

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.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Эколо-физиологическая характеристика леща и сибирской
плотвы средней части Красноярского водохранилища

06.03.01 — Биология

Руководитель _____ доцент, канд.биол.наук. С. М. Чупров
подпись, дата

Выпускник _____ Т. В. Корнилаева
подпись, дата

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа по теме «Эколого-физиологическая характеристика леща и сибирской плотвы средней части Красноярского водохранилища» содержит 51 страницу текстового документа, 4 иллюстрации, 28 таблиц, 3 формулы и 42 использованных источника.

ЛЕЩ, СИБИРСКАЯ ПЛОТВА, ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ РЫБ, КРАСНОЯРСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ.

Цель работы – Оценить состояние сибирской плотвы и леща средней части Красноярского водохранилища по показателям роста и гематологическим показателям.

Задачи:

- изучить размерно-возрастную и половую структуру популяций сибирской плотвы и леща средней части Красноярского водохранилища;
- определить гематологические показатели крови сибирской плотвы и леща;
- сравнить полученные результаты по показателям роста и показателям крови рыб с ранее полученными данными (1980-е годы).

Оценка физиологического состояния рыб на Красноярском водохранилище была проведена более 30 лет назад, возникла необходимость повторить такие работы и посмотреть изменения с того момента.

В данной работе представлена размерно-возрастная структура и гематологические показатели крови леща и сибирской плотвы Красноярского водохранилища. У рыб для оценки их физиологического состояния были определены: количество лейкоцитов, количество эритроцитов, гемоглобин, гематокрит, скорость осаждения эритроцитов.

Анализ показал, что у леща и сибирской плотвы Красноярского водохранилища показатели крови находятся в пределах референсных значений, что говорит об удовлетворительном физиологическом состоянии.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Обзор литературы	5
1.1 Характеристика района исследования	5
1.2 Биологическая характеристика сибирской плотвы	8
1.2.1 Морфологические признаки.....	8
1.2.2 Ареал	10
1.2.3 Питание.....	10
1.2.4 Размножение и развитие	11
1.2.5 Возраст и рост	11
1.3 Биологическая характеристика леща	12
1.3.1 Внешний вид и морфометрия.....	12
1.3.2 Ареал.....	13
1.3.3 Питание	14
1.3.4 Размножение и развитие.....	15
1.3.5 Возраст и рост.....	15
1.4. Гематологические показатели рыб	15
2 Материалы и методы	20
2.1 Определение количества эритроцитов	22
2.2 Определение количества лейкоцитов	23
2.3 Определение концентрации гемоглобина	24
2.4 Определение скорости осаждения эритроцитов.....	24
2.5 Определение гематокритной величины с помощью микроцентрифуги	24
3 Результаты	26
3.1 Размерно-возрастная и половая структура.....	26
3.2 Гематологические показатели	35
Заключение	45
Список сокращений	47
Список использованных источников	48

ВВЕДЕНИЕ

Одними из доминирующих видов рыб в Красноярском водохранилище являются такие промысловые рыбы как плотва сибирская *rutilus rutilus lacustris* (Pallas, 1814) и лещ *abramis brama* (Linnaeus, 1758). Для оценки состояния популяций рыб, кроме традиционного анализа роста, плодовитости, морфометрических показателей, питания рыб используют также различные физиолого-биохимические показатели, одними из таких показателей являются показатели крови, по ним можно оценить физиологическое состояние рыб. Поскольку такие исследования на Красноярском водохранилище были проведены давно, в 1980-х годах, уже более 30 лет назад, поэтому возникла необходимость повторить такие работы и посмотреть, какие произошли изменения с того момента.

Целью работы является оценка состояния сибирской плотвы и леща средней части Красноярского водохранилища по показателям роста и гематологическим показателям.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить размерно-возрастную и половую структуру популяций сибирской плотвы и леща средней части Красноярского водохранилища;
- определить гематологические показатели крови сибирской плотвы и леща;
- сравнить полученные результаты по показателям роста и показателям крови рыб средней части Красноярского водохранилища с ранее полученными данными (1980-е годы).

1 Обзор литературы

1.1 Характеристика района исследования

В данной работе в качестве района исследования выступает Красноярского водохранилище, расположенное на реке Енисей. Оно относится к числу крупных водохранилищ, чей объем водной массы составляет $73,3 \text{ км}^3$ [16, 17]. Водоем является искусственным, он создан при строительстве Красноярской гидроэлектростанции (ГЭС) в 1970 году. Морфометрия водохранилища представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Морфометрия Красноярского водохранилища

Признак	Значение
Высота над уровнем моря	243 м
Площадь	2000 км^2
Размеры (протяженность и максимальная ширина)	$388 \times \text{до } 15 \text{ км}$
Береговая линия	1,56 тысяч км
Наибольшая глубина	105 м
Средняя глубина	37 м
Объем	$73,3 \text{ км}^3$

Наполнение водохранилища проходит в весенний период паводковыми водами. Температура воды на поверхности в этот период достигает $0,4 - 0,5^\circ\text{C}$, максимальная температура держится летом – до 23°C . Температура $3 - 4^\circ\text{C}$ держится круглый год на глубине $30 - 40 \text{ м}$ [14].

Бассейн водохранилища проиллюстрирован на рисунке 1 и включает в себя как впадающие, так и выпадающие крупные водопотоки. Выпадающий водопоток – р. Енисей. Впадающие – реки Енисей, Туба, Сисим, Сыда (впадают справа) и река Бирюса (впадает слева). Верхняя точка водохранилища расположена в районе города Абакан там, где р. Абакан впадает в р. Енисей. К нижней же точке водохранилища относят плотину Красноярской ГЭС.

