водоемах, поэтому имеет некоторое промысловое значение. Однако в естественной среде рыба часто заражена инвазионными болезнями, что исключает её переработку в пищевых целях. Находясь в организме рыб, паразиты выделяют токсические вещества, поражая различные органы рыб. Результаты проведенных анализов показали, что в паразитарной инвазии (эустронгилидоз) у речного окуня появились симптомы анемии, угнетение эритропоза (снижение доли бластных форм клеток эритроцитарного ряда), усиление лейкопоза (увеличение доли нейтрофилов и моноцитов, доли лимфобластов в лейкоцитарной формуле). При оценке физиологических индикаторов у зараженных окуней наблюдалось значительное снижение количества эритроцитов в крови, концентрации общего белка и содержания холестерина в сыворотке. По показателям МСН, СОЭ, общего количества лейкоцитов, тромбоцитов, выявлено увеличение по сравнению с незараженными особями. При анализе морфофункциональных особенностей форменных элементов крови было отмечено появление и увеличение доли патологических форм эритроцитов как в экстенсивной, так и в интенсивной форме образования этих клеток. У зараженных окуней были обнаружены следующие виды патологически измененных клеток, которые условно делятся на 4 типа: изменения цитоплазмы клеток (нарушение осморезистенции): пойкилоцитоз, анизацитоз, гипохромазия; изменение ядра клеток: смещение ядра, деформация ядра, микроядра; дегенеративные изменения клетки: шистоцитоз, вакуолизация цитоплазмы, гемолиз; изменения, связанные с делением клетки: амитоз.

При оценке физиологического состояния рыб необходимо также проводить мониторинг хронического заболевания, что может быть отражено

в гистологических срезах кроветворных органов рыб. В процессе наших исследований были изучены структура и морфофункциональное состояние главных кроветворных органов речного окуня, таких как селезенка, пищеварительный тракт, жабры, туловищные почки, печень. Результаты проведенных анализов подтвердили универсальную роль селезенки в процессе кроветворения, где происходит размножение и дифференцирование форменных элементов крови, в большей степени – лимфоцитов, а также происходит распад эритроцитов, что обеспечивает процесс обновления и резервирования клеток крови. В пищеварительном тракте речного окуня происходит гемопоэз, а вернее, лейкопоэз. В кроветворной ткани, находящейся в мышечной пластинке слизистой оболочки желудка, пилорических придатков и кишки, происходит дифференцировка и созревание элементов белой крови, преимущественно, агранулоцитов.

Таким образом, как в естественной среде, так и в искусственных условиях выращивания у речного окуня происходят колебания физиологических индикаторов не только по возрастам, но и по периодам жизненного цикла. Было отмечено существенное различие рыбоводно-биологических параметров между окунями, выращенными в условиях бассейнов, и окунями, выловленными из естественных водоемов, что объяснялось постоянным обеспечением пищи окуням в аквакомплексе. Критическим периодом жизни для речного окуня являлся конец зимовального периода, поэтому следует принимать меры для сохранения биомассы и снижения смертности производителей окуня в этот период в рыбоводных хозяйствах. Посленерестовой период сопровождается истощением рыб после икрометания, поэтому следует кормить рыб сбалансированным комбикормом и тщательно следить за гидрохимическими параметрами воды во избежание заболеваний рыб в данный период. У речного окуня при инвазионных болезнях наблюдается значительное

отклонение от нормы показателей крови, как количественно, так и морфологически.

Комплексное исследование морфофизиологических показателей рыбы позволяет оценить состояние организма в целом и определить колебания этих показателей для разных условий обитания. Такой подход имеет решающее значение для успешного выращивания речного окуня и развития нового направления в аквакультуре – окуневодства.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что масса тела разновозрастных групп речного окуня выращенного в искусственных условиях на 15-20 % выше, чем в естественной среде обитания. При этом коэффициент упитанности рыб из природных популяций ниже на 10-15%.

2. Установлено, что у окуней, выращенных в искусственных условиях, содержание гемоглобина, общее количество эритроцитов крови повышаются с возрастом, что связано с увеличением активности данного вида как хищника – содержание гемоглобина составляло от $37,07 \pm 4,90$ г/л у сеголеток, до $47,68 \pm 4,51$ г/л у трехлеток; количество эритроцитов в крови – от $171,29 \pm 3,29 \times 10^{10}$ /л у сеголеток и $278,52 \pm 4,39 \times 10^{10}$ /л у четырехлеток. Концентрация общего белка в сыворотке крови исследуемых рыб, как из естественных популяций, так и выращенных в бассейнах остается независимой от возраста. Концентрация гемоглобина, концентрация общего белка и количество эритроцитов в крови половозрелых окуней, выращенных в бассейнах, также были выше, что объясняется постоянным обеспечением кормом в условиях искусственного выращивания.

3. Установлена единая динамика изменений морфофизиологических параметров у рыб в естественной среде обитания и в искусственных условиях в течение года и в зависимости от колебаний температуры воды. Стабильность физиологического состояния рыб в течение нагульного периода отражается в высоком темпе роста, постоянно высокой концентрации гемоглобина от $42,72 \pm 3,12$ г/л до $54,51 \pm 2,58$ г/л и общего белка в крови от $43,23 \pm 1,06$ г/л до $57,10 \pm 0,25$ г/л, высокой активности эритропоэза и лейкопоэза.

4. Критичность состояния организма рыб в конце зимовального периода отражена в разнозначности количественных и качественных показателей крови: повышение уровня гемоглобина до $62,50 \pm 5,18$ г/л в январе и холестерина до $7,04 \pm 0,29$ ммоль/л, снижение концентрации общего

белка до $29,57 \pm 2,47$ г/л, снижение доли бластных и молодых клеток эритроцитарного ряда до $0,51 \pm 0,10$ % в декабре.

5. Нерестовый и посленерестовый периоды характеризуются изменениями соотношений клеток агранулоцитарного и гранулоцитарного рядов. Увеличение количества тромбоцитов, долей моноцитов и нейтрофилов указывает на процесс перестройки метаболизма в организме рыб, и, скорее всего, это связано с нерестом и истощенным состоянием производителей после нереста. Общая сумма патологически измененных клеток выше в нерестовый период – $10,05 \pm 0,08$ %, наименьшей в начале зимовального периода – $2,22 \pm 0,03$ %, различия достоверны при $p < 0,01$. В нерестовый период отмечалась наибольшая частота и вариабельность патологически измененных эритроцитов.

6. Установлено, что паразитарная инвазия нематодами приводила к отклонению показателей крови окуня: снижению количества эритроцитов в крови до $83,01 \pm 4,17 \times 10^{10}$ /л, концентрации общего белка до $40,81 \pm 1,19$ г/л и холестерина в сыворотке крови до $5,17 \pm 0,28$ ммоль/л. На клеточном уровне наблюдали увеличение доли патологически измененных эритроцитов в мазках крови больных рыб до $9,17 \pm 0,23$ %, против $4,87 \pm 0,11$ % у здоровых рыб. Увеличение доли нейтрофилов и моноцитов, лимфобластов в лейкоцитарной формуле указывает усиление лейкопоза, в том числе нейтрофилеза в организме рыб.

7. Показано, что универсальными органами кроветворения как у выращенных в бассейне, так и у выловленных из рек окуней, явились селезенка и туловищная почка. В почке выловленных окуней отметили повышение доли гранулоцитов, $61,02 \pm 1,92$ % против $57,80 \pm 2,45$ %, соответственно, в сравнении с выращенными рыбами. Увеличение доли клеток гранулоцитарного ряда, возможно связано с факторами естественной среды обитания, где рыбы нуждаются в усиленной защитной функции.

8. Показано, что качество и сбалансированность комбикормов отражаются на морфофизиологических индикаторах состояния рыб. На основе рассматриваемых показателей было установлено, что наиболее быстрый темп роста, $0,62 \pm 0,1$ г/сут. у товарной рыбы и $0,60 \pm 0,02$ г/сут. у производителей, больший конечный коэффициент упитанности $2,27 \pm 0,04$ у товарной рыбы и $2,31 \pm 0,15$ у производителей, а также довольно высокие концентрации гемоглобина, общего белка и холестерина наблюдались у рыб, потреблявших корм на основе фарша из малоценной рыбы. Такой рацион является наиболее близким к таковому в естественных условиях и способствует нормализации обменных процессов и повышению темпа роста.

9. Рассчитано, что выращивание товарных двухлеток окуня на комбикормах экономически эффективно: рыба достигает товарной массы 250г на втором году выращивания, что соответствует 260918 тонн продукции, составляющей 3 261 475 рублей. Согласно расчетам общих затрат на выращивание, прибыль составит 1 457 339 рублей, а срок окупаемости проекта – 5 лет.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проведении зимовки в искусственных условиях рекомендуется тщательно вести контроль за гидрохимическими параметрами воды и за питанием рыб, так как данный период является критическим для обыкновенного окуня.

