

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель магистерской
программы
М.И. Гладышев
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 20__ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Эколого-физиологическая характеристика леща, окуня, плотвы средней части
Красноярского водохранилища

тема

06.04.01 «Биология»

код и наименование направления

06.04.01.04 «Гидробиология и ихтиология»

код и наименование магистерской программы

Руководитель


подпись, дата

к.б.н. доц.

должность, ученая степень

С.М. Чупров

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Н.И. Калюжная

инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

д.б.н. с.н.с.

должность, ученая степень

В.А. Заделёнов

инициалы, фамилия

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Эколого-физиологическая характеристика леща, окуня, плотвы средней части Красноярского водохранилища» содержит 60 страниц текстового документа, 13 иллюстраций, 22 таблицы, 3 формулы и 45 использованных источников.

Ключевые слова: физиология крови рыб, гематологические показатели, лейкоцитарная формула рыб, биохимические показатели, Красноярское водохранилище.

Цель работы – оценка физиологического состояния леща, плотвы сибирской и речного окуня средней части Красноярского по показателям крови и некоторым биохимическим показателям.

В данной работе представлены биологические и гематологические показатели леща, плотвы и речного окуня разного возраста, обитающих в Красноярском водохранилище. У рыб были определены: количество лейкоцитов, количество эритроцитов, гемоглобин, гематокрит, скорость оседания эритроцитов, а также содержание белка в сыворотке крови рыб, с целью оценки физиологического состояния рыб.

Выявлены различия между самками и самцами, а также отмечены возрастные изменения в показателях крови исследованных рыб. Анализ показал, что у леща, плотвы и речного окуня Красноярского водохранилища показатели крови находятся в пределах референсных значений, что говорит об удовлетворительном физиологическом состоянии.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Обзор литературы.....	5
1.1. Краткая физико - географическая характеристика Красноярского водохранилища.....	5
1.2. Биологическая характеристика исследуемых видов – речного окуня, леща и плотвы сибирской	6
1.3 Гематологические показатели рыб.....	12
1.2.Биохимические показатели сыворотки крови рыб	23
2. Материалы и методы.....	25
2.1. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ).....	26
2.2. Методика подсчета эритроцитов в камере Горяева.....	27
2.3. Определение гематокритной величины с помощью микроцентрифуги...	28
2.4. Определение содержания гемоглобина цианметгемоглобиновым методом.	28
2.5. Подсчет лейкоцитов и лейкоцитарной формулы.....	29
2.6. Подсчет тромбоцитов в мазках крови (по Фонио).....	29
2.7. Определение общего белка в сыворотке крови.....	29
Глава 3. Обсуждения результатов	31
3.1. Размерно- возрастные показатели рыб	31
3.2. Гематологические исследования.	36
3.3. Лейкоцитарная формула.....	50
3.4. Биохимические показатели	54
Заключение.....	55
Список использованных источников.....	574
Приложение 1	59
Приложение 2	630
Приложение 2	641

Введение

В последнее время в экосистемах водоемов часто наблюдаются значительные изменения, которые происходят как под действием естественных факторов, так и антропогенных. Кровь, являясь внутренней средой организма, быстро реагирует на изменения окружающей среды, и таким образом отражает физиологическое состояние организма [22].

Гематологические параметры обычно используются в качестве ценных индикаторов для оценки состояния здоровья рыб [21]. Изменения параметров крови зависят от вида рыб, водного биотопа, состояния здоровья и питания, возраста и половой зрелости [12, 19, 21]. Также, качество воды, кислорода, температуры и солености напрямую отражаются на показателях крови [2, 6, 27], и основные экологические факторы, такие как режим питания и плотность посадки.

Таким образом, данная работа направлена на получение данных о гематологическом и биохимическом состоянии трех наиболее распространенных видов рыб в реках и водоемах Сибири, а именно речной окунь *Perca fluviatilis*, плотва сибирская *Rutilus rutilus lacustris* и лещ *Abramis brama*. Эти виды многочисленны в Красноярском водохранилище благодаря раннему нересту, высокой плодовитости и короткому инкубационному периоду.

Цель данной магистерской диссертации - оценка физиологического состояния леща, плотвы сибирской и речного окуня средней части Красноярского по показателям крови и некоторым биохимическим показателям.

В задачи работы входило: 1) Оценка роста и возраста рыб; 2) Определение уровня и динамики показателей красной и белой крови речного окуня, леща, плотвы сибирской разного возраста и пола; 3) Определение некоторых биохимических показателей в сыворотке крови

1. Обзор литературы

1.1. Краткая физико - географическая характеристика Красноярского водохранилища.

Красноярское водохранилище - водохранилище в верхнем течении р. Енисей, которое было образовано при строительстве Красноярской ГЭС. Глубокий водоем, у плотины 105 м, с большой степенью сработки уровня воды (до 18 м). Протяженность водохранилища составляет 386 км. Верхней точкой является слияние двух рек Абакан и Енисей. Нижняя точка – плотина Красноярской ГЭС. Ширина достигает 15 километров.

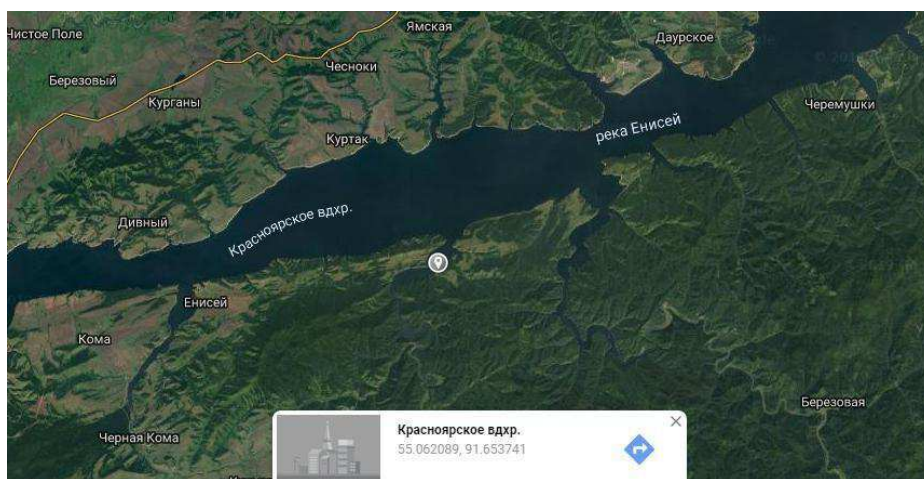


Рисунок 1 - Красноярское водохранилище на карте (фото <https://www.google.ru/maps>)

По правому берегу в Красноярское водохранилище впадают реки - Туба, Сисим, Сыда, по левому — Бирюса. При создании водохранилища в местах впадения рек, образовались заливы - Тубинский, Сыдынский, Карасуг, Сисимский, Дербина, Бирюсинский.

Крупнейшие населённые пункты, расположенные на берегу водохранилища - районные центры Усть-Абакан, Краснотуранск, Новосёлово [26].

В Красноярском водохранилище зарегистрировано 26 видов рыб и один представитель бесчелюстных – минога сибирская. Доминирующими

видами являются рыбы семейства окуневых – окунь речной, а также семейство карповых – лещ и плотва сибирская. Представители семейства осетровых, сибирский осетр и стерлядь малочисленны. Таймень, ленок, хариус сибирский – обитают преимущественно в правобережных притоках водохранилища. Омуль сосредоточен преимущественно на плесовых участках, в заливах, зоне подпора р. Убей в средней части водохранилища. Пелядь распространена по всему водоему (в летний период находится на глубине 20-40м). Численность щуки низкая, что приводит к резкому увеличению численности карповых рыб [26, 17].

1.2. Биологическая характеристика исследуемых видов – речного окуня, леща и плотвы сибирской.

Систематическое положение:

Класс Лучепёрые- *Actinopterygii*

Отряд Окунеобразные—*Perciformes*

Семейство Окуневые—*Percidae* Cuvier, 1816

Род Пресноводные окуни —*Perca* Linnaeus, 1758

Вид Речной окунь—*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758.