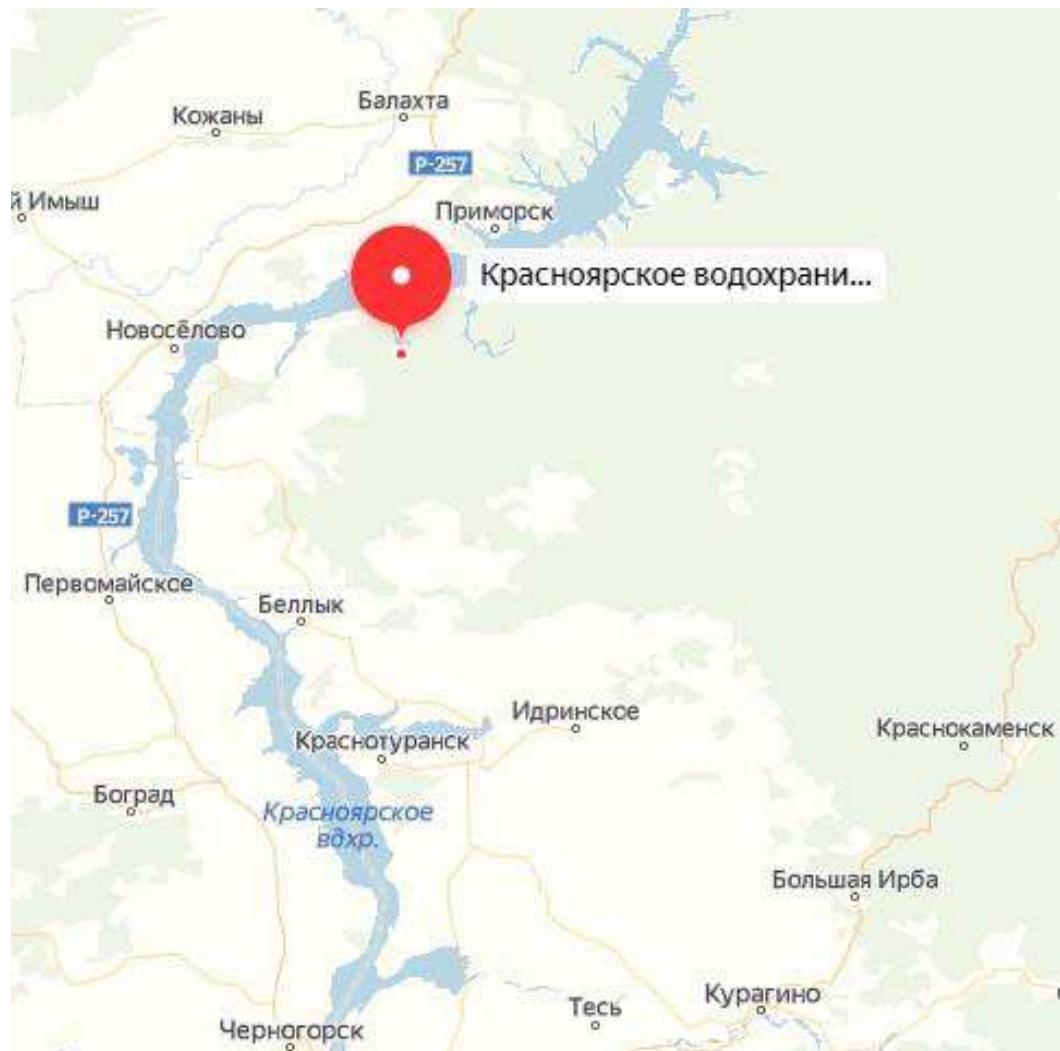


Рисунок 1 – Карта Красноярского водохранилища [38]

Вблизи водохранилища находится несколько крупно населенных пунктов, такие как Усть-Абакан, Краснотуренск, Новоселово [17].

В местах ранее впадавших в Енисей рек, при создании водохранилища, образовались заливы. Если конкретизировать район исследования, то в качестве сбора материала был выбран залив р. Убей, проиллюстрированный на рисунке 2.



Рисунок 2 – Карта-схема района исследования, средняя часть Красноярского водохранилища, залив р. Убей [38].

У Красноярского водохранилища сложный рельеф ложа, наличие стоковых течений. Именно из-за этого и из-за других гидрологических характеристик у водохранилища присутствуют три части: верхняя, средняя и нижняя. Залив р. Убей относится к средней части Красноярского водохранилища, которая находится в границах от поселка Батени до залива Огур и располагается в пределах Енисейско – Чулымской котловины и острогов Восточного Саяна.

Ихтиофауна Красноярского водохранилища в своём составе насчитывает 26 видов рыб, среди которых наиболее часто встречаются рыбы семейства окуневых – окунь речной, ерш и семейства карповых – лещ и плотва сибирская. Стоит заметить, что численность щуки в водохранилище низкая, что в свою очередь и приводит к резкому увеличению численности карповых [17].

1.2 Биологическая характеристика сибирской плотвы

Сибирская плотва *Rutilus rutilus lacustris* (Pallas, 1814) принадлежащая к семейству карповых, относится к наиболее часто встречаемому виду рыб в Красноярском водохранилище, в том числе в заливе р. Убей. Плотва – это пресноводная рыба, являющаяся подвидом плотвы обыкновенной (*Rutilus rutilus*). Систематическое положение сибирской плотвы представлено ниже:

- Класс: Лучеперые рыбы – *Actinopterygii*
- Отряд: Карпообразные – *Cypriniformes*
- Семейство: Карповые – *Cyprinidae* (Fleming, 1822)
- Род: Плотвы – *Rutilus* (Rafinesque, 1820)
- Вид: Плотва сибирская – *Rutilus rutilus lacustris* (Pallas, 1814) [10, 31].

1.2.1 Морфологические признаки

На рисунке 3 изображен внешний вид сибирской плотвы.



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

У сибирской плотвы следующие средние значения: длина тела 10-25 см, масса тела 110 - 200 г. Максимальные значения по этим же параметрам: длина тела 32 см, масса 600 - 950 г [12].

Тело у плотвы удлиненное, умеренно сжатое с боков. Рот конечный. Чешуя циклоидная серебристо-белого оттенка, по размеру крупная и плотно сидящая. Спина рыбы зеленоватого или темно-бурого оттенка. Плавники двух оттенков: спинной и хвостовой – серые, брюшные и анальный – красноватые. Характерная особенность сибирской плотвы – оранжевая окраска радужины глаз [8, 36].

Высота спинного плавника составляет 20-24% от длины тела, именно этим сибирская плотва отличается от плотвы обыкновенной, показатель которой по аналогичному параметру составляет 18-20% от длины тела [36]. В период нереста окраска становится интенсивнее, у самцов и у крупных самок на теле появляются эпителиальные бугорки [25, 31]. Также окраска тела может меняться с возрастом особи и местом её обитания.

Другие морфометрические показатели рыбы представлены ниже:

1) Число лучей:

- в спинном плавнике (D): неветвистых – III-IV, ветвистых – 14–19;
- в грудном плавнике (P): неветвистых – I, ветвистых – 14–16;
- в брюшном плавнике (V): неветвистых – I, ветвистых – 8;
- в анальном плавнике (A): неветвистых – II-III, ветвистых – 5–6.

