

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ М. И. Гладышев
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 __ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 - Биология

код – наименование направления

Кариотип каменной широколобки (*Paracottus knerii*) среднего течения р. Енисей

тема

Руководитель

подпись, дата

И. В. Зуев

инициалы, фамилия

Студент:

Номер группы, зачетной книжки

подпись, дата

К. Н. Стоянов

инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Обзор литературы.....	4
1.1 Биология Каменной широколобки	4
1.2 Степень изученности Каменной широколобки	8
Глава 2. Материалы и методы.....	14
Глава 3 Основная часть.....	19
3.1 Результаты	19
3.2 Обсуждение	Error! Bookmark not defined.
Заключение	Error! Bookmark not defined.
Список использованной литературы.....	21

Введение

Кариологические исследования стали в настоящее время одним из важнейших направлений изучения строения и функционирования наследственного аппарата. Эти исследования важны для понимания теоретических основ генетики, изменчивости геномов живых организмов в условиях изменяющейся окружающей среды, для выяснения путей эволюции в пределах различных таксономических единиц, выявления степени родства между представителями разных родов и семейств, для изучения геномного состава видов, популяций и для решения многих других существенных теоретических и практических вопросов (Ozouf-Costaz, 2015)

Каменная широколобка *Paracottus knerii*. Представитель рогаткоподобных обитает в оз. Байкал; Иркутском водохранилище; Братском водохранилище; р. Ангара (Попов, 2012; Понкратов, 2013); озера Тувы; оз. Верхняя Агата (плато Путорана) (Попов, 2007; Атлас пресноводных..., 2001); в р. Енисей (Вышегородцев, 2000; Попов, 2009; Зуев, 2016), при этом в Красноярском водохранилище широколобка отсутствует (Чугунова, 2012).

По кариологии каменной широколобки имеется только одна статья по Байкальской популяции (Сиделева, 1995). Несмотря на это ареал Каменной широколобки значительно шире.

В связи с этим, изучение данного вида является необходимым в целях пополнения данных о виде, и возможном выявлении его, как удобном и информативном объекте исследований в области кариологии.

Цель работы: изучить кариотип каменной широколобки *Paracottus knerii* среднего течения реки Енисей.

Задачи:

Глава 1. Обзор литературы

1.1 Биология Каменной широколобки

Систематика: отряд Scorpaeniformes - Скорпенообразные;

подотряд Cottoidei - Рогатковидные или керчаковидные;

надсемейство Cottoidea - Рогаткоподобные;

семейство Cottidae Рогатковые или кречаковые;

род *Paracottus* Каменные широколобки

вид *P. knerii* Каменная широколобка

(Талиев, 1955; Богуцкая, 2004; ITIS, 2018; FishBase, 2018).

Каменная широколобка изначально обитала в бассейне Байкала откуда самостоятельно расселилась в Иркутском водохранилище, Братском водохранилище, а затем в р. Ангару (Попов, 2012; Понкратов, 2013) откуда и попала в р. Енисей (Вышегородцев, 2000; Попов, 2009), при этом после образования Красноярского водохранилища широколобка выбыла из состава ихтиофауны затопленной территории (Чугунова, 2012). Интересно, что в р. Енисей на протяжении 100 км от нижнего бьефа Каменная широколобка единственный представитель своего отряда (Глечиков, 2008) Сейчас встречается также в озерах Тувы и в оз. Верхняя Агата (плато Путорана) (Попов, 2007; Атлас пресноводных..., 2001).



Рис. 1. Каменная широколобка (река Шушь). Фото: С.М. Чупров

Каменная широколобка (рисунок 1.). D1 VII - IX, D2 - 15 - 19, P - 16 - 17, V I - 4, A - 12 - 14. Жаберные тычинки бугорковидные, с шипиками на конце, в числе - 6 - 7. Позвонков - 33 - 35 (Талиев, 1955; Атлас пресноводных..., 2001; Попов, 2007).

Тело голое, только под грудными плавниками покрыто шипиками. Боковая линия идет выше середины тела и никогда не доходит до основания хвостового плавника (обычно оканчивается в области второй половины D2 и имеет 11 - 17 мелких пор), отверстия не велики, но заметны невооруженным глазом Межаберный промежуток широкий как и межглазничный. Голова по ширине примерно равна ее длине и составляет 1/4 длины тела. Глаза выпуклые, приподняты над лбом и окружены кожистой складкой. Губы мясистые. Брюшные плавники мясистые, лопаточкообразные и обычно далеко не доходят до анального отверстия. Окраска тела оливково-зеленая (у особей обитающих на песчаных грунтах - буровато-серая) по бокам с темно-зелеными и темно-бурыми пятнами неправильной формы. Брюшные плавники грязно-бурые, остальные обычно имеют оливково-зеленый оттенок (Талиев, 1955; Атлас пресноводных ..., 2001; Попов, 2007).

Исследование 16 выборок каменной широколобки оз. Байкал, р. Ангара и семи водоемов байкальского и ангарского бассейнов показало, что изменчивость ряда признаков биотопически обусловлена и направлена на адаптацию рыб к глубоководному обитанию и обитанию в условиях быстрого течения. Есть также признаки, изменчивость которых не проявляет каких-либо закономерностей и является следствием прерывистости ареала вида. Показано, что отдельные пары популяций имеют по ряду признаков различия, соответствующие подвидовому и видовому уровням (наличие хиатуса). Однако все такие пары связаны «кольцевыми перекрытиями», что не позволяет рассматривать их как самостоятельные таксоны (Богданов, 2007).

