МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ
Кафедра зоологии и эволюционной экологии животных

Заведующий кафедрой,
д.б.н., профессор С.Н. Гашев

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Магистра

06.03.01. Биология

ПОПУЛЯЦИОННО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОТАНА-ГОЛОВЁШКИ (*PERCCOTTUS GLENII* DYBOWSKI, 1877) ИЗ ВОДОЁМОВ ИШИМСКОЙ РАВНИНЫ

Выполнила работу
студентка 2 курса очной
формы обучения
Щеголева
Татьяна
Николаевна

Руководители
д.б.н., профессор
Гашев
Сергей
Николаевич

к.б.н., доцент
Левых
Алёна
Юрьевна

Рецензент
к.б.н., доцент кафедры биологии,
географии и методики их
преподавания ИПИ им. П.П.
Ершова (филиал) ТюмГУ
Суппес
Наталья
Евгеньевна

Тюмень
2020

РЕФЕРАТ

С. 56, табл. 5, рис. 1, библ. 89, прил. 1.

В работе представлены данные по изменчивости размерно-весовых и счётных признаков вида-вселенца ротан-головёшка в популяциях из некоторых водоёмов Ишимской равнины в пределах Тюменской области. Проведено сравнительное межпопуляционное сравнение выборок ротана-головёшки из озера Чёрёмухово (Бердюжский район), безымянной старицы, озёр Долгое и Чертово (Ишимский район) по средним арифметическим значениям и коэффициентам вариации массы тела и 28 морфометрических признаков. Выявлена существенная межпопуляционная изменчивость размерновесовых признаков, которая позволяет виду приспосабливаться к условиям различных водоёмов. С применением методов однофакторного дисперсионного и кластерного анализа показано, что значимое влияние на внутривидовую изменчивость массы тела и большинства морфометрических признаков оказывают возраст и комплекс абиотических и биотических условий водных экосистем. Исследование флуктуирующей изменчивости двух счётных признаков (числа лучей в грудных и брюшных плавниках) позволило оценить стабильность развития изучаемых популяций ротана-головёшки как высокую, а условия изученных водоёмов как благоприятные для данного вида. Более мелкие размеры тела и повышенный уровень флуктуирующей асимметрии счётных признаков в популяциях на урбанизированной территории позволяют сделать вывод о том, что воздействие на водоёмы совокупности антропогенных факторов (химическое загрязнение, трансформация водных экосистем) отрицательно влияет на рост и размерно-весовую структуру популяций ротана-головёшки.

Ключевые слова: *Perccottus glenii*, масса тела, морфометрические признаки, межпопуляционная изменчивость, счётные (меристические) признаки, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, Ишимская равнина.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….. 4

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ……. 8

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЁМОВ…… 21

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ…… 25

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ... 29

4.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫХ ПРИЗНАКОВ РОТАНА-ГОЛОВЁШКИ В ВОДОЁМАХ ИШИМСКОЙ РАВНИНЫ…… 29

4.2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ РОТАНА-ГОЛОВЁШКИ В ВОДОЁМАХ ИШИМСКОЙ РАВНИНЫ……. 41

ВЫВОДЫ…….. 44

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……. 45

ПРИЛОЖЕНИЕ…… 56

ВВЕДЕНИЕ

В условиях беспрецедентного влияния хозяйственной деятельности человека на биосферу в последнем периоде истории Земли – антропоцене крайне остро стоят проблемы катастрофической утраты биоразнообразия [Introducing IPBES' 2019 Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services; Пятый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации», с.3-4] и биоценотической перестройки наземных и водных экосистем [Васильев, 2015, с.84-88], одной из причин которых являются

биологические инвазии [Решетников, 2003]. Т. Блэкберн с коллегами [Blackburn et.al., 2019] по «Красной книге Международного союза охраны природы» проанализировали причины вымирания с 1500 г. 935 биологических видов и установили, что для 300 видов растений и животных (32% от 935 видов) инвазивные виды явились одной из причин, а для 126 видов (13%) – единственной причиной вымирания. По значимости влияния на сокращение биологического разнообразия инвазивные виды в общей сложности обошли использование биологических ресурсов, определивших 18,8% причин всех вымираний.

В большинстве случаев причиной биологических инвазий является бессознательная или намеренная (интродукция), но научно не обоснованная деятельность человека. И.Ю. Попов [2014, с.59] отмечает, что главной причиной появления чужеродных видов в водных экосистемах является не столько привнесение их человеком, сколько депрессивное состояние популяций местных видов вследствие истребления их человеком («опустошение» человеком водных экосистем).

Одним из отражений остроты проблемы биологических инвазий является создание национальных или международных каталогов особо опасных инвазивных видов, нацеленных на консолидацию усилий учёных разных стран по изучению инвазивных популяций таких видов и разработке мер по ограничению их распространения и снижению негативного воздействия на биоценозы вновь приобретённого ареала [100 of the world's worst invasive alien species, 1999; The 100th of the world’s worst invasive alien species , 2014; Чёрная книга инвазивных видов животных Беларуси, 2016; Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100), 2018; Чужеродные виды в Голарктике, 2018].

Проблема биологических инвазий актуальна для водных экосистем Тюменской области и Сибири в целом. С.Н. Гашев и Ю.П. Курхинен [2015], анализируя тренды изменения фауны позвоночных Тюменской области с XVIII в. до наших дней и их возможные причины, отмечают, что на рубеже XX-XXI вв. в водоёмы Тюменской области случайно завезены человеком такие виды рыб, как верховка (*Leucaspius delineatus* Heckel, 1843), уклейка (*Alburnus alburnus* L., 1758), бычок-цуцик (*Proterorhinus marmoratus* Pallas, 1814), ротан-головёшка (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877). Причём, если численность верховки и уклейки в большинстве заселённых ими водоёмов не достигает высокого уровня, а численность бычка-цуцика низка, и, вероятно, он может скоро исчезнуть [Гашев, Курхинен, 2015], то ротан-головёшка не только осваивает всё новые водоёмы на территории Тюменской области и сопредельных Курганской, Омской, Челябинской, Северо-Казахстанской областей, но и достигает в них высокой численности, иногда оставаясь единственным видом рыб в водоёме [Мухачев, 2002; Терентьева, Мухачев, 2006; Решетников, 2007, 2009; Решетников, Чибилев, 2009; Корляков, 2011; Ядренкина, 2012; Берников, Павленко, 2013; Чемагин, 2014; Жигилева, Куликова, 2016; Распространение, биология и промысел ротана…, 2017; Лесковская, Майер, 2018; Поло-возрастная структура…., 2019; База данных…, 2019; Левых, Усольцева, Цаликова, 2019].

П.А. Попов в монографии «Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов» [2007], обобщая большой массив фактической информации по фауне и различным аспектам экологии рыб в водоёмах бассейнов рек Оби, Енисея, рек Восточной Сибири, озера Байкал, отмечает широкое распространение и высокую численность ротана-головёшки в небольших малопроточных, хорошо прогревающихся в летний период водоёмах данной территории.

Учитывая высокие адаптивные биологические качества ротанаголовёшки, такие как устойчивость к широкому диапазону колебаний абиотических

факторов среды, высокий воспроизводственный потенциал, забота о потомстве, практически неограниченная всеядность и способность к саморасселению, специалисты прогнозируют дальнейшее расширение инвазивного ареала данного вида [Ручин, Лобачев, Рыжов, 2004; Попов, 2007; Артаев, Ручин, 2009, с. 105-106; Reshetnikov, Ficetols, 2011; Голованова, Голованов, 2011, с. 656; Голованов, Ручин, 2011, с. 826; Термоизбрание и термоустойчивость молоди ротана-головёшки…, 2013, с.249; Голованов, 2014, с.292; Артаев, 2016, с.3].

Ротан-головёшка отнесён к группе чужеродных видов, которые оказывают существенное влияние на рыбное хозяйство, способны вытеснять аборигенные виды и существенно воздействовать на экосистемы путём изменения их структуры и функции [Горлачева, Афонин, Горлачев, 2008, с. 711; Инвазия головешки-ротана…, 2017, с. 64; Инвазионные виды на территории России, 2018]. Ущерб, наносимый *P. glenii* промыслу аборигенных видов рыб на Байкале в конце 20 в. оценивался в 2,2-5,0 тыс. ц рыбной продукции [Скрябин, 1997; Дёмин, 2001]. В настоящее время подобная ситуация уже сложилась во многих водоёмах Западной Сибири.

Сказанное обосновывает включение ротана-головёшки в перечни «Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100)» [2018], «Чёрная книга инвазивных видов животных Беларуси» [2016] и др.

Всё это определяет необходимость постоянного контроля за состоянием инвазивных популяций *P. glenii*. Как известно, важные сведения о состоянии популяций, а для видов-вселенцев и об эффективности процесса акклиматизации даёт изучение внутривидовой морфологической изменчивости [Правдин, 1966; Шварц, Смирнов, Добринский, 1968; Яблоков, 1987; Дгебуадзе, 2001; Попов, 2007, с.424]. Это обусловливает актуальность темы данной работы и определяет её *цель* – исследование изменчивости

морфологических признаков в популяциях *P. glenii* из некоторых водоёмов Ишимской равнины.

Для достижения цели поставили и решали следующие задачи:

1) произвести измерения массы тела и морфометрических признаков в выборках ротана-головёшки из некоторых водоёмов Ишимской равнины; 2) статистическими методами проанализировать изменчивость размерновесовых признаков в изучаемых популяциях ротана-головёшки;

3) провести учёт бинарных меристических признаков в выборках ротанаголовёшки из некоторых водоёмов Ишимской равнины;

4) рассчитать интегральные коэффициенты флуктуирующей асимметрии бинарных меристических признаков и оценить стабильность развития в изучаемых популяциях.

Объект исследования: популяции *P. glenii* в некоторых водоёмах Ишимской равнины.

Предмет исследования: внутривидовая изменчивость размерно-весовых показателей; флуктуирующая асимметрия меристических признаков и стабильность развития *P. glenii.*

Новизна работы определяется тем, что представленные в ней результаты дополняют опубликованные сведения о морфологических особенностях *P. glenii* в водоёмах Ишимской равнины.

Практическая значимость работы определяется тем, что полученные материалы могу использоваться как базовая информация для оценки состояния популяций *P. glenii* в сходных природно-климатических условиях.

Апробация работы. Результаты работы частично были представлены на Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции «Актуальные вопросы биологии, географии, химии, безопасности

жизнедеятельности и методики их преподавания» (Ишим, ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ, 07.04.2020) и опубликованы в сборнике материалов

названной конференции [Стабильность развития в инвазивных популяциях ротана-головёшки (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877), 2020, с. 37-41].

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Ротан-головёшка (синонимы ротан, головёшка-ротан, пенсионер, травянка, амурский бычок) (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) – один из немногих пресноводных видов семейства Головёшковые (Eleotrididae), подотряда Бычки (Gobioidei), отряда Окунеобразные (Perciformes) [Никольский, 1971; Атлас пресноводных…, 2003; Попов, 2007]. Некоторые современные систематики выделяют самостоятельный отряд – Бычкообразные (Gobiiformes) и относят ротана-головёшку к семейству Одонтобутовые (Odontobutidae) названного отряда. Таксономическая принадлежность ротана-головёшки определяет такие его морфологические особенности как расположение брюшных плавников впереди грудных, отсутствие боковой линии, наличие двух сближенных спинных плавников без колючек.

По происхождению ротан-головёшка входит в состав китайского равнинного фаунистического комплекса [Попов, 2007]. Нативный ареал данного вида включает водоёмы бассейна нижнего течения реки Амур, Приморского края, северо-востока Китая, Северной Кореи и некоторых сопредельных территорий [Берг, 1949; Решетников, 2009, с.22; Кириленко, Шемонаев, 2017, с. 22].

Ю.Ю. Дгебуадзе, М.О. Скоморохов [2005, с. 176] называют ротана «инвазийным видом номер один» среди рыб Евразии, успешно вселившимся во многие водоёмы.

«К настоящему времени за пределами своего нативного ареала этот вид обнаружен в 48 субъектах Российской Федерации (в 36 областях, 9 республиках, 3 краях), а также в Литве, Латвии, Эстонии, Белоруссии, Молдавии, Украине, Казахстане (на севере страны), Монголии, Польше, Словакии, Венгрии, Сербии,

Болгарии и Румынии». «Инвазийный ареал ротана простирается более чем на 100° с запада на восток и на почти 20° с севера на юг» [Решетников, 2009, с. 22].

По заключению А.Н. Решетникова [2009], основанному на анализе 876 точек находок ротана в пределах инвазивного ареала, очаг данного вида на территории Тюменской и сопредельных Курганской, Омской областей происходит из слившихся очагов инвазии, возникших первоначально на территориях Львовской (Украина), Московской, Нижегородской областей.

А.А. Чемагин [2014], исследовавший структуру ихтиофауны водоёмов разного типа в бассейне Нижнего Иртыша в пределах Вагайского, Тобольского и Уватского районов Тюменской области, установил, что в настоящее время мощным и главным фактором расселения интродуцента в исследуемом бассейне является высокий уровень паводковых вод вследствие выноса его из поймы реки в главное русло Иртыша. Снижение скорости течения воды вплоть до полного его отсутствия значительно увеличивает роль водоёмов для ротана-головёшки.

