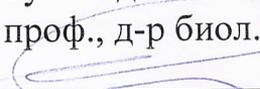


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства
(Биологический институт)
Кафедра генетики и клеточной биологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Руководитель ООП
проф., д-р биол. наук


В.Н. Стегний

подпись

« 02 » июня 2022 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

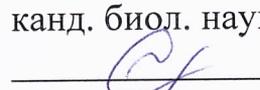
ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЫБ РОДА *BARBATULA*
ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

по направлению подготовки 06.04.01 Биология
направленность (профиль) «Генетика»

Интересова Елена Александровна

Руководитель ВКР:

канд. биол. наук


Г.Н. Артемов

подпись

« 02 » июня 2022 г.

Автор работы

студент группы № 012021


Е.А. Интересова

подпись

« 02 » июня 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП
проф., д-р биол. наук

В.Н. Стегний

подпись
« 02 » февраля 2022 г.

ЗАДАНИЕ

по выполнению выпускной квалификационной работы магистра обучающемуся

Интересовой Елене Александровне

Фамилия Имя Отчество обучающегося

по направлению подготовки 06.04.01 Биология, направленность (профиль) «Генетика»

1 Тема выпускной квалификационной работы

Генетическое разнообразие рыб рода *Barbatula* юга Западной Сибири

2 Срок сдачи обучающимся выполненной выпускной квалификационной работы:

а) в учебный офис/деканат – 23 мая 2022 г. в ГЭК – 02 июня 2022 г.

3 Исходные данные к работе:

Объект исследования – рыбы рода *Barbatula*

Предмет исследования – ген цитохрома *b* митохондриальной ДНК

Цель исследования: анализ генетического разнообразия усатых гольцов рода *Barbatula* на юге Западной Сибири

Задачи:

1. Собрать коллекцию образцов тканей рыб рода *Barbatula* из рек и озер юга Западной Сибири.
2. Провести анализ полиморфизма гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.
3. Выполнить оценку разнообразия гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.
4. Исследовать филогенетические отношения рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.

Методы исследования: Сбор материалов осуществить в горной и равнинной части юга Западной Сибири; выделение ДНК провести путем фенол-хлороформной экстракции; амплификацию провести по протоколам, опубликованным ранее для данной группы рыб; секвенирование провести по прямому и обратному праймерам в компании СИНТОЛ (г. Москва, Россия, www.syntol.ru); редактирование полученных последовательностей провести в программе Unipro UGENE v.42.0; анализ полиморфизма последовательностей провести с помощью программного обеспечения Nploture Viewer; филогенетический анализ провести в программе MEGA 11.

Организация или отрасль, по тематике которой выполняется работа:

4. Краткое содержание работы:

Работа посвящена анализу полиморфизма гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири для понимания филогенетических отношений этой группы животных.

Руководитель выпускной квалификационной работы

И. о. зав. кафедрой
генетики и клеточной биологии
должность, место работы


_____ / Г.Н. Артемов
подпись *И.О. Фамилия*

Задание принял к исполнению
студент ТГУ
должность, место работы


_____ / Е.А. Интересова
подпись *И.О. Фамилия*

Директору биологического института
Д.С. Воробьеву
от заф. каф. генетики и клеточной биологии
Г.Н. Артемова

Служебная записка

Уважаемый Данил Сергеевич, материалы выпускной квалификационной работы студента магистратуры Интересовой Елены Александровны «Генетическое разнообразие рыб рода *Barbatula* юга Западной Сибири» в настоящее время проходят подготовку к опубликованию в рецензируемом журнале, в связи с чем, в соответствии с п. 3.2, п. 3.4 «Регламента размещения текстов выпускных квалификационных работ в электронной библиотеке «Научной библиотеки ТГУ», прошу разрешить размещение текста ВКР с изъятием раздела Результаты и обсуждение» и частичным изъятием раздела «Материалы и методы».

С уважением,
Г.Н. Артемов



31.05.2022 г.



ДИРЕКТОР БИ
Воробьев Д.С.

АННОТАЦИЯ

Усатые гольцы рода *Barbatula* Linck, 1790 – мелкие пресноводные донные рыбы, широко распространенные в Евразии и характеризуются значительной морфологической изменчивостью, что провоцирует оживленные таксономические дискуссии. К настоящему времени описано 86 номинальных видов рода *Barbatula*, в том числе 21 из азиатской части ареала. При этом в современной обобщающей российской литературе обычно указывается, что на территории Западной Сибири обитает единственный вид этого рода – сибирский голец-усач *Barbatula toni* (Dybowski, 1869). Учитывая неоднозначность систематики и дискуссионность таксономии этой группы рыб, молекулярно-генетические исследования усатых гольцов имеют особую актуальность.

Цель работы: анализ генетического разнообразия усатых гольцов рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.