Формирование отолита соответствует приспособлениям к донному типу обитания. Отолит рельефный, имеет на поверхности полиотокониальные массы (Сапожникова, 2010). Сгруппированное расположение отоконий в саккулярном слуховом аппарате - характерная черта отолитового аппарата донных обитателей прибрежной зоны оз. Байкал (Сапожникова, 2008).

При сравнительной оценке морфологической поляризации сенсорных элементов саккулярной макулы выявлено доминирование вертикальной ориентации сенсорных пучков чувствительных клеток у прибрежного бентического вида каменной широколобки и у бентопелагического вида северобайкальской желтокрылки. В отличие от этого на саккулярной макуле пелагических видов большой и малой голомянки горизонтальная ориентация сенсорных пучков превалирует над вертикальной. Морфологические характеристики слухового саккулярного аппарата - являются следствием специфики их поведения. Эти характеристики отражают особенности слухового аппарата рыб как в определении направления источника акустических сигналов в воде, так и в отношении их частотных параметров (Сапожникова, 2007).

В пределах Байкальского региона видовое население каменной широколобки дифференцировано на географические и экологические формы. (Богданов, 2000). Широколобка ведет донный образ жизни, в вертикальном распределении имеется сезонность – осенью и в начале зимы встречается на глубинах более 10 м, вторую половину зимы сосредотачивается на глубинах 5-6 м, весной и в первую половину лета, когда начинает нереститься (конец мая – июля) держится на глубинах от 10 см до 5 м, обычно – 1.5 м. Нерестится при температуре 6-10°C. Прячется под камнями, там же и откладывает икру прикрепляя её снизу к камням (Сиделева, 2004). В размножении доминирующая роль – у самцов, усилие которых направлено на захват и защиту гнезда, привлечение к нересту наибольшего числа самок и охрану кладок икры на протяжении всего периода инкубации (Богданов, 2000).

Каменная широколобка растет медленнее других прибрежных Рогатковидных рыб (Талиев, 1955). Первые три года жизни растет интенсивнее, затем рост замедляется (с наступлением полового созревания), темпы роста 4+ - 5+ практически не различаются. В водоемах: оз. Байкал (литораль южной котловины), р. Ангара, горное оз. Соболиное (бассейн южного Байкала) – наблюдается разница в темпах роста, наибольшим темпом роста обладает популяция южного Байкала, ей незначительно уступает Ангарская популяция. В оз. Соболиное широколобка тугорослая, темп роста в 1.5-2 раза ниже, чем у сравниваемых популяций это обусловлено значительным ухудшением кормовых условий водоёма (Толмачева, 2010 а, б, в).

Продолжительность жизни обычно 5-6, реже – 8 лет. Максимальная длина 144 мм, масса – 47 г. Самцы крупнее самок (Талиев, 1955).

Основу питания составляют донные беспозвоночные и, как исключение, рыбная пища. Как и у большинства других рыб в течении роста питание соответственно изменяется, а состав пищи зависит от кормовой базы

водоема. Стратегия питания направлена на потребление наиболее крупных из доступных организмов зообентоса. Питание молодежи более специализированно, чем взрослых особей. Возрастные изменения в составе пищи связаны с расширением спектра питания, за счет включения в него более крупных организмов (Толмачева, 2010). В водоемах Байкальской рифтовой зоны реофильные виды подкаменщиков не вступают в конкурентные отношения с другими бентосоядными рыбами - расхождение трофических ниш происходит в результате потребления разных размерных групп, а соответственно и видов амфипод. Причина размерной избирательности заключается в размерах потового аппарата хищников (Толмачева, 2008). Перекрывание трофических ниш отмечено лишь по массовым компонентам пищи и носит сезонный характер, связанный с динамикой их численности (Богданов, 2000).

Каменная широколобка является важным звеном цепи питания. Потребляет организмы макрозообентоса, а именно отмечено 29 видов беспозвоночных, в основном амфиподы, (Толмачева, 2006) и составляет важную часть рациона тайменя, ленка, сига-пыжьяна, черного байкальского хариуса и налима, нерпы (Богданов, 2000; Петров, 2008).

Каменная широколобка является резервуарным хозяином для чаечного лентеца *Diphyllobothrium dendriticum* в Байкале и вторым промежуточным хозяином для *Contracaecum osculatum baicalensis* в оз. Байкал (Русинек, 2012).

1.2 Степень изученности Каменной широколобки

Статей по каменной широколобке крайне мало, на ресурсе eLibrary по запросу *Paracottus knerii* можно найти 66 статьи, но если отсеять: статьи которые выпадают из-за неточности работы алгоритма поискового механизма сайта, а также повторяющиеся статьи и статьи продублированные

на английском языке – то остается 37 статей в которых есть упоминание каменной широколобки, а уже из них только в 7 работах широколобка выступает в роли одного из объектов исследования, а в остальных 30 статьях каменная широколобка, чаще всего упоминается как один из видов рыб найденный при гидробиологическом или ихтиологическом исследовании.

Этот вид эндемичен для России, соответственно статьи на иностранных ресурсах (Web Of science) - русских авторов. Например Кайгородова и Сороковикова статья в которой представлены результаты исследования зараженностью Рогаткоподобных рыб пиявками рода *Baicalobdella* (Kaugorodova, 2014).

В основном каменную широколобку исследовали в пределах оз. Байкал и статьи именно по байкальской широколобке - преобладают. Также имеются данные о популяциях Ангарской широколобки и озер бассейна оз. Байкал. Широколобка в р. Енисей не изучена (Вышегородцев, 2000).