2) Число жаберных тычинок: 39–50.

3) Число прободенных чешуй в боковой линии: 28–34.

4) Число позвонков: 29–33.

5) Число глоточных зубов однорядные: 6–5, 5–5, реже: 6–6 [1, 26, 36].

Половой диморфизм выражен по-разному в зависимости от водоемов обитания. Чаще всего у самцов большие по диаметру глаза, большие плавники и длина хвостового стебля. Самки же имеют большую высоту тела. Различие соотношения частей тела с возрастом выражается слабее.

1.2.2 Ареал

Плотва предпочитает реки без бурных течений, тихие заводи с богатой растительностью. Ее обнаруживают в небольших прудах, реках, озерах и водохранилищах. Встречается от гор Пиренеи на западе до реки Лена на востоке. Северная же граница ареала обитания проходит по северной части Швеции и Финляндии, Кольскому полуострову и практически по всем устьям рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. Есть на Ямале, распространена в озере Байкал, в реках Урала и Сибири, во многих изолированных озерных и системах Алтая, Казахстана, Туркмении. Южная граница проходит к северу от Альп. Также плотва искусственно заселена в ряд мест за пределами своего ареала. Не исключением является и Красноярское водохранилище, там такая рыба встречается в больших количествах. Дальний Восток в бассейне реки Амура и побережье Малой Азии – территория, где данная рыба не обитает [7, 8, 31].

Такая рыба предпочитает участки, которые заросли водной растительностью, избегает быстротекущих и холодных участков рек и перекатов, предпочитает плесы с теплой и более спокойной водой. Плавает в основном в толще воды или в придонных слоях и редко поднимается к поверхности [25, 36].

1.2.3 Питание

Характер питания плотвы – эврифаг, качественный состав пищи разнообразен [5, 31]. Взрослые особи питаются в основном организмами зообентоса, водорослями, разнообразными беспозвоночными и их личинками, моллюсками. Молодые особи – зоопланктоном. При обилии мальков крупная плотва питается личинками и мальками рыб [8, 25, 26, 36]. Сибирская плотва потребляет корма, находящиеся в изобилии или легкодоступные. Растения – главная пища плотвы, например, нитчатые водоросли.

В летние периоды интенсивность питания рыб возрастает. Минимальная же интенсивность наблюдается в зимнее время. В речках плотва находится в неглубоких ямах, где питается водорослями и личинками. В озерах же она находится около берегов, в траве. Также в пищу плотва может употреблять мелких животных, например, небольшие раковины [4, 6]. Частично зимой, осенью и весной основным, употребляемым в пищу, организмом является мелкий ракок (мармыш) [5, 17].

В Красноярском водохранилище сибирская плотва питается макрофитами, нитчатыми, цианобактериями и детритами [12].

1.2.4 Размножение и развитие

В брачный период окраска самцов приобретает более темный цвет, плавники становятся более яркими. На голове и вдоль боковой линии появляются эпителиальные бугорки. Изменения окраски самки в этот период видны менее отчетливо.

Нерест происходит в мае - начале июня, температура воды при этом составляет 10 - 15 градусов. Данная рыбы откладывает икру на растительность около берегов. Икрометание единовременное, нерестится плотва большими стаями. Развитие икры происходит в течение 9 - 14 дней. Диаметр икринок около 1,5 мм, они непрозрачные и желтого цвета. Плодовитость составляет 2,5-100 тыс. икринок [12, 31].

Плотва созревает в возрасте 3 - 5 лет. В этот период длина дела составляет 10 -12 см [12].

1.2.5 Возраст и рост

Предельный возраст плотвы – 15 лет. Рост рыбы зависит от конкретных условий водоёма, его кормности и географического положения. Прирост длины тела также зависит от высоты и продолжительности паводка. В многоводье прирост длины тела больше на 0,8 см в среднем, а масса на 5,5 г. Также

отмечается тенденция к увеличению показателей линейного и весового роста вниз по течению реки [12, 29].

Наиболее крупные особи встречаются в некоторых зауральских озерах, их длина тела может достигать 50 см, а вес 2,5 кг. В водоемах бассейна Енисея, плотва достигает длины 32 см и массы 760 г, но такие крупные рыбы встречаются не часто [7].

1.3 Биологическая характеристика леща

Лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) относится к семейству карповых, является одним из доминирующих видов рыб в Красноярском водохранилище, в том числе в заливе р. Убей.

Систематическое положение леща представлено ниже:

Класс: Лучеперые рыбы – *Actinopterygii*

Отряд: Карпообразные – *Cypriniformes*

Семейство: Карповые – *Cyprinidae* (Fleming, 1822)

Род: Лещи – *Abramis* (Cuvier, 1816)

Вид: Лещ – *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) [10, 31].

1.3.1 Внешний вид и морфометрия

Лещ относится к таким рыбам, которые обитают в реках и озерах. Тело их высокое, имеется мелкая чешуя и в малой степени сплюснутые бока, длинные нижние плавники, высокий и короткий спинной, хвостовой плавник имеет большой центральный вырез. У основания головы и на брюшке имеются маленькие плавники. Рыбы имеют небольшую голову и глаза. Рот у таких рыб выдвигается вперед на несколько сантиметров и имеет 10 глоточных зубов [8, 12, 31].

На рисунке 3 изображен лещ.



Рисунок 3 – Лещ (Красноярское водохранилище, фото: С. М. Чупров)

Спина за затылком резко поднимается вверх, образуя "горб", особенно у крупных особей. Позади брюшных плавников киль, не покрытый чешуей, а перед спинным плавником свободная от чешуи борозда. Окрас тела темно-серый, но оттенок варьируется от серебристого до темно-серого. Окрас зависит от места обитания. Чешуя в молодом возрасте имеет зеленоватый блеск, а в зрелом – золотистый. Размер варьируется от 30 до 50 см. Но есть и исключения: встречаются особи и размеров в 75 см. Вес обычно до 8 кг. Живут рыбы примерно 23 года. Обычные размеры леща варьируются в пределах от 30 до 35 см., а масса тела от 1 до 1,5 кг [18, 23, 25, 26, 36].

Плавниковая формула: D III 9-10; A III 23-30, чаще 25-29. Чешуй в боковой линии 49-60. Жаберных тычинок 18-26. Глоточные зубы однорядные: 5-5, редко 6-5 или 5-6. Позвонков 43-47 [36].