Задачи:

1. Провести анализ полиморфизма гена *cyt b* мтДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.
2. Выполнить оценку разнообразия гена *cyt b* мтДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.
3. Исследовать филогенетические связи рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.

Объекты исследования: усатые гольцы рода *Barbatula*

Предмет исследования: ген *cyt b* мтДНК

Методы исследования:

- выделение ДНК – фенол-хлороформный метод;
- амплификация – опубликованный протокол (He, Chen, 2006);
- секвенирование по Сэнгеру в компании Синтол (г. Москва);
- анализ данных с использованием программ Unipro UGENE v.42.0, Nplotype Viewer и MEGA 11.

В результате работы у рыб р. *Barbatula* на юге Западной Сибири выявлено 19 гаплотипов гена *cyt b* мтДНК, относящихся к 4 гаплогруппам. При этом на фоне значительного морфологического разнообразия рыб р. *Barbatula* на юге Западной Сибири, большего разнообразия последовательности гена *cyt b* мтДНК у этих рыб не отмечено. Выявлено две клады нуклеотидных последовательностей гена *cyt b* мтДНК, относящихся к образцам из равнинной и горной части юга Западной Сибири. Показано, что гольцы р. *Barbatula*, обитающие на юге Западной Сибири, вероятно не являются представителями вида *Barbatula toni*.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	3
1	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
1.1	Общие сведения об усатых гольцах рода <i>Barbatula</i>	5
1.2	Систематика усатых гольцов рода <i>Barbatula</i>	7
1.3	Молекулярно-генетические исследования усатых гольцов рода <i>Barbatula</i>	11
2	МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	13
2.1	Сбор материала.....	13
2.2	Выделение ДНК.....	16
2.3	Аmplификация и секвенирование образцов.....	17
2.4	Анализ полученных данных.....	18
3	РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	20
3.1	Полиморфизм гена цитохрома <i>b</i> в митохондриальной ДНК рыб рода <i>Barbatula</i> на юге Западной Сибири.....	20
3.2	Филогенетические отношения рыб рода <i>Barbatula</i> на юге Западной Сибири.....	23
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	25
	СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Усатые гольцы рода *Barbatula* Linck, 1790 – мелкие пресноводные донные рыбы, населяющие реки и озера значительной части Евразии: от Британских островов и Пиренейского полуострова на западе до Японских островов и Кореи включительно на востоке (Kottelat, Freyhof, 2007). Рыбы этого рода характеризуются значительной морфологической изменчивостью, что провоцирует оживленные таксономические дискуссии. К настоящему времени описано 86 номинальных видов рода *Barbatula* (Eschmeyer's Catalog of Fishes, 2022), в том числе 21 из азиатской части ареала (Chen et al., 2019), хотя не все признаны валидными. Кроме того, предполагается существование до сих пор неописанных видов данного рода (Прокофьев, 2016). При этом в современной обобщающей российской литературе обычно указывается, что на территории Западной Сибири (включая Алтай) обитает единственный вид рыб рода *Barbatula* – сибирский голец-усач *B. toni* (Dybowski, 1869) (Атлас пресноводных рыб России, 2003; Журавлев, 2003; Голубцов, Малков, 2007; Попов, 2007; Позвоночные животные России, 2022). Учитывая неоднозначность систематики, дискуссионность таксономии этой группы рыб, молекулярно-генетические исследования усатых гольцов имеют особую актуальность.

Цель данной работы: анализ генетического разнообразия усатых гольцов рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.

Задачи:

1. Провести анализ полиморфизма гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.
2. Выполнить оценку разнообразия гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной

Сибири.

3. Исследовать филогенетические связи рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, заведующему кафедрой генетики и клеточной биологии Биологического института ТГУ канд. биол. наук Глебу Николаевичу Артемову, заведующему кафедрой ихтиологии и гидробиологии Биологического института ТГУ д-ру биол. наук Владимиру Ивановичу Романову и заведующему лабораторией сравнительной геномики Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН. д-ру биол. наук Владимиру Александровичу Трифонову за ценные консультации при подготовке работы, а также канд. биол. наук Дмитрию Владимировичу Анциферову и Марии Алексеевне Побединцевой за помощь в обработке данных.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общие сведения об усатых голяцах рода *Barbatula*

Усатые голяцы рода *Barbatula* – обычно мелкие рыбы, но известны длиной до 270 мм (Гундризер и др., 1984). D II-V 6-8; A II-IV 5-6; P I 9-14, V I 6-8, жаберных тычинок 8-13, глоточные зубы однорядные, позвонков 37-47 (Атлас пресноводных рыб России, 2002; Прокофьев, 2007; Kottelat, Freyhof, 2007; Kottelat, 2012). Тело вальковатое, невысокое, составляет 9-18 % длины тела. Голова маленькая, не сжата с боков, рот нижний (рисунок 1).



Barbatula barbatula; Danube, Germany; ~50 mm SL.