Талиев, в монографии: «Бычки – подкаменщики Байкала», описал морфологию с указанием о изменчивости вида, с этим связано описание им такого вида как *Paracottus insuralis* (Островная широколобка), который позднее был сведен в синонимии с каменной широколобкой (Богданов, 2007), указал распространение в пределах Байкала и некоторых рек. Описал биологию, поведение, и сделал заметку о хозяйственном значении (Талиев, 1955).

Сиделева исследовала Байкальских рогатковидных рыб и написала несколько статей: «Сравнительно-морфологический анализ и направления специализации сейсмодатированной системы у современных и ископаемых видов пресноводных Коттоидных рыб (Cottoidei)»; «Сравнительное изучение эндемичных Коттоидных рыб (Cottidae, Comephoridae)»; «Эндемичные рыбы в озерных экосистемах северного полушария (особенности биоразнообразия и формирования таксономической структуры)» в связи с их приспособлением к обитанию в пелагиали озера Байкал» (Сиделева, 1997, 2005, 2010). Стоит

выделить статью по кариологии в которую каменная широколобка вошла, как один из объектов исследования (Сиделева, 1995).

Толмачева исследовала питание каменной широколобки и отметила 29 видов беспозвоночных, которые входят в спектр питания рыбы. Особенности роста; изменчивости морфogeометрических параметров челюстных костей и особенности строения ротового аппарата в связи с приспособлением к поеданию беспозвоночных, также ею было произведено сравнение спектра питания, строения ротового аппарата с другими видами Коттид, а сравнение скорости роста дано между популяциями каменной широколобки из разных участков оз. Байкал и некоторых соседних водоемов (Толмачева, 2006, 2008, 2010а, 2010б, 2011).

Богданов исследовал экологию и изменчивость каменной широколобки, по экологии им была написана диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. в результате которой он уточнил границы ареала, особенности формирования экстерьера рыб, дополнил основные биологические характеристики рыб и установил характер питания и взаимоотношения подкаменщиков с другими рыбами. Исследование изменчивости показала, что некоторые отдельные популяции соответствуют (по изменчивости признаков) видовому и подвидовому уровню, однако из-за «кольцевых перекрытий» их нельзя рассматривать как отдельные виды. (Богданов, 2010, 2007)

Сапожникова исследовала сенсорную слуховую систему Рогатковидных рыб (в том числе каменной широколобки), а именно особенности формирования отолитов, особенности морфологической поляризации сенсорных элементов слухового саккулярного эпителия и ультраструктуру сенсорных клеток саккулярного эпителия. При сравнительной оценке морфологической поляризации сенсорных элементов саккулярной макулы выявлено доминирование вертикальной ориентации сенсорных пучков чувствительных клеток у каменной широколобки –

прибрежного вида, в отличие от этого у бентопелагических видов (Большая и Маленькая голомянки) морфологические характеристики – следствие специфики их поведения. При формировании отолитов отоконии в саккулярном слуховом аппарате расположены сгруппировано, а отолит является более рельефным чем у бентопелагического вида – большой голомянки (Сапожникова, 2007, 2008, 2010, 2016).

Помимо Сапожниковой сейсмодатированной системой Рогатковидных занимался ещё и Гончаров, в своей работе «Сейсмодатированная система Коттоидных рыб (Scopraeniformes: Cottidae) бассейна реки Енисей» он в деталях описал морфологию сейсмодатированной системы трёх видов Енисейских Рогатковидных (*P. knerii*, *C. sibiricus* и *C. poecilopus*) (Гончаров, 2015).

Биологией каменной широколобки помимо уже указанных авторов занимался Матвеев, в соавторстве с Богдановым, ими были уточнены данные о питании каменной широколобки и значении её как кормового ресурса для других видов рыб, также им был дан краткий анализ путей и механизмов формирования ихтиофауны озера Байкал (Матвеев и др., 2004, 2008)

Петров при изучении питания байкальской нерпы указал отряд Рогатковидных и в том числе каменную широколобку, как весомые компоненты в спектре питания нерпы (Петров, 2008).

Яхненко в исследовании особенностей структуры и состава крови рыб оз. Байкал, использовала каменную широколобку в качестве объекта эксперимента и выяснила, что у каменной широколобки и окуня более быстрая активация иммунного ответа, чем у омуля и желтокрылки (Яхненко, 2013)

Русинек при анализе паразитарных сообществ оз. Байкал установил, что наибольшее разнообразие компонентных сообществ паразитов у ельца, плотвы, и песчаной широколобки (индекс Шенона 2.4), а затем уже идут

крапчатая и каменная широколобки с индексами 2.3 и 2.2 (Русинек, 2006, 2012).

Матвеев в гидробиологической и ихтологической характеристике верхнекичерских озер упомянул о нахождении в них каменной широколобки, в основном вблизи истока р. Кичеры или устьей впадающих в озера рек. Каменная широколобка обитающая в горных водоемах характеризуется по линейно-весовым показателям как мелкая или карликовая, по отношению к байкальским (Матвеев, 2004)

Широколобка нередко встречается в статьях, как модельный вид, так например Савинов в своей статье «Эволюционная теория активности систем» использовал каменную широколобку, как один из модельных организмов для своего исследования (Савинов, 2016). Langerhans R. В. В своей работе: «Прогнозирование фенотипического разнообразия в разных режимах потока на рыбах» использовал каменную широколобку для построения модели изменчивости рыб в разных по скорости потоках (Langerhans, 2008).