1.3.2 Ареал

Распространение леща довольно обширно. Коренное местопребывание его — Средняя и Восточная Европа; на юге и Крайнем Севере его нет, и он не встречается в Италии, Испании, Исландии, также в северной Швеции и Лапландии. В России распространен фактически везде, но на севере гораздо более редок, чем на юге. Здесь он водится как в Северной Двине, так и в

северных озерах, но в Печерском крае уже весьма редок. В Сибири леща вовсе нет, и он встречается только в некоторых зауральских озерах, куда был пересажен из Уфы и Чусовой. В открытом море лещи почти никогда не встречаются; по мнению рыбаков, они слепнут от соленой воды, а потому и в море придерживаются речной воды [1, 7, 31].

Лещ встречается почти во всех реках, за исключением небольших каменистых и быстрых речек, и во многих больших и заливных озерах. Холодной воды он также избегает, и этим объясняется его относительная редкость в некоторых реках юго-западной (например, Днестре, Буге) и северной России и отсутствие в альпийских озерах Западной Европы [1].

Лещ встречается в медленно текущих водах, рыбы избегают быстрого течения. Обычно встречается у дна, на илистых, песчано-илистых или глинистых грунтах. В водохранилищах в период нагула перемещается на значительные расстояния. В Красноярском водохранилище в период нереста и нагула совершают перемещения на значительные расстояния [8, 12].

1.3.3 Питание

Лещ – типичный бентофаг. Выдвижной рот дает возможность лещу добывать пищу из грунта до глубины 5-10 см. Крупный лещ может поедать молодь рыб. К числу потребляемых им продуктов в основном относятся беспозвоночные (личинки насекомых, моллюски, черви, ракообразные и др.) [8, 31].

Кроме планктонных ракообразных важнейшим компонентом питания лещей является мотыль, которого он успешно добывает из грунта. Взрослые лещи предпочитают раков и донных беспозвоночных глоточные зубы у них слабые и однорядные.

Также лещ питается растительной пищей. При питании пищевые частицы, которые всасываются рыбой вместе с водой, задерживаются специальными выростами, сидящими в 2 ряда вдоль каждой жаберной дуги, так называемыми жаберными тычинками. Ещё лещи питаются личинками комаров.

1.3.4 Размножение и развитие

Половозрелость леща наступает в 5-8-летнем возрасте, когда длина тела достигает 25 см. Но самцы становятся половозрелыми на 1-2 года раньше самок и при меньших размерах тела. Лещ – это типичный фитофил. Нерест леща происходит в середине июня, когда температура воды достигает 14-16 градусов [12, 26, 31].

В России различают 3 периода нереста рыбы. Разница между эти периодами составляет десять дней. Нерест длится около месяца. Леща оставляют свою икру на травянистой местности и в неглубоких заливах.

Отложенная икра имеет желтоватый цвет. Самка весом 2,5 кг может откладывать до 140000 икринок. Фактически всегда икра прикреплена к водным растениям, которые не находятся на поверхности. Зародыш выклевывается через пару дней. Диаметр икринок - 1,0-1,5 мм. Плодовитость от 92 до 338 тыс. икринок. Икра развивается 4-6 суток [26, 30].

1.3.5 Возраст и рост

Предельный возраст леща составляет 23 года. Средняя продолжительность варьируется от 12 до 14 лет.

Молодь растет быстро, особенно на юге России, к осени она достигает 9-11 см длины, а лещ в возрасте 1 года часто бывает более 15 см и в три года становится уже настоящим лещом, весит иногда более 800 г и заключает в себе зрелую икру и молоки. Значительный прирост массы тела происходит до 3-летнего возраста. Затем весной прирост постепенно снижается в возрастных группах от 3+ до 6+ [26].

1.4. Гематологические показатели рыб

Кровь – наиболее важная жидкость в организме. Как и у всех позвоночных животных, кровь рыб состоит из плазмы и форменных элементов – эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, продолжительность жизни

клеток периферической крови ограничена. Характерной чертой является то, что у рыб отсутствует строгая локализация места образования клеточных элементов. Ими могут быть селезёнка, сердце, почки, слизистая кишечника [7].

Для оценки состояния популяций рыб, кроме традиционного анализа роста, плодовитости, морфометрических показателей, питания рыб используют также различные физиолого-биохимические показатели, в том числе и показатели крови. Иногда одной капли крови рыб будет достаточно для получения информации об их физиологическом статусе и о состоянии их здоровья. Наблюдения за изменением морфологического состава крови помогают контролировать физиологическое состояние организма рыбы, что крайне важно при проведении различных ихтиологических, ихтиопатологических и других исследованиях. Гематологические показатели информативны в частности при изучении действия на рыб факторов среды, паразитарных заболеваний, различных токсических веществ [7, 9, 24].

Значения гематологических показателей крови рыб может зависеть от множества различных факторов, как внешних, так и внутренних. К таким внутренним факторам можно отнести возраст рыб, их пол, на какой репродуктивной стадии они находятся, их размеры. Внешние факторы – это состояние окружающей среды, температура воды, воздействие стресса, питание рыб и так далее. Рыбы обладают высокой чувствительностью к загрязнителям окружающей среды, поэтому их можно использовать в качестве индикатора загрязнения воды [9].

Основной целью ихтиогематологического мониторинга является оценка уровня параметров крови, которые наиболее чувствительны к изменению факторов внешней среды, своевременное выявление их отклонений от нормы под влиянием ухудшения качества воды, а также прогнозирование снижения резистентности рыб и оценка водоема, в каком экологическом состоянии он находится [34].

В качестве индикаторных видов выбирают такие, которые соответствуют определенным требованиям: они должны быть повсеместно распространены, не

должны совершать значительные миграции, должна быть максимально хорошо их биология, а также они должны быть чувствительны к влиянию загрязнения [32].

Cakici, H. и Aydin, S. провели исследования для изучения изменений параметров крови у радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) сразу после физического загрязнения, вызванного наводнением. Уровни гемоглобина и гематокрита в крови после наводнения были значительно ниже, чем до наводнения, а количество эритроцитов, наоборот, было значительно выше после затопления, чем у рыб до затопления [40].