2. Рекомендуется использовать морфофизиологические индикаторы для мониторинга физиологического состояния окуня и оценке продуктивного действия комбинированных кормов при выращивании в условиях индустриального хозяйств.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая разработка темы перспективна, как в научном, так и в практическом отношении. Значительный интерес представляют такие вопросы, как развитие функционально важных органов обыкновенного окуня в раннем онтогенезе, использование некоторых морфофизиологических индикаторов в диагностике различных болезней, встречаемых на рыбоводных предприятиях.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

1. АГТУ – Астраханский государственный технический университет
2. ВАК – Высшая аттестационная комиссия
3. ВНЖК – Высоко-ненасыщенные жирные кислоты
4. ИИ – Интенсивность инвазии
5. ПНЖК – низко-ненасыщенная жирная кислота
6. СОЭ – скорость оседания эритроцитов
7. УЗВ – Установки замкнутым водоснабжением
8. ЭИ – Значение экстенсивности инвазии
9. ЮНЦ РАН – Южный научный центр Российской академии наук
10. ALA – α -линоленовая кислота
11. Hb – Концентрации гемоглобина в крови
12. LA – Линолевая кислота
13. MCH – Содержание гемоглобина в эритроцитах
14. MCHC – Средняя кортускулярная концентрация гемоглобина
15. RBC – Количество эритроцитов в крови

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксютин, З. М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях / З. М. Аксютин. – М.: Пищ. пром-сть, 1968. – 287 с.
2. Алтухов, Ю. В. Сезонные изменения теплоустойчивости изолированной мышечной ткани черноморской ставриды // Цитология. – 1963. – № 2. – С. 241–243.
3. Анисимова, И. М. Ихтиология / И. М. Анисимова, В. В. Лавровский. – М.: Высшая школа, 1983. – 255 с.
4. Антонова, Е.Л. Суточные ритмы и рацион питания молоди окуня Камского водохранилища / Е. Л. Антонова // Структура и функции водных биоценозов, их рациональное использование и охрана на Урале. Свердловск. – 1979. – С. 10-11.
5. Балабанова, Л. В. Судьба парентерально введенных бактерий в организме рыб/ Л.В. Балабанова // Труды ИБВВ АН СССР. Физиология и паразитология пресноводных животных. Л.: Наука. – 1979. – Вып. 38 (41) – С. 88–104
6. Балабанова, Л. В. Влияние аммония и декальцинации среды на ультраструктуру гранулоцитов карпа *Cyprinus carpio* L. / Л. В. Балабанова // Цитология. – 1998. – Т. 40. № 2/3. – С. 144-146.
7. Барбухо, Е. В. Исследование патологически измененных клеток крови рыб в оценке экологического состояния озера «Тихое» / Е. В. Барбухо, Н. П. Килочицкая// Проблемы иммунологии, патологии, охраны здоровья рыб и других гидробионтов: мат-лы IV междунар. конф.(24-27 сентября 2015 г.; п. Борок) / ИБВВ РАН.-Ярославль: Филигрань.– 2015. – С.276-280
8. Бикташева, Ф.Х. Гематологические показатели щуки и окуня (озеро Аслыкуль) / Ф. Х. Бикташева // Безопасность жизнедеятельности: Проблемы и пути их решения в АПК: Сб.науч. тр. Всерос.НПК с

- междунар.участием (заочная конференция). –Уфа: Издательство БашГУ. – 2010. – С. 74-76.
9. Бурдак, В. Д. О возрастных изменениях в слизистой желудочно-кишечного тракта кефалей / В. Д. Бурдак // "ДАН СССР".– 1955. т. 104.– № 2. – С.22
 10. Василенко, Ю.К. Биологическая химия: учеб. Пособие / Ю. К. Василенко. – М.: МЕД- пресс-информ, 2011. – 432 с.
 11. Ведемейер, Г. А. Стресс и болезни рыб / Г. А, Ведемейер, Ф. П. Мейер, Л. Стит. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 127 с.
 12. Виноградов, Г. А. Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб / Г. А. Виноградов. – М.: Наука, 2000. – 216 с.
 13. Волкова, О. В. Основы гистологии с гистологической техникой / О. В. Волкова, Ю. К. Елецкий. 2-е изд. – М.: Медицина, 1982. – 304с
 14. Вракин, В. Ф. Морфология сельскохозяйственных животных / В. Ф. Вракин, М. В. Сидорова. – М: Агропромиздат, 1991. – 528 с.
 15. Галактионов, В.Г. Эволюционная иммунология: учебное пособие / В.Г. Галактионов. – М.: ИКЦ Академкнига, 2005. – 408 с.
 16. Гальперин С. И. Физиология человека и животных / С. И. Гальперин. – М.: Высш. школа, 1977. – 653 с.
 17. Гилева, Т. А. Сезонная динамика гематологических показателей молоди окуня верхней части Воткинского водохранилища/ Т. А. Гилева, Е. А. Зиновьев, Н. В. Костицына // Вестник Удмуртского университета. – 2013. – № 4. – С. 171 – 174.
 18. Головина, Н. А. Первый конгресс ихтиологов России: тез. Докл / Н. А. Головина. – М.: Изд-во ВНИРО. – 1997. – С.215.
 19. Головина, Н.А., Тромбицкий И.Д. Гематология прудовых рыб / Н.А.Головина, И.Д. Тромбицкий. - Кишинев: Штиинца, 1989. – 156 с.
 20. Голованова, И. Л., Аминов А. И. Влияние гербицида Раундап на активность гликозидаз молоди рыбы их кормовых объектов при различных

- значениях температуры и pH / И. Л. Голованова, А. И. Аминов // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 129–134.
21. Гольдин, В. М. Некоторые гематологические показатели рыб Камского водохранилища в связи с загрязнением промышленными стоками / В. М. Гольдин // Уч. зап. Пермск. гос. ун-та. – 1975. – № 338. – С. 123-130.
 22. Гревати, А. Д. Электронномикроскопическое исследование клеток крови и кроветворных органов зеркального карпа: автореф. дис... канд. биол. наук: 14.00.36 / Гревати А. Д. - Москва, 1991. – 24с.
 23. Гудков, Д. И. Особенности морфологии эритроцитов и лейкоцитарной формулы периферической крови рыб в водоемах Чернобыльской зоны отчуждения/ Д. И. Гудков, Н. А. Поморцева, Н. К. Родионова, А. Е. Каглян, А. Б. Назаров // Международная научно-практическая конференция «Радиоэкология XXI века», сборник материалов [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т. – 2011.
 24. Гудков, Д. И. Нарушение гематологических показателей окуня (*Perca fluviatilis* L) в водоемах Чернобыльской зоны отчуждения/ Д.И. Гудков, В. Р. Микряков, Д. В. Микряков, Н. Л. Поморцева, А.Е. Каглян, А. Б. Назаров // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов: расширенные материалы IV Международной конференции, Борок.РАН, Федер. агентство науч. орг. России, ФГБУН Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН; [под ред. В. Р. Микрякова, Е. А. Криксунова, Д. В. Микрякова]; отв. за вып. Д. С. Павлов [и др.]. – Ярославль: Филигрань. – 2015. – С. 289-297.
 25. Грушко, М. П. Форменные элементы крови как индикатор состояния организма / М. П. Грушко // Здоровье в XXI веке: Материалы Международной научно-практической конференции. – Москва-Тула. – 2002. – С. 104-105.

26. Грушко, М. П. Морфофизиологические особенности кроветворения у костистых рыб (на примере воблы (*Rutilus rutilus caspicus*)) / М. П. Грушко // Вопросы рыболовства. – 2010. – Т. 11. Вып. 2 (42). – С. 327–340
27. Грушко, М.П. Гемопоз у осетровых рыб/ М. П. Грушко, О. В. Ложниченко, Н. Н. Федорова. – Астрахань: Триада, 2009. – 190 с.
28. Есипова, Н. Б. Распространение паразитической нематоды *Eustrongylides excises* у рыб Запорожского (Днепровского) водохранилища / Н.Б. Есипова // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології: Матеріали VI Міжнар. іхтіол. наук. – прак. конф. Тернопіль. – 2013. – С. 86–89.
29. Есипова, Н. Б. Патологические изменения в тканях и органах рыб под действием паразитических червей р.*Eustrongylides* / Н. Б. Есипова, В. С. Сидоренко // Проблемы иммунологии, патологии, охраны здоровья рыб и других гидробионтов: мат-лы IV междунар. Конф. п.Борок)/ИБВВ РАН. – Ярославль: Филигрань. – 2015. – С.297-304
30. Житенева, Л. Д. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб / Л. Д. Житенева, О. А. Рудницкая, Т. И. Калюжная. – Справочник Ростов н/Д, 1997. – 149 с.
31. Житенева, Л. Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л. Д. Житенева, Т. Г. Полтавцева, О. А. Рудницкая. – РостовнаДону, 1989. – 111с.
32. Житенева, Л. Д., Эволюция крови Текст./ Л. Д. Житенева, Э. В. Макаров, О. А. Рудницкая. – Ростов-на-Дону, 2001. – 112с.
33. Житенева, Л. Д. Тромбоциты рыб и других групп позвоночных / Л. Д. Житенева, Э. В. Макаров, О. А. Рудницкая. – Ростов-на-Дону, 2003. – 72 с.
34. Житенева, Л. Д. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте) / [отв. ред.С.И.Гвозденко]; АзНИИРХ / [отв. ред.С.И.Гвозденко]/ Л. Д. Житенева, Э. В. Макаров, О. А. Рудницкая. – АзНИИРХ — Ростов-н/Д.: Эверест, 2004. – 312с.