Предпочитаемыми местообитаниями *P. glenii* на родине служат сильно заросшие макрофитами пойменные озёра и заболоченные речки [Никольский, 1971]. Это справедливо и для приобретённого ареала [К экологии и распространению ротана…, 2007, с. 40; Первая находка ротана-головёшки…, 2011, с. 143; Попов, 2014, с. 52; Кириленко, Шемонаев, 2017, с.21]. В водоёмах *P. glenii* «занимает чётко ограниченную нишу зарослей высшей водной растительности», «не встречается на больших глубинах и на открытых местах» [Дгебуадзе, Скоморохов, 2005, с. 178; Кириленко, Шемонаев, 2017, с.25].

О.Н. Артаев [2016] на основе исследований, проведённых в 2001-2015 г. в водоёмах бассейна реки Мокши, показал, что значимое влияние на численность ротана-головёшки оказывают параметры водоёмов, кормовая ёмкость водоёма и пресс хищников; наибольшая численность вида отмечена в небольших заморных водоёмах, наименьшая – в крупных незаморных водоёмах. Автор отмечает, что

в реках *P. glenii* встречается гораздо реже, чем в мелких непроточных или слабопроточных водоёмах и водотоках и не отмечен на расстоянии более 100 км от истока. Встречаемость и численность ротана-головёшки в крупных реках (на расстоянии 25–100 км от истока) существенно ниже, чем в мелких реках (до 25 км от истока). В целом, вид предпочитает непроточные старицы, в которых характеризуется наибольшими значениями индекса доминирования.

М.Я. Борисов с коллегами [Инвазия головешки-ротана, 2017, с. 65], анализируя распространение и численность *P. glenii* в водоёмах Вологодской области, отмечают невозможность формирования устойчивых популяций данного вида в крупных водохранилищах наподобие Рыбинского. В 1994 г. ротан-головёшка впервые был пойман в мелководном заливе Рыбинского водохранилища в посёлке Борок, но в последующие годы в уловах из этого водоёма больше не встречался.

Биологическими особенностями ротана-головёшки являются мало подвижный образ жизни, обусловливающий слабое развитие мускулатуры и отсутствие защитных приспособлений. Всё это делает его доступной добычей для хищных видов рыб [Панов, 1990; Семенов, 2009].

Продолжительность жизни данного вида варьирует от 4-5 лет до максимум 10 лет [Попов, 2007]. Большинство популяций как в нативном, так и в инвазивном ареале являются короткоцикловыми, т.е. в них не встречаются особи старше 5 лет. Наряду с этим в пределах всего обширного ареала *P. glenii* выявлены и более длинноцикловые популяции, в том числе в водоёмах разных природных зон Тюменской области [Жигилева, Куликова, 2016; Распространение, биология и промысел ротана…, 2017; Лесковская, Майер, 2018; Адамова, 2018; Поло-возрастная структура…., 2019; База данных…, 2019]. Последнее свидетельствует о том, что ротан натурализовался на указанной

территории, т.е. данный вид сформировал здесь самовоспроизводящиеся популяции.

Одними из показателей успешности акклиматизации вида в новых условиях является соотношение общих размеров тела в инвазивных популяциях по сравнению с нативными популяциями. Масса тела и морфометрические признаки рыб, имея полигенную природу, являются одними из самых изменчивых характеристик организмов, на которые значительное влияние оказывают факторы внешней абиотической (физико-химические параметры среды) и биотической (межвидовые отношения) среды [Дгебуадзе, 2001; Инге-Вечтомов, 1989, с. 449]. Следовательно, размерно-весовые показатели суммарно отражают специфику водной экосистемы. Важнейшим биологическим показателем состояния популяции является темп (скорость) роста особей.

Как известно [Кирпичников, 1945], популяции ротана-головёшки в естественном ареала характеризуются замедленными темпами роста. Достаточно многочисленная литература о размерно-весовых показателях данного вида в водоёмах приобретённого ареала свидетельствуют о высокой межпопуляционной и внутрипопуляционной межгодовой изменчивости темпов роста *P. glenii*, которые в большой степени зависят от плотности популяций данного вида и состояния кормовой базы водоёма [К экологии и распространению ротана…, 2007, с.43-45].

По данным В.П. Горлачёва и Е.П. Горлачёвой [2017, с. 139], в водоёмах Верхнеамурского бассейна *P. glenii* характеризуется высокой изменчивостью морфологических показателей. Каких-либо существенных различий по морфометрическим признакам между выборками данного вида из рек и водохранилищ не выявлено. Авторы отмечают лишь одну общую тенденцию в изменчивости размерно-весовых показателей ротана-головёшки – выборки из рек с сильным течением отличаются меньшими значениями длины туловища,

головы, рыла, заглазничного отдела головы, чем таковые из рек с замедленным течением. В.П. Горлачёв и Е.П. Горлачёва [2017, с. 139] объясняют это различиями в температурном режиме разных рек и более низкой кормовой ёмкостью горных рек.

Е.П. Горлачёва с коллегами [2015, с. 42], изучив линейно-весовой рост *P. glenii* в Нерчинском водохранилище (бассейн реки Шилка), отмечают что рост ротана в водохранилище осуществляется неравномерно, прирост массы тела при линейных размерах от 6 до 12 см идёт интенсивнее, чем у более крупных особей. По мнению авторов [Горлачева, Соколов, Горлачев, 2015, с.46], замедление весового роста совпадает с половым созреванием, которое у данного вида наступает при размерах 10-12 см. В целом, в выборке ротана из Нерчинского водохранилища преобладали крупные особи. У самок средняя масса тела составила 33,24±3,10 г, средняя длина тела – 127,52±3,72 мм при размахе от 84,0 до 151,0 мм. У самцов средняя масса тела составила 39,89±4,38 г; средняя длина тела – 133,0±4,68 мм при размахе от 116,0 до 155,0 мм. Авторы обращают внимание на выраженный половой диморфизм в изучаемой популяции *P. glenii,* особенно проявляющийся в больших значениях у самцов таких признаков, как высота головы и затылка, длина рыла, длина основания и высота спинного и анального плавников. Представленные данные указывают на то, что межпопуляционную изменчивость размерно-весовых признаков ротана-головёшки необходимо изучать с учётом не только возраста, но и пола.

Е.В. Кириленко и Е.В. Шемонаев [2011], исследовав размерно-весовые показатели 45 взрослых особей и 263 сеголетков ротана-головёшки из озера Круглое Мордовинской поймы Саратовского водохранилища, установили, что самой старшей возрастной группой в озере являются 4-х годовики. При этом наибольшая длина тела у исследованных экземпляров составила 15,5 см, а наибольшая масса тела – 60,4 г. Максимальные темпы роста авторы отметили

для первого года жизни, показав, что средняя длина тела сеголетков к осени составила 74 мм. Быстрый рост на первом году жизни в целом характерен для рыб с коротким жизненным циклом. По данным этих же авторов, снижение темпов линейного роста на втором году жизни сопровождается значительным весовым ростом. Максимальный прирост массы тела у данного вида отмечен на 4-м году жизни.

Р. С. Андреев с коллегами [Первая находка ротана-головёшки…, 2011, с. 144] исследовали размерно-весовые показатели выборки ротана-головёшки из недавно заселившейся популяции в безымянном озере возле железнодорожной станции Куанда (бассейн верхнего течения реки Лены), и показали, что изучаемая популяция отличается интенсивным линейным и весовым ростом. Разные возрастные группы характеризуются следующими показателями массы и длины тела: двухлетки имеют среднюю массу 19,4±1,4 г, длину 116,7±1,6 мм; трёхлетки, соответственно, – 32,0±2,2 г, 132,5±2,9 мм; четырёхлетки – 54,4 г, 159,3 мм.

М.Я. Борисов с коллегами [Инвазия головешки-ротана, 2017, с. 66] при изучении поло-возрастной и размерно-весовой структуры популяций *P. glenii* в водоёмах г. Вологда показали, что в них встречаются особи не старше шести лет (5+), длина тела обследованных особей не превышает 12,4 см, а масса тела – 67,1 г. Темп роста ротана-головёшки в изученных популяциях авторы оценивают как низкий, объясняя это высокой плотностью популяций и обусловленной этим низкой обеспеченностью рыб кормом.

Ю.Ю. Дгебуадзе, М.О. Скоморохов [2005, с. 176] изучали размерную структуру популяций ротана в озере Глубоком и в близ расположенном пруде в окрестностях деревни Ново-Горбово Рузского района Московской области. Авторы установили большое сходство по размерам тела двухгодовиков ротана из обоих водоёмов, но выявили тенденцию опережения в росте трёхлеток ротана

из пруда. В обоих водоёмах наблюдалось половое созревание на третьем году жизни, в пруду при средней длине тела – 58 мм, в озере – 54 мм. Описанные межпопуляционные различия авторы объясняют разной кормовой базой и температурным режимом водоёмов. В частности, в пруду молодь ротана потребляет более энергетически выгодный корм – головастиков 4-х видов амфибий. Температура воды в пруду в исследуемый период была на 1,52,0 °С выше, чем в прибрежной зоне озера, что способствовало более интенсивному питанию и может объяснить более высокий темп роста *P. glenii* в прудовой популяции.

О.Н. Жигилева, А.А. Куликова [2016, с. 78] исследовали размерновесовые показатели *P. glenii* во взаимосвязи с половой структурой в популяциях из шести водоёмов Тюменской области. Наиболее крупные особи ротана были выявлены авторами в озере Сингуль (Ялуторовский район). У восьмилеток ротана из этой популяции абсолютная длина тела составила 22,023,5 см, а масса – 200–220 г [Жигиле ва, Куликова, 2016, с. 80]. В озере Теренкуль и реке Исеть (Исетский район) представители старшей возрастной группы – семилетки имели массу тела 177-180 г, абсолютную длину тела – 19,419,8 см. В озере Андреевское и реке Тавда (Тюменский район) представители старшей возрастной группы – пятилетки имели соответственно массу тела 128,2-198,6 г, абсолютную длину тела – 19,4-19,8 см и 118,4-170,0 г, 20,2-22,5 см. В выборках из реки Иртыш в районе г. Тобольск старшая возрастная группа – шестилетки имели абсолютную дину тела 14,5-17,0 см. Выборка ротана, отловленная из реки Иртыш ниже города по течению реки, характеризовалась меньшей абсолютной длиной тела, но большими значениями высоты тела и размеров плавников, что авторы объясняют более высоким уровнем химического загрязнения нижнего участка реки.

Показательно, что при сравнении речной и озёрной популяций ротана из водоёмов Тюменского района О.Н. Жигилева, А.А. Куликова [2016, с. 78]

выявили тенденцию, отмеченную предыдущими авторами – начиная с третьего года жизни наблюдаются значимые межпопуляционные различия по большинству морфометрических признаков. Выборка четырёхлеток ротана (3+) из реки Тавды отличается большими значениями большинства признаков по сравнению с выборкой из озера Андреевское. Авторы объясняют это более скудной кормовой базой озера [Жигилева, Куликова, 2016, с.80].

Л.С. Лесковская с коллегами [2017] исследовали 22 морфометрических и 7 морфофизиологических признаков в разновозрастной выборке ротанаголовёшки из озера Андреевское (Тюменский район). Авторы установили, что наибольшей изменчивости подвержены общая длина тела (CV=159,2%), длина по Смиту (CV=154,7%) и промысловая длина (CV=165,4%). Коэффициенты вариации остальных морфометрических признаков находились в пределах нормы – от 12,5 до 21,0%. Морфофизиологические признаки (общая масса тела, масса сердца, печени, селезёнки, гонад, кишечника) проявили тенденцию к увеличению с возрастом. Для большинства морфофизиологических признаков отмечено увеличение изменчивости в старших возрастных группах. Авторы [Лесковская, Фомина, Янкова, 2017, с. 72-73] с помощью коэффициента аппроксимации оценили зависимость между массой и длиной тела и пришли к заключению, что рост ротана-головёшки в популяции из озера Андреевское является изометрическим.

М.Е. Мирюгина [2018] на выборке ротана-головёшки из озера Долгое Ишимского района Тюменской области определила лимиты (размах изменчивости) 25 морфометрических признаков, характеризующих общие размеры и пропорции тела. Автор отметил, что наибольшим размахом изменчивости отличаются признаки «расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника» (значение признака в выборке варьирует почти в 7 раз) и масса тела (величина признака варьирует почти в 9 раз). По мнению

автора [Мирюгина, 2018], выявленная внутривидовая изменчивость морфометрических признаков носит в основном возрастной характер. Это подтверждается полученными достоверными значениями коэффициентов ранговой корреляции Спирмена, хотя по силе выявленная связь оценена как слабая (R=0,21-0,29).