При изучении гематологических показателей плотвы Куршского залива получены следующие значения: гемоглобин у самок – $94,76 \pm 3,42$ г/л, у самцов – $75,14 \pm 4,25$ г/л, различия достоверны между самками или самцами ($p < 0,01$). Эритроциты у самок – $1,39 \pm 0,10$ Т/л, у самцов – $1,16 \pm 0,08$ Т/л. В данной работе отмечена массовая патология клеток красной крови как у самок, так и у самцов. Предполагают, что деградация эритроцитов в русле крови, которая проявлялась в агглютинации клеток, связана с условиями обитания [32].

При проведении тех же исследований на Куршком заливе 2012 году получено, что концентрация эритроцитов у самок в апреле и мае достаточна высокая, различия не существенны: 1,483 и 1,563 Т/л соответственно. У самцов в апреле 1,635 и мае – 1,386 Т/л – близкие к значениям самок значения концентрации эритроцитов. Концентрация гемоглобина у самок как в апреле, так и в мае оказалась несколько ниже, чем у самцов, но различия были не достоверны. Также достоверных различий не наблюдалось между исследованными самцами в начале и в конце нереста и между самками в период наблюдений. Но от начала к концу нереста прослеживалась тенденция к снижению концентрации гемоглобина и у самок, и у самцов. Показатель СОЭ значительно увеличился у рыб обоих полов от начала нереста к его завершению [33]. Данное исследование показало, что физиологическое состояние леща было стабильным в разные периоды нереста.

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 $2,1 \pm 0,17$. 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 [2].

В провинции Гуйлань, Иран исследовали некоторые параметры крови осетровых рыб. Было проанализировано 120 экземпляров рыб, получены следующие результаты: количество эритроцитов $0.881 \times 10^{12}/\text{л}$, гематокрит 30%, содержание гемоглобина 67,3 г/л [42].

У кефаль-лобана (*Mugil cephalus*), самой крупной из серых кефалей морской растительноядной рыбы, количество эритроцитов составляет $2,08 \pm 0,16 \cdot 10^{12}/\text{л}$, гематокрит равен 19,55%, содержание гемоглобина 44,5 г/л [41].

В 2004 году проводились исследования гематологических показателей леща Верхнеульяновского плеса Куйбышевского водохранилища. У леща из русловой части в крови было отмечено наименьшее количество эритроцитов ($0,98 \text{ млн}/\text{мм}^3$) и наибольшее число лейкоцитов ($88 \text{ тыс}/\text{мм}^3$), наибольшее количество эрироцитов в крови ($1,24 \text{ млн}/\text{мм}^3$) и наименьшее число лейкоцитов ($75 \text{ тыс}/\text{мм}^3$) у леща из Юрманского залива. У лещей Старомайнского залива количество эритроцитов $1,13 \text{ млн}/\text{мм}^3$. Результаты данного исследования показали, что кровь рыб, обитающих в русловой части и в Старомайнском заливе – это зоны, которые подвержены интенсивному загрязнению, отличаются по ряду показателей от крови рыб из Юрманского залива, он является относительно «чистым» [3].

Исследуя эколого-физиологическое состояние ихтиофауны малых рек южного урала, были определены гематологические показатели крови леща. Число эритроцитов $n \cdot 10^{12}/\text{л}$ равно $1,1 \pm 0,19$, скорость осаждения эритроцитов (СОЭ) $4,0 \pm 0,3 \text{ мм}/\text{ч}$, гемоглобин $82,3 \pm 3,4 \text{ г}/\text{л}$, число лейкоцитов $n \cdot 10^9/\text{л}$ равно $44,0 \pm 1,4$. Был сделан вывод о том, что полученные данные по гематологическим показателям крови свидетельствуют об удовлетворительном

физиологическом состоянии и о способности природных вод к самоочищению (Курамшина, Нуртдинова, Матвеева, 2015). Физиологическая норма: число эритроцитов $n \cdot 10^{12}/\text{л}$ равно 1,5–2,5, скорость осаждения эритроцитов (СОЭ) 3,6–4,5 мм/ч, гемоглобин 70–120 г/л, число лейкоцитов $n \cdot 10^9/\text{л}$ равно 20–60 [19, 39].

Исследование гематологических показателей крови рыб основных водотоков Башкортостана свидетельствовала о нормальном физиологическом состоянии организма. Были получены следующие значения. Лещ: число эритроцитов, $n \cdot 10^{12}/\text{л}$ – 1.1 ± 0.2 , скорость осаждения эритроцитов 4.0 ± 0.3 мм/ч, гемоглобин 82.3 ± 3.4 г/л, число лейкоцитов, $n \cdot 10^9/\text{л}$ – 44.0 ± 0.3 . Судак: число эритроцитов, $n \cdot 10^{12}/\text{л}$ – 2.3 ± 0.2 , скорость осаждения эритроцитов 2.0 ± 0.2 мм/ч, гемоглобин 91.3 ± 2.8 г/л, число лейкоцитов $n \cdot 10^9/\text{л}$ – 60.0 ± 1.2 . Стерлядь: число эритроцитов, $n \cdot 10^{12}/\text{л}$ – 2.6 ± 0.1 , скорость осаждения эритроцитов 4.2 ± 0.5 мм/ч, гемоглобин 90.0 ± 5.0 г/л, число лейкоцитов $n \cdot 10^9/\text{л}$ – 40.0 ± 3.6 [20]. Физиологическая норма: число эритроцитов, $n \cdot 10^{12}/\text{л}$ составляет 1,5–2,5, скорость осаждения эритроцитов 3,6–4,5 мм/ч, гемоглобин 70–120 г/л и число лейкоцитов $n \cdot 10^9/\text{л}$ – 40–100 [15, 22].

2 Материалы и методы

Материал для работы – это данные, собранные в июне 2019 года (с 11.06.19 по 21.06.19) на участках залива реки р.Убей средней части Красноярского водохранилища (рисунок 2).

Отлов плотвы сибирской и леща производился ставными сетями с размерами ячей 16–65 мм, длиной 30 м, сети ставились на расстоянии 7–8 метров от берега, на глубину от 1,2 м до 3м, под углом 45° к течению. Установка сетей производилась утром и вечером. Сети проверялись через 4-5 часов, пойманная рыба помещалась в находящийся в воде залива садок из капроновой дели.

Было отловлено 75 экземпляра рыб – плотва обыкновенная *Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758 – 39 экземпляров и лещ обыкновенный *Abramis brama*, Linnaeus, 1758 – 36 экземпляров. Через 3-4 часа после перемещения отловленной рыбы в садок она подвергалась полному биологическому анализу (ПБА) по общепринятой методике И. Ф. Правдина (1939) [27].