35. Журавлева, Г. Ф. Морфологический и функциональный анализ состояния внутренних органов и тканей рыб при токсикозе: монография / Г. Ф. Журавлева, Г. В. Земков, Н. Н. Федорова, Д. Л. Теплый.-изд.2-е.перераб.и доп. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2016. – 146с.
36. Заварзин, А. А. Основы частной цитологии и сравнительной гистологии многоклеточных животных / А. А. Заварзин. – Л.: Наука, 1976. – 411 с.
37. Запруднова, Р. А.. Сезонные изменения концентрации катионов в плазме крови пресноводных рыб / Р. А. Запруднова, В. И. Мартемьянов // Вопр. ихтиологии. – 1988. – Т. 28. № 4. – С. 671–676.
38. Запруднова, Р. А. Основные принципы диагностики пресноводных рыб по состоянию системы водно-солевого равновесия / Р. А. Запруднова // Тезисы докл. III (XXVI) Междунар. конф."Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера" Сыктывкар. – 2003. – С. 36.
39. Запруднова, Р. А. Буферные и дыхательные свойства и ионное окружение гемоглобина стерляди *Acipenser ruthenus* / Р. А. Запруднова, И. М. Камшилов // Журнал эвол. биохим. и физиол. – 2010. – Т. 46. № 3. – С. 242–244.
40. Запруднова, Р. А. Функциональные свойства гемоглобина в адаптации рыб к низким значениям рН среды / Р. А. Запруднова, И. М. Камшилов, Ю. П. Чалов // Биолог. внутр. вод. – 2015. – № 2. – С. 91–98
41. Запруднова, Р. А. Эритроцитарные катионы в адаптационных процессах у окуня *Perca fluviatilis* L (Percidae)/ Р. А. Запруднова // Труды Карельского научного центра РАН № 12. – 2017. – С. 57–62
42. Ибрагимова, Н. Е. К изучению паразитов рыб Еникендского водохранилища / Н. Е Ибрагимова // Мат. IV Всероссийского съезда

- Паразитологического общества «Паразитология в XXI веке – проблемы, методы, решения». С.-Петербург: Лема. – 2008. – Т. 2. – С. 3-6.
43. Иванов, А. А. Физиология рыб / А. А. Иванов. – Мир, 2003. – 284 с. ил. ISBN 5-03-003564-8.
 44. Иванов, В. П. Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел)/ В. П. Иванов, Г. В. Комарова. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. – 224 с.:ил.
 45. Иванов В. П. Основы ихтиологии: учеб.пособие / В. П. Иванов, В. И. Егорова; Астрахан.гос.техн.ун-т.-2-е изд.,испр.и доп. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. – 348с.
 46. Иванов, В. П. Ихтиология: лабораторный практикум / В. П. Иванов, Т.С. Ершова; Астрахан.гос.техн.ун-т.-2-е изд.,испр.и доп. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2014. – 312с.
 47. Иванова, Н. Т. Материалы к морфологии крови рыб/ Н. Т. Иванова. – Ростов-на-Дону, 1970. – 138с.
 48. Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб / Н. Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
 49. Иванова, Н. Т. Система крови. Материалы к сравнительной морфологии системы крови человека и животных / Н. Т. Иванова. – Ростов-на-Дону, 1995. – 156 с.
 50. Иванова, Н. Т. Некоторые аспекты к основам ихтиогематологии / Н. Т. Иванова. – Ростов-на-Дону: РГПУ, 2002. – 54 с.
 51. Исаев, А. И. Справочник по прудовому рыбоводству / А. И. Исаев, Г. В. Кадзевич, Р. И. Мухина, С. П. Пахомов, М. И. Рыженв, Р. И. Циунчик. – М: ВНИИПРХ, Пищепромиздат. – Москва, 1959. – 205 с.
 52. Калашникова, З. М. О классификации морфологических элементов крови рыб / З.М. Калашникова // Вопр. ихтиологии. – 1976. – Т. 16. Вып. 98. – С. 510.

53. Камшилов, И. М. Функциональные свойства гемоглобина окуня (*Perca fluviatilis* L.) / И. М. Камшилов, Р. А. Запруднова, Ю. П. Чалов // Биология внутренних вод. – 2014. – № 4. – С. 83–85.
54. Карашук, А. В. Массовый состав и сохраняемость рыб семейства окуневых и карповых / А. В. Карашук, С. П. Петриченко // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 4. – С. 68–69.
55. Квач, Ю. В. Акантоцефалы бычковых рыб водоемов Северо-Западного Причерноморья / Ю. В. Квач // Понт Эвксинский-II: Тез. докл. конф. молодых ученых. Севастополь. – 2001. – С. 28.
56. Китаев, А. Б. Биогенные вещества в районах промышленных комплексов и их трансформация по длине камских водохранилищ / Китаев А. Б // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. 2009. – № 7. – С. 31–32.
57. Козлов, А. В. Определение белка в сыворотке крови / А. В. Козлов, В. В. Слепышева // Terra Medica, приложение «лабораторная диагностика». – 2005. – № 3 (8). URL http://www.terramedica.spb.ru/ld3_2005/kozlov.htm.
58. Коблицкая, А. Ф. Определитель молоди пресноводных рыб / А. Ф. Коблицкая. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1981. – 208 с.
59. Комов, В. Т. Причины и последствия антропогенного закисления озер / В. Т. Комов. – Нижний Новгород: ВекторТис, 2007. – 112 с.
60. Кошелев, Б. В. Экология размножения рыб / Б. В. Кошелев. – М.: Наука, 1984. – 307 с.
61. Лав, Р. М. Химическая биология рыб / Р. М. Лав. – М.: Пищ. пром-сть, 1976. – 50 с.
62. Лакин, Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов — 4-е изд., перераб. и доп / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.
63. Лебедев, В. Д. Семейство Карповые (Cyprinidae). В книге «Жизнь животных. Рыбы» / В. Д. Лебедев, В. Д. Спановская. – М.: Просвещение, 1983. – Т. 4, Ч. 1. – 327 с.

64. Лесонен, М. А. Питание речного окуня (*Perca fluviatilis*) в реке Суна (национальный парк Паанаярви) [Текст] / М.А. Лесонен, Ю.А. Brown G.E. The effect of stocking density on the behaviour of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.)/ G.E. Brown, J.A. Brown, R.K. Srivastava // J. Fish Biol. – 1992, – № 41. – p. 955-963.
65. Ложниченко, О. В. Изменения клеток крови осетровых / О. М. Ложниченко // Тез.докл. 5 конгресса Международной ассоциации морфологов, Москва. Морфология. – 2000. – 117. №3. – С.68-69.
66. Ложниченко, О. М. Развитие клеток крови в мезонефросе сеголеток осетровых рыб / О. М. Ложниченко // Вестник АГТУ.– 2007. – №3(38). – С. 34-36.
67. Лугаськова, Н. В. Гематологическая характеристика рыб в условиях техногенного загрязнения водоемов Уральского региона / Н.В. Лугаськова // Изучение экологии водных организмов Восточного Урала. – 1992. – С. 116-127.
68. Лугаськова, Н. В. Видовая специфика цитогенетической стабильности рыб в условиях эвтрофного водоема / Н. В. Лугаськова // Экология. – 2003. – № 3. – С. 235–240.
69. Лукьяненко, В. И. Иммунобиология рыб / В. И. Лукьяненко. – М: Пищевая промышленность, 1971. – 372 с.
70. Лукьяненко В. И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии / В. И. Лукьяненко. – М.: Агропромиздат, 1987. – 240 с.
71. Мартемьянов, В. И. Содержание катионов в плазме, эритроцитах и мышечной ткани рыб Волжского плеса Рыбинского водохранилища / В. И. Мартемьянов // Журнал эвол. биохим. и физиол. – 1992. – Т. 28, № 5. – С. 576–581.
72. Мартемьянов, В.И. Диапазоны регуляции концентрации натрия, калия, кальция, магния в плазме, эритроцитах и мышечной ткани плотвы

- Rutilus rutilus* в природных условиях / В. И. Мартемьянов // Ж. эволюц. биохимии и физиологии. – 2001. – Т. 37. № 2. – С. 109–113.
73. Мартемьянов, В.И. Динамика содержания катионов в плазме, эритроцитах и мышечной ткани плотвы *Rutilus rutilus* L. в период размножения / В. И. Мартемьянов // Биология внутренних вод. – 2004. – № 2. – С. 78-84.
74. Матей, В. Е. Жабры пресноводных костистых рыб / В. Е. Матей. – СПб: Наука, 1996. – 204 с.
75. Матишов, Г. Г. Справочник рыбовода. Иновационные технологии аквакультуры юга России / Г. Г. Матишов, С. В. Пономарев, Ю. М. Бахарева [и др.]; [под ред. С. В. Пономарева]. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. – 224 с. – ISBN 978-5-4358-0053-1.
76. Микряков, В. Р. Актуальные вопросы иммунологии рыб // В кн: Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. Л.:Наука, 1978. – Вып. 32/25. – С. 116–134.
77. Микряков, В.Р. Клеточные основы иммунитета у рыб / В. Р. Микряков, Л. В. Балабанова // Физиология и паразитология пресноводных животных. Л.: Наука. – 1979. – С.57-64.
78. Микряков, В. Р. Антимикробные свойства сыворотки крови / В. Р. Микряков, Н. Ф. Силкин, Н. И. Силкина // Физиология и паразитология пресноводных животных. Л., Наука. – 1979. – С. 125-133.
79. Микряков, В. Р. О бактерицидных свойствах сыворотки крови/ В. Р. Микряков, Н. Ф. Силкин // Ветеринария. – 1980. - № 4. – С.32-34.
80. Микряков, В. Р. Закономерности формирования приобретенного иммунитета у рыб / В. Р. Микряков. – Рыбинск: ИБВВ РАН, 1991. – 153 с.
81. Микряков, В. Р. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды / В.Р. Микряков, Л. В. Балабанова, Е. А. Заботкина и др. – М.: Наука, 2001. – 126 с.

82. Микряков, В. Р. Иммуно-физиологические модификации в организме рыб в период размножения / В. Р. Микряков, В. И. Мартемьянов // Проблемы иммунологии, патологии, охраны здоровья рыб и других гидробионтов: мат-лы IV междунар. конф; п.Борок)/ИБВВ РАН.- Ярославль: Филигрань. – 2015. – С.56-64.
83. Меньшикова, В. В. Справочник "Лабораторные методы исследования в клинике" под редакцией Меньшикова В. В. – Москва, "Медицина", 1987. – 368с.
84. Моисеенко, Т. И. Изменение физиологических показателей рыб как индикатор качества водной среды / Т. И Моисеенко // Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты. – 1984. – С. 51-57.
85. Моисеенко, Т. И. Гематологические показатели рыб в оценке их токсикозов (на примере сига *Coregonus lavaretus*) / Т. И. Моисеенко // Вопросы ихтиологии. – 1998. – №3. – С.371-380.
86. Моисеенко, Т. И. Биологические методы оценки качества вод: Часть 1. Биоиндикация / Т. И. Моисеенко, С. Н. Гашев, А. .Г. Селюков [и др.] // Вестник Тюменского государственного университета. – 2010. – № 7. – С. 20-40.
87. Мошу, А.. Стругуля О. Распространенность возбудителей гельминтозоонозов у рыб Кучурганского водохранилища / А. Мошу, О. Стругуля // Международное сотрудничество и управление трансграничным бассейном для оздоровления реки Днест. Материалы Международной конференции. Одесса. – 2009. – С. 313–318
88. Муравьев, А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб / А. Г. Муравьев. – СПб.: «Крисмас+», 2009. – 248 с.
89. Нгуен, Т. Х. В. Гематологические показатели крови европейского окуня в различных условиях: дис...магистра: 35.04.07/ Нгуен Тхи Хонг Ван. – Астрахань, 2015. – 74 с.