А.Ю. Левых с соавторами [2019] исследовали статистические закономерности изменчивости массы тела и 29 морфометрических признаков в популяциях ротана-головёшки из четырёх озер Ишимского и Бердюжского районов Тюменской области и установили достоверные межпопуляционные различия по общим размерам тела и размерам отдельных частей тела, особенно существенные в младших возрастных группах. Авторы провели многомерную ординацию выборок по всему комплексу изучаемых морфометрических признаков и создали изображения усреднённых популяционных фенотипов для разновозрастных выборок *P. glenii* из разных водоёмов. Это позволило выявить тенденцию сокращения фенотипических различий в старших возрастных группах. Авторы отмечают, что во всех исследованных водоёмах темпы роста ротана-головёшки выше, чем в популяциях нативного ареала, хотя и различаются между собой. Самые низкие темпы роста отмечены в озере, расположенном на территории г. Ишима, характеризующемся нарушенной экосистемой, относительно высоким уровнем загрязнения воды и «подорванной» в силу названных причин кормовой базой. Авторы обращают внимание также на уменьшение значений коэффициентов вариации морфометрических признаков в старших возрастных группах по сравнению с младшими, что можно объяснить элиминацией в ходе развития особей, существенно уклоняющихся от «среднего популяционного фенотипа» [Левых, Усольцева, Цаликова, 2019, с.105, 107]. Применив метод факторного анализа, А.Ю. Левых с коллегами [2019, с.110] оценили соотношение разных форм

изменчивости морфометрических признаков и показали, что возрастная изменчивость названных признаков в 1,4 раза превышает биотопическую. Авторы провели также непараметрический корреляционный анализ и показали, что все признаки проявили сильную статистически значимую связь с возрастом и массой тела и достоверную, но очень слабую связь с местом отлова. На основе полученных коэффициентов корреляции авторы предлагают уменьшить количество изучаемых морфометрических признаков (что позволит сократить затраты времени на обследование рыб) до следующих 14 признаков – антедорсальное расстояние, антевентральное расстояние, длина хвостового стебля, наибольшая высота тела, длина брюшных плавников, длина рыла, диаметр глаза, постдорсальное расстояние, заглазничное расстояние, высота головы на уровне затылка, толщина головы, ширина лба, общая длина тела, расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника.

С помощью методов геометрической морфометрии характер роста ротана-головёшки изучал С.А. Мандрица [2010]. Автор установил «значительное аллометрическое изменение формы тела ротана в размерном диапазоне от 10 до 200 мм общей длины тела» и показал, что в онтогенезе *P. glenii* однонаправленно изменяется примерно треть морфометрических признаков. Наиболее существенные онтогенетические изменения формы тела ротана-головёшки «связаны с уменьшением относительных размеров глаз, изменением положения парных и непарных плавников, а также увеличением относительных размеров заглазничной области головы» [Мандрица, с. 10] .

И.Ю. Попов [2014], анализируя распространение инвазивных видов рыб в российской части Финского залива Балтийского моря, Ладожском озере водоёмах г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, отмечает, что при вселении ротана-головёшки наблюдается определённая динамика средних размеров тела данного вида: в первые два-три года после вселения

размерновесовые показатели особей ниже, чем на последующих. Такая динамика размеров связана с динамикой изменений численности вселенца. В первые дватри года происходит быстрый рост численности инвазивной популяции и «зачистка» водоёма от мелких животных. Подрыв кормовой базы водоёма ведёт затем к снижению численности ротана-головёшки. На завершающих стадиях преобразования местных экосистем *P. glenii* питается молодью собственного вида, поэтому вместо большого количества мелких особей данного вида наблюдается небольшое количество крупных. Таким образом, размерно-весовые показатели, в определённой степени служат индикаторами стадии акклиматизации вида.

Динамика численности ротана-головёшки, связанная с этапами освоения новых водных экосистем отмечается также О.Н. Артаевым [2016, с.4-5]. Автор указывает, что данный вид попал в водоёмы Мордовии в результате масштабных акклиматизационных мероприятий в 1970-1971 гг. В первые семь лет после вселения данного вида наблюдалось быстрое нарастание численности инвазивных популяций (примерно в 4 раза), затем в середине 90-х годов 20 в. произошло снижение численности, а к 2005 г. вновь отмечено нарастание численности.

Аналогичные изменения численности вселенца описывают и В.С. Вечканов с соавторами [К экологии и распространению ротана…, 2007, с. 42] для водоёмов правобережья Средней Волги. Так, авторы на примере озера Тростное отмечают, что в первые годы с момента вселения *P. glenii* в данный водоём (1982-1985 гг.) наблюдалось относительно быстрое нарастание численности (примерно в 4 раза больше изначальной численности). В 2000 г. относительная численность вида в уловах составила 0,3 взрослых особи на выборочное усилие, а в 2005 г. – 8,8 ос./усилие. Сходный характер демонстрируют и изменения относительной численности молоди ротана в озере

Тростное : в 1984-1991 гг. относительная численность молоди составляла 390-411 ос. на 10 м^2, в 2000-2003 гг. – 2 ос. на 10 м^2, в 2004 г. численность молоди возросла, но к 2005 г. снова снизилась. Подобная динамика отмечена этими же авторами и для других водоёмов исследуемой территории.

В.С. Вечканов с коллегами [К экологии и распространению ротана…, 2007, с. 42] объясняют резкий рост численности вселенца на первых этапах заселения водоёмов попаданием вида в благоприятные условия среды с низким «сопротивлением среды». В первые годы рост численности вселенца происходит по экспоненциальному закону, т.е. фактически почти не ограничен, но по мере исчерпания ресурсов водной экосистемы сопротивление среды растёт, и кривая нарастания численности вселенца выходит на плато. Резкая вспышка численности в первые годы заселения водоёма позволяет *P. glenii* реализовать r-стратегию и колонизировать новые водоёмы.

По данным разных авторов [К экологии и распространению ротана…, 2007, с.43-45 и др.], в первые годы роста популяции отмечаются наиболее высокие темпы линейно-весового роста, значительно превышающие таковые в водоёмах материнского ареала.

Важные сведения об успешности акклиматизации ротана-головёшки даёт изучение стабильности развития на популяционном уровне – популяционного гомеореза. Для этого используются морфологические бинарные счётные (меристические) признаки, которые имеют олигогенную природу наследования и подвержены флуктуирующей асимметрии – неодинаковой реализации признака справа и слева. Поскольку генотип и условия среды при этом одинаковы со всех сторон, флуктуирующая асимметрия объясняется случайными сбоями (ошибками) развития. Детальный обзор проблем, связанных с изучением асимметрии живых организмов дан в монографии В.М. Захарова «Асимметрия животных: популяционно-феногенетический подход»

[1987].

К настоящему времени накоплен достаточный фактический материал по разным таксонам живых организмов, свидетельствующий о возрастании флуктуирующей асимметрии по мере накопления загрязняющих веществ и понижения качества среды обитания. В связи с этим разработана стандартизированная шкала балльной оценки отклонения развития от нормы и качества сред жизни [Захаров, 1987; Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов, 1993; Здоровье среды: методика оценки, 2000; Здоровье среды: практика оценки, 2000; Здоровье среды: методика и практика оценки в Москве, 2001; Исследование гомеостаза развития в природных популяциях, 2017; Захаров, Минин, Трофимов, 2018].

О.Н. Жигилева, А.А. Куликова [2016, с. 78] исследовали стабильность развития в шести популяциях ротана-головёшки из Тюменской области по проявлениям флуктуирующей асимметрии пяти бинарных счётных (меристических) признаков – число ветвистых лучей в брюшных и грудных плавниках, число чешуй в боковой линии, число отверстий в парных костях черепа. В качестве показателей флуктуирующей асимметрии рассчитывали долю асимметричных особей в выборке (в %), долю асимметричных особей по каждому из признаков (в %), долю асимметричных особей по разному числу признаков от общего числа асимметричных особей в выборке [Жигилева, Куликова, 2016, с. 80]. В результате исследования было установлено, что во всех исследованных выборках имеет место флуктуирующая асимметрия, однако доля асимметричных признаков очень различна: максимальные показатели флуктуирующей асимметрии отмечены в двух выборках ротана из реки Иртыш, взятых по течению реки выше и ниже г. Тобольска (доля асимметричных особей составила, соответственно, 86-89%), минимальные – в озере Теренкуль (доля асимметричных особей – 27%). Значимые межполовые различия по показателям флуктуирующей асимметрии авторами не были выявлены. Высокий уровень

флуктуирующей асимметрии в выборках *P. gleni* из реки Иртыш объясняется относительно высоким уровнем загрязнения реки в районе крупного города Тобольска и характеризует пониженную стабильность развития в соответствующей популяции ротана.

А.Ю. Левых с соавторами [2019, с.108-109] по флуктуирующей асимметрии двух счётных признаков (число лучей в брюшных плавниках и грудных плавниках) изучили стабильность развития ротана-головёшки в выборках из двух водоёмов на территории лесостепной зоны Тюменской области (озеро Черёмухово, Бердюжский район и безымянная старица, Ишимский район). Авторы рассчитали интегральные коэффициенты флуктуирующей асимметрии отдельно для каждой возрастной группы обеих популяций и для объединённой выборки из каждого водоёма и показали, что значения коэффициентов не достигают уровня, свидетельствующего об отклонении развития от нормы. Это позволило сделать вывод о высокой стабильности развития изучаемых популяций ротана-головёшки и благоприятных для вида условиях существования.

Самые свежие сведения о стабильности развития ротана-головёшки в водоёмах Тюменской области получены К.А. Бойченко [2020], который исследовал изменчивость четырёх бинарных счётных признаков ротанаголовёшки (число лучей в брюшных плавниках, число лучей в грудных плавниках, число жаберных тычинок, числа чешуй в боковой линии) в выборках из двух водоёмов Тюменской области – реки Тобол и озера Андреевское. Автор выявил высокий уровень флуктуирующей асимметрии изучаемых признаков, по значениям интегральных коэффициентов асимметрии каждого признака К.А. Бойченко [2020] оценил стабильность развития в популяции *P. glenii* из реки Тобол как пониженную, а качество воды на исследованном участке реки как существенно отклоняющееся от нормы. Стабильность развития *P. glenii* в

популяции озера Андреевское определена автором как «на пределе нормы», а качество воды в озере как имеющее средний уровень отклонения от нормы. Таким образом флуктуирующая асимметрия бинарных меристических признаков позволяет оценивать состояние отдельных видовых популяций, так и качество среды обитания.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЁМОВ

Все исследованные водоёмы расположены в пределах Ишимской равнины.

«*Ишимская равнина* (Ишимская степь), в Западной Сибири, в России и Казахстане. Расположена на юге Западно-Сибирской равнины, в плоском междуречье Тобола и Иртыша. Площадь свыше 250 тыс. км^2. Представляет собой наклонную аллювиальную равнину, осложнённую на юге чередующимися гривами (высоты 120–220 м) и ложбинами. В рельефе выделяется древняя долина – Камышловский Лог, протянувшийся с запада на восток более чем на 600 км. Дренируется р. Ишим. В понижениях и долинах многочисленные (около 1500) пресные и солёные озёра. Летом небольшие озёра и реки пересыхают. Преобладают лесостепные ландшафты (на севере заболоченные), представленные осиновыми и осиново-берёзовыми колками в комплексе с разнотравно-злаковыми степями на чернозёмах. На юге степи большей частью распаханы» [Большая российская энциклопедия, https://bigenc.ru/geography/text/2028561].

Своеобразие озёр Ишимской равнины обусловлено залеганием их в «плоских котловинах, в связи с чем небольшие колебания уровней приводят к резким изменениям площади водного зеркала. Питаются они талой водой», летом могут резко сокращаться [Физическая география СССР, ч.2, с.336].

Согласно физико-географическому районированию [Физическая география СССР, ч.2, с.351], район исследования относится к области ТоболоИшимской лесостепной равнины, ограниченной пределами бассейна Тобола и Ишима. «Климатические условия менее континентальны, чем на востоке, что выражается в меньшей суровости зимы, но и температуры лета несколько ниже. Средняя температура июля – 19°С. Продолжительность безморозного периода – 105 дней. Годовая сумма осадков – около 400 мм. Для почв характерны более мощный гумусовый горизонт, большая осолоделость,

меньшая солончаковость по сравнению с восточной областью. Средняя облесенность – около 30% территории. Пашни занимают около 35%, сенокосы – около 10%.»

В работе использованы выборки ротана-головёшки из водоёмов: старицы Ишимчик, озера Чертово (г. Ишим); безымянной старицы, озёр Зуево, Долгое (Ишимский район); озёр Бердюжье, Черёмухово (Бердюжский район)

Старица Ишимчик (г. Ишим) – озеро старичного происхождения, расположена в юго-западной части г. Ишима в пойме реки Ишим. Площадь водного зеркала 0,18 км^2. Берега старицы заросли ивой, тростником и рогозом. Старица характеризуется высоким уровнем эвтрофирования и, соответственно, достаточно высоким уровнем органического загрязнения [Природноисторические аспекты формирования качества жизни населения г. Ишима, с.23; Экологическая оценка старицы Ишимчик…, с. 32; Оценка опасности паводков 2016-2017 годов…, с. 35-43].

Озеро Чертово (г. Ишим) занимает небольшую котловину, окруженную со всех сторон жилой усадебной застройкой. В ходе планировочных работ, проводимых 10 лет назад, облик озера был значительно изменен: произведено углубление дна, отсыпка новых форм рельефа, укрепление и дренаж берегов. Это привело к значительному обновлению озёрной экосистемы. Водный режим озера регулируется человеком (производится откачка воды), благодаря чему сохраняются в течение всего года небольшие глубины – 1-1,5 м [Природноисторические аспекты…, с.23; База данных…, 2019].

Старица без названия (Безымянная старица) (Ишимский район; 6-й километр синицинского тракта) представляет собой сохранившийся фрагмент старого русла Ишима. Имеет характерную изогнутую дугообразную форму. Глубины обычно до 1 м, иногда встречаются участки глубиной до 1,5 и более метров. Имеет ярко выраженный сезонный характер водного режима: заполнение

водой происходит весной во время разлива Ишима, в течение последующего времени уровень воды постепенно сокращается, вплоть до частичного пересыхания. В летний период обильно развивается прибрежная и водная растительность, наблюдается заметное цветение воды [База данных…, 2019].