Рисунок 2 – Речной окунь (Красноярское водохранилище). (Фото: С.М. Чупров)

Окунь-один из наиболее распространенных видов рыб в России, обитающий в реках, озерах, водохранилищах, прудах. В Сибири встречается до Колымы. В Красноярском крае встречается в большинстве водоемов и водотоков [17].

Окунь покрыт мелкой, плотно сидящей ктеноидной чешуёй. Окраска тела рыбы зеленовато-желтая, по бокам тела имеется от 5 до 9 черных поперечных полос. Два спинных плавника. Первый спинной плавник имеет серый цвет, состоит из колючих лучей, в конце плавника располагается черное пятно. Второй спинной плавник зеленовато-желтого цвета с мягкими лучами. Грудные – желтые, брюшные, хвостовой и анальный – красные. (Рис 2.) Максимальная длина тела до 50 см, масса более 2 кг [26].

Окунь Красноярского водохранилища характеризуется следующими морфологическими признаками: число лучей в I D XIV-XVI, в II D I-III 13-15, A II 7-9, P13-14, V I 5, жаберных тычинок на первой жаберной дуге – 18-24, число позвонков – 40-43 [26].

Нерест у окуня проходит в марте – мае при температуре воды примерно 8⁰С. Половой зрелости достигает на 3-5-м году жизни. Кладка икры откладывается на подводные растения, коряги и т.д. в виде длинных полых прозрачных лент ячеистого строения. Размер ячеек 6 мм, они построены из прочного студенистого вещества, защищающего икринки от болезнетворных грибков и хищников [15].

Эмбриональное развитие при температуре 16-20⁰С длится около 5 суток, при 10-12⁰С длится 18-20 суток. Диаметр икринок 2 – 2,5мм. Плодовитость от 12 тыс. до 300 тыс. икринок. Желточный мешок у предличинки рассасывается на 3-4-й день после выклева.

Молодые особи питаются зоопланктоном, более взрослые особи питаются личинками насекомых, хирономидами. С 3-летнего возраста окунь начинает поедать мелких рыб, и в шестилетнем возрасте становится окончательно хищной рыбой. Окунь является факультативным хищником, питается как гидробионтами, так и рыбой (ерш, пескарь, гольян, плотва).

Также, у окуня отмечается каннибализм, если собственной молоди много в водоеме, окунь может питаться собственной молодью [17, 26].

Систематическое положение:

Класс Лучепёрые – *Actinopterygii*

Отряд Карпообразные - *Cypriniformes*

Семейство Карповые – *Cyprinidae* Fleming, 1822

Род Плотва – *Rutilus* Rafinesque, 1820

Вид Сибирская плотва - *Rutilus rutilus lacustris* (Pallas, 1814)



Рисунок 3 - Сибирская плотва (Красноярское водохранилище).(Фото: С.М.Чупров).

Сибирская плотва *Rutilus rutilus lacustris* (Pallas, 1814) является пресноводным подвидом плотвы обыкновенной – *Rutilus rutilus* (Linnaeus). Длина тела достигает 32 см., масса 600-950 г. Обычные размеры 10-25 см, масса 110-200 г. Предельный возраст 15-16 лет. Характерной особенностью плотвы является оранжевая окраска радужины глаз. От обыкновенной плотвы отличается высотой спинного плавника-у сибирской плотвы высота спинного плавника составляет 20-24% длины тела, у обыкновенной плотвы- 18-20%. Тело продолговатое, несколько сжатое с боков, чешуя крупная, циклоидная. Бока и брюшко имеют серебристую окраску, спинка -

зеленоватую или темно-бурую. Спинной и хвостовой плавники серые, брюшные и анальный плавники красноватые [26].

Половой диморфизм выражен неявно: чаще всего, самцы имеют больший диаметр глаза, большие плавники и длину хвостового стебля, самки имеют большую высоту тела. С возрастом соотношение различных частей тела выражается слабее. Рост плотвы сильно зависит от конкретных условий водоема, таких как его кормность и географическое положение. Если условия благоприятные и плотва обеспечена обильной пищей и достаточным простором для обитания, то она не уступает в росте многим другим карповым рыбам. Плотва предпочитает чистые и глубокие места со спокойной и теплой водой, с песчано-илистым, каменистым либо глинистым дном.

Половозрелой плотва сибирская становится в 3-5-летнем возрасте, при длине тела 10-12 см. Нерестится рыба весной, в апреле-мае при температуре воды не ниже 8°C. Икрометание проходит около берега на прошлогоднюю растительность или кустарник. Плодовитость пловы составляет от 8,9 до 89 тысяч икринок и зависит от возраста и размеров самки

В период нереста у самцов появляются эпителиальные бугорки, тело становится темным, а плавники яркими.

После нереста рыбы постепенно сказываются в основное русло реки, в озерах и водохранилищах отходят от берегов. Молодь задерживается некоторое время на нерестилище, находя среди растительности достаточно пищи для себя. В конце лета она также покидает мелководья, и переходит на открытые, глубокие участки водоема, где нагуливаются взрослые рыбы.

Наиболее интенсивное питание молоди и взрослых рыб наблюдается в летние месяцы при наилучшем прогревании водоема, минимальная интенсивность питания наблюдается в зимнее время. Качественный состав пищи разнообразен – для плотвы характерна эврифагия [17]. Однако, замечено, что питание преимущественно растительной пищей замедляет

темп роста рыбы, а потребление зообентоса, особенно моллюсков, способствует его ускорению [41].

Сибирская плотва потребляет корма, которые легкодоступны или находятся в изобилии и которые меньше всего поедаются другими видами рыб. Главную пищу плотвы в реках летом составляет растения, например, нитчатые водоросли, растущие на сваях или камнях при небольшом течении. Кроме того, при обилии мальков, плотва, как и другие рыбы, кормится молодью (май, июнь), а в некоторых реках также личинками поденок (июль и август). В речках плотва держится преимущественно в бочагах (неглубоких ямах), питаясь водорослями и различными личинками. Взрослая плотва предпочитает более глубокие и открытые места. Здесь она тоже кормится летом главным образом растительной пищей, именно водорослями. Кроме того, пищей плотве служат различные мелкие животные организмы – вплоть до небольших раковин. Во многих озерах главным весенним, осенним и частью зимнего корма плотвы являются представители класса высшие раки *Malacostraca*, рода Гаммарус *Gammarus* [26]. Так, в р. Енисей основу питания плотвы в целом составляли организмы зоопланктона и бентоса, в малой доле – растительная пища. В Красноярском водохранилище спектр питания складывается из детрита, макрофитов, цианобактерий.

В Красноярском водохранилище является промысловой рыбой, и является малоценным видом.

Систематическое положение:

Класс Лучепёрые – *Actinopterygii*

Отряд Карпообразные - *Cypriniformes*

Семейство Карповые – *Cyprinidae* Fleming, 1822

Род Лещи – *Abramis* Cuvier, 1816

Вид Лещ - *Abramis brama* Linnaeus, 1758



Рисунок – Лещ Красноярского водохранилища (Фото: С.М. Чупров)

Леща имеет характерный внешний вид, высокое сжатое с боков тело с маленькой головой. Молодые особи имеют серебристую окраску, взрослые – темно-желтую. Плавники темно серого цвета, анальный плавник вытянутый, спинной плавник с 3 жесткими и 10 мягкими лучами. Имеется киль за брюшными плавниками, не покрытый чешуей. Глаза имеют золотистую радужину. Рот полунижний, вытягивается в трубку для поиска пищи в мягком иле.

Лещ предпочитает спокойные водоемы со стоячей водой. Обитает преимущественно в заводях, заливах, ямах с песчаным или илистым дном, также может и обитать в водоемах с каменистым дном. Лещи как правило, обитают стаями. На зимовку собираются большими стаями, а весной разбиваются на менее большие скопления для откорма. Откармливаться выходит на мелководья. Перед нерестом лещ откармливается, так как в период нереста лещ не питается [17].