A. Hartl



Barbatula barbatula; Bel Bek, Crimea, Ukraine; ~100 mm SL.



Barbatula barbatula; Vardar drainage, Macedonia; 68 mm SL.

Рисунок 1 – Усатый голец *Barbatula barbatula* (Kottelat, Freyhof, 2007)

Окраска усатых гольцов разнообразная, от светло-желтой до светло-коричневой, иногда более яркая, золотистая или оранжевая, часто с темными пятнами, иногда мелкими, иногда сливающимися. Брюшная сторона часто имеет светлую окраску. Чешуя часто частично или иногда полностью редуцирована. Плавники обычно часто имеют ряды пятен.

Усатые гольцы широко распространены в Евразии: от Британских островов и бассейна р. Эбро на Пиренейском полуострове на западе до Японских островов и Корейского полуострова включительно на востоке. Они известны на Северном Кавказе и в Центральной Азии, распространены в Северо-Восточном Китае, Корее, но их нет в южной Италии, Греции, в большей части Северной Европы (FishBase, 2022). В Сибири северная граница ареала точно не известна (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ареал усатых гольцов р. *Barbatula*

Усатые гольцы обитают в реках и преимущественно глубоких холодноводных озерах с песчано-галечным, гравийным или каменистым дном. Держатся у дна, активны преимущественно ночью, однако там, где нет хищников, могут вести дневной образ жизни (FishBase, 2022).

Питаются гольцы мелкими водными беспозвоночными, иногда икрой рыб и растительностью.

Продолжительность жизни гольцов достигает, предположительно, 7–17 лет. У разных видов половой зрелости достигают на 2–4 году жизни, нерест может быть порционным или однократным, обычно растянут по времени, особенно в южной части ареала. Плодовитость относительно низкая, 0,3–29 тыс. икринок. Икра у всех видов мелкая, клейкая, может быть отложена на песок, быть приклеена к подводным растениям. Для некоторых видов характерна пелагическая икра (FishBase, 2022).

Усатые гольцы устойчивы к незначительному загрязнению.

1.2 Систематика усатых гольцов рода *Barbatula*

Усатые гольцы рода *Barbatula* Linck, 1790 – лучепёрые рыбы сем. Nemacheilidae Regan, 1911 – каменные (речные) гольцы. Данный род был обоснован Н. Ф. Линком (1790), предложившим классификацию рыб р. *Cobitis* по зубам и разделившим его на два рода: *Cobitis* и *Barbatula*.

Широкое распространение и высокая морфологическая изменчивость рыб рода *Barbatula* провоцируют оживленные таксономические дискуссии. В последнем крупном обзоре по систематике и номенклатуре вьюнов надсемейства Cobitoidea (Kottelat, 2012) приведено 16 видов данного рода, в том числе 12 из азиатской части ареала. Сегодня известно 86 номинальных видов рыб рода *Barbatula* (Eschmeyer's Catalog of Fishes, 2022), в том числе в азиатской части ареала описан 21 номинальный вид (Chen et al., 2019). При

этом в современной обобщающей российской литературе обычно указывается, что на территории Западной Сибири (включая Алтай) обитает единственный вид рыб рода *Barbatula* – сибирский голец-усач *B. toni* (Dybowski, 1869) (Атлас пресноводных рыб России, 2003; Журавлев, 2003; Голубцов, Малков, 2007; Попов, 2007; Позвоночные животные России, 2022) (рисунок 3).