Озеро Зуево (Ишимский район) расположено в 3,8 км от села Новотравное. Общая площадь озера составляет 43 га. Данный водоём относится к займищному типу, характеризуется высокой степенью зарастания высшей водной растительностью (тростник, рогозы, камыш озёрный и т.п.) [База данных…, 2019].

Озеро Долгое (Ишимский район) – довольно крупная, протяжённостью свыше 8 км, старица, расположенная в понижении притеррасной поймы реки Ишим. Входит в группу связанных протоками пойменных озёр, нижнее из которых соединяется с рекой Ишим пересыхающим ручьем. Его внешняя часть ограничена I надпойменной террасой, занятой сельскохозяйственными угодьями. Озеро питается грунтовыми водами, стекающими с террасы, в период весеннего половодья пополняется речной водой. Сочетание хорошего водного питания и системы протоков делают уровень воды в озере достаточно стабильным. Прибрежной и водной растительности мало, вода склонна к цветению [База данных…, 2019].

Озеро Бердюжье (= озеро Жилое, или Окунёвское) (Бердюжский район). На юго-западном берегу озера расположена деревня Окунёво. На северном берегу озера находится увал Крутой, отделяющий от озера болото Лабза и озеро Крутое. Озеро небольшой глубины. В озере встречаются осыхающие камни [Бердюжье (озеро), https://ru.wikipedia.org/wiki].

Озеро Черёмухово (Бердюжский район) расположено в южной части обширной котловины Тобол-Ишимского междуречья. Остальная часть котловины занята рядом других озёр, разделённых тростниковым и

осоковозлаковым болотом. Сильная заболоченность котловины имеет следствием неясность береговой линии озера и водообмен с другими озёрами котловины, в первую очередь с соседним озером Пеганово. Северо-западная часть озера и участки вдоль берега заросли тростником. Озеро неглубокое, до 1,5-2 м.

Хорошая прогреваемость воды и обилие органического материала приводят к сильному цветению воды в летний период [База данных…, 2019].

Все исследованные водоёмы характеризуются небольшими глубинами, а вследствие этого хорошей прогреваемостью воды в летний период, обильным развитием высшей водной растительности и периодическими заморами.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для работы послужили собственные сборы и результаты морфологических исследований выборок *P. glenii* из старицы Ишимчик (г. Ишим; 12 особей), безымянной старицы (Ишимский район; 29 особей), озёр Черёмухово (Бердюжский район; 37 особей), Зуево (Ишимский район; 20 особей), Бердюжье (Бердюжский район; 19 особей) и база эмпирических данных «Поло-возрастная и размерно-весовая структура популяций ротанаголовёшки (*Perccottus glenii* Dybowsky, 1877) в водоёмах Ишимской равнины» [2019], сформированная на кафедре биологии, географии и методики их преподавания ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ и содержащая сведения о 29 морфологических признаках 313 особей из 7 водоёмов Ишимской равнины.

Отловленных рыб замораживали, а затем обследовали в лаборатории ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ. У каждой особи по кольцам прироста на чешуе определяли относительный возраст, по гонадам – пол [Правдин, 1966].

Массу тела *P. glenii* определяли на аналитических весах с точностью до 0,05 г. Морфометрические измерения осуществляли штангенциркулем (с точностью до 0,1 мм) по схеме промеров, рекомендованной для окунеобразных рыб и адаптированной для изучаемого вида (рис.1).

Результаты измерений обрабатывали методами одномерного и многомерного статистического анализа с учётом возраста. По каждому признаку рассчитывали основные выборочные показатели: среднее арифметическое значение признака, ошибку средней арифметической, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации. Межвыборочные сравнения проводили с помощью t-критерия Стьюдента [Лакин, 1990]. Для определения влияния возраста на изменчивость

размерновесовых признаков провели однофакторный дисперсионный анализ [Ивантер,
Коросов, 2013]. Для выявления степени морфологической дифференциации одновозрастных выборок *P. glenii* из разных популяций по комплексу признаков провели кластерный анализ и построили дендрограммы сходства [Лебедева, Дроздов, Криволуцкий, 2004]. Межвыборочные сравнения и кластерный анализ проводили на наиболее многочисленных выборках 3-хгодовиков и 4-х годовиков.

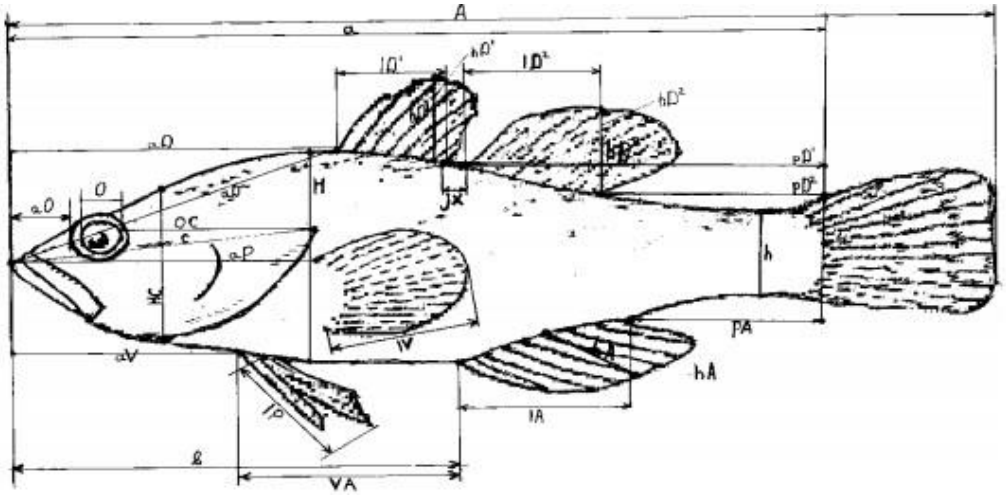


Рис. 1. Схема измерения размеров и пропорций тела *P. glenii*: aD – антедорсальное расстояние; pD^1 – постдорсальное расстояние от первого спинного плавника; aV – антевентральное расстояние; aP – антепектральное расстояние; pA – длина хвостового стебля, постанальное расстояние; C – длина головы; H – наибольшая высота тела; B – наибольшая толщина тела; h – наименьшая высота тела; ID^1 – длина основания первого спинного плавника; hD^1 – высота первого спинного плавника; IA – длина основания анального плавника; hA – высота анального плавника; IP – длина грудных плавников; IV – длина брюшных плавников; aO – длина рыла, предглазничное расстояние; O – диаметр глаза; ID^2 – длина основания второго спинного плавника; hD^2 – высота второго спинного плавника; pD^2 – постдорсальное расстояние от второго спинного плавника; OC – заглазничное расстояние; HC – высота головы на уровне

затылка; bC – толщина головы; f – ширина лба; A– общая длина; a – длина тела; b – длина туловища; VA – расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника

Стабильность развития оценивали по проявлению флуктуирующей асимметрии бинарных счётных (меристических) признаков согласно методологическим подходам и методике, разработанными В.М. Захаровым с коллегами [Захаров, 1987; Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов, 1993; Здоровье среды: методика оценки, 2000; Здоровье среды: практика оценки, 2000; Здоровье среды: методика и практика оценки в Москве, 2001; Исследование гомеостаза развития в природных популяциях, 2017; Захаров, Минин, Трофимов, 2018] и широко применяемым в прикладных исследованиях для оценки стабильности развития рыб разных отрядов [Кожара, 1987; Чеботарева, Изюмов, 2001; Баранов, 2008; Хорошеньков, 2012, 2013; Усольцева, 2014; Жигилева, Куликова, 2016; Рафиков, 2018; Бойченко, 2020].

Для этого у каждой особи с обеих сторон учитывали два счётных (меристических) бинарных признака: количество лучей в грудных и брюшных плавниках (рис.2).

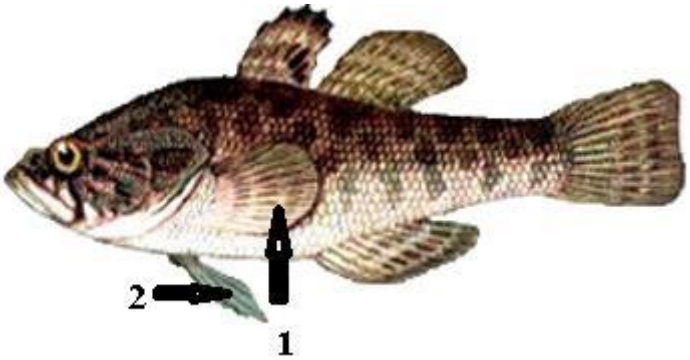


Рис.2 Схема счётных (меристических) признаков ротана-головёшки: 1 – число лучей в грудных плавниках, 2 – число лучей в брюшных плавниках

Затем с учётом различий значений признаков между левой и правой сторонами тела, и среднего различия между сторонами для каждого признака рассчитали интегральный коэффициент флуктуирующей асимметрии (КА, %).

$$КА = \frac{\sum (d_{1-r} - M_d)^2}{n-1}$$, где $M_d = \frac{\Sigma d_{1-r}}{n}$ – среднее различие между сторонами; $d_{1-r} \frac{2(d_l - d_r)}{d_l + d_r}$ – различие значений признаков между левой (l) и правой (r) сторонами; n – число особей в выборке.

Расчёты производили с помощью компьютерной программы Phen [Васильев, 1995]. Полученные значения коэффициента асимметрии сравнивали со стандартизованной балльной шкалой отклонений состояния организма от нормы по величине интегрального показателя [Здоровье среды: методика оценки, 2000] (табл.1).

Таблица 1

Шкала балльной оценки качества среды обитания

Коэффициент асимметрии согласно балльной оценке					
Группа организмов	1 балл чисто	2 балла относительно чисто	3 балла загрязнено	4 балла грязно	5 баллов очень грязно
Рыбы	<0,35	0,35-0,40	0,40-0,45	0,45-0,50	>0,50

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

4.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫХ ПРИЗНАКОВ РОТАНА-ГОЛОВЁШКИ

Для выявления межпопуляционной изменчивости массы тела, размеров и пропорций тела мы сравнили наиболее многочисленные в уловах из разных водоёмов выборки трёх- и четырёхгодовиков (таблица 1, 2).

Таблица 1

Масса тела и морфометрические признаки трёх- и четырёхгодовиков ротанаголовёшки из некоторых водоёмов Ишимской равнины

Признаки	Выборки			
	оз. Черёмухово	Безымянная старица	оз. Долгое	оз. Чертово
3-х годовики				
масса тела			25,3±4,8 26,6	–
aD	55,9±1,4 9,0 57,2±1,3 8,0	57,3±2,3 8,1 60,8±2,8 9,2	44,9±3,9 12,28	39,4±2,3 13,14
pD_1	62,1±1,0 5,8	64,0±2,2 6,8	45,5±0,1 0,2	–
aV	49,8±1,3 9,6	53,0±2,0	37,1±2,3 9,0	–
aP	50,6±1,4 10,1	7,5 52,8±3,3 12,3	39,2±3,6 12,8	–
pA	39,8±2,8 25,3	43,7±6,0 27,5	22,2±2,7 16,9	19,2±0,6 6,8
C	49,2±1,3 9,2	52,5±1,6 6,3	36,6±4,3	32,8±1,5 10,4
H	36,5±0,7 7,0	38,0±0,7 3,7	16,6 29,6±3,4 16,0	27,0±1,3 10,5
B	22,7±1,0 15,2	25,5±0,5 3,9	20,0±1,5 10,3	–
h	15,7±0,4 10,2	17,0±0,9 10,7	15,9±3,5 30,8 11,5	13,0±0,5 7,7
ID_1	16,4±0,7 15,0	18,3±0,6 6,9		–
hD_1	17,8±0,4 7,3	19,5±0,9 8,9	0 17,9±0,5 3,6	–
IA	19,1±1,5 28,4	22,8±1,0 9,1	21,3±6,7 44,5	–
hA	19,8±0,3 6,2	21,5±0,6 6,0	14,6±0,4 3,4	–
IP	28,5±0,8 10,7	31,3±0,8 4,8	14,8±1,4 13,8	19,0±0,5 6,5

Продолжение таблицы 1

Признаки	Выборки			
	оз. Черёмухово	Безымянная старица	оз. Долгое	оз. Чертово
3-х годовики				
IV				–
aO				
O				7,8±0,8 22,9 5,2±0,2 8,6 32,0±1,2 8,6
ID_2				
hD_2				15,4±1,2 16,9
pD_2	19,6±1,3 23,0 14,6±1,3 31,9 8,2±1,0 43,8 26,4±1,0 14,0 21,7±0,4 7,1 32,5±1,3 14,8 28,9±0,8 9,9 25,6±0,4 5,9 22,6±0,6 10,0 8,3±0,4 16,6 154,8±1,1 2,6	23,0±1,4 12,3 18,5±3,8 41,5 8,0±0,4 10,2 28,8±1,6 11,1 24,3±0,5 3,9 32,0±4,8 30,3 31,0±2,0 13,2 27,5±0,5 3,6 24,0±0,7 5,9 9,0±0 0 164,3±1,1 1,3	20,9±1,3 8,8 8,8±0,9 13,7 5,9±0,1 2,4 17,9±1,8 14,2 18,3±0,7 5,0 23,4±1,3 7,9 21,6±1,6 10,5 21,3±1,9 12,3 17,4±3,3 26,5 8,0±0,1 0,9 120,4±6,6 7,7	24,0±0,7 6,6
OC				23,4±3,0 28,6
HC				16,2±0,6 8,1
bC				–
f				–