90. Николаева, И. Ф. Морфологическое изменение крови рыб как метод диагностики при отравлении нитробензольными соединениями / И. Ф. Николаева // Методы ихтиотоксикологических исследований. – 1987. – С. 109-110.
91. Никольский, Г. В. Экология рыб: учеб. Пособие / Г. В. Никольский. – М. : Высш. школа, 1963.– 366 с.
92. Никольский, Г. В. Частная ихтиология: учеб. Пособие / Г. В. Никольский. – М.: Высш. школа, 1971. – 436 с.
93. Пестова, И. М. Клеточный состав крови и источники развития клеток крови у костистых рыб различных экологических групп / И. М. Пестова // Сб. научн. работ кафедры гистологии и эмбриологии Пермь: Изд-во Пермск. мед. ин-та.. – 1960. – С.201-205.
94. Петлина, А.. П. Изучение молоди пресноводных рыб Сибири / А. П. Петлина, В. И. Романов. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2004. – С. 172- 203.
95. Поддубный, А.. Г. Экологическая топография популяций рыб в водохранилищах / А.. Г. Поддубный. – Д.: Наука, 1971. – 309 с.
96. Покровский, В. В. Материалы по исследованию внутривидовой изменчивости окуня (*Perca fluviatilis* L.) / В. В. Покровский // Труды Карело-финского отделения ВНИОРХ. – 1951. – Т. 3. – С. 59-149.
97. Поляков, Г. Д. Экологические закономерности популяционной изменчивости рыб / Г. Д. Поляков. – М.: Наука, 1975. – 158 с.
98. Пономарев, С. В. Осетроводство на интенсивной основе. Учебник / С. В. Пономарев, Д. И. Иванов. – М.: Колос, 2009. – 312 с.
99. Попова, О. А. Экология щуки и окуня в дельте Волги // Питание хищных рыб и их взаимоотношения с кормовыми организмами / О. А. Попова. – М.: Наука, – 1965. – С. 91-170.
100. Попова, О. А. Питание и пищевые взаимоотношения судака, окуня и ерша в водоемах разных широт / О. А. Попова // Изменчивость рыб пресноводных экосистем. – М.:Наука. – 1979. – С. 93-112.

101. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
102. Пронина, Г. И., Корягина Н. Ю. Изменения клеточных структур гидробионтов при патологии [Текст] / Г. И. Пронина, Н. Ю. Корягина // Ветеринарная патология. – 2016. – № 2 (56). – С.60-70
103. Решетников, Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб / Ю.С. Решетников. – М., Наука, 1980. – 300с.
104. Решетникова, Ю. С. Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. / под ред. Ю. С. Решетникова. – М.: Наука, 2003. – 329с.
105. Романенко, В. Д. Влияние условий обитания некоторых инвазионных и аборигенных видов рыб на активность ферментов их энергетического обмена / В. Д. Романенко, А. С. Потрохов, О. Г. Зиньковский // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов. I Всерос. конф. М.: АКВАРОС. – 2011. – Т. 2. – С. 666-673.
106. Савина, Л. В. Характеристика красной крови окуня (*Perca fluviatilis* L.) Калининградского и Куршского заливов / Л. В.Савина // Известия КГТУ: сб. науч. тр. / КГТУ. – Калининград. – 2003. – №3. – С. 161-167.
107. Селиверстов, В. В. Проведение гематологического обследования рыб/ В. В. Селиверстов. – Минсельхозпрод России, 1999. – 38с.
108. Семенов, Д. Ю. Экология промысла окуня (*Perca fluviatilis* L.) Ульяновского и Ундоровского плесов Куйбышевского водохранилища / Д. Ю. Семенов // Любимцевские чтения XVIII: Современные проблемы эволюции (сборник докладов). – Ульяновск: УлГПУ. – 2004. – С.345-349.
109. Сементина, Е. В. Влияние солёности на гематологические показатели молоди стерляди / Е. В. Сементина, Г. Г. Серпунин, Л. В. Савина, М.С. Величко // Труды VI международной науч. конф., посвященной 50-летию пребывания КГТУ на Калининградской земле: Инновации в науке и образовании. Калининград. – 2008. – Ч.1. – С. 104-106.

110. Сементина, Е. В. Характеристика крови окуня озера Виштынецкого в весенний и летний периоды / Е. В. Сементина, Г. Г. Серпунин // Известия КГТУ. – 2010. – № 17. – С. 104-110.
111. Семиколонова, Н. А. Медицинская биохимия: Лабораторный практикум под редакцией Н. А. Семиколоновой / Н. А. Семиколонова. – Омск, издательство ОмГУ, 2005. – 56с.
112. Серпунин, Г. Г. Нормальные гематологические показатели канального сома в различные периоды онтогенеза при выращивании в установке с замкнутым водоснабжением / Г.Г. Серпунин // Известия КГТУ. – 2002. – № 1. – С. 7-16.
113. Силкин, Ю. А. Неорганические катионы в эритроцитах пластиножаберных и костистых рыб Черного моря / Ю. А. Силкин, А. А. Солюс // Журнал эволюц. биохим. и физиол. – 1987. – Т. 23. № 2. – С. 263–266.
114. Силкин, Ю. А. Влияние гипоксии на физиолого-биохимические показатели крови некоторых морских рыб / Ю. А. Силкин, Е. Н. Силкина // Журнал эволюц. биохим. и физиол. – 2005. – Т. 41. №5. – С. 421-425
115. Смирнов, И. В. Инструкция по применению набора реагентов для определения гемоглобина в крови АНД методом / И. В. Смирнов, В. В. Гладун. – Москва, 2000. – 2с.
116. Солдатов, А. А. Влияние температуры, рН и органических фосфатов на гемоглобины рыб / А. А. Солдатов // Журнал эволюц. биохим. и физиол. – 2003. – Т. 39, № 2. – С. 121–127.
117. Строганов, Н. С. Экологическая физиология рыб / Н. С. Строганов. – М.: МГУ, 1962. – 444 с.
118. Строганов, Н. С. Акклиматизация и выращивание осетровых рыб в прудах / Н. С. Строганов. – М.: МГУ, 1968. – 377 с
119. Суворов, Е. К. Основы ихтиологии Текст / Е. К. Суворов. – М. : Сов. наука, 1948. – 560 с.

120. Точилина, Л. В. Лейкоцитарная формула морских рыб / Л. В. Точилина // Гидробиол. журн. – 1994. – Т. 30. № 3. – С. 50–57.
121. Тромбицкий, И. Д. Гематологические показатели толстолобиков и буффало в норме и при болезнях / И. Д. Тромбицкий // В кн: «Болезни и паразиты в тепловодном рыбном хозяйстве». Душанбе.– 1988. – С. 76-79 с.
122. Федорова, Н. Н. Цитология. Эмбриология. Общая гистология: учеб. Пособие/ Н. Н. Федорова, М. П. Грушко. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. – 108 с.
123. Федоровых Ю. В. Разработка комбикорма для личинок евроазиатского окуня в индустриальных условиях / Ю.В. Федоровых, Н.П. Боева, А.П. Бочкарев // Вестник АГТУ.– 2011. – № 2. – С. 122-124.
124. Флоренсов, В. А.. Очерки эволюционной иммуноморфологии / В.А. Флоренсов, И.М. Пестова. – Иркутск: ИГУ, 1990. – 244 с.
125. Франк, С. Т. Иллюстрированная энциклопедия рыб. 3-е изд / С. Т. Франк. – Прага: Артия, 1983. – 558с.
126. Шатуновский, М. И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб / М.И. Шатуновский. – М.: Наука, 1980. – 238с.
127. Шустов, Ю. А.. Научные исследования в заповедниках и национальных парках России / Ю. А. Шустов, И. А.. Гусаров, А. В. Сухов // Тезисы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию юбилею биосферного резервата ЮНЕСКО «Национальный парк «Водлозерский». Петрозаводск. – 2016. – №368. – С.138-139. - ISSN ISBN 978-5-9274-0731-6.
128. Яхненко, В. М. Морфологическая характеристика крови рыб озера Байкал / В. М. Яхненко. – Новосибирск: Наука, 1984. – 119 с.
129. Abbasi, K. Atlas of Guilan fish, Guilan Fisheries Research Centr / K. Abbasi, A S. Val, D. Haghighi, A.N. Sarpanah. – Sh. Nezami, 1999. – 113p.