В оставшихся статьях учеными упоминается каменная широколобка как один из видов найденных при ихтиологическом или гидробиологическом обследовании водоемов:

Попов «Видовой состав и характер распространения рыб на территории Сибири» «Характеристика ихтиоценозов водохранилищ Сибири» - дана информация о нахождении каменной широколобки в оз. Байкал, р. Ангаре, и р. Енисей, а также в Иркутском, Братском и Усть-илимском водохранилищах (Попов, 2009, 2012). Эту же информации позже подтверждает Понкратов в статье «Инвазии чужеродных видов рыб в бассейн Ангарских водохранилищ» (Понкратов, 2013).

«Фауна, систематика и биология рыб в условиях озерно-речных гидросистем южного Таймыра» - первое описание о нахождении каменной широколобки в р. Нижняя Тунгуска и р. Хантайка. Вид в этих реках распространен спорадически, локально (Романов, 2005, 2006).

Матвеевым в работе «Биоразнообразие и структура рыбного населения водоемов Байкальской рифтовой зоны» дана заметка о нахождении каменной широколобки в оз. Байкал, озерах бассейна оз. Байкал и водотоках бассейна оз. Байкал (Матвеев, 2006).

Чугунова в статье «Современное состояние ихтиофауны и паразитофауны Красноярского водохранилища» приводит информацию об отсутствии каменной широколобки в ихтиофауне Красноярского водохранилища (Чугунова, 2012).

Тугарина в статье «О мониторинге биоразнообразия ихтиоценоза реки Селенги» приводит информацию о наличии каменной широколобки в ихтиофауне реки Селенги (Тугарина, 2009).

Глава 2. Материалы и методы

Рыбу собирали на р. Енисей, в устье р. Базаиха (рисунок 2.). Собирали начиная с мая 2017 и вплоть до июня 2018, всего было собрано 10 экземпляров Каменной Широколобки и три кладки икры. Рыбу собирали электроловом. На время экспериментов рыбу содержали в аквариуме при температуре 10°C.

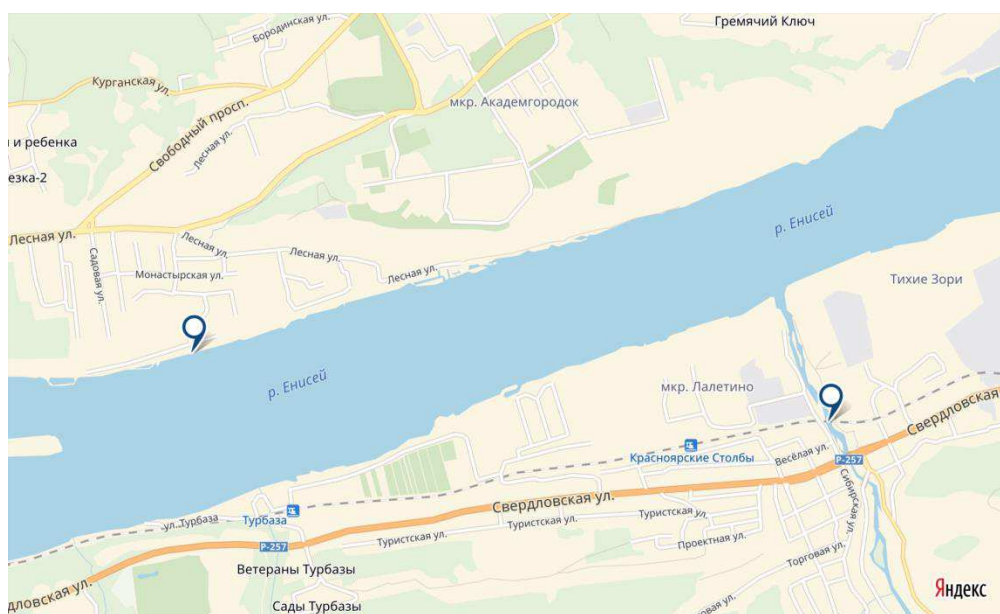


Рис. 2. Станции отбора проб

Во время обработки материала нами было испробовано несколько методик кариологического исследования:

- 1) Приготовление препарата хромосом из регенерирующих плавников (Ozouf-Costaz, 2015).
- 2) Приготовление препарата хромосом из эмбрионов и личинок (Ozouf-Costaz, 2015).
- 3) Быстрый способ получения препаратов хромосом из тканей рыб в модификации Крысанова (Kligerman, 1977; Крысанов, 2009). Именно эта методика оказалась эффективной в нашем случае.

Методика с использованием регенерирующей ткани плавника.

1. Отрезали небольшой кусочек плавника (лучше хвостовой). Воду в которой содержится рыба обрабатывали противогрибковым агентом, (метиленовым синим). И оставили рыбу в оптимальных условиях.

2. Через 3-7 дней (зависит от вида), отрезали регенерированную часть плавника, и помещали в 5мл раствора Рингера с водой в соотношении 1 : 4, содержащий 0.05% колхицина.

3. Перемещали ткань с небольшим количеством раствора Рингера в свежеприготовленный, холодный фиксирующий раствор (3:1 этанол : ледяная уксусная кислота). Инкубировали при 4°C в течении 20 минут.

4. Фиксирующий раствор меняли, как минимум дважды, затем оставляли ткань фиксироваться на ночь.

5. Помещали ткань в 50% раствор ледяной уксусной кислоты и измельчали в течении 1 минуты при помощи небольших ножниц или пинцета.

6. На чистое, разогретое до температуры 70°C стекло (на термостоле), помещали по три – четыре капли (в зависимости от их размеров), спустя 20 секунд собирали их обратно, для раскапывания можно использовать как пипетку Пастера, так и дозатор.

7. Окрашивали по стандартным способом по Романовскому-Гимза. 10 - 15 минут.

Методика с использованием эмбрионов и личинок.