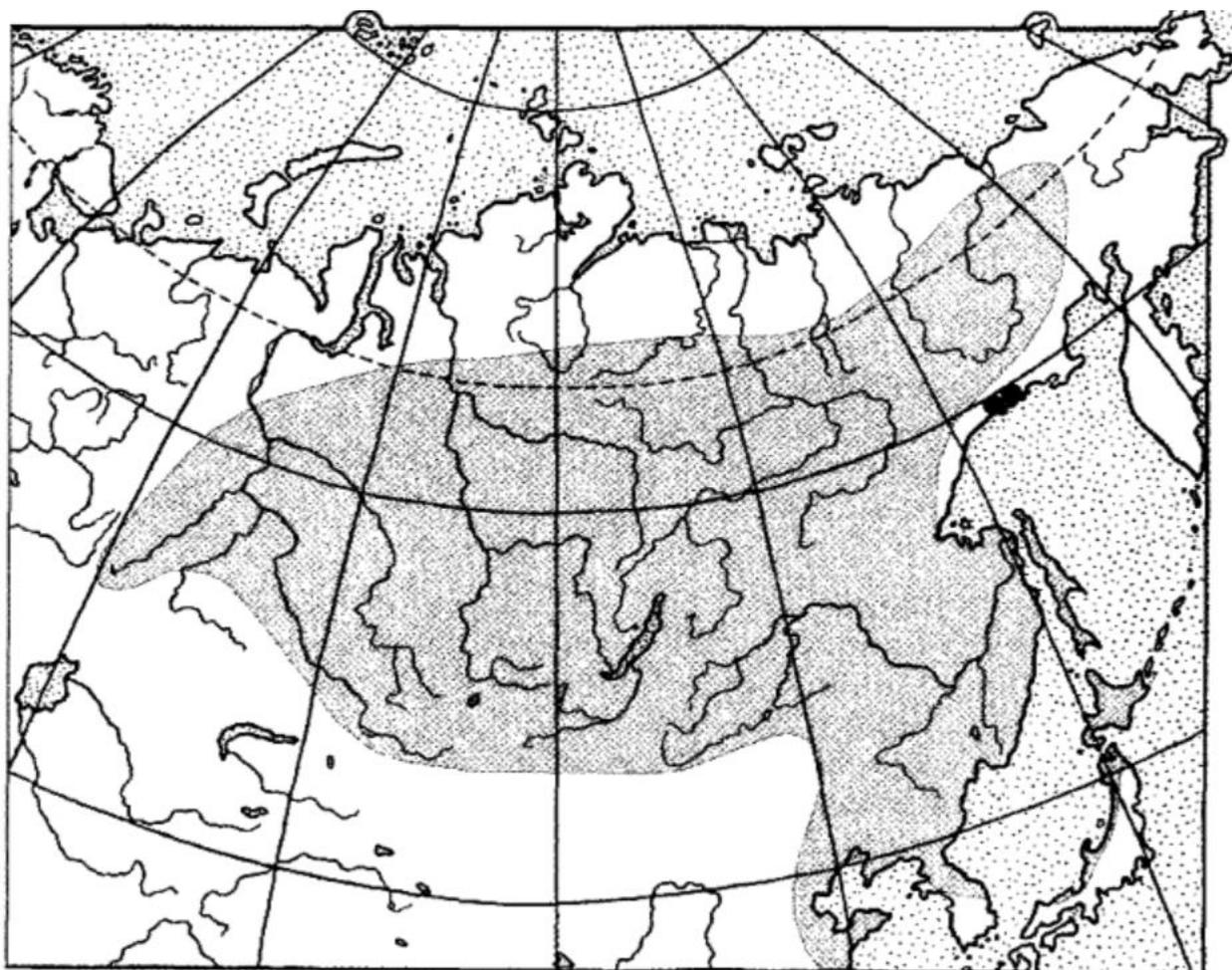


Рисунок 3 – Ареал сибирского гольца-усача *Barbatula toni* (Dybowski, 1869) (Атлас пресноводных рыб России, 2003)

Однако недавно в результате ревизии рода *Barbatula* в бассейне Верхней Оби на основании изменчивости морфологических признаков А. М. Прокофьев восстановил *B. tomiana* (Ruzsky, 1920), описал один новый вид *B. restricta* Prokofiev, 2015 и выделил две формы с пока с неясным

таксономическим статусом – *Barbatula* cf. *toni* и морфа «*tigris*» Gundriser, 1975 (Prokofiev, 2015). Ранее из бассейна р. Обь было описано два номинальных вида: *Nemacheilus sibiricus* Warpachowsky, 1897 и *Nemacheilus compressirostris* Gratzianov, 1907, традиционно синонимизируемых с *B. toni*. Последнее исследование типовых экземпляров указанных видов показало отсутствие их полного соответствия с какой-либо из выделенных четырех форм (Прокофьев, 2016). Таким образом, становится очевидной необходимость ревизии рода *Barbatula* в водных объектах Западной Сибири с использованием молекулярно-генетических методов.

В настоящее время валидными признаны 18 видов рода *Barbatula*:

Barbatula altayensis Zhu, 1992. Описан из притока Верхнего Иртыша, Китай.

Barbatula barbatula (Linnaeus, 1758) – усатый (каменный) голец. Обитает на территории Европы: севернее Пиренеев, Альп и Кавказа до южной Финляндии и Швеции; от бассейнов рек Рона и Луара до Уральских гор. Известен на Британских островах. В прошлом выделяли несколько подвидов, которые в настоящее время рассматриваются как самостоятельные виды.

Barbatula bergamensis Erk'Akan, Nalbant & Özeren, 2007. Описан из р. Козак (Турция).

Barbatula compressirostris (Warpachowski, 1897) – вьюн Варпаховского. Обитает в бассейне р. Ховд (северо-западная Монголия), возможно, в бассейне Верхней Оби (Россия) (Прокофьев, 2016).

Barbatula dgebuadzei (Prokofiev, 2003). Обитает в бассейне р. Заг (Монголия).

Barbatula farsica (Nalbant & Bianco, 1998). Обитает в бассейнах рек Кор, Шур и Кум (Иран).

Barbatula gibba Cao, Causse & Zhang, 2012. Обитает в бассейне озера

Дали-Нур (Внутренняя Монголия).