130. Acerete, J. C. Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.) subjected to stress by transport and handling/ J. C. Acerete, B. E. Espinosb, A. Josab, L. Tore. // *Aquaculture*. – (2004). – P.167–178.
131. Agius, C. Effects of starvation on the Melano-Macrophage Centres of fish/ C. Agius, R. Roberts J // *Journal of Fish Biology*. – 2006. – 19(2). – P. 161-169.
132. Akiyama, T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species/ T. Akiyama, I. Oohara, T. Yamamoto // *Fisheries Science*. –1997. – 63(6). – P. 963-970.
133. Alkindi, A. Endocrine, osmoregulatory, respiratory and hematological parameters in flounder exposed to the water soluble fraction of crude oil / A. Alkindi, J. Brown, C. Waring, J. Collins // *J Fish Biol*. – 1996. – 49. – P. 1291-1305
134. Ashe, D. A. Cultivating perch/ D. A. Ashe // *Aquaculture explained*, Bord Iascaigh Mhara (Irish Sea fisheries Board) Ed. – 1997. – P. 20-47.
135. Baras, E. Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions/ E. Baras, P. Kestemont, C. Melard // *Aquaculture*. – 2003. – 219(1–4). – P. 241–255.
136. Barton, B. Stress in fishes: a diversity with particular reference in changes in circulating corticosteroids/ B. Barton // *Integrative and Comparative Biology*. – 2002. – №42. – P. 517–525.
137. Barton, B. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids / B. Barton, G. Iwama // *Annual Review of Fish Diseases*. – 1991. – №1. – P. 3–26.
138. Benrmann-godel. Biology and Ecology of Perch Parasites/ Benrmann-godel, Jasminca, Alexander Brinker //In: COUTURE, Patrice, ed. and others. *Biology of perch*. Boca Raton: CRC Press. – 2015. – P. 193-229.
139. Brown, G. E. The effect of stocking density on the behavior of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) / G. E Brown, J. A Brown, R. K. Srivastava // *J Fish Biol*. – 1992. – № 41(6). – P. 955–963. doi:10.1111/j.1095-8649.1992.tb02722.x

140. Brozova, M. Fish - annual report of Ministry of Agriculture / M. Brozova. – Ministry of Agriculture of the Czech Republic, 2005. – 40 p.
141. Bruylants, B. The movement pattern and density distribution of perch, *Perca fluviatilis* L., in a channelized lowland river/ B. Bruylants, A.Vandelannoote, R. Verheyen // *Aquac Fish Manag.* – 1986. – № 17(1). – P. 49–57.
142. Byström, P. Size and density dependent habitat use in predators: consequences for habitat shifts in young fish/ P. Byström, L. Persson, E. Wahlström, E. Westman // *J Anim Ecol.* – 2003. – № 72(1). – P. 156–168
143. Cavas, T. Evaluation of the genotoxic potential of lambda-cyhalothrin using nuclear and nucleolar biomarkers on fish cells / T. Cavas, S. Ergene-Gzukara // *Mutation research.* – 2003. – Vol. 534. – P. 93-99.
144. Collete, B.B. Biology of the Percids / B. B. Collete, M. A. Ali // *J. Fish. Res. Board.* – 1977. – Vol. 34. – P. 1890-1899.
145. Čech, M. Distribution of egg strands of perch (*Perca fluviatilis* L.) with respect to depth and spawning substrate / M. Čech, J. Peterka, M. Říha, T. Jůza, J. Kubečka // *Hydrobiologia.* – 2009. – 630(1). – P. 105–114.
146. Cerda ´-Reverter, J.M. Time-course studies on plasma glucose, insulin, and cortisol in Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) held under different photoperiodic regimes/ J. M. Cerda ´-Reverter, S. Zanuy, M. Carrillo, J. A. Madrid // *Physiology & Behavior.* – 1998. – 64 (3). – P. 245–250.
147. Chocchia, G. Effect of catecholamines on deformability of red blood cells from trout: relative roles of cyclic AMP and cell volume / G. Chocchia, R. Motais // *Journal of Physiology.* – 1989. – P. 321 –332.
148. Craig, J. F. Population dynamics of perch, *Perca fluviatilis* L. in Slapton Ley, Devon / Craig J. F // *Freshwat Biol.* – 1974. – P. 433-444.
149. Craig, J. F. Percid fishes – systematics, ecology and exploitation, Fish and aquatic resources series / Craig JF // Blackwell Science, Oxfor. – 2000. – P. 50-55

150. Dalimier, N. Etude éco-éthologique de la reproduction de la perche (*Perca fluviatilis* L.): observations en plongée dans une carrière inondée / S. A. Guma'a // *Cah Ethol Appl.* – 1982. – P. 37–50 (in French)
151. Ejraei, F. Effects of different ages on some cellular and biochemical parameters in grass carp fish, (*Ctenopharyngodon idella*)/ F. Ejraei. – MSc thesis. Islamic Azad University Lahijan, 2011. – 85 p.
152. Eklöv, P. Group foraging versus solitary foraging efficiency in piscivorous predators – the perch, *Perca fluviatilis* and pike, *Esox Lucius* / P. Eklöv // *Anim Behav.* – 1992. – 44(2). – P. 313–326.
153. Eklöv, P. Pike predators induce morphological changes in young perch and roach/ P. Eklöv, P. Jonsson // *J Fish Biol.* – 2007. – 70(1). – P. 155–164.
154. Ellis, A. E. The leucocytes of fish: a review / A. E. Ellis // *Ibid.* – 1977. – V. 11. № 5. – P. 453-491.
155. Evans, D. H. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acidbase regulation, and excretion of nitrogenous waste / D. H. Evans, P. M. Piermarini, K. P. Choe // *Physiol. Rev.* – 2005. – Vol. 85. – P. 97–177.
156. Fabricius, E. Hur abborren leker (The spawning behaviour of the perch, *Perca fluviatilis* L.) / E. Fabricius // *Zoologisk Revy.* – 1956. – P. 48–55 (in Swedish)
157. Faraz, P. Parasitic infection alters haematology and immunity parameters of common carp, *Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758 / P. Faraz, S. Abarghuei, H. Khara, H. Mohammadi Parashkoh // *J Parasit Dis.* – 2016. – 40(4). – P. 1540–1543.
158. Fiogbe, E. The effects of dietary crude protein on growth of the Eurasian perch *Perea fluviatilis* / E. Fiogbe, P. Kestemont, C. Melard, J. Micha // *Aquaculture.* – 1996. – P. 239-249.

159. Fiogbe, E. Optimum daily ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature / E. Fiogbe, P. Kestemont // *Aquaculture*. – 2003. – P. 243-252.
160. Flesch, A. Biologie de la perche (*Perca fluviatilis*) dans le reservoir du Mirgenbach (Cattenom, Moselle). PhD thesis / A. Flesch. – University of Metz, 1994. – 241 p. (in French)
161. Fontaine, P. Mise au point de protocoles de controle de la production de larves « hors-saison », d'optimisation de l'alimentation et de caracterisation de la qualite des produits en perciculture. Rapport final du programme d'innovation ANVAR №A0011134LATEK / P. Fontaine, M. Thomas // Programme franco-espagnol Eureka ACRAPEP. – 2004. – 21 p. (In French)
162. Gillet, C. A survey of the spawning of perch (*Perca fluviatilis*), pike (*Esox lucius*), and roach (*Rutilus rutilus*), using artificial spawning substrates in lakes / C. Gillet, J. P. Dubois // *Hydrobiologia*. – 1995. – P. 409–415.
163. Gillet, C. Effect of water temperature and size of females on the timing of spawning of perch *Perca fluviatilis* L. in Lake Geneva from 1984 to 2003 / C. Gillet, J. P. Dubois // *J Fish Biol.* – 2007. – P. 1001–1014
164. Grant, JWA. Whether or not to defend – the influence of resource distribution/ JWA. Grant // *Mar Behav Physiol.* – 1993. – 23(1–4). – P. 137–153
165. Guma'a, S. A. The effects of temperature on the development and mortality of eggs of perch, *Perca fluviatilis* / S. A. Guma'a // *Freshw Biol.* – 1978. – P. 221–227
166. Haider, G. Vergleichende Untersuchungen zur Blutmorphologie und Hamatopoese emiger Teleostier / G. Haider // *IV Blutbildungsstätten und Blutbildung. Zoologischer Anzeiger.* – 1968. – P. 45 - 56.
167. Haukenes, H. Characterization of the impact of a chronic density stressor on the neuroendocrine and innate immune responses of yellow perch (*Perca flavescens*) to an acute challenge with lipopolysaccharide / H. Haukenes. – PhD thesis. University of South Dakota, USA. 2001. – 23p.

168. Hauler, R. C. Lysine deposition responds linearly to marginal lysine intake in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)/ R. C. Hauler, C. G. Carter // *parr. Aquaculture Research*. – 2001. – 32. – P. 147-156.
169. Hayatbakhsh, M. A survey of some hematological parameters of *Abramis brama orientalis* in the Caspian Sea (Bandar Anzali Coast in Iran) / M. Hayatbakhsh, M. Khara, H. Sayad Borani, M. Ahmadnezhad, M. Daghigh Rohi. G. Movahed. R. and Rahbar. M. // *Journal of Biological Sciences, Islamic Azad University Lahijan*. – 2010. – 4(2). – P.47-57.
170. Hlavova, V. References values of the haematological indices in grayling (*Thymallus thymallus*) / Hlavova V.// *Comparative Biochemical and Physiology*. – 1993. – P. 525-532.
171. Hokanson, KEF. Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle/ KEF. Hokanson // *J Fish Res Board Can.* – 1977. – 34. – P.1524–1550
172. Ibiwoye, T. I. Determination of the densities of Eustrongylides in mudfish *Clarias gariepinus* and *C. anguillaris* from Sida floodplain of Nigeria / T. I. Ibiwoye // *Journal of Applied Science and Environmental Management*. – 2004. – Vol. 8 (1), in press.
173. Jensen, F. B. Influence of hemoglobin conformation, nitrite and eicosanoids on K transport across the carp red blood cell membrane / F. B. Jensen // *J. Exp. Biol.* – 1992. – Vol. 171. – P. 349–371.
174. Jones, D. H. The spawning of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Loch Leven, Kinross, Scotland / D. H. Jones // *Fish Manag.* – 1982. – 13(4). – P. 139–150.
175. Kamstra, A. Trials with intensive production of pike-perch fry using dry diets/ A. Kamstra, E. Schram, JA. Span // *EAS Publ Ser.* – 2001. – P. 125-126.
176. Kestemont, P. An integrated study of interindividual competition and its relationships with feeding physiology and behaviour in cultured predatory fish / P. Kestemont, C. Melard, P. Fontaine, M. Anthouard, T. Boujard, M. Kentouri. – Final report FAIR CT96-1572 (1/1/97-31/12/99), 2000. – 148 p