У отловленной рыбы были измерены три длины с точностью до 1 см: абсолютная длина тела рыбы от начала рыла до конца лучей хвостового плавника (L , см), длина по Смитту (L_{sm} , см) – от начала рыла до конца средних лучей хвостового плавника и длина тела (l , см) от начала рыла до конца чешуйного покрова. Схема измерения рыбы представлена на рисунке 4.

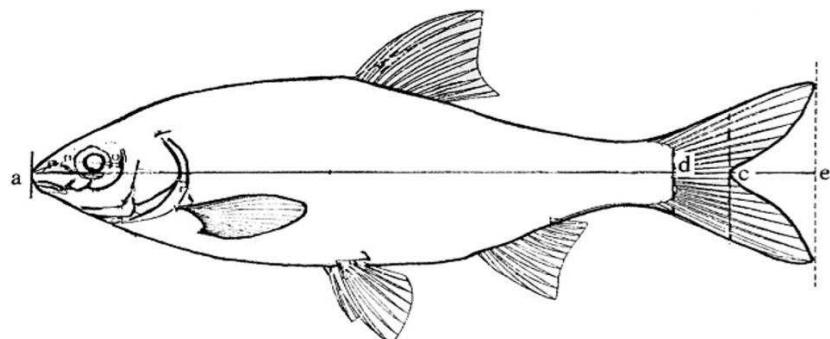


Рисунок 4 - Схема измерения длины рыбы (Попов, 2007)

аe - абсолютная длина тела; аc – длина тела по Смитту; ad – промысловая длина тела

Для определения массы с внутренностями (W , г) и массы без внутренностей (w , г), рыба взвешена на весах с точностью до 1 г.

Определены пол и стадия зрелости гонад по методике В. А. Мейена и С. И. Кулаева. Определены жирность особи и наполненность желудка по пятибалльной шкале.

Для определения возраста рыб используют чешую, отолиты, отдельные плоские кости скелета - жаберную крышку, лучи плавников, позвонки. Мы в данной работе использовали чешую плотвы и леща. Чешую брали между боковой линией и передней частью спинного плавника, ножом соскребали 10-20 чешуек и складывали в чешуйную книжку, также в эту книжку заносились данные по каждой рыбе. В каждой книжке по 12-18 экземпляров только одного вида. Возраст устанавливали с использованием бинокулярной лупы LOMO МСП-1.

Для оценки физиологического состояния рыб определяли следующие гематологические показатели крови: количество эритроцитов, концентрацию гемоглобина, скорость осаждения эритроцитов, гематокрит.

Перед исследованием крови рыб были исключены стрессовые воздействия на рыбу. После отлова рыба выдерживалась в садке. Перед анализом рыбу аккуратно извлекали из воды, завертывали в чистую марлю и приступали к взятию крови. Кровь брали из хвостовой артерии путём отсечения хвостового стебля ножом. Перед взятием крови хвостовой стебель тщательно очищали от чешуи и слизи марлей. Рыбу, завёрнутую в марлю, держали вертикально над сосудом для сбора крови. Первые капли крови не брали. Не допускали ударов капель крови о дно ёмкости, кровь стекала по краю наклонённой ёмкости.

Для предотвращения свёртывания крови в качестве антикоагулянта использовали натрий лимоннокислый трёхзамещенный 3,8% (0,3 г на 100 м дистиллированной воды). Этим раствором ополаскивали пипетки, пробирки, стеклянные ёмкости, в которые собирали кровь.

Последовательность, в которой проводили отбор крови у рыб:

- 1) Брали кровь из хвостовой артерии
- 2) Заполняли пробирки, заранее наполненные соответствующими растворами и закрытые резиновыми пробками.
- 3) Для определения содержания гемоглобина кровь приливали в пробирки с соответствующими растворами.
- 4) Заполняли капилляры СОЭ-метра для определения скорости осаждения эритроцитов.
- 5) Заполняли гематокритные капилляры для определения гематокритного числа.
- 6) Приготавливали мазок крови.
- 7) Подсчитывали число эритроцитов и лейкоцитов в камере Горяева.
- 8) Фиксировали и окрашивали мазки крови, сохраняли для дальнейшего анализа.

2.1 Определение количества эритроцитов

Для определения количества эритроцитов в единице объема крови использовали камеру Горяева. Камера представляет собой толстое прозрачное прямоугольное стекло с двумя сетками, выгравированными на его поверхности, к камере притирается покровное стекло.

Перед работой камеру Горяева и покровные стёкла промывали водой, обезжиривали смесью спирта и эфира в соотношении 1:1 и насухо протирали чистой тканью.

Покровное стекло тщательно притирали большими пальцами обеих рук к боковым площадкам камеры.

Для подсчёта эритроцитов их окрашивают специальными красителями.

Подсчёт количества эритроцитов: в пробирку с 4 мл физиологического раствора хлорида натрия добавляли 0,02 мл крови, перемешивали, небольшую каплю наносили на площадку камеры Горяева рядом с краем покровного стекла. Подготовленную камеру устанавливали на предметный столик микроскопа, закрепляли в препаратороводителе. При малом увеличении

микроскопа на сетке камеры находили левый верхний угловой квадрат, подсчёт эритроцитов вели в 5 больших квадратах, смещаясь по диагонали сетки вниз.

Расчёт количества эритроцитов в единице объёма производили по формуле 1.

где – количество эритроцитов в 1 мм^3 ;
– количество эритроцитов, подсчитанных в 5 квадратах;
4000 – множитель, приводящий результат к объёму 1 мкл крови;
– разведение крови ($\beta=200$);
– число сочетаний малых квадратов (=80).

2.2 Определение количества лейкоцитов

Подсчёт количества лейкоцитов: в пробирку с 0,4 мл уксусной кислоты добавляли 0,02 мл крови, перемешивали, оставляли на 10 минут. Небольшую каплю наносили на площадку камеры Горяева рядом с краем покровного стекла. Подготовленную камеру устанавливали на предметный столик микроскопа, закрепляли в препаратороводителе. При малом увеличении микроскопа на сетке камеры находили левый верхний угловой квадрат, подсчёт лейкоцитов вели в 100 больших квадратах, смещаясь по диагонали сетки вниз.