A				111,4±3,7 7,5
a		145,0±2,5 3,4 86,5±3,0 7,0	102,6±9,0 12,4	92,2±3,3 8,1
b	137,6±2,1 5,5 82,6±1,1 5,0 40,6±4,3 37,9		61,4±4,7 10,1 26,5±1 5,3	–
VA		56,5±12,5 44,3		29,0±0,9 6,9
4-х годовики				
масса тела	76,6±1,5 5,6		29,7±4,4 51,8	–
aD		78,2±2,5 7,2 72,6±1,8 5,6	45,3±2,2 17,1	–
pD_1	69,8±1,4 5,5 67,3±1,2 5,0	69,0±2,0	48,7±1,6 11,4	–
aV	48,6±1,6 9,2	6,5 49,2±2,0 8,9	38,9±1,7 15,5	–
aP	59,9±1,4 6,6	60,8±2,2 8,0	40,1±1,9 16,7	–
pA	39,0±2,1 15,3	37,0±2,6 15,5	26,9±1,4 17,7	–
C	64,7±2,1 9,3	67,2±3,0 10,1	34,5±1,5 15,3	–

Продолжение таблицы 1

Признаки	Выборки			
	оз. Черёмухово	Безымянная старица	оз. Долгое	оз. Чертово
4-х годовики				
H			30,6±1,6 18,1	–
B			20,4±1,1 18,1	–
h			14,5±0,8 18,7	–
ID_1			12,2±0,7 21,2	–

hD_1			13,4±1,0 25,0	–
IA			15,6±1,3 27,7	–
hA			14,2±0,4 9,9	–
IP			16,6±0,7 13,7	–
IV			21,0±0,9 14,1	–
aO	40,4±0,7 5,1 35,9±1,6 12,2 36,1±3,8 3,8 23,3±1,3 16,2 24,4±1,4 16,4 23,6±1,1 13,2 26,9±1,7 18,4 26,8±1,6 16,5 33,8±2,1 17,5 26,5±2,0 21,8 15,4±1,2 22,5 32,5±1,5 13,1 35,8±2,7 21,6 26,0±1,9 20,7 38,6±0,9 6,9 38±1,7 12,7 36,6±2,7 21,1 10,1±0,1 3,5 169,5±3,3 5,5	42,0±1,2 6,3 38,0±2,1 12,5 37,0±1,8 11,0 24,8±1,9 17,2 26,6±1,9 15,6 25,4±1,7 14,6 29,6±1,9 14,3 28,2±2,6 20,4 36,8±2,3 14,0 27,8±2,1 16,8 17,8±1,0 12,2 35,2±2,4 15,2 38,6±2,5 14,5 26,2±1,7 14,1 41,0±0,7 3,9 41,0±1,4 7,5 40,2±2,8 15,5 10,8±0,2 4,1 175,4±5,0 6,4	9,1±0,7 27,6	–
O			5,8±0,3 16,5	–

ID_2			18,6±0,7 13,0	–
hD_2			15,9±0,7 14,8	–
pD_2			25,6±1,5 20,8	–
OC			21,9±1,1 17,7	–
HC			21,0±0,8 10,7	–
bC			19,3±1,2 21,7	–
f			6,0±0,3 17,6	–
A			123,3±4,5 12,6	–
a	151,8±3,1 5,9	157,6±3,9 5,5	100,9±4,1 14,1	–
b		152,2±7,7 11,3	70,7±5,3 25,8	–
VA	142,9±8,5 16,8 87,9±7,3 23,4	100,6±2,1 4,7	29,8±1,7 19,4	–

Примечание к таблице 1: объём выборок 3-х годовиков: оз. Черёмухово – n=13; безымянная старица – n= 4; оз. Долгое – n=2; оз. Чертово – n=5; объём выборок 4-х годовиков: оз. Черёмухово – n=8; безымянная старица – n= 5; оз. Долгое – n=12; над чертой записаны среднее арифметическое значение признака с ошибкой ($x_{ср}$±S_x; масса тела в *г*, остальные признаки в *мм*), под чертой – коэффициент вариации признака (CV, %).

Таблица 2

Сравнение выборок трёх- и четырёхгодовиков ротана-головёшки из некоторых водоёмов Ишимской равнины

Признаки	Сравниваемые популяции					
	оз. Черёмухово – оз. Долгое		оз. Черёмухово – Безымянная старица		Безымянная старица – оз. Долгое	
	t_x	t_{CV}	t_x	t_{CV}	t_x	t_{CV}
3-х годовики						
масса тела	7,78***	1,32	0,7	0,3	7,04**	1,39
aD	3,66**	0,70	1,1	0,4	3,31*	0,50
pD_1	6,29***	70,5***	0,9	0,6	5,48**	83***
aV	3,58**	0,14	1,5	0,6	4,79**	0,33

aP	2,95*	0,42	0,6	0,6	2,56	0,08
pA	2,38*	0,99	0,8	0,2	2,35	1,25
C	3,53**	0,89	1,2	0,9	4,39*	1,26
H	3,30**	1,13	1,5	1,6	3,66*	1,54
B	1,08	0,96	1,7	2,3*	4,78**	1,24
h	9,63***	1,34	2,1*	1,1	0,45	1,30
ID_1	-	-	1,5	1,7	-	-
hD_1	5,22***	2,09	2,5*	0,4	1,24	2,99*
IA	0,50	0,72	1,1	1,9	0,34	1,59
hA	1,65	1,20	2,8**	0	6,91**	1,10
IP	6,06***	1,33	1,7	1,9	11,68***	1,30
IV	0,39	2,23*	1,6	1,4	0,93	0,8
aO	1,71	2,64*	1,3	0,9	1,69	4,04*
O	0,87	34,5***	-	-	3,42*	6,50**
ID_2	3,10**	0,03	1	0,6	4,12*	0,44
hD_2	3	0,82	-	-	1,09	0,45
pD^2	2,58*	1,77	0	3,2**	1,18	5,71**
OC	3,40**	0,11	1,7	1,3	2,92*	0,14
HC	3,64**	1,04	2,5*	0	4,78**	1,41
bC	2,75*	1,24	1,7	1,4	2,95*	1,55
f	0,35	35,30***	-	-		
A	9,91***	1,32	5,6***	1,4	-	-
a	5,68***	1,11	2,0	1,	10,12***	1,66
b	6,48***	1,03	1,5	1,1	2,26	0,87
VA	4,7***	12,19***	1,5	0,5	1,60	14,59***

Продолжение таблицы 2

Признаки	Сравниваемые популяции					
	оз. Черёмухово – оз. Долгое		оз. Черёмухово – Безымянная старица		Безымянная старица – оз. Долгое	
	t_x	t_{CV}	t_x	t_{CV}	t_x	t_{CV}
4-х годовики						
масса тела	8,34***	4,37***	0,7	1,6	9,58***	2,91*
aD	8,26***	3,32**	1,3	0	9,6***	2,08
pD^1	8,44***	2,75*	0,9	0,8	7,93***	1,12
aV	3,88**	2	0,4	0,4	3,92**	1,1
aP	7,53***	2,96**	0,4	1,3	7,12***	1,45
pA	5,05***	0,67	0,6	0	3,42**	0,26
C	28,23***	1,93	0,8	0,1	9,75***	0,82
H	4,78***	3,52***	1,5	0,8	5,7***	1,99
B	8,58***	1,59	1,2	0	4,39***	0.73
h	14,40***	3,90**	0,4	10,6***	11,42***	1,06
ID^1	7,87***	1,15	0,4	0,3	6,22***	0,41
hD^1	6,71***	1,68	0,9	0,3	6,15***	0,94

IA	4,47***	2,57*	1,2	0,3	4,58***	1,27
hA	8,51***	4,21***	1,1	0,9	7,93***	0,63
IP	6,84***	1,01	0,7	1,0	4,31***	0,67
IV	6,56***	1,19	0,9	0,7	6,4***	0,01
aO	9,30***	1,03	0,3	1,0	8,45***	0,99
O	8,81***	1,80	1,2	1,8	11,49***	0,59
ID^2	9,33***	1,87	1,1	0,6	6,64***	0,28
hD^2	8,48***	2,25*	0,5	1,3	8,74***	0,04
pD^2	0,15	0,01	0	1,2	0,26	0,77
OC	10,62***	2,99**	2,3*	2,0*	14,65***	2,55*
HC	10,63***	0,89	1,2	1,0	12,59***	0,70
bC	6,49***	0,13	1,0	1,1	6,86***	0,66
f	10,13***	3,92**	0,2	0,1	13,31***	2,5*
A	7,49***	2,77*	1,0	0,8	7,75***	1,34
a	8,96***	2,85*	1,2	0	10,02***	1,81
b	7,66***	1,71	0,8	1,3	8,72***	1,61
VA	9,37***	1,02	1,4	3,3**	26,2***	2,45*

Примечание: t_x – критерий Стьюдента, рассчитанный по средним арифметическим значениям признаков; t_{CV} – критерий Стьюдента, рассчитанный по коэффициентам вариации; * – различия достоверны при $p \leq 0,05$; ** – при $p \leq 0,01$; ** – при $p \leq 0,001$.

Из таблицы 1 видно, что в направлении уменьшения общих размеров тела выборки трёхгодовиков и четырёхгодовиков ротана-головёшки располагаются в следующей последовательности: безымянная старица, озеро Черёмухово, озеро Долгое, озеро Чертово.

Попарное сравнение выборок трёхгодовиков из оз. Черёмухово и безымянной старицы показало, что выборка из озера отличается значимо меньшими *средними арифметическими значениями* 6 признаков: общей длины тела, длины тела, наименьшей высоты тела, высоты головы на уровне затылка, высоты первого спинного плавника, высоты анального плавника.

Выборка трёхгодовиков из оз. Черёмухово значимо отличается от таковой из оз. Долгое по среднему арифметическому значению 20 признаков. Черёмуховская выборка характеризуется меньшими значениями 2-х признаков – наименьшей высоты тела и высоты первого спинного плавника, но большими значениями 16 признаков: массы тела, общей длины, длины тела, длины туловища, длины головы, высоты головы на уровне затылка, заглазничного расстояния, наибольшей высоты тела, толщины головы, длины хвостового стебля, антедорсального расстояния, постдорсального расстояния от первого спинного плавника, антевентрального расстояния, антепектрального расстояния, длины грудных плавников, длины основания второго спинного плавника, постдорсального расстояния от второго спинного плавника, расстояния от начала брюшных плавников до начала анального плавника.

Выборки трё хгодовиков из оз. Долгое и безымянной старицы значимо различаются по среднему арифметическому значению 15 признаков. Выборка из озера характеризуется меньшими значениями признаков: масса тела, длина тела, длина головы, длина туловища, наибольшая высота тела, высота головы на уровне затылка, наибольшая толщина тела, толщина головы, диаметр глаза, заглазничное расстояние, антедорсальное расстояние, антевертральное расстояние, постдорсальное расстояние от первого спинного плавника, высота анального плавника, длина грудных плавников, длина основания второго спинного плавника.

Таким образом сильнее всего отличаются по размерам и пропорциям тела выборки трёхгодовиков из озёр Черёмухово и Долгое, немногим меньше – выборки из озера Долгое и безымянной старицы, и наиболее сходны выборки из озера Черёмухово и безымянной старицы.

Подобное соотношение межпопуляционных дистанций сохраняется в группе четырёхгодовиков.

Так, выборка четырехгодовиков из озера Черёмухово значимо отличается от выборки из безымянной старицы меньшим значением только одного признака – заглазничное расстояние.

Выборка четырёхгодовиков из озера Долгое отличается от таковых из озера Черёмухово и безымянной старицы значимо меньшими значениями всех исследованных признаков (массы тела и 28 морфометрических признаков). Только по признаку «постдорсальное расстояние от второго спинного плавника» не выявлено достоверных различий между выборками из озера Долгое, с одной стороны, озера Черёмухово и безымянной старицы, с другой стороны.

Межпопуляционные сравнения по *коэффициентам вариации* исследуемых признаков показало, что выборки трёхгодовиков из оз.Черёмухово и безымянной старицы значимо различаются коэффициентами вариации 2-х признаков: наибольшей толщины тела и постдорсального расстояния от второго спинного плавника. Озерная выборка отличается большей изменчивостью наибольшей толщины тела, а старичная – большей изменчивостью постдорсального расстояния от второго спинного плавника. Последнее с учётом меньшего объёма старичной выборки свидетельствует о большей изменчивости условий данного водоёма.

Выборка трёхгодовиков из озера Долгое отличается от таковой из озера Черёмухово значимо меньшими коэффициентами вариации 6–ти признаков: длина рыла, ширина лба, диаметр глаза, постдорсальное расстояние от первого спинного плавника, длина брюшных плавников и расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника.

Выборка трёхгодовиков из озера Долгое отличается от таковой из безымянной старицы значимо меньшими коэффициентами вариации 6–ти признаков: длина рыла, диаметр глаза, постдорсальное расстояние от первого спинного плавника, высота первого спинного плавника, постдорсальное

расстояние от второго спинного плавника, расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника.

Более низкая изменчивость названных признаков в выборке трёхгодовиков из озера Долгое по сравнению с таковыми из озера Чертово и безымянной старицы объяснимы наименьшим объёмом этой выборки.