177. Keslemont, P. Growth and nutritional status of Eurasian perch *Perca fluviatilis* fed graded levels of dietary lipids with or without added ethoxyquin / P. Keslemont, E. Vandeloise, C. Melard, P. Fontaine, P. B. Brown// *Aquaculture*. – 2001. – 203. – P. 85–99
178. Kestemont, P. *Biology and Culture of Percid Fishes: Principles and practices*/ P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt. - Springer Dordrecht Heidelberg New York London, 2015. ISBN 978-94-017-7226-6 ISBN 978-94-017-7227-3 (eBook) DOI 10.1007/978-94-017-7227-3
179. Khajeh, Gh. A comparative study of some blood parameters in grass carp fish (*Ctenopharyngodon idella*)/ Gh. Khajeh, R. Peyghan, M. Mesbah // *Iranian Journal of Veterinary Medicine*. – 2007. – P. 14-35.
180. Kottelat, M. *Handbook of European freshwater fishes*./ M. Kottelat, J. Freyhof. – Publications Kottelat, Cornol, Switzerland, 2007. – 646 p.
181. Lappalainen, J. Reproductive biology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.) – a review / J. Lappalainen, H. Dörner, K. Wysujack // *Ecol Freshw Fish*. – 2003. 12:95–106
182. Lebelo, S. L. Observations on blood viscosity in striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum) associated with fish hatchery conditions/ S. L. Lebelo, D. K. Saunders, T. G. Crawford // *Kansas Acad Sci*. – 2001. – 104. – P. 183–194.
183. LeCren ED. Exceptionally big individual perch (*Perca fluviatilis* L.) and their growth / ED LeCren // *J Fish Biol* . –1992. – 40(4). – P. 599–625
184. Lovell, RT. Nutrition of aquaculture species / RT. Lovell // *J Aim Sci*. – 1991. – 69. – P. 4193-4200
185. Lundvall, D. Size-dependent predation in piscivores: interactions between predator foraging and prey avoidance abilities/ D. Lundvall, R. Svanbäck, L. Persson, P. Byström // *Can J Fish Aquat Sci*. – 1999. – №56 (7). – P.1285–1292
186. Mahajan, C. L. Seasonal variations in the blood constituents of an air breathing fish, *Channa punctatus* Bloch/ C. L. Mahajan, J. S. Dheer // *J. Fish Biol*. – 1979. – P. 413-417.

187. Mairesse, G. Effects of dietary factors, stocking biomass and domestication on the nutritional and technological quality of the Eurasian perch *Perca fluviatilis*/ G. Mairesse, M. Thomas, J-N. Gardeur, J. Brun-Bellut // *Aquaculture*. – 2007. – 262. – P. 86-94.
188. Makarova, N. P. Seasonal changes in some of the physiological characteristics of the perch (*Perca fluviatilis* L.) of Ivan'kovo Reservoir / N. P. Makarova // *J Ichthyol*. – 1973. – 13. – P.742–752
189. Martins, M. L. Haematological alterations of *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) naturally infected by *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) in fish pond/ M. L. Martins, M. Tavares-Dias, R.Y. Fujimoto, E. M. Onaka, D. T. Nomura // *Arq Bras Med Vet Zootec*. – 2004. – 56. – P.640–646.
190. Mathis, N. Influence of protein/energy ratio on carcass quality during the growing period of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) / N. Mathis, Feidt, J. Brun-Bellut // *Aquaculture*. – 2003. – 217. – P. 453–464.
191. Migaud, H. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species/ H. Migaud, A. Davie, J. F. Taylor // *J Fish Biol*. – 2010. – P. 27–68.
192. Molinero, A.. Stress in fish removal in the gilthead sea bream, *Sparus aurata*: a time course study on the remaining fish in the same tank / A. Molinero, E. Gómez, J. Balasch, L. Tort // *Journal of Applied Aquaculture*. – 1997. – №7 (2). – P. 1–12.
193. Molnar, T. The effect of initial stocking density on growth and survival of pike-perch fingerlings reared under intensive conditions / T. Molnar, C. Hancz, M. Bodis, T. Muller, M. Bercsemyi, P. Horn // *Aquac Int*. – 2004. – №12 (2). – P. 181–189. doi:10.1023/B:AQUI.0000032079.62056.8
194. Mommsen, T. P. Interactive effects of catecholamines and hypercapnia on glucose production in isolated trout hepatocytes / T. P. Mommsen, P. J. Walsh, S. F. Perry, T. Moon // *Gen. Comp. Endocrinol*. – 1988. – V. 70. – P. 63-73.

195. Movahed, R. A survey of some hematological parameters of Zander (*Sander lucioperca*) in the Caspian Sea (Bandar Anzali coast)/ R. Movahed, H. Khara, M. Sayadbournani, M. Hayatbakhsh, M. Ahmadnezhad, M. Rahbar // *Journal of fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch*. – 2011. – №4. – P. 93-100.
196. Movahed, R. Some haematological Changes of Zander (*Sander lucioperca*) In Relation to Age and Its Relationship with Parasitic Infection / R. Movahed, H. Khara, M. R. Hayatbakhsh, M. Rahbar // *Fisheries and Aquaculture Journal*. – 2012. – FAJ-47. – P. 1-7.
197. Newsome, GE. Yellow perch egg masses deter predators/ GE. Newsome, J. Tompkins // *Can J Zool*. – 1985. – 63(12). – P. 2882–2884
198. NRC Nutrient requirements of fish and shrimp. - The National Academic Press, Washington DC, 2011. – 392p.
199. Nyina-wamwiza, L. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings/ L. Nyina-wamwiza, XL. Xu, G. Blanchard, P. Keslemont // *Aquacult Res*. – 2005. – 36. –P. 486–492.
200. Olsson, J. Habitat structure, feeding mode and morphological reversibility: factors influencing phenotypic plasticity in perch/ J. Olsson, P. Eklöv // *Evol Ecol Res*. – 2005. – 7(8). – P. 1109–1123
201. Papageorgiou, NK. Fecundity and reproduction of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Agios Vasilios, Greece / NK. Papageorgiou // *Freshw Biol*. – 1977. – P. 559–565
202. Parish, N. The leucocytes of the elasmobranch *Scyliorhinus vanicula* L. A morphological study/ N. Parish, A. Wrathmell, S. Hart, J. Harris // *J. Fish. Biol*. – 1986. – V. 28, № 5. – P. 545-561.
203. Persson, L. Asymmetries in competitive and predatory interactions in fish populations. In: Ebenmann B, Persson L (eds) *Size-structured populations:*

- ecology and evolution / L. Persson // Springer, Berlin/Heidelberg. – 1988. – P. 203–218.
204. Planas, J. Annual daily variations of plasma cortisol in sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. / J. Planas, J. Gutierrez, J. Ferna ´ndez, M. Carrillo, P. Canals // Aquaculture. – 1990. – №91. – 171–178.
205. Probst, WN. Spawning site selection by Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) in relation to temperature and wave exposure / WN. Probst, S. Stoll, H. Hofmann, P. Fischer, R. Eckmann // Ecol Freshw Fish. – 2009. – №18(1). – P. 1–7.
206. Quevedo, M. Intrapopulation niche partitioning in a generalist predator limits food web connectivity / M. Quevedo, R. Svanbäck, P. Eklöv // Ecology. – 2009. – №90(8). – P. 2263–2274.
207. Rahbar, M. Surveying Some Hematological Parameters Of Perch (*Perca fluviatilis*, L 1785) in the AnzaliWetland In Iran / M. Rahbar, H. Khara, M. Hayatbakhsh, M. Ahmadnezhad // International Conference on Chemical, Environmental and Biological Sciences. – 2011. – P.324-327.
208. Rahimibashar, M. Determination of some hematological parameters on kutum (*Rutilus frissi* Kutum) and their changes in different stages of gonad growth and spawning migration from the sea to river/ M. R. Rahimibashar, A. Tehranifard, A. haseminejad, V. Alipoor, M. Falahchi // Journal of Science Biology. – 2008. – №1. – P. 45-56.
209. Rashideh, M. Hematological characteristics associated with parasitism in Pikeperch *Sander lucioperca* (Percidae) from Anzali Wetland / M. Rashideh, H. Khara, M. Ahmadnezhad, M. Sayadboorani // Journal Parasit Dis. – 2016. – 40 (4). – P.1337–1341.
210. Rashidi, Z. Effect of parasitic infection on some blood parameters of Kutum fish (*Rutilus frissi* Kutum) migrating to the Tajan River / Rashidi, Z. – MSc Thesis, Islamic Azad University Lahijan Branch. – 2007. – 145p.