Расчёт количества лейкоцитов в единице объёма производили по формуле 2.

где – количество лейкоцитов в 1 мм^3 ;
– количество лейкоцитов, подсчитанных в 5 квадратах;
4000 – множитель, приводящий результат к объёму 1 мкл крови;
– разведение крови ($\beta=200$);

– число сочетаний малых квадратов (=1600).

2.3 Определение концентрации гемоглобина

Определение концентрации гемоглобина в крови рыб проводили гемиглобинцианидным методом. Сначала приготовили трансформирующий раствор. Затем в пробирку наливали 5 мл трансформирующего раствора, приливали 0,02 мл крови, взятой капилляром Сали, хорошо перемешивали. Через 10 минут измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм против холостой пробы. Расчёт содержания гемоглобина проводили по формуле 3.

где – экстинция опытной пробы;

- экстинция стандартного раствора;
 - концентрация гемиглобинцианида в стандартном растворе (мг%);
 - коэффициент разведения крови;
- 0,001 – коэффициент для пересчёта количества гемоглобина мг% в г%.

2.4 Определение скорости осаждения эритроцитов

Скорость осаждения эритроцитов определяли с помощью прибора СОЭ-метра. Капиллярную пипетку промывали раствором 5%-ного трёхзамещенного натрия лимоннокислого. Этим капилляром набирали кровь два раза до метки «К» и выдували, затем всасывали смесь в капилляр до метки «О», заметив время, ставили в штатив строго вертикально. Через час отсчитывали по делениям на пипетке величину столбика эритроцитов.

2.5 Определение гематокритной величины с помощью микрокапилляри

Для определения гематокритной величины (гематокрита) микрокапилляры, прилагаемые к центрифуге, обрабатывали раствором

антикоагулянта, заполняли капилляр кровью полностью, центрифугировали до получения постоянного объёма эритроцитов.

Приготавливали препараты (мазки) крови. Предметные стёкла тщательно промывали, затем обезжиривали смесью спирта и эфира, протирали насухо чистой тканью. Взятую от рыбы кровь с помощью пипетки наносили в виде небольшой капли на предметное стекло на расстоянии 1-1,5 см от края, шлифованным стеклом размазывали каплю крови, высушивали на воздухе, подписывали, фиксировали фиксаторам красителем Май-Грюнвальда и окрашивали способом окраски мазков крови по Романовскому.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Популяция плотвы сибирской средней части Красноярского водохранилища в 2019 году представлена семью возрастными группами от трех до девяти лет. В уловах доминируют трех- и четырехлетние особи (30,8% и 25,6% соответственно). Соотношение самцов и самок в популяции примерно равное (1:1,17). Рыбы старше девяти лет в уловах не встречаются.

Длина тела (l) отловленных особей плотвы варьирует от $167,5 \pm 8,7$ мм до $310,0 \pm 0,0$ мм, масса тела с внутренностями (W) от $55,6 \pm 8,1$ г до $298,0 \pm 0,0$ г. Длина и масса тела плотвы в уловах 2019 г на средней части Красноярского водохранилища в основном не имеет достоверных различий с длиной и массой тела плотвы в уловах 1983 г, есть исключения.

Популяция леща средней части Красноярского водохранилища в 2019 году представлена восьмью возрастными группами от восьми до пятнадцати лет. В уловах доминируют особи от одиннадцати до тринадцати лет (по 13,9%) и пятнадцатилетние особи (16,7%). Соотношение самок и самцов в популяции 1:1,4. Рыбы младше восьми и старше пятнадцати лет в уловах не встречаются.

Длина тела (l) отловленных особей леща варьирует от $295,0 \pm 19,1$ мм до $396,7 \pm 25,0$ мм, масса тела с внутренностями (W) от $269,0 \pm 67,6$ г до $588,0 \pm 79,5$ г. С момента заполнения Красноярского водохранилища до настоящего времени рост леща замедлился. В уловах 2019 г лещ тугорослый и имеет достоверно меньшие размеры и массу тела во всех сравниваемых группах по сравнению с лещом в уловах 1982 г.

Возрастной состав рыб уменьшился по сравнению с 1986 годом, малое количество возрастных групп свидетельствует о том, что в средней части Красноярского водохранилища происходит интенсивный промышленный и любительский вылов этих рыб.

Гематологические показатели исследуемых рыб (число эритроцитов, скорость осаждения эритроцитов, гематокрит, содержание гемоглобина, число лейкоцитов) соответствуют «норме» для этих видов и свидетельствуют об

удовлетворительном физиологическом состоянии сибирской плотвы и леща в средней части Красноярского водохранилища. При сравнении полученных результатов по показателям крови рыб средней части Красноярского водохранилища с ранее полученными данными (1980-е годы) достоверных различий не выявлено.

У особей сибирской плотвы, зараженных плоским червем (*Ligula intestinalis*) в крови содержание лейкоцитов выше, чем у здоровых рыб. У зараженных рыб отмечается достоверное снижение, по сравнению со здоровыми особями, скорости осаждения эритроцитов и концентрации гемоглобина.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГЭС – Гидроэлектростанция

ПБА – Полный биологический анализ

СОЭ – Скорость осаждения эритроцитов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Берг, Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран / Л. С. Берг. – М.; Л.: Изд-во АН СССР. – Т. 2, 1949. – С. 469-929.
- 2 Бикташева, Ф. Х. Гематологические показатели хищных рыб озера Асылыкуль (Россия, республика Башкортостан) / Ф. Х. Бикташева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 9. – С. 108-108
- 3 Богатов, В. В. Об использовании гематологических показателей для мониторинга экосистем на примере популяции леща (*abramis brama* L.) верхнеульяновского плеса куйбышевского водохранилища / В. В. Богатов, В. А. Назаренко // Бюллетень Самарская лука. – 2004. – №15. – с. 300-302.
- 4 Боруцкий, Е. В. О кормовой базе рыб / Е. В. Боруцкий // Ин-т эволюц. морфологии и экологии животных АН СССР, – 1960. – С. 5-61
- 5 Варлакова, А. А. Биологическая характеристика плотвы сибирской Бершского и средней части Красноярского водохранилищ. Выпускная квалификационная работа / Красноярск: СФУ ИФБиТ. – 2016.
- 6 Вершинин, Н. В. Рыбы и кормовые ресурсы рек и водохранилищ Восточной Сибири, Красноярск: Красноярский рабочий. – 1967. – С. 255-259.
- 7 Вышегородцев, А. А. Практикум по ихтиологии: учебное пособие для студентов / А. А. Вышегородцев, Г.Н. Скопцов, С.М. Чупров., И.В. Зуев. – Красноярск: КГУ, 2002. – 127 с.
- 8 Вышегородцев, А. А. Промысловые рыбы Енисея: монография / А. А. Вышегородцев, В. А. Заделенов. – Красноярск: Сибирский Федеральный университет, 2013. – 303 с.
- 9 Гармаева, С.Г. Исследования гематологических и биохимических показателей крови рыб Байкальского региона // Экологическая этика и образование для устойчивого развития: материалы Байкальской международной конференции ЮНЕСКО. – Улан-Удэ. – 2006. – С. 268- 272.