Выборка четырёхгодовиков из озера Черемухово значимо отличается от таковой из безымянной старицы большими коэффициентами вариации заглазничного расстояния и расстояния от начала брюшных плавников до начала анального плавника, но меньшим коэффициентом вариации наименьшей высоты тела. Разнонаправленные изменения коэффициентов вариации в выборках из озера Черёмухово и безымянной старицы отражают особенности роста ротана-головёшки в условиях разных водоёмов.

Выборка четырёхгодовиков из озера Черемухово значимо отличается от таковой из озера Долгое меньшими значениями коэффициентов вариации 11ти признаков (масса тела, общая длина, длина тела, ширина лба, наибольшая высота тела, наименьшая высота тела, заглазничное расстояние, антедорсальное расстояние, постдорсальное расстояние от первого спинного плавника, антепектральное расстояние, длина основания анального плавника) и большими коэффициентами вариации 2-х признаков (высота анального плавника, высота второго спинного плавника).

Выборка четырёхгодовиков из безымянной старицы значимо отличается от таковой из озера Долгое меньшими коэффициентами вариации 3-х признаков: масса тела, заглазничное расстояние и ширина лба.

Меньшую изменчивость названных признаков в выборках четырёхгодовиков из озера Черёмухово и безымянной старицы по сравнению с аналогичной выборкой из озера Долгое можно объяснить большим объёмом последней.

Полученные данные показывают, что выявленный диапазон межпопуляционной изменчивости массы тела и морфометрических признаков обусловлен, с одной стороны, разными объёмами разновозрастных выборок, с другой стороны, изменчивостью условий в водоёмах.

Для определения сходства выборок из разных водоёмов мы провели кластерный анализ и по комплексу признаков, измеренных в выборках трёхгодовиков из 4-х водоёмов, рассчитали Евклидово расстояние, которое приняли за меру сходства выборок при построения матрицы и дендрограммы сходства. При построении дендрограммы применили метод ближайшего соседа (таблица 3; рисунок 1).

Таблица 3

Евклидово расстояние между выборками трёхгодовиков ротана-головёшки из некоторых водоёмов Ишимской равнины

	оз. Черёмухово	Безымянная старица	оз. Долгое	оз. Чертово
оз. Черёмухово	0	22,01	61,18	74,8
Безымянная старица	22,01	0	78,93	92,4
оз. Долгое	61,18	78,93	0	22,8
оз. Чертово	74,8	92,4	22,8	0

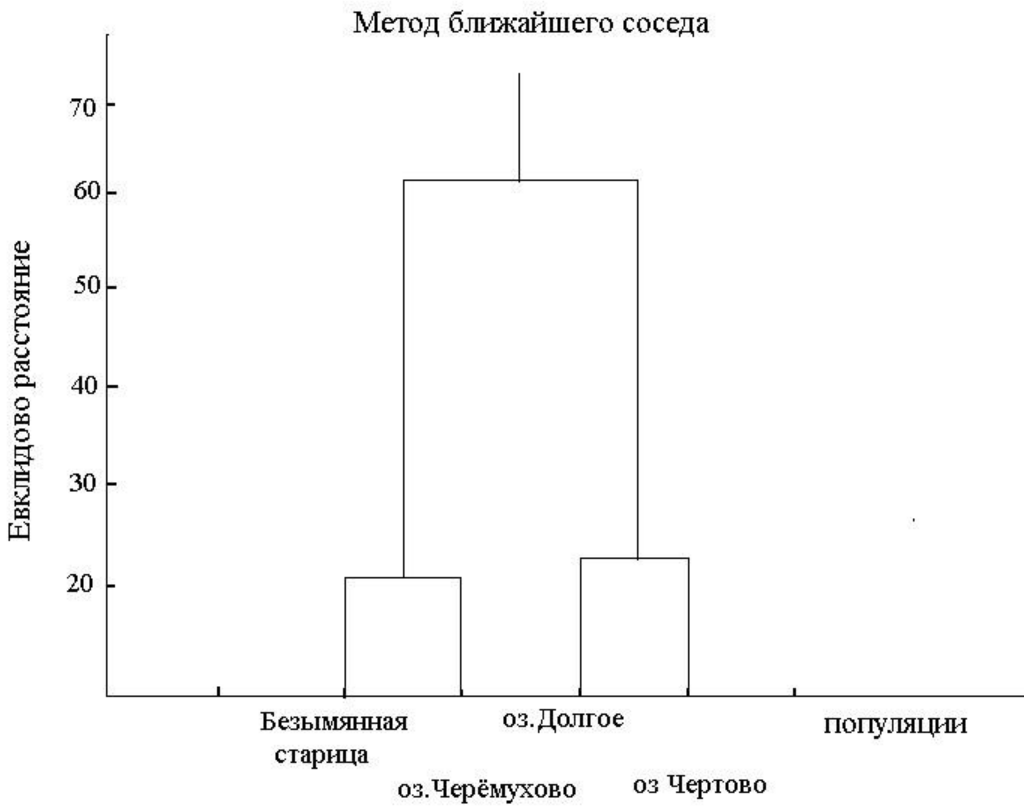


Рис.1 Дендрограмма сходства выборок трёхгодовиков ротана-головёшки из некоторых водоёмов Ишимской равнины по комплексу морфометрических признаков

Полученная дендрограмма отражает отмеченную при попарном межпопуляционном сравнении по отдельным признакам тенденцию большего сходства выборок из озера Черёмухово и безымянной старицы. На рисунке 1 видно, что эти выборки образуют отдельный кластер на максимальном уровне сходства. Выборки из озёр Долгое и Чертово образуют отдельный кластер на чуть меньшем уровне сходства. Расстояние между двумя обособленными кластерами почти в 3 раза превосходит расстояние между объектами внутри каждого кластера. Очевидно, что в пределах Ишимской равнины наблюдается значительная пластичность размерно-весовых признаков ротана-головёшки. Можно предположить, что более мелкие размеры тела трёхгодовиков и сходство размерно-весовой структуры популяций ротана-головёшки из озера Долгое,

расположенного в пригородной зоне, и озера Чертово, расположенного в черте города, в определённой степени отражает менее благоприятное, чем в двух других водоёмах, состояние водных экосистем на территории, подверженной разнообразному влиянию урбанизированной среды.

Однако для оценки влияния средовых факторов у нас не было достаточного количества информации (о гидрологических особенностях исследованных водоёмах, биотическом составе водных экосистем и т.п.), но имеющийся материал позволяет оценить влияние фактора «возраст» на наблюдаемую изменчивость размерно-весовых признаков ротана-головёшки. Для этого на всём имеющемся материале мы провели непараметрический однофакторный дисперсионный анализ и рассчитали значения критерия H по 5-ти градациям фактора «возраст»: 1 градация – годовики (1), 2 градация – двухгодовики (2), 3 градация – трёхлетки (2+), 4 градация – трёхгодовики (3), 5 градация – четырёхгодовики (4) (приложение, таблица 1; таблица 4).

Проведённый анализ показал статистически значимое влияние возраста на массу тела и все включённые в анализ морфометрические признаки, за исключением признаков «постдорсальное расстояние от первого спинного плавника», «длина брюшных плавников» и «высота головы на уровне затылка».

Можно предположить, что эти признаки имеют важное функциональное значение, формируются в раннем возрасте и затем значительно не изменяются.

В целом, проведённый анализ показал, что основными факторами внутривидовой изменчивости массы тела и морфометрических признаков в инвазивных популяциях ротана-головёшки в водоёмах Ишимской равнины являются возраст и комплекс абиотических и биотических условий водных экосистем. Воздействие на водоёмы совокупности антропогенных факторов

(химическое загрязнение, трансформация водных экосистем) негативно влияет на рост и размерно-весовую структуру популяций ротана-головёшки.

Таблица 4

Непараметрический однофакторный дисперсионный анализ влияния возраста на размерно-весовые признаки ротана-головёшки

№ п/п	Название признака	Критерий *H*
1	масса тела	9,25*
2	длина головы	9,99*
3	длина рыла	9,25*
4	антедорсальное расстояние	11,20*
5	постдорсальное расстояние от первого спинного плавника	6,15
6	антевентральное расстояние	11,9*
7	антепектральное расстояние	10,84*
8	длина хвостового стебля	16,48*
9	длина основания первого спинного плавника	13,9*
10	длина основания анального плавника	12,99*
11	длина грудных плавников	14,59*
12	длина брюшных плавников	2,35
13	диаметр глаза	14,5*
14	ширина лба	5,58*
15	расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника	7,9*
16	высота анального плавника	10,6*
17	длина основания второго спинного плавника	5,83*
18	высота первого спинного плавника	14,2*
19	высота головы на уровне затылка	6,18

Примечание: распределение статистики *H* сходно с критерием хи-квадрат Пирсона (χ^2); * – различия достоверны при $p \leq 0,05$.

4.2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ РОТАНАГОЛОВЁШКИ

Для оценки стабильности развития ротана-головёшки провели учёт и исследовали изменчивость счётных признаков – количество лучей в грудных и брюшных плавниках . Ни по одному из этих признаков ни в одной из изучаемых выборок не выявлено статистически значимого различия в проявлении признаков на разных сторонах тела, что указывает на подверженность этих признаков флуктуирующей асимметрии [Захаров, 1987]. Интегральные коэффициенты флуктуирующей асимметрии изучаемых признаков в исследованных выборках ротана-головёшки представлены в таблице 5 вместе с аналогичными данными других авторов по водоёмам Тюменской области из опубликованной литературы.

Таблица 5

Коэффициент флуктуирующей асимметрии счётных признаков в популяциях ротана-головёшки из водоёмов Тюменской области

№ п/п	Водоёмы, объём выборки	Коэффициент асимметрии (КА), %	
		Число лучей в грудных плавниках	Число лучей в брюшных плавниках
по нашим данным			
1	старица Ишимчик; n=12	26,23	11,04
2	безымянная старица; n=29	9,36	22,07
3	оз. Черёмухово; n=37	7,25	3,77
4	оз. Зуево; n=20	3,66	10,73
5	оз. Бердюжье; n=19	5,3	2,2
по данным А.Ю. Левых, Ю.А. Усольцевой, Цаликовой И.К., [2019, с. 108-109]			
6	оз. Черёмухово; n=78	8,5	5,7
7	безымянная старица; n=71	3,9	11,5
по данным О.Н. Жигилевой, А.А. Куликовой [016, с.78]			

8	р. Тобол выше по течению г. Тобольска; n=138	самцы – 42,5 самки – 46,8	самцы – 30,1 самки – 32,3
9	р. Тобол ниже по течению г. Тобольска; n=120	самцы – 39,1 самки – 35,7	самцы – 45,6 самки – 33,4

Из таблицы 5 видно, что в исследуемых выборках интегральный коэффициент флуктуирующей асимметрии признака «число лучей в грудных плавниках» изменяется в пределах от 5,3% до 26,23 %, принимая минимальное значение в выборке из озера Зуево, а максимальное – в выборке из старицы Ишимчик.

Коэффициент асимметрии признака «число лучей в брюшных плавниках» изменяется от 2,2% до 22,07%, с минимальным значением в выборке из оз. Бердюжье и максимальным – в выборке из безымянной старицы.

В выборке из одного водоёма значения коэффициентов асимметрии разных признаков отличаются от 1,9 раза (в выборке из оз. Черёмухово) до 2,4 раза (оз. Бердюжье). Это согласуется с мнением В.М. Захарова [1987] о том, что не существует общего организменного уровня стабильности развития, и по разным признакам в одной популяции может наблюдаться разный уровень флуктуирующей асимметрии.

В целом, все полученные значения коэффициентов асимметрии не превышают критического уровня (35%), что позволяет оценить развитие изучаемых инвазийных популяций как стабильное, а условия существования ротана-головёшки в изучаемых водоёмах как благоприятные.

Наиболее высокое значение коэффициента асимметрии (26,23%) отмечено в выборке из старицы Ишимчик по признаку «число лучей в грудных плавниках». Это соотносится с опубликованными данными о высоком уровне органического загрязнения воды в данном водоёме, частично объясняется расположением старицы в черте г. Ишима и поступлением в неё загрязнённых городских стоков, особенно во время половодья 2016 и 2017 гг. [Экологическая

оценка старицы Ишимчик…, с. 32; Оценка опасности паводков 2016-2017 годов…, с. 42].

Полученные результаты согласуются также с данными О.Н. Жигилевой и А.А. Куликовой [2016, с.78] о более высоких показателях флуктуирующей асимметрии признаков «число лучей в грудных плавниках» и «число лучей в брюшных плавниках» в выборках ротана-головёшки из реки Тобол в районе промышленно развитого г. Тобольска.

Рассчитанные нами значения коэффициентов асимметрии обоих изучаемых признаков в выборках из озера Черёмухово и безымянной старицы сопоставимы с таковыми, полученными А.Ю. Левых с соавторами [Левых, Усольцева, Цаликова, 2019, с. 108-109] на выборках 2017 г..

Наряду с литературными данными о распространении, размерно-весовых признаках, половой и возрастной структуре популяций ротана-головёшки в водоёмах Тюменской области [Жигилева, Куликова, 2016; Лесковская, Фомина, Янкова, 2017; Левых, Усольцева, Цаликова, 2019; Поло-возрастная структура популяций ротана…, 2019], результаты проведённых исследований указывают на то, что ротан-головёшка успешно акклиматизируется на данной территории.