Половозрелым лещ становится в возрасте 4-5 лет. Игру откладывает один раз на водную растительность при температуре воды 14-16С в начале весны и в зависимости от климатических условий начало нереста может меняться. Длиться в течении 10-15 дней. Количество икринок может достигать 70 тыс.

У леща часто обнаруживаются гибридные формы из за совпадения периода нереста с другими рыбами, как правило гибриды представляют собой скрещивание леща и плотвы.

В Красноярском водохранилище лещ достигает длины 0,5м и массы 3-4кг, но обычно он значительно меньше – до 1 кг [15].

Питается лещ личинками хирономид, моллюсками, червями. Не отказывается и от растительной пищи. В рационе питания личинок основу составляют планктонные организмы: коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные. На последующих этапах развития донная фауна преобладает в питании леща. В Красноярском водохранилище лещ питается и зимой, хотя и не так интенсивно, как летом.

В Красноярском водохранилище лещ - ценная промысловая рыба. Ежегодные уловы леща составляют от 40% до 60% от общего улова рыбы в водохранилище. Является объектом любительского рыболовства [15].

1.3 Гематологические показатели рыб

Знание гематологических характеристик является важным инструментом, который можно использовать как эффективный и чувствительный показатель для мониторинга физиологических и патологических изменений у рыб. Нормальные диапазоны для различных показателей крови у рыб были установлены различными исследователями в физиологии и патологии рыб [6, 16,18].

Кровь является наиболее важной жидкостью в организме, и ее состав часто отражает общее физиологическое состояние организма. Поэтому анализ крови необходим во многих областях ихтиологического исследования и рыбоводства, а также в области токсикологии и мониторинга окружающей среды, поскольку он является индикатором физиологических или патологических изменений в управлении рыбным хозяйством и исследованиях заболеваний.

Рыбы используются в качестве хорошего индикатора загрязнения воды из-за их высокой чувствительности к загрязнителям окружающей среды. Их гематологические исследования часто использовались в промысловых исследованиях для понимания адаптации рыб к окружающей среде, поскольку одной капли крови достаточно для получения информации об их физиологическом статусе, а также о состоянии здоровья [24].

Гематологические параметры у рыб могут зависеть от внутренних факторов, таких как пол, репродуктивная стадия, возраст, размер и здоровье, а также от внешних факторов, таких как сезонная динамика, температура воды, качество окружающей среды, питание, стресс и т.д. [3]. Характеристики крови рыб изменяются в зависимости от условий окружающей среды, поэтому изменение гематологических признаков может служить биомаркером стресса в окружающей среде [5].

Различия в значениях разных компонентов составляют основу диагностики здоровья рыбы. И наоборот, рыбы могут использоваться как индикатор состояния окружающей среды.

Как и в крови человека, клеточными составляющими крови рыб являются клетки красной крови (эритроциты), клетки белой крови (лейкоциты) и тромбоциты.

У рыб, как и у других позвоночных, продолжительность жизни клеток периферической крови ограничена (в зависимости от типа клеток крови она колеблется от нескольких дней до нескольких месяцев), поэтому эти клетки заменяются несколько раз в течение жизни.

Самые длинные живые клетки крови - эритроциты. В литературе приведены разные данные о продолжительности жизни клеток, так устанавливают, что продолжительность жизни эритроцитов у *Carassius auratus* составляет до 270 дней, тогда как продолжительность жизни других типов клеток крови значительно короче (например, 12 дней для гранулоцитов).

Несмотря на значительные различия в продолжительности жизни клеток крови, организм поддерживает их количество на более или менее стабильном уровне благодаря эффективному кроветворению.

Гематопоз, также известный как гематогенез, представляет собой процесс размножения, дифференцировки и созревания клеток крови, происходящих в кроветворных органах, благодаря которым клетки крови заменяются несколько раз в течение жизни человека и животных. Эффективность гематопоза зависит от нормальной функции гематопозитических стволовых клеток, которые обладают способностью созревать и дифференцироваться. Стволовые клетки являются общим предшественником для всех линий клеток крови [18, 19, 31, 32, 33].

У позвоночных (включая рыбу) гематопоз регулируется гематопозитическими факторами роста, которые включают эритропоэтин, необходимый для производства эритроцитов и вырабатываемый во время гипоксии; тромбопоэтин, который стимулирует образование тромбоцитов; интерлейкины, которые стимулируют пролиферацию и созревание лимфоцитов [2, 22, 24, 27].

Как известно, у позвоночных существует несколько кроветворных органов. У млекопитающих и птиц кроветворение происходит в красном костном мозге. У большинства видов костистых рыб доминирующим гематопозитическим органом и резервуаром клеток крови является головная почка, так как у них отсутствует костный мозг [33]. Головная почка располагается в передней части брюшной полости. Согласно разным исследованиям, головная почка является не только кроветворным органом, но и выполняет эндокринные и иммунные функции и является аналогом костного мозга высших позвоночных и функционирует в качестве первичной гематопозитической ткани и лимфоидного органа у костистых рыб [19, 27]. Однако, также как и головная почка кроветворную функцию у рыб выполняют тимус, селезенка и кишечная лимфоидная ткань. У разных видов рыб кроветворение происходит может происходить как в одном органе, так и

в нескольких. Так, например у *Salmo trutta* кроветворение проходит в селезенке, в почке у *Rutilus rutilus* и оба органа у *Perca fluviatilis*. Созревание эритроцитов у *Cyprinus carpio* в основном осуществляется в головной почке и селезенке [4].

Все стадии развития клеток крови рыб очень похожи на те, которые наблюдаются у млекопитающих [19]. Исключением является заключительная стадия созревания эритроцитов, которые не теряют ядра своих клеток у рыб (поэтому стадия ретикулоцитов отсутствует).

Тромбоцитопоз у рыб отличается от этого процесса у млекопитающих; стадия мегакариоцитов отсутствует, а клетки, выделяющиеся в периферическую кровь, остаются зародышами [6]. Барьер между кроветворной системой и периферической кровью, препятствующий проникновению незрелых кровяных клеток в кровь рыб, не такой ограничительный, как барьер костного мозга у млекопитающих. Поэтому в крови рыб нередко обнаруживается значительное количество молодых эритроцитов. Согласно Kondera (2019), эритробласты составляют лишь около 1% в периферической крови человека. У костистых рыб их гораздо больше, поскольку клетки высвобождаются на относительно ранних стадиях развития [5] и в конечном итоге не созревают, пока не достигнут крови.

Количество эритробластов у разных видов сильно варьирует, например у *Cyprinus carpio* в крови обнаруживается от 0 до 12% клеток [62, 63], 0–4% у *Salmo trutta* [5], 23,2–56,5% у *Carassius auratus* [45], и около 6% у канального сома *Ictalurus punctatus* [4,8].

Аналогично, в случае лейкоцитов в крови человека последние две стадии нейтрофильных гранулоцитов (палочковые нейтрофилы и сегментированные нейтрофилы) встречаются почти исключительно, в то время как у рыб миелоциты и метамиелоциты одинаково многочисленны.

Загрязнение водоема, повышенная или пониженная температура воды провоцируют выработку лейкоцитов преимущественно фагоцитов.

Эритропоэз может усиливаться при недостатке Инфекции в организме рыбы усиливают морфогенез лейкоцитов.

Эритроциты рыб. Эритроциты взрослой рыбы относительно крупные и овальные, с крупными ядрами. Если смотреть под световым микроскопом, цитоплазма светло-розовая, а ядро темно-синее. Незрелые клетки имеют голубую цитоплазму и темно-синее пурпурное ядро. Эти клетки имеют более свободно упакованный хроматин. По различным данным объем эритроцитов в плазме крови колеблется от 20% до 60%. В одном мкл крови содержится от 0,5 до 2,5 млн клеток. В циркулирующей крови рыб можно встретить незрелые формы эритроцитов: эритробласты и пронормобласты. По данным Головиной Н.А. (1996) иногда встречаются эритропластыды. Процесс созревания эритроцитов в крови рыб завершается в периферической крови [15].