1. Инкубировали целую икринку (на стадии предличинки) в аквариумной воде с 0,05% раствором колхицина, в течении 4 часов поддерживая оптимальную температуру для вида.

2. Отделяли эмбрион от икринки, в том же растворе колхицина. Также вскрывали желточный мешок и отделяли желток.

3. Помещали эмбрион в пробирку типа эппендорф содержащую 1.5 мл 0,8 % цитрата натрия, инкубировали 30 – 50 минут в тех же условиях, что и раньше.

4. При помощи пипетки Пастера перемещали эмбрион с небольшим количеством раствора в свежеприготовленный холодный фиксирующий раствор (3 : 1 этанол : 1 ледяная уксусная кислота). Инкубировали при 4°C в течении 20 минут.

5. Фиксирующий меняли раствор как минимум дважды, а затем оставляли на ночь.

Приготовление препаратов метафазных пластинок.

6. С эмбриона убирали излишки фиксирующего раствора при помощи фильтровальной бумаги. Помещали эмбрион в небольшую емкость содержащую несколько капель 50% раствора ледяной уксусной кислоты. Аккуратно измельчили эмбрион, используя небольшие ножницы или пинцет.

7. Раскапывали на чистые сухие стекла, нагретые до 70°C (На термостоле). Капали на стекло и через 10-20 секунд каплю собирали обратно. Использовать можно как пипетку Пастера, так и дозатор. На стекло вмещается от трех до четырех капель.

8. Окрашивали по стандартному методу Романовского-Гимза, в течении 10-15 минут.

Получение препаратов хромосом из тканей (предпочки) рыбы.

I. Фиксация органов и тканей в полевых условиях

1. Животным внутрибрюшинно вводили 0.05% раствор колхицина из расчета 0.01-0.03 мл на 1г веса рыбы)

2. Спустя 40-60 мин из умерщвленных животных извлекали предпочку и часть почки и помещали их в стандартный гипотонический раствор

хлористого калия (0.07) при комнатной температуре на 20-30 мин. Объем раствора должен превышать объем образца в 10-15 раз

3. Образцы переносили пинцетом из гипотонического раствора в Бюкс с 10-15 мл свежеприготовленного охлажденного стандартного фиксатора (3 части метанола и 1 часть ледяной уксусной).

4. Через 5 мин их помещали на хранение в свежую порцию фиксатора в пробирки, объемом не менее 1 мл на каждый образец.

5. Образцы хранили в холодильнике при температуре от -10°C до -12°C. Продолжительность хранения не должна превышать 6 мес, поскольку при более продолжительных сроках возникают проблемы с получением клеточной суспензии, что впоследствии может отразиться на качестве препаратов. Допустимо хранить и перевозить образцы при комнатной температуре, однако желательно поместить их в холодильник при первой же возможности.

I. Приготовление препаратов хромосом.

1. Для получения суспензии образцы тканей фиксатора помещали в 50% раствор уксусной кислоты, предварительно удалив избыток фиксатора на фильтровальной бумаге. В фарфоровую чашу помещали небольшую часть фиксированного образца (желательно его внутреннюю часть) разминали в течении 1 минуты, доливали сверху раствор уксусной кислоты и держали после этого ещё 3-4 мин.

2. Затем набирали полученную суспензию автоматической пипеткой и наносили на предварительно нагретые в сушильном шкафу до 70°C в течение 10 мин предметные стекла, по 2-3 капли суспензии на стекло. Избыток суспензии необходимо сразу же удалить пипеткой с предметного стекла. Для получения большего количества клеток в суспензии можно увеличить время обработки образцов в растворе уксусной кислоты или увеличить ее концентрацию до 60%.

Окрашивание препаратов

Полученные препараты окрашивали стандартным способом по Романовскому-Гимза. 10 - 15 минут

Фотографировали при помощи микроскопа Axiostar plus марки Zeiss через объектив A-Plan 100x/1,25 Oil $\infty/0,17$ иммерсионное масло использовали марки Zeiss, камера Tourcam Ucmos14000KPA

Подсчёт количества хромосом

Подсчёт количества хромосом осуществляли в программе ImageJ (1.50i). После подсчета находили моду в программе Excel. Проводили измерение хромосом и их группировку в программе Karyotype analysis (2.0), а при помощи графического редактора Paint.net (3.5.11) улучшали качество получившихся фотографий.

Глава 3 Основная часть

3.1 Результаты исследования

В результате анализа получено 34 метафазных пластинок предпочки, на основании статистики (расчета моды) диплоидный набор ($2n$) равен 48. Число плеч (NF) 62-64, Хромосомный набор (рисунок 2.) дифференцирован на мета- (4 пары), субмета- (3 пары), субтело- и акроцентрические хромосомы (16 пар) (рисунок 3.) (таблица 1.).

[изъято 12 страниц]

Выводы

1) Хромосомный набор каменной широколобки среднего течения р. Енисей представлен $2n=48 = 8m + 6sm + 32-34sta$; $NF = 62$.

2) Каменная широколобка среднего течения р. Енисей обладает идентичным по числу и морфологии хромосом кариотипом популяции из озера Байкал.

3) Наиболее близкие по морфологии хромосом к каменной широколобке байкальские виды рогатковых: *Cottomephorus inermis*, *Cottomephorus grewingki* и *Leocottus kessleri*.