ВЫВОДЫ

1. В популяциях вида-вселенца ротан-головёшка в исследованных водоёмах Ишимской равнины наблюдается значительная адаптивная межпопуляционная изменчивость размерно-весовых признаков.
2. Значимое влияние на внутривидовую изменчивость массы тела и большинства морфометрических признаков оказывают возраст и комплекс абиотических и биотических условий водных экосистем.
3. Выборки ротана-головёшки из популяций исследованных водоёмов Ишимской равнины характеризуются высокой стабильностью развития, что позволяет оценить условия обитания ротана-головёшки в изученных водоёмах как благоприятные, а исследованные инвазийные популяции данного вида как успешно акклиматизирующиеся.
4. Популяции ротана-головёшки в водоёмах, расположенных в г. Ишиме и в пригородной зоне, характеризуются значимо более мелкими размерами тела и повышенным уровнем флуктуирующей асимметрии счётных признаков по сравнению с популяциями, обитающими в водоёмах, удалённых от крупных населённых пунктов.
5. Воздействие на водоёмы совокупности антропогенных факторов (химическое загрязнение, трансформация водных экосистем) отрицательно влияет на рост и размерно-весовую структуру популяций ротана-головёшки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Blackburn T.M., Bellard C., Ricciardi A. Alien versus native species as drivers of recent extinctions // Frontiers in Ecology and the Environment. 2019. Vol.17. Issue 4. P. 203-207.
2. The 100th of the world’s worst invasive alien species / G.M. Luque, C. Bellard, Bertelsmeier C. [et al.] // Biological Invasions. 2014. Vol. 16, №. 5. P. 98985. doi:10.1007/s10530-013-0561-5.
3. Introducing IPBES' 2019 Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services: First global biodiversity assessment since 2005 // IPBES Global Assessment Preview. 2019. URL: https://ipbes.net/news/ipbes-globalassessment-preview [дата обращения 09.06.2020].
4. Reshetnikov A.N., Ficetols G.F. Potential range of the invasive fish rotan (Perccottus glenii) in the Holarctic // Biological Invasions. 2011. Vol.13. №12. H. 2967-2980.
5. 100 of the world's worst invasive alien species // The Global Invasive Species Database. 1999. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki [дата обращения 09.06.2020].
6. Адамова А.С. Половозрастная структура популяций ротана-головёшки (*Perccottus glenii* Dybowsky, 1877) в пределах инвазийного ареала // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: материалы XXII международной научной школы-конференции студентов и молодых учёных. В 2-х т. Отв. ред. В.В. Анюшин. Абакан: Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 2018. С.47.
7. Артаев О.Н., Ручин А.Б. Некоторые сведения о распространении и биологии ротана *Perccottus glenii* в Саранске // Вестник Мордовского университета. 2009. №1. С.105-106.

8. Артаев О.Н. Ротан (*Perccottus glenii*) в бассейне р. Мокши: распространение и предпочитаемые группы водных систем // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича. Вып.17. Саранск, 2016. С. 3-7.

9. Атлас пресноводных рыб России. Москва, 2003. Т. 1. 378 с.; Т. 2. 252 с.

10. База данных «Поло-возрастная и размерно-весовая структура популяций ротана-головёшки (*Perccottus glenii* Dybowsky, 1877) в водоёмах Ишимской равнины» (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621013 от 17.06.2019 г.) / авт.-сост. А.Ю. Левых, Ю.А. Усольцева, С.В. Квашнин, М.Е. Мирюгина, А.С. Адамова, Н.А. Рейндлер. М.: ФИПС, 2019. 18 с.

11. Баранов В.Ю. Изучение изменчивости неметрических признаков скелета речного окуня из загрязнённых радионуклидами водоёмов Южного Урала // Биосфера Земли: прошлое, настоящее и будущее. Материалы конференции молодых учёных, 21-25 апреля 2008 г. ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2008. С. 12-16.

12. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т.3. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1949. С.926-1382.

13. Бердюжье (озеро). URL: https://ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения 25.04.2020)

14. Берников К.А., Павленко А.Л. Головёшка-ротан (*Perccottus glenii* Dybowsky, 1877) – новый, «нежелательный» вид рыб Ханты-Мансийского автономного округа // Сборник научных трудов биологического факультета: 20-летию Сургутского государственного университета посвящается. Сургут: СурГУ, 2013. С. 65-69

15. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / Под ред. В.М. Захарова, Д.М. Кларка. Москва: Московское отделение международного фонда «Биотест», 1993. 68 с.

16. Бойченко К.А. Флуктуирующая асимметрия ротана *Perccotus glenii* в водоёмах Тюменской области // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования: сборник статей VII Международной научнопрактической конференции. Пенза: Изд-во «Наука и Просвещение», 2020. С. 24-26.
17. Большая российская энциклопедия // Ишимская равнина. URL: https://bigenc.ru/geography/text/2028561 (дата обращения 15.05.2020)
18. Васильев А.Г. Пакет прикладных программ «Фен» PHEN 3,0: путеводитель для пользователей. Екатеринбург: ИЭРиЖ, 1995. 15 с.
19. Васильев А.Г. Эволюционная синэкология и проблема быстрого симпатрического формообразования // Теоретические проблемы экологии и эволюции: Шестые Любищевские чтения, 11-й Всероссийский популяционный семинар и Всероссийский семинар "Гомеостатические механизмы биологических систем" с общей темой "Проблемы популяционной экологии" / Под ред. Г.С. Розенберга. Тольятти: Кассандра, 2015. С. 84-88.
20. Гашев С.Н., Курхинен Ю.П. Динамические процессы в фауне позвоночных Западной Сибири и их причины // Вестник Тюменского государственного университета. Серия «Экология и природопользование». 2015. Т.1. №.1. С. 80-89.
21. Голованов В.К. Сравнительный анализ температурных критериев жизнедеятельности у видов-вселенцев и видов-аборигенов из региона Верхней Волги // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. Вып. 12. Саранск, 2014. С.289-296.
22. Голованов В.К., Ручин А.Б. Критический термический максимум головешки-ротана *Perccottus glenii* в разные сезоны года // Вопросы ихтиологии. 2011. Т.51. №6. С. 822-827.

23. Голованова И.Л., Голованов В.К. Влияние абиотических факторов (температура, pH, тяжёлые металлы) на активность карбогидраз объектов питания ихтиофагов // Вопросы ихтиологии. 2011. Т.51. №5. С. 657-664.
24. Горлачев В.П., Горлачева Е.П. Инвазии рыб Верхнеамурского бассейна //Учёные записки ЗабГУ. 2017. Т.12. №.1. С. 129-141.
25. Горлачева Е.П., Соколов С.Г., Горлачев В.П. Ротан *Perccottus glenii* (Perciformes: Odontobutidae) водохранилища Нерчинское (бассейн р. Шилка) // Учёные записки ЗабГУ. 2015. №.1 (60). С. 43-50.
26. Горлачева Е.П., Афонин А.В., Горлачев В.П. О современном ареале ротана *Perccottus glenii* (Perciformes: Odontobutidae) в Верхнеамурском бассейне // Вопросы ихтиологии. 2008. Т.48. №5. С. 710-711.
27. Дгебуадзе Ю.Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. Москва: Наука, 2001. 276 с.
28. Дгебуадзе Ю.Ю., Скоморохов М.О. Некоторые данные по образу жизни ротана *Perccottus glenii* (Odontobutidae, Pisces) озёрной и прудовой популяций // Труды гидробиологической станции на глубоком озере им. Н.Ю. Зографа / Под ред. Н.М. Коровчинского, Н.Н. Смирнова. Москва: ИПЭиЭ им.А.Н. Северцова РАН, 2005. С. 176-187.
29. Демин А.И. Пришельцы. Интродукция новых видов флоры и фауны в бассейн Байкала: последствия и уроки // Волна. 2001. № 3. С.10-24.
30. Жигилева О.Н., Куликова А.А. Особенности биологии и генетическая изменчивость ротана (*Perccottus glenii*) (Odontobutidae) в водоёмах Тюменской области // Вопросы ихтиологии. 2016. Т. 56. №1. С. 77-85.
31. Захаров В.М. Асимметрия животных: популяционно-феногенетический подход. Москва: Наука, 1987. 216 с.

32. Захаров В.М., Минин А.А., Трофимов И.Е. Исследование гомеостаза развития: от популяционной биологии развития и концепции здоровья среды до концепции устойчивого развития // Онтогенез. 2018. Т.49. №1. С.3-14.
33. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов [и др.]. Москва: ЦЭПР, 2000. 68 с.
34. Здоровье среды: методика и практика оценки в Москве / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, А.С. Баранов [и др.]. Москва: ЦЭПР, 2001. 67 с.
35. Здоровье среды: практика оценки / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев [и др.]. Москва: ЦЭПР, 2000. 320 с.
36. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия: учеб. пособие. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. 110 с.
37. Инвазионные виды на территории России / В.Г. Петросян, А.В. Омельченко, А.Н. Решетников [и др.]. 2018. URL: http: //www.sevin.ru/top100worst/. (дата обращения 01.06.2020)
38. Инвазия головешки-ротана (*Perccottus glenii*) в водоёмы Вологодской области / М.Я. Борисов, Н.Ю. Тропин, А.В. Подольская [и др.] // Эволюционные и экологические аспекты изучения живой материи: Материалы I Всероссийской научной конференции (Череповец, 8-9 февраля 2017 г.). В 4-х книгах. Отв. ред. Н.Я. Поддубная. Череповец: Череповецкий государственный университет, 2017. С. 64-71.
39. Инге-Вечтомов С. Г. Генетика с основами селекции: учебник для биологических специальностей ун-тов. Москва: Высшая школа ,1989. 591 с.
40. Исследование гомеостаза развития в природных популяциях. Концепция здоровья среды: методология и практика оценки / В.М. Захаров, Е.Ю. Крысанов, А.В. Пронин [и др.] // Онтогенез. 2017. Т.48. №6. С.418-432.

41. Кириленко Е.В., Шемонаев Е.В. Данные о морфологии и биологии ротанаголовёшки *Perccottus glenii* Dybowsky, 1877 из озера Круглое Мордовинской поймы Саратовского водохранилища // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т.13. №1. С.2017-210.
42. Кириленко Е.В., Шемонаев Е.В. Особенности биологии чужеродного вида рыб – ротана-головёшки *Perccottus glenii* – в ихтиособществах пойменных водоёмов (на примере Самарской области) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т.26. №1. С.21-27.
43. Кирпичников В.С. Биология *Perccottus glenii* Dyb. (Eleotridae) и перспективы его использования против японского энцефалита и малярии // Бюллетень МОИП. Отделение биологическое. 1945. Т. 50. № 5-6. С. 1427 27.
44. Кожара А.В. Оценка состояния популяций промысловых карповых рыб с помощью показателей стабильности морфогенеза: автореф. дисс. … канд. биол. наук. Москва, 1987. 18 с.
45. Корляков К.А. Чужеродные короткоцикловые рыбы в водоёмах Южного Зауралья: автореф. дисс. … канд. биол. наук. Пермь, 2011. 23 с.
46. К экологии и распространению ротана *Perccottus glenii* Dyb. (Odontobutidae, Pisces) в водоёмах правобережья Волги / В.С. Вечканов, А.Б. Ручин, Д.Ю. Семёнов [и др.] // Вестник Модовского университета. Серия «Биологические науки». 2007. №4. С. 36-49.
47. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособ. для биол. спец. вузов. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.
48. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволуцкий Д.А. Биологическое разнообразие: учеб, пособие для студ. высш. учеб, заведений. Москва: Гуманит, изд. центр ВЛАДОС, 2004. 432 с.
49. Левых А.Ю., Усольцева Ю.А., Цаликова И.К. Изменчивость

морфологических признаков в инвазивных популяциях ротана (*Perccottus glenii* Dybowsky, 1877) в водоёмах бассейна р. Ишим // Вестник Тюменского государственного университета. Серия «Экология и природопользование». 2019. Т.5. №1. С. 100-115.

50. Лесковская Л.С., Майер Н.С. Сравнительный анализ популяций ротана из озёр Тюменской и Курганской областей // Современные научнопрактические решения в АПК: сборник статей II Всероссийской научнопрактической конференции. Тюмень: Госуд. аграрный ун-т Северного Зауралья, 2018. С.234-239.
51. Лесковская Л.С., Фомина А.А., Янкова Н.В. Морфо-физиологическая характеристика ротана *Perccottus glenii* Dybowsky, 1877 озера Андреевское Тюменской области // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2017. №2 (37). С.71-77.
52. Мандрица С.А. К размерно-весовой изменчивости головешки-ротана (*Perccottus glenii* Dybowsky, 1877) // Вестник Пермского университета. 2010. Вып.1 (1). С.4-11.
53. Мирюгина М.Е. Изменчивость морфометрических признаков ротанаголовёшки в водоёмах лесостепной зоны Тюменской области // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: материалы XXII международной научной школы-конференции студентов и молодых учёных. В 2-х т. Отв. ред. В.В. Анюшин. Абакан: Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 2018. С.71-72.
54. Мухачев И.С. Увеличение биоразнообразия фауны рыб Обского бассейна // Новые технологии в защите биоразнообразия в водных экосистемах. Москва, 2002. С. 149.
55. Никольский Г. В. Частная ихтиология. Москва, 1971. 471 с.