Основной функцией эритроцитов в организме является дыхательная. Они доставляют кислород к органам и тканям, также переносят аминокислоты и участвуют в ферментативных реакциях. Установлено, что в них содержатся все тромбоцитарные факторы свертывания крови [39].

В эритроцитах содержится пигмент - гемоглобин, состоящего из бесцветного белкового глобина и красно-желтого пигментного гема, содержащего железо. Цвет крови зависит от наличия гемоглобина, обычно кровь красного цвета, но есть рыбы, которые не имеют гемоглобина, тогда кровь у них цвета не имеет.

Уровень гемоглобина в крови рыб варьирует от 70 до 120 г/л зависит от подвижности рыб и в зависимости от сезона года. Так, например, у карпа увеличивается в зимний период до 118г/л и уменьшается в летний сезон 80-90 г/л [28].

При изучении гематологических показателей окуня и щуки оз.Асылыкуль установлено, содержание гемоглобина составило 106,0 и 95,3 г/л для окуня и щуки соответственно, количество эритроцитов у окуня $2,4 \pm 0,13$, для щуки $2,1 \pm 0,17$ [12]. Показатели крови рыб озера Асылыкуль

соответствуют физиологической норме, за исключением СОЭ, которое составляет для окуня и щуки соответственно 6,0 и 7.5 мм/ч, при норме 4-5,4 [4].

Показатели крови леща и судака в р. Дема также соответствуют физиологическим нормам, число эритроцитов для леща составило $1,1 \cdot 10^{12}/л$, для судака $2,3 \cdot 10^{12}/л$. Содержание гемоглобина в крови леща и судака 82,3 и 91,3 г/л при норме (70-120 г/л). СОЭ для данных видов рыб изменяется от 2 до 4 мм/ч [29].

Для серой кефалии *Mugil cephalus* морской растительноядной рыбы, количество эритроцитов составляет $2,08 \pm 0,16 \cdot 10^{12}/л$, гематокрит 19,55%, содержание гемоглобина 44,5 г/л [8].

Напротив, золотая рыбка *Carassius auratus*, имеет сниженные гематологические показатели, так количество эритроцитов у нее составляет $0,5 \cdot 10^{12}/л$, гематокрит 7,56%, а гемоглобин 41,8 г/л [8].

Несмотря на то, что серая кефалия является растительноядной рыбой показатели крови у нее достаточно высоки. Это связано с тем, что активные виды имеют более высокие значения гематологических параметров по сравнению с менее активными формами. Действительно, высокие значения эритроцитов обычно связаны с быстрым движением и высокой активностью обтекаемых тел, как уже было задокументировано в различных исследованиях [8].

Кроме того, факторы окружающей среды, такие как соленость воды, оказывают непосредственное влияние на различные параметры крови, такие как эритроциты и гематокрит, влияя на свойства гемоглобина, связывающие кислород, и, следовательно, на транспорт кислорода.

При изменении условий окружающей среды изменяется и показатели крови рыб. Из литературных данных, известно, что наиболее чувствительными клетками к изменению условий обитания являются эритроциты.

При исследовании крови в различных неблагоприятных условиях, в мазках крови обнаруживаются в большом количестве патологические клетки [19]. 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 [15].

Тромбоциты рыб.

Тромбоциты рыб имеют множество форм: круглую, шиловидную, амебонидную, веретенообразную. Они могут располагаться по-разному одиночно или скоплениями.

При окраске по Романовскому ядра у них окрашиваются в темно-фиолетовый цвет и окружены грязно-розовой цитоплазмой. Тромбоциты способны утрачивать цитоплазму, поэтому их можно легко спутать с лимфоцитами.

У рыб функции тромбоцитов изучены недостаточно, но все же главной функцией остается свертывание крови. Стресс у рыб провоцирует выброс тромбоцитов в кровяное русло и тем самым повышает свертываемость крови.

Лейкоциты рыб.

В настоящее время ученые активно изучают клетки иммунной системы- лейкоциты. Они выполняют множество функций в организме, выработку антител, работу иммунитета и ответные реакции организма на действие патогенов.

Известно, что существует несколько видов лейкоцитов, это нейтрофилы, лимфоциты, моноциты, базофилы, эозинофилы. 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 [16, 21]. У различных видов рыб количество лейкоцитов и состав определенных типов клеток сильно варьирует, что

является следствием разной среды обитания и организации видов, обитающих в пресноводных и морских водоемах [15, 23, 28].

Иванова Н.Т. (1983) установила, что в крови рыб разных систематических групп, обнаруживаются зернистые и незернистые лейкоциты. К зернистым лейкоцитам относятся нейтрофилы, эозинофилы и базофилы. Также у рыб были обнаружены нетипичные формы отнесенные к псевдобазофилам [22]. К незернистым лейкоцитам относятся лимфоциты, моноциты и макрофаги [21, 22, 23]. (рис 4)

На содержание в крови рыб лейкоцитов влияет множество факторов, возраст, пол, сезон, температуры окружающей среды, упитанность, а также различные заболевания.

По данным исследований, большое влияние на количество лейкоцитов имеет сезонность, а именно нерест. Рыбы, которые уходят на нерест летом имеют высокое содержание лейкоцитов, а рыбы, которые нерестятся зимой имеют невысокие значения лейкоцитов в крови. Это связано с адаптацией рыб к низким и высоким температурам. Ответом организма на низкие температуры является снижение лейкоцитов, так как снижен обмен веществ, таким примером является карп. Форель, напротив, активна зимой, обмен веществ не нарушается и количество лейкоцитов остается на одном уровне. Как правило динамика лейкоцитов в течении года совпадает с динамикой питания.

Так у щуки и окуня Рыбинского водохранилища количество лейкоцитов 40 и $45 \cdot 10^9/\text{л}$ соответственно. А у леща Куйбышевского водохранилища количество лейкоцитов варьирует $70-80 \cdot 10^9/\text{л}$. У окуня озера Асылыкуль количество лейкоцитов составляет $44,87 \cdot 10^9/\text{л}$ [12]. У серой кефалии установлено, что содержание лейкоцитов составляет $30,08 \cdot 10^9/\text{л}$, а у золотого карася $66,3 \cdot 10^9/\text{л}$ [8].

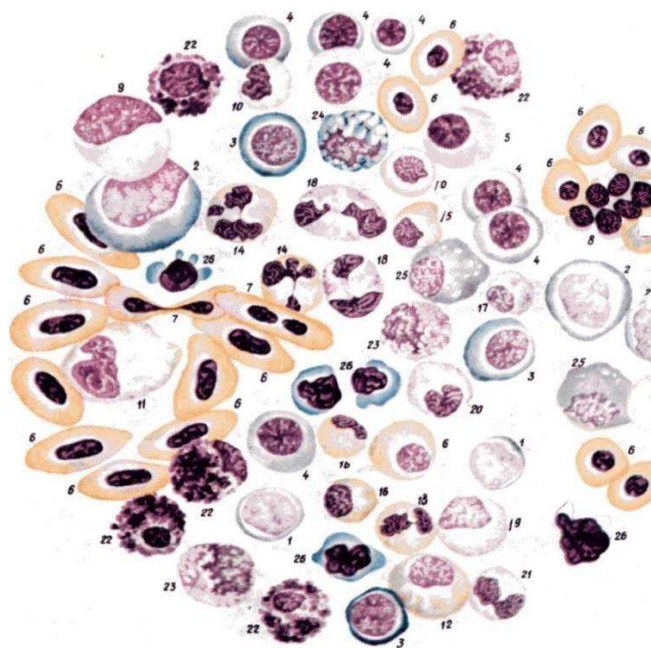


Рисунок 4 – Картина клеток крови костистых рыб (по Ивановой Н.И, 1983)

1 - гемоцитобласт; 2 - миелобласт; 3 - эритробласт; 4 - базофильные нормобласты; 5 - полихроматофильные нормобласты; 6 - эритроциты; 7 - митотическое деление эритроцитов серебряного карася; 8 - скопление тромбоцитов; 9 - промиелоцит; 10 - нейтрофилы крови сельди; 11 - нейтрофилы крови серебряного карася; 12 - нейтрофилы крови судака; 13 - нейтрофилы крови сома; 14 - нейтрофилы крови рыбака; 15 - нейтрофилы крови леща; 16 - нейтрофилы крови линя; 17 - псевдоэозинофилы крови судака; 18 - псевдоэозинофилы крови рыбака; 19 - псевдоэозинофильный миелоцит крови толстолобика; 20 - палочкоядерные псевдоэозинофилы крови сома; 21 - сегментоядерные псевдоэозинофилы крови толстолобика; 22 - псевдобазофилы крови леща; 25 - моноцитоидные элементы; 26 - лимфоциты.