211. Ribeiro, H. J. Functional dissimilarity of melanomacrophage centres in the liver and spleen from females of the teleost fish *Prochilodus argenteus* / H. J. Ribeiro, MS. Procópio, JMM. Gomes, F. O. Vieira, R. C. Russo, K. Balzuweit, H. Chiarini-Garcia, ACS. Castro, E. Rizzo, Corrêa JD Júnior. // *Cell Tissue Res.* – 2011. – 346(3). – 417-425.
212. Rotllant, J. Cortisol and glucose responses after acute stress by net handling in the sparid red porgy previously subjected to crowding stress / J. Rotllant, L. Tort // *Journal of Fish Biology.* – 1997. – 51. – P. 21–28.
213. Rotllant, J. Pituitary and interrenal function in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L., Teleostei) after handling and confinement stress / J. Rotllant, P. H. M. Balm, J. Pe ´rez-Sa ´nchez, S. E. Wendelaar-Bonga, L. Tort // *General and Comparative Endocrinology.* – 2001. – 121. – P. 333–342.
214. Roche, H. Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication / H. Roche, G. Boge // *Marine Environmental Research.* – 1996. – 41. – P. 27–43.
215. Rowe, D. Review of the impacts of gambusia, redfin perch, tench, roach, yellowfin goby and streaked goby in Australia / D. Rowe, A. Moore, A. Giorgetti, C. Maclean, P. Grace, S. Wadhwa, J. Cooke // *Commonwealth of Australia.* – 2008. – P. 55- 241.
216. Sandström, O. Temperature effects on spawning and egg development in Eurasian perch / O. Sandström, I. Abrahamsson, J. Andersson, M. Vetemaa // *J Fish Biol.* – 1997. – 51. – P.1015–1024.
217. Sargent, J. R. The lipids. In: Halver JE, Hardy RW (eds) / J.R Sargent, D. R. Tocher, J. G. Bell // *Fish nutrition*, 3rd edn. Academic, San Diego. – 2002. – P. 181-257.
218. Schulz, C. Growth performance and body composition of pike perch (*Sander lucioperca*) fed varying formulated and natural diets / C. Schulz, S. Gunther, M. Wirth, B. Rennert // *Aquae Int.* – 2002. – P. 577-586.

219. Schulz, C. Growth performance and body composition of pike perch (*Sander lucioperca*) fed varying formulated and natural diets / C. Schulz, S. Guther, M. Wirth, B. Rennert // *Aquac Int.* – 2006. – 14. – P. 577–586.
220. Schulz, C. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*) / C. Schulz, M. Bohm, M. Wirth, B. Rennert // *Aquacult. Nutrition.* – 2007. – P. 23–27.
221. Schlumberger, O. Reproduction of pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) in captivity/ O. Schlumberger, J-P. Proteau // *J Appl Ichthyol.* – 1996. – 12. – P. 149–152
222. Secombes, C. J. The nonspecific immune system: cellular defense / Secombes C. J., G. Iwama, T. Nakanishi// *The fishimmune system: organism, pathogen and environment Acad. Press.* – 1996. – P. 63–105.
223. Shmid, W. The micronucleus test / W. Shmid // *Mutat. Res.* – 1975. – V.31, № 1. – P. 9–15.
224. Smith, C. Oviposition site selection and embryo mortality in perch / C. Smith, A. Douglas, P. Jurajda // *J Fish Biol.* – 2001. – 58(3). – P. 880–882.
225. Snickars, M. Habitat selectivity of substrate-spawning fish: modelling requirements for the Eurasian perch *Perca fluviatilis* / M. Snickars, G. Sundblad, A. Sandström, L. Ljunggren, U. Bergström, G. Johansson, J. Mattila // *Mar Ecol Prog Ser.* – 2010. – P. 235–243.
226. Strand, A. Effect of group size on feed intake, growth and feed efficiency of juvenile perch / A. Strand, A. Alanärä, C. Magnhagen // *J Fish Biol.* – 2007. – №71 (2). – P. 615–619.
227. Svanbäck, R. Effects of habitat and food resources on morphology and ontogenetic growth trajectories in perch/ R. Svanbäck, P. Eklöv // *Oecologia.* – 2002. – №131(1). – P. 61–70.

228. Svanbäck, R. Morphology dependent foraging efficiency in perch: a trade-off for ecological specialization / R. Svanbäck, P. Eklöv // *Oikos*. – 2003. – 102(2). – P. 273–284
229. Svanbäck, R. Genetic variation and phenotypic plasticity: causes of morphological and dietary variation in Eurasian perch / R. Svanbäck, P. Eklöv // *Evol Ecol Res.* – 2006. – 8(1). – P.37–49.
230. Svetina, A. Hematology and some blood chemical parameters of young carp till the age of three years / A. Svetina, Z. Matasin, A. Tofant, M. Vucemilo, N. Fkjan // *Acta Veterinary Hungarica*. – 2002. – 50(4). – 459-467.
231. Tamura, E. Histological changes in the Organs and the Tissues of the Gobiid Fishes throughout their Life-Span-VI. Seasonal changes in the Lymphopoietic Organs of the Flat-head Goby / E. Tamura., Y. Honma // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* – 1974. – V.40, № 5. – P. 447-455.
232. Teletchea, F. Securing juveniles production of Eurasian perch by improving reproduction and larval rearing / F. Teletchea , P. Kestemont, C. Melard, E. Schram, O. Linhart, P. Fontaine. – Final report COOP-CT-2004-512629-PERCATECH, 2006. – 40p.
233. Treasurer, J. W. Some aspects of the reproductive biology of perch *Perca fluviatilis* L. Fecundity, maturation and spawning behavior / J. W. Treasurer // *J Fish Biol.* – 1981. – 18(6). – P. 729–740.
234. Treasurer, J. W. Estimate of egg and viable embryo production in a lacustrine perch, *Perca fluviatilis*/ J. W. Treasurer // *Environ Biol Fish.* – 1983. – 8 (1). – P. 3–16.
235. Van Muiswinkel, W.B. The immune system of fish / W.B.Van Muiswinkel, B.Vervoorn-Van Der Wal // *Fish diseases and disorders*. – 2006. – P. 678-701
236. Vosoughi, Gh. Freshwater fish / Gh. Vosoughi, H. Mostajir, B. – Publications, Tehran, 1994. – 317p.
237. Vosoughi, G.H. Freshwater Fish / G.H. Vosoughi, B. Mostajir. – Tehran University Press, 2001. –317p.

238. Wang, N. Distribution of perch (*Perca fluviatilis* L.) during their first year of life in Lake Constance/ N. Wang, R. Eckmann.// *Hydrobiologia*. –1994. – № 277. – P. 135-143.
239. Wang, N. Improving pikeperch larval quality and production by broodstock management and nutrition, husbandry and sex control/ Wang N, Teletchea F, Schram E, Kucharczyk D, Melard C, Fontaine P, Kestemont P. – Final report COOP-CT, 2008. – 45p.
240. Wang, N. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes / N. Wang, F. Teletchea, P. Kestemont, S. Milla, P. Fontaine // *Rev Aquac.* – 2010. – P. 209–222.
241. Wedemeyer, GA. Stress and acclimation. In: Schreck CB, Moyle PB (eds) *Methods for fish biology*/ GA. Wedemeyer, BA. Barton, DJ. McLeay // American Fisheries Society, Bethesda. – 1990. – P. 451–489.
242. Wilson, R. P. Amino-Acid Composition of Whole-Body Tissue of Rainbow-Trout and Atlantic Salmon / R. P. Wilson, C. B. Cowey // *Aquaculture*. – 1985. – 48(3-4). – P. 373-376.
243. Wilson, R. P. Relationship of Whole-Body and Egg Essential Amino-Acid Patterns to Amino-Acid Requirement Patterns in Channel Catfish, *Ictalurus punctatus* / R. P. Wilson, W.E. Poe // *Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology*. – 1985. – 80(2). – 385-388.
244. Xu, X. Effects of dietary fat levels on growth, feed efficiency and biochemical compositions of Eurasian perch *Perca fluviatilis* / X. Xu, P. Fontaine, C. Melard, P. Kestemont // *Aquae Int* . – 2001. – P. 437-449.
245. Xu, X. Lipid metabolism and FA composition in tissues of Eurasian perch *Perca fluviatilis* as influenced by dietary fats. *Lipids* / X. Xu, P. Kestemont // *Aquae Int*. – 2002. – 37. – P. 297-304
246. Yadov, D. P. Haematology of genus channa: leucocytes / D. P. Yadov, V. Banaijee, M. Banaerjee // *Comp. Physiol. and Ecol.* – 1986. – V. 11. № 4. – P. 226-232.

247. Zaks, Z. Intensive rearing of juvenile *Stizostedion lucioperca* (Percidae) fed natural and artificial diets/ Z. Zaks, K. Demska-Zakes // *Ital J Zool.* – 1998. – 65. – 507-509.
248. Zakęś, Z. Growth performance of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) fed graded levels of dietary lipids / Z. Zakęś, A. Przybył, M. Wozniak, J. Mazurkiewicz // *Czech J Anim Sci.* – 2004. – 49. – P.156–163.
249. Żarski, D. Dynamics of composition and morphology in oocytes of Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., during induced spawning // D. Żarski, S. Krejszeff, Á. Horváth, Z. Bokor, K. Palińska, K. Szentes, J. Łuczyńska, K. Targońska, K. Kupren, B. Urbányi, D. Kucharczyk // *Aquaculture.* – 2012. – P. 364–365
250. Zeh, M. Spawning and egg development of *Perca fluviatilis* in Lake Zürich / M. Zeh, E. Ritter, G. Ribi // *Aquat Sci.* – 1989. – 51(2). – 100–107.
251. Zemskova, H. Fish - annual report of Ministry of Agriculture / H. Zemskova, V. Gall. – Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Prague, 2011. – 45p.
252. <http://www.fao.org/fishery/species/2298/en>

ПРИЛОЖЕНИЕ

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора инновационного центра
«Биоаквапарк – научно-технический центр Аквакультуры»

д.с.-х.н. доц. Грозеску Ю.Н.
«16» апреля 2018

АКТ

опытно-промышленных испытаний сухого комбикорма с личинками мухи черная львинка

Комиссия в составе д.с.-х.н., доц. АГТУ Бахарева А.А., зав. лабораторией инновационного центра Биоаквапарк – научно – технический центр Аквакультуры» Аблеев Д.Р., с.н.с. ЮНЦ РАН Сорокиной М.Н., аспиранта АГТУ Нгуен Т.Х.В. рассмотрела результаты опытно-промышленных испытаний сухого комбикорма с личинками мухи черная львинка.