56. Оценка опасности паводков 2016-2017 годов для экологического состояния старицы Ишимчик / А.А. Новик, О.А. Пацула, Н.А. Рейнлендер [и др.] // Вестник Тюменского государственного университета. Серия «Экология и природопользование». 2018. Т.4. №2. С. 35-43.
57. Панов В.П. Морфобиохимическая характеристика ротана (*Perccottus glenii* Dyb.) // Известия ТСХА. 1990. № 2. С. 128-135.
58. Первая находка ротана-головёшки (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) в бассейне верхнего течения реки Лены / Р.С. Андреев, А.Н. Матвеев, В.П. Самусенок [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2011. Т.4. №4. С. 143-145.
59. Поло-возрастная структура популяций ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) в водоёмах Ишимской равнины / А.Ю. Левых, Ю.А. Усольцева, А.С. Адамова, Н.А. Рейнлендер // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ "Нацразвитие" (Санкт-Петербург, апрель 2019). Международная научная конференция "Наука. Исследования. Практика". СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2019. С. 24-29.
60. Попов И.Ю. Новые виды рыб в Российской части Финского залива и в пресных водоёмах Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Российский журнал биологических инвазий. 2014. №1. С. 48-60.
61. Попов П.А. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов: монография. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2007. 526 с.
62. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. Москва: Пищевая пром-ть, 1966. 267 с.
63. Природно-исторические аспекты формирования качества жизни населения города Ишима: коллективная монография / авт.-сост. А.Ю. Левых, А.В. Ермолаева, О.Е. Токарь [и др.]; отв. ред. А.Ю. Левых. Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ФГБОУ ВО «ТюмГУ», 2016. 166 с.

64. Пятый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». Москва: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015. 124 с.

65. Распространение, биология и промысел ротана *Perccottus glenii* Dybowsky, 1877 в водных объектах Тюменской области/ Л.С. Лесковская, К.Р. Таскаева, Е.С. Петрачук, Н.В. Янкова // Агропродовольственная политика России. 2017. № 3 (63). С. 74-78.

66. Рафиков Р.Р. Морфологическая характеристика и особенности питания головёшки-ротана (*Perccottus glenii* Dybowsky, 1877) в северо-восточной части приобретённого ареала (территория Республики Коми) // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т.20. №5. С. 43-49.

67. Решетников А.Н. Влияние ротана (*Perccottus glennii*) на амфибий в малых водоёмах: дисс. …канд. биол. наук. Москва: ИПЭЭ РАН, 2003. 179 с.

68. Решетников А.Н., Петлина А.П. Распространение ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) в реке Оби // Сибирский экологический журнал. 2007. № 4. С. 551-555.

69. Решетников А.Н. Современный ареал ротана *Perccottus glenii* Dybowski,1877 (Odontobutidae, Pisces) в Евразии // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2009. № 1. С. 22- 35.

70. Решетников А.Н., Чибилев Е.А. Распространение рыбы ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) в бассейне р. Иртыш и анализ возможных последствий для природы и человека // Сибирский экологический журнал. 2009. Т. 16. № 3. С. 405-411.

71. Ручин А.Б., Лобачев Е.А., Рыжов М.К. Влияние абиотических факторов на скорость роста ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 // Биология внутренних вод. 2004. №4. С.79-83.

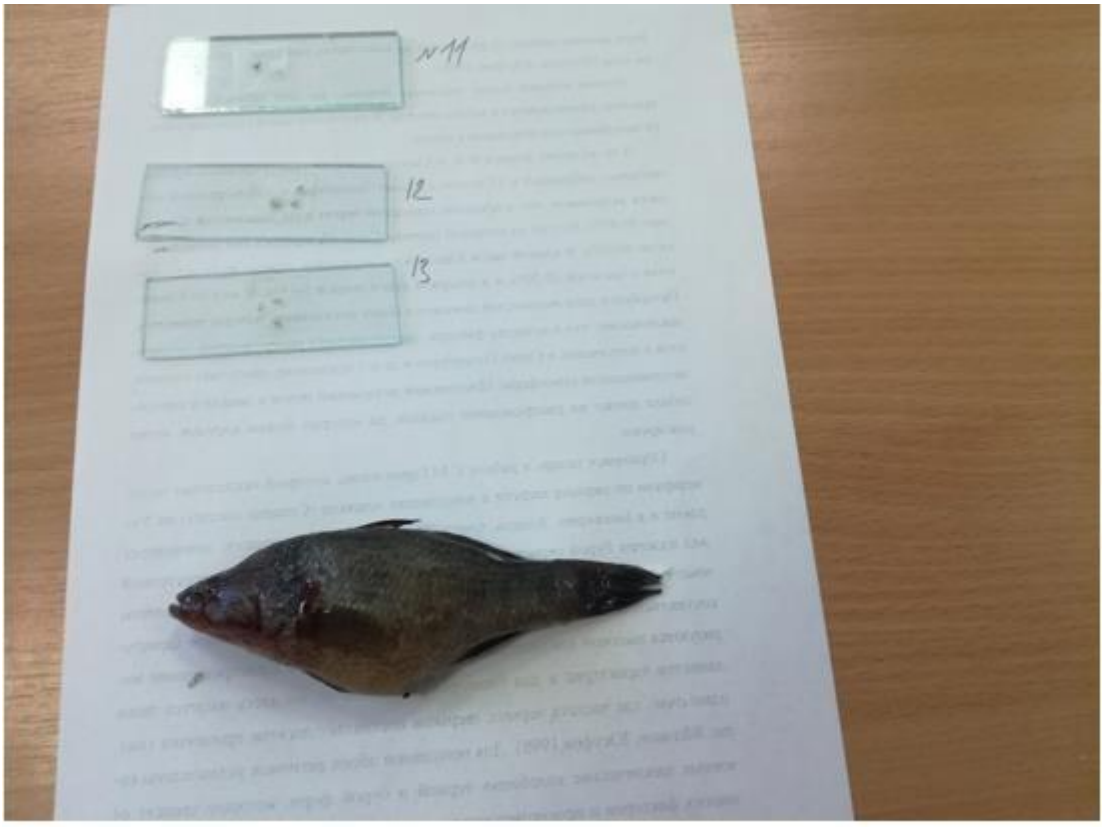
72. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. 688 с.
73. Семёнов Д.Ю. Роль чужеродных видов в питании хищных рыб Куйбышевского водохранилища // Поволжский экологический журнал. 2009. № 2. С. 148-157.
74. Скрябин А.Г. Экология и морфология рыб Восточной Сибири: автореф. дис. … д-ра биол. наук. Иркутск, 1997. 39 с.
75. Стабильность развития в инвазивных популяциях ротана-головёшки (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) / А.Ю. Левых, Ю.А. Усольцева, И.С. Турсуков [и др.] // Актуальные вопросы биологии, географии, химии, безопасности жизнедеятельности и методики их преподавания: материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции / отв. ред. О.Е. Токарь, Н.Е. Суппес. Ишим: ИПИ им. П.П. Ершова (филиала) ТюмГУ, 2020. С.37-41.
76. Терентьева Н.Н., Мухачев И.С. Эколого-рыбохозяйственное значение новых видов бассейна Оби // IX съезд гидробиологического общества РАН: Тез. докладов. Тольятти, 2006. Т. 2. С. 188.
77. Термоизбрание и термоустойчивость молоди ротана-головешки *Perccottus glenii* в осенний сезон / В.К. Головано, Д.С. Капшай, Ю.В. Герасимов [и др.] // Вопросы ихтиологии. 2013. Т. 53. №2. С. 246-250.
78. Усольцева Ю.А. К вопросу об оценке качества пресных вод по показателям флуктуирующей асимметрии неметрических признаков рыб // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2014. № 1(9). С.106-110.
79. Физическая география СССР. Ч.2 / А.М. Алпатьев, А.М. Архангельский, Н.Я. Подоплёлов, А.Я. Степанов. Москва: Высшая школа, 1965. 558 с.
80. Хорошеньков Е.А. Биоиндикационная оценка качества воды в некоторых степных водоёмах Кубани // Молодой учёный. 2013. № 3. С. 156-160.

81. Хорошеньков Е.А. Флуктуирующая асимметрия серебряного карася в некоторых водоёмах Северо-Западного Предкавказья // Молодой учёный. 2012. № 8. С. 54-57.
82. Чеботарева Ю.В., Изюмов Ю.Г. Морфологическая изменчивость, флуктуирующая асимметрия и частота микроядер в эритроцитах периферической крови у серебряного карася *Carassius auratus gibelio* из пруда-отстойника бытовых стоков // Вопросы ихтиологии. 2001. Т. 41. № 2. С.283–285.
83. Чемагин А.А. Интродукционное расселение вида ротан-головёшка (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) в пойменно-русловом комплексе Нижнего Иртыша // Фундаментальные исследования. 2014. №11. Ч.11. С. 2449-2455.
84. Чёрная книга инвазивных видов животных Беларуси. Минск: Беларуская навука, 2016. 107 с.
85. Чужеродные виды в Голарктике / В.Г. Петросян, Л.А. Хляп, А.Н. Решетников // Российский журнал биологических инвазий. 2018. Т.11. №3. С.99-109.
86. Шварц С.С. Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 1968. 387 с.
87. Экологическая оценка старицы Ишимчик города Ишима методами биоиндикации / С.Ф. Лихачёв, А.Ю. Левых, О.Е. Токарь [и др.] // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития: материалы IV международной научно-практической конференции. Ишим: ИГПИ им. П.П. Ершова, 2009. С.28-33.
88. Яблоков А.В. Популяционная биология. Москва: Высшая школа, 1987. 303 с.

89. Ядренкина Е.Н. Распределение чужеродных видов рыб в озерах умеренного климатического пояса Западной Сибири // Российский журнал биологических инвазий. 2012. № 1. С.98-115.

Приложение

Рис.1. Ротан-головёшка из старицы Ишимчик (г. Ишим) (фото: Щеголева, 2019)


N11
12
13

13
12
11

Рис.2. Камеральная обработка материала в лаборатории (фото: Щеголева, 2019)

Таблица 1 Зависимость размерно-весовых показателей ротана-головёшки в популяциях водоёмов Ишимской равнины от возраста

№ п/п признака	Градации фактора (возраст)				
	A1 (1)	A2 (2)	A3 (2+)	A4 (3)	A5 (4)
1	3	4	5	6	7
	масса тела, г				
1	*x*	*x*	*x*	*x*	*x*
	34,2	44,0	44,3	55,9	76,6
	30,8	37,8	41,5	57,3	78,2
				25,3	29,7
2	длина головы, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	42,4	45,7	46,4	49,2	64,7
	36,5	43,9	47,8	52,5	67,2
				36,6	34,5
3	длина рыла, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	11,3	11,9	12,7	14,6	26,5
	11,0	12,9	14,5	18,5	27,8
				8,8	9,1
4	антедорсальное расстояние, мм				
	50,0	52,4	50,6	57,2	69,8
	43,1	52,7	52,0	60,8	72,6
				44,9	45,3

Продолжение таблицы 1

1	3	4	5	6	7
5	постдорсальное расстояние от первого спинного плавника, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	53,0	55,0	56,9	62,1	67,3
	50,1	56,6	56,7	64,0	69.0
				45,5	48,7
6	антевентральное расстояние, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	20,0	43,1	45,0	49,8	48,6
	37,5	40,7	43,7	53,0	49,2
				37,1	38,9
7	антепектральное расстояние, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	41,4	45,2	44,4	50,6	59,9
	35,3	43,1	43,3	52,8	60,8
				39,2	40,1
8	длина хвостового стебля, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	27,3	29,2	33,3	39,8	39,0
	23,8	29,6	35,6	43,7	37,0
				22,2	26,9
9	длина основания первого спинного плавника, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	12,3	15,2	14,7	16,4	23,3
	11,8	13,9	18,8	18,3	24,8

Продолжение таблицы 1

				11,5	12,2
10	длина основания анального плавника, мм				
	15,9	18,8	20.9	19.1	23,6
	14,2	17,1	19,5	22,8	25,4
				21,3	15,6

1	3	4	5	6	7
11	длина грудных плавников, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	24,0	27,0	27,3	28,5	26,8
	18,1	23,1	25,9	31,3	28,2
				14,8	16,6
12	длина брюшных плавников, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	16,5	18,0	18.7	19,6	33,8
	19.6	17,1	20.7	23,0	36,8
				20.9	21,0
13	диаметр глаза, мм				
	x	x	x	x	x
	5,9	6,4	6,7	8,2	15,4
	7,5	7,8	8,1	8,0	17,8
				5,0	5,8
14	ширина лба, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	7,8	9,0	8,7	8,3	10.1

Продолжение таблицы 1

	7,7	8,8	8,2	9,0	10.8
				8,0	6,0
15	расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника, мм				
	x	x	x	x	x
	29,6	36,8	30,6	40,6	87,9
	26,1	30,3	34,2	56,5	100,6
				26,5	30,0
16	высота анального плавника, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	15,6	17,3	17,4	19,8	26,9
	14,1	17,1	16,5	21,5	29,6
				14,6	14,2

Продолжение таблицы 1

1	3	4	5	6	7
17	длина основания второго спинного плавника, мм				
	x	*x*	*x*	*x*	*x*
	21,4	26,9	26,5	26,4	32,5
	20,6	24,1	26,9	28,8	35,2
				17.9	18.6
18	высота первого спинного плавника, мм				
	x	x	x	x	x
	12,3	15,2	16,7	17,8	24,4
	11,8	14,6	18,8	19,5	26,6
				17,9	13,4
19	высота головы на уровне затылка, мм				
	x	x	x	x	x
	22,9	25,3	25,3	25,6	38,0
	22,5	24,2	24,5	27,5	41,0
				21,3	21,0