10 Глобальная электронная база данных по видам рыб Fishbase [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fishbase.de>

11 Головина, Н. А., Гематология рыб / Н. А. Головина, И. Д. Тромбицкий. – Кишинев, 1989. – 156 с.

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

13 Житенева, Л.Д. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб: Справочник / Л.Д. Житенева, О.А. Рудницкая, Т.И. Калюжная. - Ростов-на-Дону: Молот, 1997. - 152 с.

14 Жоров, В. А. Водный баланс и расчет полезного притока в водохранилище красноярской ГЭС / В. А. Жоров // Труды Зап-Сиб. Региона НИИ. – 1989. – № 88. – С. 14-25.

15 Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб: Сравнит. морфология и классификация формен. элементов крови рыб / Н. Т. Иванова. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.

16 Корытный, Л. М. Реки Красноярского края / Л. М. Корытный. – Красноярск: Кн. Изд-во, 1991. – 157 с.

17 Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод: монография / под ред. акад. А. Ф. Алимова. - Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008. – 538 с.

18 Купчинский, Б. С. Лещ водоемов Байкало-Ангарского бассейна / Б. С. Купчинский. – Иркутск, 1987. – 143 с.

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

20 Курамшина, Н. Г. Биогеохимическая оценка состояния основных водотоков Башкортостана / Н. Г. Курамшина, Э. А. Тимофеев, Э. М. Курамшин, У. Б. Имашев, Г. В. Карпова // Башкирский химический журнал. – 2017. – Т. 24. – №1. – с. 32-35.

21 Курамшина, Н. Г. Эколого-физиологическое состояние ихтиофауны малых рек южного урала / Н.Г. Курамшина Э. Э. Нуртдинова, А. Ю. Матвеева //

Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (19). – С. 20-24.

22 Лукьяненко, В. И. Экологическая физиология и биохимия рыб / Ярославль, 1988. – 260 с.

23 Никольский, Г. В. Частная ихтиология / Г. В. Никольский. – Москва, 1971. – 471 с.

24 Пищенко, Е. В. Гематология пресноводной рыбы: учебное пособие для студентов / Е. В. Пищенко., Скопцов Г.Н., С.М. Чупров., И.В. Зуев. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т., 2002. – 48 с.

25 Позвоночные животные России [электронный ресурс] – режим доступа: www.sevin.ru/

26 Попов, П. А. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов / П. А. Попов. – Новосибирск: НГУ, 2007. – 525 с.

27 Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

28 Пресноводные рыбы Средней Сибири / Н. А. Богданов [и др]. – Красноярск, 2016. – 200 с.

29 Природа Сибири [электронный ресурс] – режим доступа: <https://prirodasibiri.ru/>

30 Промысловые рыбы СССР / под ред. акад. Л.С. Берга, А.С. Богданова и др. – Москва: Пищепромиздат, 1949. – С. 407-409.

31 Решетникова, Ю. С. Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т.1 / под ред. Ю.С.Решетникова. – Москва: Наука, 2002. – 379 с.

32 Савина, Л. В. Гематологические показатели и цитометрическая характеристика эритроцитов плотвы куршского залива / Л. В. Савина, Г. Г. Серпугин // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов. Всероссийская научная конференция. Труды. – 2017. – с. 146-149.

33 Сементина, Е. В. Некоторые гематологические показатели леща прибрежной зоны куршского залива в период нереста / Е. В. Сементина, Г.Г.

Серпунин // Инновации в науке, образовании и бизнесе. Труды X Международной научной конференции. В 2-х частях. – 2012. – с. 89-91.

34 Серпунин, Г.Г. Гематологические показатели адаптаций рыб: дис. ... д-ра биол. наук. / Г. Г. Серпунин. – Калининград, 2002. – 482 с.

35 Серпунин, Г.Г. Методы гематологических исследований рыб / Г. Г. Серпугин, Л. В. Савина. – Калининград, 2005. – 53 с.

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

37 Чупров, С. М. Морфофизиологическая характеристика популяций рыб водохранилищ Восточной Сибири (на примере Красноярского и Саянского): дис. ... канд. биол. наук: 16.03.01 / Чупров Сергей Михайлович. – Красноярск, 1986.

38 Яндекс карты [электронный ресурс] – режим доступа:
<https://yandex.ru/maps/>

39 Яржомбек, А. А. Справочник по физиологии рыб / А. А. Яржомбек. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 428 с.

40 Cakici, H. Changes in Blood Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) after Physical Pollution / H. Cakici, S. Aydin // Journal of Applied Animal Research. – 2006. – V. 29. – № 1. – P. 77-80.

41 Parrino, V., Comparative study of haematology of two teleost fish (*Mugil cephalus* and *Carassius auratus*) from different environments and feeding habits V. Parrino, T. Cappello, G. Costa, C. Cannavà, M. Sanfilippo, F. Fazio, S. Fasulo // The European Zoological Journal. – 2018. – V. 85. – №1. – P. 193–199.

42 Shahsavani, D. Determination of Some Blood Parameters of Fingerling Sturgeon (*Huso huso*) in Guilan Province of Iran / D. Shahsavani, M. Mohri // Journal of Applied Animal Research. – 2004. – V. 25. – № 2. – P. 129-130.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии

Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Гладышев _____ М. И. Гладышев
подпись
«_____» 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 — Биология

Эколо-физиологическая характеристика леща и сибирской
плотвы средней части Красноярского водохранилища

Руководитель

Чупров
подпись, дата

доцент, к.б.н.

С. М. Чупров

Выпускник

Корнилова 27.06.20
подпись, дата

ББ16-33Б

номер группы

Т. В. Корнилова

Красноярск 2020