Лейкоцитарная формула.

Кровь рыб имеет лимфоидный характер, количество лимфоцитов может достигать 100% всех лейкоцитов. В зависимости от возраста, экологии вида пола, насчитывают от 70 до 98% лимфоцитов.

У рыб так же, как и всех позвоночных животных, имеются Т- и В-лимфоциты, морфологически не различимые между собой. В-лимфоциты являются предшественниками плазматических клеток, в то время как Т-лимфоциты ответственны за клеточный иммунитет. В отличие от теплокровных, у рыб лимфоциты синтезируют лишь класс иммуноглобулинов, сходный с IgM млекопитающих [40].

В мазках крови плазматические клетки рыб напоминают большие лимфоциты, с базофильной голубой цитоплазмой. Развитие этих клеток проходит в три этапа, первый- плазмобласт, второй- незрелая плазматическая клетка, третий- зрелая плазматическая клетка.

Плазмобласты и незрелые плазматические клетки участвуют в иммунологических реакциях организма и синтезе антител, с чем связано обилие их в цитоплазме разветвленной эндоплазматической сети.

У рыб моноциты представляют собой большие округлые клетки. Цитоплазма у них голубоватая, имеется большая вакуоль и большое неправильной формы ядро [22]. В крови моноциты живут порядка 60 дней, а затем покидают кровяное русло и превращаются в макрофаги. И далее они поглощают патогены и продукты распада клеток.

Содержание моноцитов в крови сазана составляет 2,8%, у белого толстолобика – 3,2%, у плотвы – 1,7% от общего объема лейкоцитов.

Гранулоциты рыб, согласно Н.Т. Ивановой (1983) представлены пятью группами, дифференцирующимися из миелобласта: нейтрофилы, псевдоэозинофилы, эозинофилы, псевдобазовилы и базофилы. По мере созревания гранулоцитов происходит уплотнение структуры ядра и его сегментация; цитоплазма приобретает характерную зернистость на стадиях миелоцита и метамиелоцита [22].

Гранулоциты с абсолютной ацидофильной зернистостью относятся к эозинофилам. Клетки с плотным овальным или округлым ядром, цитоплазма заполнена плотно лежащими гранулами оранжевого цвета у костистых рыб. Эозинофилы в периферической крови многих видов костистых рыб встречаются редко, что затрудняет их изучение. Клетки данного вида могут накапливаться в организме рыб при паразитических инфекциях и воспалениях, однако это не является достоверным доказательством их антипаразитической функции, в отличие от млекопитающих. Эозинофилы имеют красно-фиолетовый цвет, ядро – темно-фиолетовое, различной формы, содержащее слегка конденсированный хроматин.[23]

К псевдоэозинофилам по Н.Т. Ивановой (1983), относятся амфотропные гранулоциты, у которых гранулы окрашиваются основными и кислыми красителями с преобладанием ацидофилии. Например, их можно встретить у карпа при некоторых патологиях [22].

У базофилов костистых рыб не выявляется метакромазия, в отличие от млекопитающих. Цитоплазма базофилов – синего или слабо-синего цвета с красно-фиолетовыми гранулами и с темно-фиолетовым ядром. В крови сазана выявлены базофильные миелоциты, базофильные метамиелоциты и палочкоядерные базофилы. Базофилы составляют от 3,5 до 6,1 % от общего числа лейкоцитов [33].

К псевдобазофилам относятся зернистые лейкоциты, гранулы которых окрашиваются основными и кислыми красителями с преобладанием базофилии и имеют вид довольно крупных хлопьев, иногда почти черного цвета [22, 33].

Нейтрофилы костистых рыб округлые клетки с цитоплазмой нейтрального цвета, их ядро фиолетового или темно-фиолетового цвета разной формы. Форма ядра у миелоцитов овальная или округлая, у метамиелоцитов обычно бобовидная, нередко с чуть заметной вмятиной. У палочкоядерных нейтрофилов ядро удлинено, часто с глубокой выемкой, иногда лентовидное. Ядро сегментоядерных нейтрофилов обычно

децентрично. У рыб повышение нейтрофилов в периферической крови может свидетельствовать признаком ранней фазы острого воспаления, полученного в результате инфекции. Кроме этого, повышение нейтрофилов в крови рыб, также является неспецифической реакцией на стрессоры разной природы, например, травмы, воздействие химических веществ, голодание. Изменение температуры также может оказывать влияние на число нейтрофилов рыб, в результате чего происходит нейтрофилия или нейтропения. Нейтрофилы рыб могут также реагировать на. Нейтрофилы рыб принимают участие в фагоцитарных реакциях. Согласно литературным данным, нейтрофилы могут выполнять внеклеточные бактерицидные функции [22].

Также в крови некоторых видов рыб встречаются своеобразные лейкоциты, которые Н.Т. Иванова (1983) называла «клетками с вакуолизированной цитоплазмой». Это довольно крупные гранулоциты с сильно гранулированной цитоплазмой. Гранулы бесцветны, и, налегая на плотное, обычно смещенное к краю клетки ядро, они создают впечатление его ажурности [16].

Н.Т. Иванова (1974) считает, что «клетки с вакуолизированной цитоплазмой» наиболее близки к эозинофилам и соответствуют эозинофилам млекопитающих. Образуются они в кроветворных тканях почек. Функции этих клеток неизвестны [24].

1.2. Биохимические показатели сыворотки крови рыб.

Как и у других позвоночных, в организме рыб кровь выполняет ряд важнейших функций, таких как обменная, трофическая, гомеостатическая, защитная и т.д [9, 19, 23]. В основе этих функций лежат белки и белковые взаимодействия, поэтому концентрация общего белка в крови является индикатором физиологического состояния организма.

Белки крови являются необходимыми структурными составляющими в организме. Они состоят из сложных аминокислот и лежат в основе важнейших физиологических функций: от транспортных и структурных до

поддержания нормального уровня рН крови, от иммунных реакций до функций свертывания крови, а также многих других. Таким образом белки обеспечивают рост, развитие, размножение, а постоянство физиологического равновесия в организме. Об интенсивности обмена белков можно судить по изменению уровня общего белка и белковых фракций в сыворотке крови. Интенсивность белкового обмена можно наблюдать по изменению уровня общего белка и белковых фракций в сыворотке крови, которые являются одними из основных биохимических параметров сыворотки крови. Концентрация и соотношение белковых фракций сыворотки крови специфично для каждого вида рыб [9]. Изменение уровня общего белка и белковых фракций сыворотки крови рыб имеет прямую зависимость от сезонов года, возраста животного и его физиологического состояния [19].

Общий белок как показатель представляет собой суммарную концентрация всех белков сыворотки крови. Физиологические нормы концентрации общего белка в сыворотке крови разных видов рыб составляют 25 – 70 г/л [14].

Альбумины являются основной белковой фракцией и синтезируются в печени. На их долю приходится порядка 2/3 всех белков крови. Альбумины являются необходимым элементом для поддержания осмотического равновесия, которое обеспечивает нормальное распределение жидкости между кровеносными сосудами и экстравакулярным пространством [3]. Голодание и дефицит белков в пище снижают уровень альбумина в крови. Это может привести к задержанию воды в тканях (отеки). Такое состояние белковой недостаточности называется голодным отеком [20].