Список использованной литературы

1. Abe S. A cytotaxonomical study in some freshwater cottoid fishes / Syuiti Abe // *Cytologia*. – 1976. – 41. – p 323-329.
2. Bogdanov B. E., Variation of Stone sculpin *Paracottus knerii* (Cottidae, Scorpaeniformes) of Baikal and water of Baikal region / B. E. Bogdanov // *Journal of ichthyology*. 2007. № 2. Т. 47. pp 162-174.
3. Buser, T. J. Molecular phylogenetics of sculpins of the subfamily Oligocottinae (Cottidae) / T. J. Buser, J. A. Lopes // *Molecular phylogenetics and evolution*. 2015. – Т. 86. pp 64-74.
4. Enlbrecht, C.C. Phylogeography of the bullhead *Cottus gobio* (Pices: Teleostei : Cottidae) suggests a pre-Pleistocene origin of the major central European population / C.C. Enlbrecht, J. Freyhof, A. Nolte, K. Rassmann, U. Schliewen, D. Tautz // *Molecular ecology*. 2000. – Т. 9. № 6. pp. 709 – 722.
5. FishBase [Электронный ресурс] *Paracottus knerii* Stone sculpin // Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2018. FishBase. World Wide Web electronic publication. version (02/2018). – Режим доступа : www.fishbase.org
6. Hunt, D. M. Molecular evolution of the cottoid fish endemic to Lake Baikal deduced from nuclear DNA evidence / D. M. Hunt, J. Fitzgibbon, S. J. Slobodyanyuk, J. K. Bowmaker, K. S. Dulai // *Molecular phylogenetics and evolution*. 1997. – Т. 8. № 3. pp 415-422.
7. Ida H. Karyotypes in four species of the Family Cottidae / Hitoshi Ida, Hiroaki Terashima, Tatsuo Fujimi // *Japanese journal of ichthyology*. – 1989. – 36. – p 135-140
8. ITIS [Электронный ресурс] ITIS Standard Report Page: *Paracottus kneeri* // Integrated Taxonomic Information System. – Режим доступа : www.itis.gov
9. Kaygorodova, I. A. Mass leech infestation of sculpin fish in Lake Baikal, with clarification of disease-prone species and parasite taxonomy / Kaygorodova,

- I. A., Sorokovikova N. V. // *Parasitology International*. – 2014. – T.63 – p. 754-757.
10. Kligerman A.C. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes / A.C. Kligerman, S.E. Bloom J. // *Fish Res. Bd. - Canada*. V. № 34. pp. 266–269. 1977.
11. Kontula, T. Endemic diversification of the monophyletic cottoid fish species flock in Lake Baikal explored with mtDNA sequencing / T. Kontula, S. V. Kirilchik, R. Vainola // *Molecular phylogenetics and evolution*. 2003. – T. 27. № 1. pp 143-155.
12. Langerhans R.B. Predictability of phenotypic differentiation across flow regimes in fishes / R.B. Langerhans // *Integrative and comparative biology*. 2008. № 6. T. 48. pp 750-768.
13. Moreva I. The Karyotype of the Flathead Sculpin *Megalocottus platycephalus platycephalus* (Pallas, 1814) (Pices: Cottidae) from Odyan Bay, Sea of Okhotsk / I. N. Moreva, S. A. Borisenkov // *Russian Journal of Marine Biology*. 2014. Vol. 40. № 2. pp. 125-130.
14. Moreva I. The Karyotype of the Great Sculpin *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Pallas, 1814) (Pices: Cottidae) from Russian Part of the Species Range / I. N. Moreva, S. A. Borisenko // *Russian Journal of Marine Biology*. 2017. Vol. 43. № 1. pp. 76-82.
15. Nelson, J. S. *Fishes of the World* 4th Ed. / J. S. Nelson // Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. 2006. Vol. 7. Issue 4. 334pp.
16. Ozouf-Costaz *Fish Cytogenetic Techniques Ray-Fin Fishes And Chondrichthyans : a science publishers book* / C., E. Pisano, F. Foresti, L. Foresti de Almeida Toledo. – Boca Raton London New York: Taylor & Francis Group, 2015. – 216 p.
17. Ryazanova I. Comparative Analysis of the Karyotype of the Sculpin *Myoxocephalus ochotensis* (Pisces: Cottidae) from the Odyan Bay of the Sea of

- Okhotsk / I.N. Ryazanova, S.A. Borisenko, S.V. Frolov // Russian Journal of Marine Biology. 2008. Vol. 34. № 3. pp. 195-198.
18. Ryazanova I. Krayotype of the Sculpin *Myoxocephalus jaok* (Pices: Cottidae) from Peter the Great Bay, Sea of Japan / I. N. Ryazanova // Russian Journal of Marine Biology. 2007. Vol. 33. № 4. pp. 267-270.
19. Ryoichi Arai. Fish Karyotypes A Check List – Tokyo: Springer, 2011. 340 pp.
20. Terashima H. Karyotypes of three species of the family cottidae / Hiroaki Terashima, Hitoshi Ida, // Japanese journal of ichthyology. – 1991. – 37. – p 358-362
21. Yagami, T. Genetic fragmentation of populations of the fluvial sculpin *Cottus nozawae* (Pisces : Cottidae) at the southern margin of its native range / T. Yagami, R. Yokoyama, A. Goto // Canadian journal of zoology-revue canadienne de zoologie. 2002. – Т. 80. № 5. pp. 873-881.
22. Атлас пресноводных рыб России. Т. 2 / под ред. Ю. С. Решетникова. – М.: Наука, 2003. – 253 с.
23. Богданов Б. Э. Изменчивость каменной широколобки *Paracottus knerii* (Cottidae, Scorpaeniformes) Байкала и водоемов байкальского региона / Б. Э. Богданов // Вопросы ихтиологии. – Москва, 2007 - №2. – С. 202-214.
24. Богданов, Б. Э. Экология реофильных видов подкаменщиков (Cottidae) в водоемах байкальской рифтовой зоны: дис. ... д-ра био. наук : 03.00.16 / Богданов Бахтиар Эркинович. – Иркутск , 2000. – 174 с
25. Богуцкая, Н. Г. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями / Н. Г. Богуцкая, А. М. Насека. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. - 389 с.
26. Вышегородцев, А. А. Рыбы Енисея: Справочник / А.А. Вышегородцев.– Новосибирск: Наука, 2000. – 188с.