Опыты по кормлению речного окуня до товарной массы осуществляли в аквариумах аквакомплекса объемом 400 л. Рыб кормили 3 раза в день кормом с личинками мухи черная львинка. Комбикорма для производственных испытаний были изготовлены в лабораторных условиях. Температура воды в аквариумах аквакомплекса в период исследований составляла 20-22⁰С, содержание кислорода – 6,0-7,0 мг/л, рН – 6,0-8,0. Плотность посадки - 1 шт./л.

На основании протокола от «16» апреля 2018 г. комиссия считает, что комбикорм с личинками мухи черная львинка для евроазиатского окуня может быть рекомендован для промышленного использования.

Протокол и пояснительная записка

Председатель комиссии

Члены комиссии

А.А. Бахарева
Д.Р. Аблеев
М.Н. Сорокина
Нгуен Т.Х.В.

А.А. Бахарева

Д.Р. Аблеев

М.Н. Сорокина

Нгуен Т.Х.В.

Астрахань, 2018

ПРОТОКОЛ

рассмотрения результатов опытно-промышленных испытаний сухого комбикорма с личинками мухи черная львинка

Комиссия в составе д.с-х.н., доц. АГТУ Бахарева А.А., зав. лабораторией инновационного центра Биоаквапарк – научно – технический центр Аквакультуры» Аблеев Д.Р., с.н.с. ЮНЦ РАН Сорокиной М.Н., аспиранта АГТУ Нгуен Т.Х.В. рассмотрела результаты опытно-промышленных испытаний сухого комбикорма с личинками мухи черная львинка.

В качестве исходного материала при проведении производственной проверки использовали сеголеток обыкновенного (речного) окуня (*Perca fluviatilis* L.), которые были получены после проведения нереста и инкубации в условиях аквакомплекса.

Краткое содержание работы. Целью исследований явилось повышение эффективности товарного выращивания речного окуня, за счет использования искусственных сбалансированных комбикормов, обеспечивающих высокие темпы роста и нормализации физиологического состояния рыб. В задачи исследований входила проверка влияния комбикорма с различными источниками протеина на морфофизиологические показатели речного окуня, выращенного в искусственных условиях. В кормлении подопытных рыб применяли корма четырех вариантов: первый вариант – корм, основанный на гаприне, являющимся продуктом метанооксиляющих бактерий; второй вариант – корм с личинками мухи; третий вариант – корм из фарша малоценной рыбы и четвертый вариант – корм с рыбной мукой.

При анализе биохимического состава исследуемых вариантов комбикормов было установлено, что по содержанию основных питательных веществ данные корма отличались незначительно. В комбикорме с гаприном содержание сырого протеина было немного выше, чем в трех других вариантах и составило 44,98 %. По содержанию сырого жира были выше показатели корма с личинками мухи, чем в кормах с гаприном и рыбной мукой.

При оценке эффективности использования новых комбикормов в производственных условиях лучшие морфофизиологические показатели окуня были отмечены в варианте с фаршем малоценной рыбы и варианте с личинками мухи черная львинка.

Через 30 суток масса рыб, выращенных на комбикорме с личинками мухи, составила 92,67 г и была в 1,08 раза выше, чем при использовании варианта комбикорма с рыбной мукой. При использовании в составе комбикорма с личинками мухи были отмечены наименьшие доли патологически измененных эритроцитов в мазках крови, а количественные показатели крови практически не различались от варианта с фаршем малоценной рыбы.

Результаты оценки введения в комбикорм с различными источниками протеина показали эффективность замены рыбной муки на личинки мухи черная львинка.

Председатель комиссии

Члены комиссии

А.А. Бахарева

Д.Р. Аблеев

М.Н. Сорокина

Нгуен Т.Х.В.

Астрахань, 2018

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к акту опытно-промышленных испытаний от «16» апреля 2018 г.

При проведении работ в качестве базового использовали комбикорм для сеголеток обыкновенного окуня, разработанный в соответствии с его потребностями в питательных веществах на данном этапе. В качестве опытных вариантов использовали 4 варианта с различными источниками протеина: первый вариант с гаприном, являющимся продуктом метанооксиляющих бактерий; второй вариант – корм с личинками мухи; третий вариант – корм из фарша малоценной рыбы и четвертый вариант – корм с рыбной мукой.

Состав комбикорма при проведении опытов по кормлению речного окуня (%)

Состав	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Гаприн	54	0	0	0
Личинки черной львинки	0	54	0	0
Фарш из малоценной рыбы	0	0	54	0
Рыбная мука	0	0	0	54
Соевый концентрат	30	30	30	30
Пшеничная мука	10	10	10	10
Рыбий жир	5	5	5	5
Премикс	1	1	1	1
Итого	100	100	100	100

Опытные варианты корма были изготовлены на лабораторном оборудовании кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы», с использованием дробилки, пресса-гранулятора, сушиллки.

Научный руководитель, д.б.н., профессор,
заслуженный работник рыбного хозяйства РФ
Аспирант АГТУ



С.В. Пономарев



Нгуен Т.Х.В.

Астрахань - 2018


УТВЕРЖДАЮ
Директор Общества с ограниченной ответственностью
"Современный рыбоводный комплекс Шараповский"

Шейхгасанов К.Г.
«30» сентября 2017 г.

АКТ

производственной проверки результатов выращивания сеголетков евроазиатского окуня в прудовых условиях ООО «СРК Шараповский», полученного в индустриальных условиях «Биоаквапарка – научно – технического центра Аквакультуры» АГТУ

Комиссия в составе зав. отделом водных биологических ресурсов бассейнов южных морей Учреждения Российской академии наук Южного научного центра РАН (ЮНЦ РАН), д.б.н., проф. Пономаревой Е.Н., н.с. ЮНЦ РАН Ковалевой А.В., лаборанта кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы» Болониной Н.В., аспиранта АГТУ Нгуен Т.Х.В. рассмотрела результаты выращивания сеголетков евроазиатского окуня в прудах ООО «СРК Шараповский».

В конце апреля на предприятие была передана партия личинок евроазиатского окуня – 850 тыс. шт., полученного в индустриальных условиях «Биоаквапарка – научно – технического центра Аквакультуры» АГТУ. Транспортировка ранней молоди осуществлялась автотранспортом в молочных бидонах объемом 50 л. Отход за транспортировку не превысил 10%.

По результатам бонитировки 15 сентября 2017 г. были получены следующие результаты: сеголетки обладали высоким темпом роста – их масса к концу периода выращивания составила $120,1 \pm 1,2$ г, выживаемость - 75%. При их-

тиопатологическом анализе инвазий и других заболеваний обнаружено не было.

На основании протокола от «30» сентября 2017 г. комиссия считает, что зарыбление прудовых площадей посадочным материалом крупной формы евроазиатского окуня позволяют получить крупных сеголеток за один сезон выращивания.

Протокол

Председатель комиссии

Е.Н. Пономарева

Члены комиссии

А.В. Ковалева

Н.В. Болонина

Нгуен Т.Х.В.

Астрахань, 2017

ПРОТОКОЛ

рассмотрения результатов выращивания сеголетков евроазиатского окуня в прудовых условиях ООО «СРК Шараповский», полученного в промышленных условиях «Биоаквапарк – научно – технического центра Аквакультуры»

АГТУ

Комиссия в составе зав. отделом водных биологических ресурсов бассейнов южных морей Учреждения Российской академии наук Южного научного центра РАН (ЮНЦ РАН), д.б.н., проф. Пономаревой Е.Н., н.с. ЮНЦ РАН Ковалевой А.В., лаборанта кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы» Болониной Н.В., аспиранта АГТУ Федоровых Ю.В.. рассмотрела результаты выращивания сеголетков евроазиатского окуня в прудах ООО «СРК Шараповский».

ООО «СРК Шараповский» располагается в поселке Кировский Камызякского района. Сферой его деятельности является производство рыбной продукции. На сегодняшний день это рыбы семейства карповых (каarp, белый амур, белый толстолобик), однако в будущем планируется разведение осетровых и хищных видов рыб.

Строительство комплекса было начато в 2006 году, в настоящий момент на территории предприятия действуют 2 нагульных пруда площадью 25 и 30 га, выростной пруд площадью 10 га, 2 зимовала и 1 мальковый пруд. Ежегодно проводится работа по мелиорации всего комплекса. В 2015 г. произведено около 10 тонн рыбы.

Темпы роста речного окуня в разных естественных водоёмах могут сильно различаться. В первую очередь на скорость роста окуня оказывают влияние климатические особенности водоёма и обеспеченность доступной пищей, которая позволяет раньше перейти на хищный образ жизни. В целом скорость роста окуня невысока. В небольших водоёмах, а также в условиях скудной кормовой базы окунь за первый год вырастает до 5 см, а к 6 годам — до 20 см. В крупных

озёрах, водохранилищах, дельтах крупных рек окунь к первому году может достигнуть 12 см длины, а пятилетний может иметь длину 35 см

В мае этого года 765 000 шт (с учетом отхода во время транспортировки) личинок евроазиатского окуня поместили на выращивание в выростной пруд площадью 10 га к двухлеткам карпа. Средняя глубина пруда – 1,5 м. Температура за время выращивания колебалась от 18 до 27,5⁰С. Кислород не опускался ниже 5,6 мг/л.

Сеголетки окуня обладали высоким темпом роста – их масса к концу периода выращивания составила $120,1 \pm 1,2$ г, длина $14,2 \pm 2,87$ см, выживаемость - 75%. При ихтиопатологическом анализе инвазий и других заболеваний обнаружено не было.

Председатель комиссии



Е.Н. Пономарева

Члены комиссии




А.В. Ковалева

Н.В. Болонина



Нгуен Т.Х.В.