Глобулины включают в себя три фракции белков – α -глобулины, β -глобулины и γ -глобулины, которые в свою очередь также делятся на подфракции. Они играют роль в транспорте больших количеств веществ: углеводов, жирных кислот, неорганических ионов, витаминов и др.

Они принимают участие в транспорте больших объемов веществ: углеводов, жирных кислот, витаминов, неорганических ионов и др. α -

глобулины, как и альбумины в основном синтезируются клетками печени. Наибольшее доля β - и γ -глобулинов образуется в лимфоидных и плазматических клетках ретикулоэндотелиальной системы, в частности в селезенке, лимфоузлах и костном мозге. Анализ белковых фракций представляет собой определение их процентного соотношения. Изменение этого нормального соотношения в крови показывает изменения, происходящие в организме при воздействии тех или иных факторов. Результаты этих изменений позволяют дать оценку физиологическому состоянию животного [19].

Так, у леща содержание белка колеблется от 48 до 70 г/л, у судака 70-75 г/л, а у сазана 30-40 г/л, что связано с различным типом питания [29]

У плотвы Красноярского водохранилища содержание общего белка варьирует от 55-75 г/л, у окуня Красноярского водохранилища общий белок в зависимости от возраста составляет 49-69 г/л. У особей старшего возраста 5+ и 6+ содержание белка выше, чем у особей младших возрастов.

2. Материалы и методы.

Материалом для работы послужили данные, собранные на Красноярского водохранилище в июне 2019 г.

Отлов речного окуня *Perca fluviatilis*, леща *Abramis brama* и сибирской плотвы *Rutilus rutilus lacustris* производился с помощью одностенных жаберных сетей с шагом ячеек от 16 до 60 мм и длиной - 30 м. на Красноярском водохранилище в заливе реки Убей. Установка сетей производилась утром и вечером. Через 4-5 часов сеть проверялась, рыба из улова помещалась в садок из капроновой дели, который находился в воде залива. Через 3-4 часа проводился анализ. По стандартным методикам (И.Ф. Правдин, 1966) у рыб измерялась абсолютная длина тела (L, см), длина тела до конца чешуйного покрова (l, см) с точностью до 1 мм. Определялась масса тела с внутренностями (W, г) и масса тела без внутренностей (W1, г) с

точностью до 0,1 г с помощью электронных весов [4]. Устанавливалась степень наполнения желудка. Пол определяется у каждой особи, а также степень созревания гонад. Возраст рыб устанавливается по чешуе или жаберной крышке с использованием бинокулярной лупы LOMO МСП–1 [34, 35].

Всего было отловлено и обработано 31 экземпляров речного окуня, 39 экземпляров плотвы сибирской и 37 экземпляров леща.

Исследованы клинические гематологические показатели (содержание гемоглобина, гематокрит, содержание форменных элементов крови, а также биохимические показатели (содержание общего белка, мочевины, креатинина, альбумина в сыворотке крови).

В полевых условиях взятие крови производилось у живых рыб. Для анестезии рыба на короткое время помещалась в раствор гвоздичного масла. Кровь отбирали капилляром Сали из хвостовой артерии. Гематологический анализ проводили, используя общепринятые методики [13]. Для определения общего содержания гемоглобина использовался цианметгемоглобиновый метод с помощью спектрофотометра (ЮНИКО 1201). Число эритроцитов подсчитывали в счетной камере Горяева. Для каждой особи изготавливался мазок, после высушивания на воздухе он фиксировался раствором Май-Грюнвальда и в дальнейшем окрашивался по Романовскому. Также кровь набиралась в капилляр от аппарата Панченкова для определения СОЭ. Подсчет общего числа лейкоцитов велся непрямым методом по мазку крови. Для определения лейкоцитарной формулы просматривали 100 лейкоцитов. Мазки крови просматривали с использованием светового микроскопа (ZEISS, DV4) при увеличении 10 x 100.

2.1. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ)

Скорость оседания эритроцитов определяют в аппарате Панченкова. Этот аппарат состоит из четырех капиллярных трубочек, укрепленных вертикально в стойке. На трубочках имеются миллиметровые деления (от 1 до 100) и сделаны две отметки: Р (раствор) и К (кровь). Перед определением

стенки капилляра смачивают цитратом натрия; для этого в капилляр набирают раствор, а затем выпускают обратно. После этого вновь набирают в капилляр раствор цитрата натрия до отметки Р и выпускают его на чистое часовое стеклышко. Далее в капилляр набирают кровь до отметки К два раза и оба раза выпускают на то же часовое стеклышко. Затем кровь смешивают с раствором. Полученную смесь набирают в тот же капилляр до отметки 100. Наполненный капилляр ставят в стойку и через час отмечают деление, до которого осели эритроциты [31].

2.2. Методика подсчета эритроцитов в камере Горяева

В пробирку с 4 мл 0,9%NaCl вносят 0,02 мл исследуемой крови, получая разведение крови в 200 раз. Заполняем камеру Горяева разведенной кровью, предварительно кровь тщательно перемешиваем. Заполненную камеру оставляем в горизонтальном положении на 1 мин. Подсчет эритроцитов проводят с помощью малого увеличения микроскопа. [31]

Количество эритроцитов в 1 мкл крови производят исходя из разведения (в 200 раз), числа сосчитанных квадратов (80) и объема одного малого квадрата (1/4000), по следующей формуле:

$$X1 = (a \cdot 4000 \cdot б) / в \quad (1)$$

где X1 – количество эритроцитов в 1 мм³;

а – сумма форменных элементов красной крови, подсчитанных в пяти больших квадратах;

б – степень разведения крови (200);

в – количество подсчитанных малых квадратов (80).

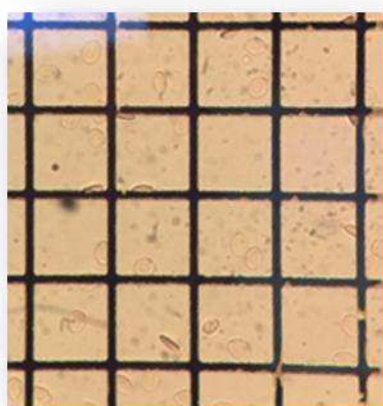


Рисунок 5 - Эритроциты в камере Горяева (фото автора)

2.3. Определение гематокритной величины с помощью микроцентрифуги

Предварительно обработанный антикоагулянтом и высушенный капилляр заполняют кровью на $7/8$ длины. Затем капилляр помещают в ротор центрифуги так, чтобы концы упирались в резиновую прокладку и центрифугируют 5 минут при 8000 об./мин. По шкале определяют гематокритную величину [31].

2.4. Определение содержания гемоглобина цианметгемоглобиновым методом.

Гемоглобин при взаимодействии с железосинеродистым калием (гексацианоферрат) окисляется в метгемоглобин, образующий с ацетонциангидридом окрашенный гемиглобинцианид интенсивность окраски которого пропорциональна содержанию гемоглобина.

Мерной пипеткой в пробирку наливают 5 мл трансформирующего раствора. Пипеткой от гемометра Сали добавляют 20 мкл крови (разведение крови в 251 раз). Содержимое пробирки хорошо перемешивают и оставляют на 10 минут. По истечении этого времени рабочий и трансформирующий растворы наливают в кюветы и, используя зеленый светофильтр (500-560 нм), проводят измерения на спектрофотометре.

Расчет содержания гемоглобина (в грамм-процентах) производят по формуле:

$$Hb = \frac{E_{оп}}{E_{ст}} \times C \times K \times 0,001 \quad (2)$$

Где $E_{оп}$ - экстинкция опытной пробы; $E_{ст}$ -экстинкция стандартного раствора; C - концентрация гемиглобинцианида в стандартном растворе в

миллиграмм процентах; К-коэффициент разведения крови; 0,001 – коэффициент для пересчета миллиграмм-процентов в грамм-проценты [31].

2.5. Подсчет лейкоцитов и лейкоцитарной формулы.