Barbatula golubtsovi (Prokofiev, 2003) – вьюн Голубцова. Обитает в бассейне р. Ховд (Монголия); возможно есть в водотоках Тувы (Россия) (Прокофьев, 2016).

Barbatula markakulensis (Menshikov, 1939). Обитает в бассейне озера Маркакуль, в бассейне р. Иртыш (Казахстан).

Barbatula nuda (Bleeker, 1864). Обитает в бассейнах рек Ляо и Тайцзы (северный Китай), также отмечен в бассейне р. Тумэнь-Цзян (северная Корея) (Cao et al., 2012).

Barbatula rotaninorum (Prokofiev, 2007). Описан из бассейна реки Эдсин-Гол (северный Китай).

Barbatula quignardi (Băcescu-Meşter, 1967). Обитает в бассейнах рек юго-западной Европы: Лез, Тек, Адур, Гаронн (Франция); Эбро, Бидасао, Тахо, Нервьон, Дору (Испания).

Barbatula restricta Prokofiev, 2015. Обитает в бассейнах оз. Салдан-Кель, р. Чуя (Алтай, Россия).

Barbatula sawadai (Prokofiev, 2007). Обитает в бассейне р. Селенга (Россия, Монголия).

Barbatula sturanyi (Steindachner, 1892). Обитает в бассейне Орхидского озера р. Дрин (Македония, Албания).

Barbatula tomiana (Ruzsky, 1920) – томский голец. Обитает в бассейне р. Томь (Россия); вероятно, в верховьях бассейна Оби, реке Катунь и ее притоках, а также в некоторых притоках Енисея – реках Абакан и Минусинка (Kottelat, 2012).

Barbatula toni (Dybowski, 1869) – сибирский (амурский) голец-усач. Описан из бассейна р. Амур (Россия, Китай, Монголия). Возможно, имеет широкий ареал, включающий все реки, впадающие в Северный Ледовитый и Тихий океаны между Обью и Хуанхэ.

Barbatula zetensis (Soric, 2000). Описан из бассейна р. Морачи, Черногория.

Предполагается существование до сих пор неописанных видов данного рода, особенно в азиатской части ареала (Прокофьев, 2016).

1.3 Молекулярно-генетические исследования усатых гольцов рода *Barbatula* в азиатской части ареала

На сегодняшний день опубликованы полные митохондриальные геномы двух видов р. *Barbatula* из азиатской части ареала: *B. toni* из р. Уссури (Genbank accession number AB242162) (Saitoh et al., 2006), из р. Йонгок (Genbank accession number KM405199) (Yu et al., 2016) и из р. Тайцзы в Монголии (Genbank accession number MK900633) (Yang et al., 2019); *B. nuda* из Верхнего Иртыша (Genbank accession number KF574248) (Zhao et al., 2015) и из р. Тайцзы в Монголии (Genbank accession number MK900634) (Yang et al., 2019). Митохондриальный геном *B. toni* длиной 16 620 нуклеотидов состоит из 28,27% А, 26,51% Т, 27,29% С и 17,94% G, с содержанием АТ 54,78%. Митохондриальный геном *B. nuda* имела длину 16 619 нуклеотидов и состояла из 28,18% А, 26,49% Т, 27,35% С и 17,99% G с АТ содержанием 54,67%. Оба митогенома содержат 13 белков-кодирующие гены (PCG), 2 гена рибосомной РНК (12 S рРНК и 16 S рРНК), 22 гена транспортной РНК и некодирующей контрольной области (D-петля). Большинство этих генов кодируются на Н-цепи, хотя ген ND6 и восемь тРНК гены были закодированы на L-цепи (Yang et al., 2019).

Филогенетические отношения усатых гольцов р. *Barbatula* северо-восточного Китая были проанализированы на основании последовательности цитохрома *b* с использованием Байесовского подхода и максимального правдоподобия методами MrBayes и RAxML, показавшими идентичную

топологию: *B. nuda* и *B. toni* были сгруппированы с сильной поддержкой (Yang et al., 2019). При этом было показано, что голец из Верхнего Иртыша, о котором сообщалось ранее (Zhao et al., 2015), вероятно, является не *B. nuda*, а *B. altayensis*; голец из р. Йонгок (Yu et al., 2016), вероятно, является не *B. toni*, а *B. liaoyangensis* (Yang et al., 2019).

Азиатские виды рода *Barbatula* и европейские виды (*B. vardarensis*, *B. sturanyi* и *B. barbatula*) образуют монофилетическую группу. Схема ветвления в молекулярном дереве позволяет предположить существование восьми видов: *B. nuda*, *B. toni*, *B. kirinensis*, *B. pechiliensis*, *B. zhangwuensis*, *B. liaoyangensis*, *B. emuensis* и *B. linjiangensis*, для каждого из которых выявлена сильная поддержка (АД>94%, АД=100%). Гаплотипы различных видов рода *Barbatula* хорошо разделены с минимальной дивергенцией последовательности К2Р в пределах от 2,4% между *B. emuensis* и *B. kirinensis* до 15,8% между *B. toni* и *B. sturanyi*. Внутривидовая максимальная дивергенция составила 1,2% у *B. pechiliensis* (Yang et al., 2019).