27. Гончаров Я. В. Сейсмоденситиметрическая система коттоидных рыб (*Scopraeniformes: Cottidae*) бассейна реки Енисей / Я. В. Гончаров // Экология южной Сибири и сопредельных территорий. 2015. 73 – 74 С.
28. Зуев, И. В. Современный состав и распространение чужеродных видов рыб в водных объектах Красноярского края / И. В. Зуев, А. А. Вышегородцев, С. М. Чупров, Д. В. Злотник // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2016. - № 3. – С. 28-38.
29. Крысанов Е. Ю. Простой метод приготовления препаратов хромосом мелких млекопитающих / Е. Ю. Крысанов, Т. Б. Демидова, Б. И. Шефтель // Зоологический журнал. – Москва, 2009, - Т. 88, - №2. – С. 234-238
30. Матвеев А. Н. Биоразнообразие и структура рыбного населения водоемов Байкальской рифтовой зоны / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенко // Acta biomedica scientifica. 2006. № 2. 84 – 91 С.
31. Матвеев А. Н. Происхождение (источники и пути проникновения) ихтиофауны озера Байкал / А.Н. Матвеев, В. П. Самусенок // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на земле. 2008. № 1. 401-414 С.
32. Матвеев А. Н., Биология каменной широколобки *Paracottus knerii* (Dybowski, 1874) / А. Н. Матвеев, Б. Э. Богданов, П. Б. Хрущелевский и др. // Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, - 2004. - Т.2.- С. 5 - 42.
33. Морева И. Н. Молекулярно-генетический и кариологический анализ двурогих бычков группы *Euphras diceraus* (Cottidae) / И. Н. Морева, О. А. Радченко, А. В. Петровская, С. А. Борисенко // Генетика. – 2017, - т. 35. № 9. – с. 1086-1097.
34. Морева, И. Н. Молекулярно-Генетический И Кариологический Анализ Двурогих Бычков Группы *Euphras Diceraus* (Cottidae) / И. Н. Морева, О. А. Радченко, А. В. Петровская, С. А. Борисенко // Генетика. - Москва - 2017. – Т. 53, № 9. – С. 1086-1097.

35. Петров Е. А., Питание Байкальской нерпы / Е. А. Петров, О. Г. Смирнова // Рыбное хозяйство. 2008. № 3. 53-57 с.
36. Петров, Е. А. Питание байкальской нерпы/ Е. А. Петров, О. Г. Смирнова //Рыбное хозяйство. – Москва, 2008. – №3. – С. 53-57.
37. Подлесных А. В. Изменчивость и связи дальневосточных видов керчаков *Myoxocephalus* и *Megalocottus* (Cottidae) по маркерам мтДНК и кариологическим данным / А. В. Подлесных, И. Н. Морева // Генетика животных. 2014. – Т. 50. № 9. с. 1075-1083.
38. Понкратов С. Ф. Инвазии чужеродных видов рыб в бассейн Ангарских водохранилищ / С. Ф. Понкратов // Российский журнал биологических инвазий. 2013. № 4. Т. 6. 59-69 С.
39. Понкратов, С. Ф. Инвазии Чужеродных Видов Рыб В Бассейн Ангарских Водоохранилищ / С. Ф. Понкратов // Российский Журнал Биологических Инвазий. – Москва, 2013. - №4. – Т6. – С. 59-69.
40. Попов П. А. Видовой состав и характер распространения рыб на территории Сибири / П. А. Попов // Вопросы ихтиологии. – Москва, 2009. Т. 49, №4. – С. 451-463.
41. Попов П. А. Характеристика ихтиоценозов водохранилищ Сибири / П. А. Попов // География и природные ресурсы. – Новосибирск, 2012. - №3. – С. 77-84.
42. Попов П. А. Характеристика ихтиоценозов водохранилищ Сибири / П. А. Попов // География и природные ресурсы. 2012. № 3. 77 – 84 С.
43. Попов П.А. РЫБЫ СИБИРИ: распространение, экология, вылов : монография / П. А. Попов. – Новосибирск : Новосиб. гос. ун-т., 2007. – 526С.
44. Романов В. И. Ихтиофауна водоемов южного Таймыра и прилегающих территорий/ В. И. Романов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2006. № 9. 8 – 12 С.