Лейкоцитарная формула крови определялась на окрашенных препаратах при использовании светового микроскопа при увеличении 10 x 100. Идентификацию форменных элементов крови проводили по классификации Н.Т. Ивановой [22]. На мазках подсчитывали 100 лейкоцитов. Общее число лейкоцитов учитывали косвенным методом. Определяли число лейкоцитов, встречающихся при подсчете на 1000 эритроцитов в мазке крови, и пересчитывали их количество в 1 мкл крови [31].

2.6. Подсчет тромбоцитов в мазках крови (по Фонио)

Метод основан на подсчете числа тромбоцитов в окрашенных мазках крови на 1000 эритроцитов с расчетом на 1 мкл (или 1 л) крови, исходя из содержания в этом объеме количества эритроцитов. Кровь смешивают с раствором ЭДТА, для этого взятый капилляром Панченкова реактив до метки «75» вносят в пробирку, затем добавляют кровь, взятую до метки «0». Содержимое пробирки перемешивают и готовят тонкие мазки. Фиксируют и окрашивают по Романовскому. Высохшие мазки микроскопируют с иммерсионным объективом, подсчитывая тромбоциты в тонких местах препарата [31].

2.7. Определение общего белка в сыворотке крови

В настоящее время для определения общего белка широко применяют биуретовый метод. Основан на специфической реакции пептидной связи с ионами меди в щелочной среде с образованием продукта фиолетового цвета. Количество белка в сыворотке крови пропорционально интенсивности окрашивания раствора.

Кровь отбиралась из хвостовой артерии в пробирки и центрифугировалась 15 мин при 4000 об/мин. К 5 мл рабочего раствора биуретового реактива прибавляли 0,1 мл негемолизированной сыворотки и перемешивали. Через 30 минут измеряли оптическую плотность раствора при длине волны 560 нм против холостой пробы.

Холостая проба состоит из 5 мл рабочего биуретового реактива и 0,1 мл раствора хлорида натрия.

Концентрацию общего белка в сыворотке рассчитывали по формуле:

$$C = \frac{E_o}{E_k} \times 60, \quad (3)$$

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 [31].

Статистическая обработка данных проводилась с помощью ЭВМ в электронной таблице Excel.

Для оценки достоверности средних значений проводился расчет коэффициента Стьюдента:

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \quad (4)$$

где M_1 - средняя арифметическая первой сравниваемой совокупности (группы), M_2 - средняя арифметическая второй сравниваемой совокупности (группы), m_1 - средняя ошибка первой средней арифметической, m_2 - средняя ошибка второй средней арифметической [17].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. D. Shahsavani & M. Mohri. Determination of Some Blood Parameters of Fingerling Sturgeon (*Huso huso*) in Guilan Province of Iran // *Journal of Applied Animal Research*, 25:2, 129-130, 2004.
2. De Olivera, A.T. Hematological parameters of three freshwater stingray species (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the middle Rio Negro, Amazonas state. *Biochemical Systematics and Ecology*.- 2016.- 69:2, 33–40, 2016.
3. Desmet H. Stress Responses and Changes in Protein-Metabolism in Carp *Cyprinus carpio* During Cadmium Exposure / H. Desmet, R. Blus // *Ecotoxicol. Environm. Saf.* 2001. Vol. 48, N 3. P. 255–262.
4. Elżbieta Kondera, Agnieszka Kościuszko, Aneta Dmowska & Małgorzata Witeska (2017) Haematological and haematopoietic effects of feeding different diets and starvation in common carp *Cyprinus carpio* L, *Journal of Applied Animal Research*, 45:1, 623-628.
5. Elzbieta Kondera. Haematopoiesis and haematopoietic organs in fish// *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production* - Vol. 15 (2019), No 1, 9-16.
6. Hasan Cakici & Seyit Aydin. Changes in Blood Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) after Physical Pollution // *Journal of Applied Animal Research*.- 2006.- 29:1, 77-80.
7. Kurbatova I. M The protein spectrum of blood plasma carp for the actions of chlortetracycline. *Hydrobiological Journal*, 2016, vol. 52, no. 2, pp. 103–108.
8. Parrino, V., Cappello, T., Costa, G., Cannavà, C., Sanfilippo, M., Fazio, F., Fasulo, S. Comparative study of haematology of two teleost fish (*Mugil cephalus* and *Carassius auratus*) from different environments and feeding habits. *Eur. Zool. J.*-2018.- 85 (1), 193–199.
9. Peyghan R., Khadjeh G. H., Enayati A. Effect of water salinity on total protein and electrophoretic pattern of serum proteins of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* // *Vet. Res. Forum*. 2014. V. 5. № 3. P. 225–229.
10. Zarski D. Controlled Reproduction of Wild Eurasian Perch : A

hatchery manual / D. Zarski, A. Horvath, G. Bernath [et.al.] // Springer International Publishing, 2017. 102 p.

11. Андреева А. М. Структурно-функциональная организация белков крови и некоторых других внеклеточных жидкостей рыб. Дисс. доктор биол. наук: 03.00.10. – МГУ им. М. В. Ломоносова, Борок. – 2008 – 216 с.

12. Бикташева Ф.Х. Гематологические показатели хищных рыб озера Асылыкуль (Россия, республика Башкортостан) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 9. – С. 108-108

13. Бияк В. Я. Видовые особенности фракционного состава белков сыворотки крови пресноводных рыб / В. Я. Бияк, Ю. В. Синюк, В. З. Курант // Докл. Нац. акад. наук Украины, Тернопол. нац. пед ун-т им. В. Гнатюка. 2008. № 4. С. 189–192.

14. Виноградов Г.Д. Физиолого-биохимическое состояние промысловой ихтиофауны в условиях диссеминации ксенобиотиков в бассейне р. Белая. дис. ...канд. биол.наук: 03.03.01. - Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева, Москва, -2011 – 131 с.

15. Вышегородцев А.А. Рыбы Енисея. Справочник. –Новосибирск: Наука. Сиб.изд.фирма РАН, 2000.- 188 стр.

16. Вышегородцев А.А. Заделёнов В.А. Промысловые рыбы Енисея: монография.-Красноярск: сиб. федер. ун-т, 2013.- 303 с.

17. Головина Н.А. Кровь рыб как диагностическая система физиологического состояния организма//1 Конгр. ихтиологов России, Астрахань, сент., 1997: Тез. докл.- Астрахань, 1997,-С. 215-216.

18. Головина Н.А. Морфофункциональная характеристика крови рыб - объектов аквакультуры: автореферат дис ... доктора биологических наук. - Москва, 1996. - 53 с.

19. Животный мир и природа Красноярского края [Электронный ресурс]: Рыбы и бесчелюстные.- Режим доступа: <http://nature.sfu-kras.ru>

20. Житенева, Л.Д. Эволюция крови / Л.Д. Житенева, Э.В. Макаров, О.А. Рудницкая. – Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2001. – 113 с.

21. Житенева, Л.Д. Эколого-гематологические характеристики

некоторых видов рыб: Справочник / Л.Д. Житенева, О.А. Рудницкая, Т.И. Калюжная. – Азов. НИИ рыб. хоз-ва. – Ростов-на-Дону: Молот, 1997. – 149с.

22. Земков Г. М. Морфофункциональные критерии толерантности рыб при кумулятивном токсикозе / Г. М. Земков: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Астрахань, 2003. 42 с.

23. Иванов, А.А. Физиология рыб / А.А. Иванов. – М.: Мир, 2003. – 284 с.

24. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб. Сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. – 184 с.

25. Иванова Н.Т. Материалы к сравнительной морфологии системы крови человека и животных. Ростов-на-Дону: Изд-во РГПУ. 2005. 156 с.

26. Иванова Н.Т. Методика некоторых гематологических исследований рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов Ч.1.-Вильнюс: Минтае, 1974,- С. 83-90.

27. Королева И.М. Гематологические показатели сига обыкновенного *Coregonus lavaretus* в водоёмах Кольского севера // Труды ВНИРО, 2016. Т. 162. С. 37-46.

28. Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. — С. 34—71, 247—281. — 538 с.