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Сбор материала

Материалом для исследований послужили образцы тканей рыб рода *Barbatula* из разнотипных водных объектов юга Западной Сибири.

Рыб отлавливали разнообразными пассивными и активными орудиями лова: ставными сетями с ячейей 8, 10, 12, 22 мм, длиной по 20 м; мальковым неводом длиной 12 м с ячейей 6 мм; и раколовками. После отлова был проведен общий биологический анализ рыб. Для молекулярно-генетического анализа использовали образцы тканей (фрагменты грудных плавников, фиксированные в 96%-ном этаноле).

2.2 Выделение геномной ДНК

Выделение геномной ДНК рыб рода *Barbatula* проводили путем фенол-хлороформной экстракции. Измельченные образцы тканей инкубировали с лизирующим буфером (100 мкл 1М Tris HCl, 20 мкл 0,5М EDTA, 50 мкл 5М NaCl, 8,7 мкл 23 мг/мл протеиназы К, 821,3 мкл H₂O) в течении 2 часов в термомиксере при 800 об/мин. Оценку концентрации выделенной ДНК проводили на оптоволоконном спектрофотометре NanoDrop 1000 (Thermo Scientific, США) с использованием программного обеспечения производителя оборудования (программа «ND-1000»). Выделенную геномную ДНК разводили до концентрации 50 нг/мкл для последующей амплификации.

2.3 Амплификация и секвенирование образцов

Для амплификации фрагмента митохондриального генома (мтДНК) – гена цитохрома *b* (*cyt b*) рыб рода *Barbatula* использовали праймеры L14724 (5'GACTTGAAAAACCACCGTTG) и H15915 (5'CTCCGATCTCCGGATTAC AAGAC) (He, Chen, 2006). ПЦР-амплификацию проводили

Режим ПЦР (ДНКамплификатор BioRad S1000™ Thermal Cycler, USA) включал

Продукты реакции амплификации визуализировали электрофорезом в 1.0 % агарозном геле в 1xTAE буфере в присутствии флюоресцентного красителя SYBR-green, с использованием трансиллюминатора.

Полученные ПЦР-продукты очищали с использованием смеси AcNa в концентрации 3М и 96% этилового спирта.

Секвенирование фрагментов по Сэнгеру проводили по прямому и обратному праймерам в компании СИНТОЛ (г. Москва, Россия, www.syntol.ru).

2.4 Анализ полученных данных

Полученные в результате секвенирования нуклеотидные последовательности редактировали вручную в программе Unipro UGENE v.42.0 (Okonechnikov, 2012).

Расчеты для анализа полиморфизма полученных в результате нашего исследования нуклеотидных последовательностей и построение медианной сети гаплотипов выполнены помощью программного обеспечения Haplotype Viewer (Haplotype Viewer, 2022).

Филогенетический анализ проводили в программе MEGA 11

3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Полиморфизм гена цитохрома *b* в митохондриальной ДНК рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири

3.2 Филогенетические отношения рыб рода *Barbatula* на юге Западной Сибири

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкое распространение и значительное морфологическое разнообразие усатых гольцов рода *Barbatula* Linck, 1790 служит причиной неоднозначности систематики и дискуссионности таксономии этой группы рыб, что делает молекулярно-генетические исследования усатых гольцов особенно актуальными. В результате проведенной работы:

1. У рыб р. *Barbatula* на юге Западной Сибири выявлено 19 гаплотипов гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК, относящихся к 4 гаплогруппам.
2. На фоне значительного морфологического разнообразия рыб р. *Barbatula* на юге Западной Сибири, большего разнообразия последовательности гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК у этих рыб не отмечено.
3. Выявлено две клады нуклеотидных последовательностей гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК рыб р. *Barbatula*, относящихся к образцам из равнинной и горной части юга Западной Сибири.
4. Гольцы р. *Barbatula*, обитающие на юге Западной Сибири, вероятно не являются представителями вида *Barbatula toni*.