45. Романов В. И. Фауна, систематика и биология рыб в условиях озерно-речных гидросистем южного Таймыра / В. И. Романов // Автореферат диссертации. 2005. 42 С.
46. Русинек О. Т. Паразитарные системы озера Байкал / О. Т. Русинек // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. – Иркутск, 2012. - №1. – С. 178-191.
47. Русинек О. Т. Паразитарные системы озера Байкал / О. Т. Русинек // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры. 2012. № 1. 178 - 191 С.
48. Русинек О. Т., Анализ паразитарных сообществ озера Байкал / О. Т. Русинек // Паразитология. 2006. № 2. Т. 40. 155-170 с.
49. Савинов А. Б. Эволюционная теория активности систем / А. Б. Савинов // Эволюция : срезь, правила, прогнозы. 2016. 138-154 С.
50. Сапожникова Ю. П. Исследование сенсорной слуховой системы байкальских рогатковидных рыб (Cottoidei) методами электронной микроскопии / Ю. П. Сапожникова, И. В. Клименков, А. О. Ермакова, Л. М. Шидловский, П. Г. Гершевский, А. Р. Томас // Известия иркутского государственного университета. серия: биология. Экология. - Иркутск, 2008. - №2. – Т.1. – С. 37-40.
51. Сапожникова Ю. П. Особенности морфологической поляризации сенсорных элементов слухового саккулярного эпителия у байкальских рогатковидных рыб (Cottoidei) / Ю. П. Сапожникова, И. В. Клименков, Н. Г. Мельник // Сенсорные системы. – Москва, 2007. №2. С. 140 – 146.
52. Сапожникова Ю. П. Особенности формирования отолитов у некоторых рогатковидных рыб разных экологических групп озера байкал / Ю. П. Сапожникова, И. В. Клименков, И. В. Ханаев // Сенсорные системы. – Москва, 2010. - №1. – С. 60-73.

53. Сиделева В. Г. Длиннокрылка, желтокрылка, широколобка и другие... рыбы Байкала / В. Г. Сиделева // Наука из первых рук. – Новосибирск, 2004. - № 2(3). – С. 102-113.
54. Сиделева В. Г. Сравнительное изучение эндемичных Коттоидных рыб (Cottidae, Comperhoridae) в связи с их приспособлением к обитанию в пелагиали озера Байкал / В. Г. Сиделева, Т. А. Козлова // Труды зоологического института РАН. 2010. № 4. Т. 314. 433 – 447 С.
55. Сиделева В. Г. Сравнительно-морфологический анализ и направления специализации сейсмодатированной системы у современных и ископаемых видов пресноводных Коттоидных рыб (Cottoidei) / В. Г. Сиделева // Вопросы ихтиологии. 2005. № 3. Т 45. 302-314 С.
56. Сиделева В. Г. Хромосомные наборы донных байкальских коттоидных рыб (Cottoidei) с замечаниями о кариологической продвинутости в связи с батиметрическим распределением / В. Г. Сиделева, В. П. Природина, И. В. Ханаев // Вопросы ихтиологии.- 1995. – 35. № 6. – с. 796-803.
57. Сиделева В. Г. Эндемичные рыбы в озерных экосистемах северного полушария (особенности биоразнообразия и формирования таксономической структуры) / В. Г, Сиделева, Е. А. Дорофеева, Э. Н. Егорова, А. В. Сергиенко, И. Б. Цветков // Российский фонд фундаментальных исследований. 1997.
58. Современное состояние популяции каменной широколобки *Paracottus knerii* (Dybowski) среднего течения Енисея / В. В. Глечиков. – докл. конф. Проблемы и перспективы использования водных биоресурсов Сибири в XXI веке, 2008. – 286-290 с.
59. Талиев Д.Н. Бычки-подкаменщики Байкала (Cottoidei). – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – 602 с.
60. Толмачева Ю. П. Питание каменной широколобки *Paracottus knerii* (Cottidae) в литорали южного байкала / Ю. П. Толмачева, Е. В. Дзюба, И. В.

- Гаврилова, Н. А. Рожкова, Н. В. Максимова, Л. В. Зубина // Вопросы ихтиологии. – Москва, 2006. - №2. – С. 262-266.
61. Толмачева Ю. П. Сравнительная характеристика питания трех видов *Cottoidei* в литорали южного байкала (Мыс Берёзовный) / Ю. П. Толмачева // Вопросы ихтиологии. – Москва, 2008. №4. С. 501-506.
62. Толмачева Ю. П. Строение ротового и глоточного аппаратов трёх видов байкальских *Cottoidei* в связи с их питанием / Ю. П. Толмачева // Вопросы ихтиологии. Москва, 2010. №1. С 69-76.
63. Толмачева Ю. П., Исследование изменчивости морфогометрических параметров челюстных костей байкальских Коттоидных рыб (*Cottoidei*) / Ю. П. Толмачева, Т. Н. Дисс, М. Л. Тягун // Современные проблемы эволюционной морфологии животных. 2011. 350-353 С.
64. Толмачева, Ю. П. Особенности роста и питания каменной широколобки *Paracottus knerii* (Cottidae) в водоёмах различного типа / Ю. П. Толмачева, Б. Э. Богданов // Вопросы Ихтиологии. – 2010. – Т. 50, № 4. - С. 526–532.
65. Тугарина П. Я. О мониторинге биоразнообразия ихтиоценоза реки Селенги / П. Я. Тугарина, Н. И. Козлова // Байкальский зоологический журнал. 2009. № 1. 40 - 45 С.
66. Чугунова Ю. К. Современное состояние ихтиофауны и паразитофауны красноярского водохранилища / Ю. К. Чугунова, А. А. Вышегородцев // Вестник томского государственного университета. – Томск, 2012. - № 365. – С. 218-222.
67. Яхненко В. М., Особенности состава и структура клеток крови рыб озера Байкал / В. М. Яхненко // Вестник ИРГСХА. 2013. № 57. Т. 2. 71-75с.

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
М. И. Гладышев
подпись инициалы, фамилия
« 18 » июня 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 - Биология

код – наименование направления

Кариотип каменной широколобки (*Paracottus knerii*) среднего течения р.

Енисей

тема

Руководитель

З 18.06.18
подпись, дата

И. В. Зуев
инициалы, фамилия

Студент:

Номер группы, зачетной книжки Меев
подпись, дата

К. Н. Стоянов
инициалы, фамилия

Красноярск 2018