29. Кудрявцев, А.А. Гематология животных и рыб / А.А. Кудрявцев, Л.А. Кудрявцева, Т.И. Привольнев. – М.: Колос, 1969. – 320 с.

30. Кузина Т.В. Цитофизиологические особенности крови промысловых рыб Волго-Каспийского канала : автореферат дис кандидата биологических наук : 03.03.04 / Кузина Татьяна Вячеславовна. - Астрахань, 2011. - 26 с.

31. Курамшина Н. Г. Эколого-физиологическое состояние ихтиофауны малых рек Южного Урала / Н.Г. Курамшина, Э.Э. Нуртдинова, А.Ю. Матвеева // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. - 240-243 с.

32. Лапирова Т.Б., Флёрова Е.А. Сравнительный анализ некоторых

иммунофизиологических параметров крови щуки *Esox lucius* (L.) и судака *Stizostedion lucioperca* (L.) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыб. хоз-во. 2013. № 1. С. 140–145.

33. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб/ разр. ТИПРО-центр и КаспНИРХ; утв. Минсельхозпродом РФ 02.02.1999.- М., 1999

34. Нгуен Т.Х.В., Дорджиев Б.В. Сезонные динамики гематологических показателей речного окуня (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), выращиваемого в искусственных условиях // XI-я ежегодн. науч. конф. студентов и аспирантов базовых кафедр ЮНЦ РАН: тезисы докладов. Ростов-на-Дону, 15-23 апреля 2015. Изд-во ЮНЦ РАН, 2015. С. 36–38.

35. Пищенко, Е. В. Гематология пресноводной рыбы: учебное пособие для студентов / Е. В. Пищенко., –Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т., 2002. – 48 с.

36. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М., 1966. – 375 с.

37. Практикум по ихтиологии: учебн. Пособие/ Вышегородцев А.А., Зуев И.В., Скопцова Г.Н., Чупров С.М. - : Красноярск, гос. ун-т.- Красноярск: 2002.- 127с.

38. Сементина Е.В. Ихтиогематологические показатели как критерий условий выращивания и обитания рыб: автореферат дис. кандидата биологических наук. - Калининград, 2011. - 23 с.

39. Сивкова, Т.Н. Клиническая ветеринарная гематология/Т.Н. Сивкова, Е.А. Доронин-Доргелинский. Пермь: Прокрость, -2017. -123 с.

40. Сидорова К.А., Калашникова М.В., Пашаян С.А. Клиническая гематология животных (Учебное пособие) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 3-2. – С. 131-131.

41. Скоркина, М.Ю. Сравнительная оценка морфофункциональных характеристик нативных и фиксированных эритроцитов / М.Ю. Скоркина, М.З. Федорова, С.Д. Чернявских, Н.А. Забиняков, Е.А. Сладкова // Цитология. – 2011. – Т. 53, № 1. – С. 17-21

42. Стацевич Л.Н. Атлас морфология и патология лейкоцитов:

электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н.Стацевич, О.С. Козлова, Новосиб. гос. аграр. ун-т – Новосибирск, 2012. – 31 с.

43. Тарапатин П.С. Морфоэкологическая характеристика плотвы сибирской *Rutilus rutilus lacustris* и пескаря сибирского *Gobio gobio synocephalus* озера Круглое (Шарыповского района, Красноярского края). Дипломная работа/ Красноярск, КГУ, 2006

44. Чупров С. М. Эколого-физиологическая характеристика рыб водохранилищ Восточной Сибири (на примере Саяно-Шушенского и Красноярского): автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - Москва, 1986.-21с.

Параметр	Самки	
	здоровые	больные
Количество лейкоцитов(WBC),	46,9±1,2	57,7±2,7

45. Чупров, С. М. Атлас бесчелюстных и рыб водоемов и водотоков Красноярского края / С. М. Чупров. – Красноярск, 2015. – 144 с.

Приложение 1

Таблица 19 – Показатели крови «здоровых» и «больных» самок плотвы сибирской, 2019г.

$n \cdot 10^9/\text{л}$		
Количество эритроцитов (RBC), $n \cdot 10^{12}/\text{л}$	1,2±0,06	1,2±0,09
Концентрация гемоглобина(HGB),г/л	100,3±1,8	88±3,4
Гематокрит (HCT), %	27,7±1,4	31,3±1,6
Скорость осаднения эритроцитов(СОЭ),мм/ч	2,8±0,2	1,9±0,3

Таблица 20 – Показатели крови «здоровых» и «больных» самцов плотвы сибирской, 2019г.

Параметр	Самцы	
	здоровые	больные
Количество лейкоцитов(WBC), $n \cdot 10^9/\text{л}$	55,4±2,4	76,9±2,2
Количество эритроцитов (RBC), $n \cdot 10^{12}/\text{л}$	1,2±0,08	1,4±0,1
Концентрация гемоглобина(HGB),г/л	117±2,5	102,5±2,8
Гематокрит (HCT), %	32,4±1,2	31,7±1,8
Скорость осадения эритроцитов(СОЭ),мм/ч	2,1±0,2	1,5±0,3

Приложение 2

Таблица 21 – Лейкоцитарная формула плотвы, %

Пол	Нейтрофилы	Лимфоциты	Моноциты	Псевдо- базофилы	Незрелые гранулоциты
Самки	5,9±0,3	86,7±0,8	2,1±0,5	1,2±0,4	4,0±0,6
Самцы	1,9±0,4	91,7±0,8	3,9±0,9	-	2,4±0,7
Условная норма	5,5-14,4	81-89	2,3-8,4	4,9	-

Таблица 22 – Лейкоцитарная формула окуня, %.

Возраст, лет	Нейтрофилы	Лимфоциты	Моноциты	Псевдо- базофилы	Незрелые грануло- циты
Самки					
2+	2,0±0,6	85,5±5,5	1,3±1,3	4,7±1,7	-
3+	2,5±2,5	94,0±2,0	1,0±1,0	1,0±1,0	1,5±1,5
4+	2,7±1,4	93,0±3,0	2,7±1,3	1,0±0,5	0,7±0,3
5+	0,6±0,3	96,3±1,7	1,7±1,2	1,3±0,6	-
6+	2,0±1,0	89,5±4,7	6,0±3,3	2,0±1,4	-
Самцы					
2+	3,5±3,5	92,0±1,7	6,5±1,5	0,5±0,5	3,5±3,5
3+	2,5±2,5	94,5±1,5	1,5±1,5	0,5±0,5	1,0±1,0
4+	4,0±1,5	94,0±3,2	1,3±1,3	0,7±0,7	-
5+	0,5±0,5	85,8±4,2	7,8±3,6	0,5±0,25	5,8±3,6
6+	1,25±1,25	91,0±2,7	3,5±0,9	0,5±0,25	4,5±2,7
Условная норма	5,5-14,4	81-89	2,3-8,4	4,9	-

Приложение 2


Таблица 17 – Лейкоцитарная формула леща, %

Пол	Нейтрофилы	Лимфоциты	Моноциты	Псевдо-базофилы	Незрелые гранулоциты
Самки	1,3±0,4	92,0±1,2	1,6±0,5	2,0±0,6	3,6±1,4
Самцы	2,0±0,5	90,0±1,6	2,1±0,4	1,2±0,5	4,7±1,2
Условная норма	5,5-14,4	81-89	2,3-8,4	4,9	-

Примечание: «-» - отсутствие данных.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ

 Заведующий кафедрой
_____ М. И. Гладышев
подпись

« » _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Эколого-физиологическая характеристика леща, окуня, плотвы средней части
Красноярского водохранилища
тема

06.04.01 «Биология»

код и наименование направления


06.04.01.04 «Гидробиология и ихтиология»

код и наименование магистерской программы

Руководитель 
подпись, дата

к.б.н. доц.
должность, ученая степень

С.М. Чупров
инициалы, фамилия

Выпускник 
подпись, дата

Н.И. Калюжная
инициалы, фамилия

Рецензент 
подпись, дата

д.б.н. с.н.с.
должность, ученая степень

В.А. Заделёнов
инициалы, фамилия

Красноярск 2020