Таким образом, решение вопроса о систематическом положении рыб рода *Barbatula* юга Западной Сибири возможно только на основании комплекса молекулярно-генетических и морфологических данных и требует дальнейшего изучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас пресноводных рыб России / Ю.С. Решетников, О.А. Попова, Л.И. Соколов, Е.А. Цепкин, В.Г. Сиделева, Е.А. Дорофеева, И.А. Черешнев, К.И. Москалькова, Ю.Ю. Дгебуадзе, Г.И. Рубан, В.В. Королев ; под редакцией Ю.Ю. Решетникова. – Москва : Наука, 2003. – В 2 т. Т. 1. – 378 с. : ил. – 1030 экз. – ISBN 5-02-002871-1. – Текст : непосредственный.
2. Голубцов, А. С. Очерк ихтиофауны республики Алтай: систематическое разнообразие, распространение и охрана : монография / А. С. Голубцов, Н. П. Малков ; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Горно-Алтайский государственный университет Министерства образования и науки Российской Федерации. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 164, [2] с.: ил. ; – Библиогр.: с. 103–156. – 500 экз. – ISBN 978-5-87317-356-3. – Текст : непосредственный.
3. Гундризер, А. Н. Рыбы Западной Сибири : монография / А. Н. Гундризер, Б. Г. Иоганзен, Г. М. Кривощев ; Томский государственный университет. – Томск, Изд-во ТГУ. 1984. – 120 с.: ил. ; – Библиогр.: с. 112–119. – 500 экз. – ISBN 3-7824-4821-1. – Текст : непосредственный.
4. Журавлев, В. Б. Рыбы бассейна Верхней Оби : монография / В. Б. Журавлев ; Алтайский государственный университет Министерства образования РФ. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. – 291 с.: ил. ; – Библиогр.: с. 244–274. – 500 экз. – ISBN 5-7904-0327-1. – Текст : непосредственный.
5. Позвоночные животные России [сайт]. – URL: <http://www.sevin.ru/vertebrates/> (дата обращения: 15.05.2022). – Текст : электронный.

6. Попов, П. А. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов : монография / П.А. Попов ; Институт водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирский государственный университет Федерального агентства по образованию. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 2007. – 526 с.: ил. ; – Библиогр.: с. 440–520. – 300 экз. – ISBN 978-5-94356-497-0. – Текст : непосредственный.
7. Прокофьев, А. М. Переописание и систематическое положение номинальных видов гольцов *Nemacheilus compressirostris* и *N. sibiricus* (NEMACHEILIDAE) / А.М. Прокофьев // Вопросы ихтиологии. – 2016. – Т. 56. – № 4. – С. 391–402. DOI: 10.7868/S0042875216040159. – Текст : непосредственный.
8. Прокофьев, А. М. Морфология, систематика и происхождение усатых гольцов рода *Orthrias* (Teleostei: Balitoridae: Nemacheilinae) / А. М. Прокофьев ; Тов-тво Научных изданий КМК. – М.: Тов-тво Научных изданий КМК, 2007. – 110 с. .: ил. ; – Библиогр.: с. 102–109. – 100 экз. – ISBN 978-5-87317-361-7. – Текст : непосредственный.
9. Прокофьев, А. М. Переописание и систематическое положение номинальных видов гольцов *Nemacheilus compressirostris* и *N. sibiricus* (NEMACHEILIDAE) / А.М. Прокофьев // Вопросы ихтиологии. – 2016. – Т. 56. – № 4. – С. 391–402. DOI: 10.7868/S0042875216040159. – Текст : непосредственный.
10. Рузский, М. Д. Рыбы реки Томь / М.Д. Рузский // Изв. Ин-та исследований Сибири. – Томск, 1920. – С. 29–40. – Текст : непосредственный.
11. Cao, L. Revision of the loach species *Barbatula nuda* (Bleeker 1865) (Pisces: Balitoridae) from North China, with a description of a new species from Inner Mongolia / L.Cao, R. Causse, E. Zhang // Zootaxa. 2012. – 3586. – P. 236–248. – Текст : непосредственный.

12. Chen, H. A review of the *Barbatula* loaches (Teleostei: Nemacheilidae) from north-eastern China, with the description of four new species / H. Chen, H. Zhang, Y. Chen, J. Freyhof // *Zootaxa*. – 2019. – 4565(1). – P. 001–036. DOI: 10.11646/zootaxa.4565.1.1. – Текст : непосредственный.
13. Eschmeyer's Catalog of Fishes [сайт]. / R. Fricke, W. N. Eschmeyer, R. Van der Laan (eds). URL: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (дата обращения: 03.04.2022). – Текст: электронный.
14. FishBase: [сайт]. – URL: <http://www.fishbase.org> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст: электронный.
15. Kottelat, M. *Conspectus Cobitidum: an inventory of the loaches of the world* (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei) / M. Kottelat // *The raffles bulletin of zoology*. – 2012. – 26. – P. 1–199. – Текст : непосредственный.
16. Kottelat, M. *Handbook of European freshwater fishes* : [монография] / M. Kottelat, J. Freyhof ; Leibniz Gemeinschaft. – Berlin, 2007. – 646 p.: ил. ; – Библиогр.: с. 611–635. – ISBN 978-2-8399-0298-4. Текст : непосредственный.
17. Linck. H. F. *Versuch einer Eintheilung der Fische nach den Zahnen* / H. F. Linck // *Magaz. f das Neueste aus der Physic und Naturgeschichte*. Gotha. Bd. – 1790. – No. 3. – P. 28–38.
18. Nei, M. DNA polymorphism detectable by restriction endonucleases. / M. Nei, F. Tajima // *Genetics*. – 1981. – Vol. 97. – № 1. – P. 145–163. – Текст : непосредственный.
19. Nei, M. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. / M. Nei, W.-H. Li // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* – 1979. – Vol. 76. – № 10. – P. 5269–5273. Текст : непосредственный.

20. Nei, M. *Molecular Evolution and Phylogenetics* : [монография] / M. Nei, S. Kumar; Oxford University Press. – New York, 2000. – 333 p.: ил. ; – Библиогр.: с. 301–328. – ISBN 0-19-513585-7. Текст : непосредственный.
21. Haplotype Viewer [сайт]. – URL: <http://www.cibiv.at/~greg/haploviewer> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст: электронный.
22. Okonechnikov, K. Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit / K. Okonechnikov, O. Golosova, M. Fursov, the UGENE team // *Bioinformatics*. – 2012. – V. 28. – P. 1166–1167. DOI: 10.1093/bioinformatics/bts091. – Текст : непосредственный.
23. Prokofiev, A.M. A new species of *Barbatula* from the Russian Altai (Teleostei: Nemacheilidae) / A.M. Prokofiev // *Zootaxa*. – 2015. – V. 4052. – № 4. – P. 457–464. – Текст : непосредственный.
24. He, D.K. Biogeography and molecular phylogeny of the genus *Schizothorax* (Teleostei: Cyprinidae) in China inferred from cytochrome b sequences / D.K. He, Y.F. Chen // *Journal of Biogeography*. – 2006. – 33 (8). – P. 1448–1460. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2006.01510.x. – Текст : непосредственный.
25. Saitoh, K. Mitogenomic evolution and interrelationships of the Cypriniformes (Actinopterygii: Ostariophysi): the first evidence toward resolution of higher-level relationships of the world’s largest freshwater fish clade based on 59 whole mitogenome sequences / K. Saitoh, T. Sado, R. L. Mayden, N. Hanzawa, K. Nakamura, M. Nishida, M. Miya // *J Mol Evol*. – 2006. – 63. – P. 826–841.
26. Yang, Y. Complete mitochondrial genome of *Barbatula nuda* and *B. toni* (Teleostei: Nemacheilidae) / Y. Yang, H. Chen, Y. Chen // *Mitochondrial DNA Part B*. – 2019. – vol. 4. – P. 2585-2587. DOI: 10.1080/23802359.2019.1641435. – Текст : непосредственный.
27. Yu, J-N. Sequence and organization of the complete mitogenome of a Siberian stone loach, *Barbatula toni* (Dybowsky, 1869) (Cypriniformes: Balitoridae) / J-

N. Yu, J. Jun, C.E. Lim, S. Kim // Mitochondrial DNA. – 2016. – vol. 27. – P. 1798–1799. – Текст : непосредственный.

28. Zhao, X. The complete mitochondrial genome of *Barbatula nuda* (Cypriniformes: Nemacheilidae) / X. Zhao, S. F. Hu, P. Xie, M. J. Ao, L. G. Cai, J.G. NIU, X.F. Ma // Mitochondrial DNA. – 2015. – vol.26. – P. 692–693. – Текст : непосредственный.

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: interesovaea@yandex.ru / ID: 9320310

Проверяющий:

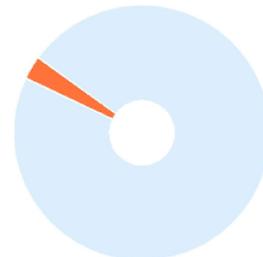
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://users.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 14
Начало загрузки: 03.06.2022 08:33:54
Длительность загрузки: 00:00:00
Имя исходного файла: Интересова Е.А.
VKP.txt
Название документа: Интересова Е.А. VKP
Размер текста: 31 кБ
Символов в тексте: 32166
Слов в тексте: 3997
Число предложений: 567

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 03.06.2022 08:33:55
Длительность проверки: 00:00:12
Комментарии: не указано
Модули поиска: Интернет Free



ЗАИМСТВОВАНИЯ

2,82%

САМОЦИТИРОВАНИЯ

0%

ЦИТИРОВАНИЯ

0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

97,18%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.

Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.

Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска
[01]	1,54%	Диссертация http://sevin.ru	20 Авг 2017	Интернет Free
[02]	0%	Систематика и филогения бельдюговидных рыб подотряда Zoarcoidei (Pisces, Perciformes) http://sevin.ru	01 Дек 2020	Интернет Free
[03]	0,49%	Genetic variability in tench (<i>Tinca tinca</i> L.) as revealed by PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA https://doi.org	20 Июнь 2019	Интернет Free

Еще источников: 4

Еще заимствований: 0,79%