

На правах рукописи



Аськеев Артур Олегович

НАСЕЛЕНИЕ РЫБ МАЛЫХ РЕК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

03.02.08 – экология (биологические науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань – 2018

Работа выполнена в государственном научном бюджетном учреждении «Академия Наук Республики Татарстан», в обособленном подразделении «Институт проблем экологии и недропользования» АН РТ.

Научный руководитель кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биомониторинга Институт проблем экологии и недропользования» АН РТ

Аськеев Олег Васильевич

Официальные оппоненты: **Ильмаст Николай Викторович**, доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией экологии рыб и водных беспозвоночных, Институт биологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИБ КарНЦ РАН)

Герасимов Юрий Викторович, доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (ИБВВ РАН)

Ведущая организация Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Защита состоится «4» декабря 2018 г. в 14-30 часов на заседании диссертационного совета Д 004.005.01 при Институте экологии растений и животных УрО РАН, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202; факс: (343) 260-82-56, E-mail: dissovet@ipae.uran.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Института экологии растений и животных УрО РАН, <http://ipae.uran.ru/>.

Автореферат разослан «___» _____ августа 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Золотарева Наталья Валерьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В эпоху глобальных климатических изменений актуальной задачей для науки остается выявление реакций сообществ животного мира в те сезоны года, когда они наиболее стационарны и чувствительны к факторам окружающей среды. Биоресурсная значимость сообществ рыб [Ильмаст, 2005], их чувствительность к изменениям природной среды, доступность для наблюдений делает их удобными моделями для нашего исследования.

Малые реки в Российской Федерации, являясь самыми многочисленными водными объектами и внося огромный вклад в формирование биологического разнообразия, остаются малоизученными в ихтиологическом плане [Иванчева, 2008], в том числе и в Республике Татарстан. В настоящее время малые реки служат основным резерватом для сохранения многих редких и исчезающих видов животных, в том числе и рыб [Распространение ..., 2014; Экология..., 2015; Аськеев А., 2016; Toward a loss..., 2013; Comte L. et al., 2013]. Но малые реки, в силу своих аккумулятивных особенностей, являются очень хрупкими экосистемами, бездумное воздействие человека очень быстро приводит их к депрессивному состоянию. Создание крупных водохранилищ, вырубка лесов, загрязнение водных объектов бытовыми отходами, выпас скота на водосборной площади оказали сильный негативный пресс на речные экосистемы и привели к изменению гидрологического баланса малых и средних рек [Кузнецов, 2005]. Встречаемость и численность многих видов рыб, а особенно рыб реофильного комплекса снизились в разы по сравнению с их историческим распространением на территории РТ [Экология..., 2015; Численность ..., 2016]. На данный момент, помимо антропогенной деятельности, на ихтиофауну малых рек действует еще потепление климата, которое, как показано в исследованиях, может оказать пагубное влияние на рыб бореальных и реофильных комплексов [Toward a loss..., 2013; Comte L. et al., 2013]. Климат на территории Республики Татарстан в последние 30 лет серьезно изменился в сторону потепления [Askeyev O. et al., 2018]. Если данные тенденции продолжаться, то многие бореальные по своему происхождению виды могут столкнуться с проблемами выживания [Comte L. et al., 2013].

Рациональное использование и охрана биологических ресурсов возможно только на основе знаний особенностей сообществ животного мира, населяющих определенную территорию [Богданов и др., 2006]. Но рациональная охрана рыб может быть удовлетворительно осуществлена только при использовании и анализе всех задействованных факторов среды [Buisson et al., 2008].

Цели и задачи исследования. Целью работы является выявление и анализ закономерностей распределения населения рыб в зависимости от факторов окружающей среды в Республике Татарстан. Для решения этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Провести инвентаризацию населения рыб на малых реках Республики Татарстан. Проанализировать изменения видового богатства и общей численности рыб в градиентах окружающей среды
- 2) Оценить структуру населения рыб по основным экологическим характеристикам
- 3) Выявить факторы, влияющие на распределение отдельных видов рыб. Определить точки оптимума и ширину экологической ниши рыб по факторам среды. Оценить особенности пространственного распределения рыб на малых реках Республики Татарстан
- 4) Проанализировать современное распределение редких и исчезающих видов рыб на территории Республики Татарстан

Научная новизна. Впервые для Республики Татарстан проведено комплексное исследование ихтиофауны малых рек. Выявлены закономерности распределения видов рыб в градиентах окружающей среды. Определены факторы окружающей среды, влияющие на встречаемость отдельных видов рыб. Вычислены точки оптимума и ширина экологической ниши по факторам среды для 28 видов рыб. Охарактеризована пространственная структура населения рыб на малых реках РТ.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные в ходе работы данные можно использовать в региональном экологическом мониторинге состояния малых рек и для составления регионального кадастра животного мира. Фактические данные по численности и распространению краснокнижных видов рыб были использованы нами при создании третьего издания Красной Книги Республики Татарстан. Количественные характеристики рыб, полученные в ходе нашего исследования, могут являться важной составляющей при учете стоимостной оценки природных (биологических) ресурсов РТ. Вычисленные оптимумы и ширина ниши могут быть использованы в аквакультуре и при промышленном разведении рыб. Материалы нашей работы будут способствовать развитию в обществе представлений об экологической безопасности региона и использоваться для принятия решений государственными органами. По результатам наших работ была сформирована особо охраняемая природная территория «Рычковская Лесостепь», включающая в себя ряд участков малых рек, для которых характерно наибольшая концентрация редких и исчезающих видов рыб.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1) Наибольшим видовым богатством (по числу видов) обладают крупные по ширине и глубине реки. По мере увеличения высоты над уровнем моря наблюдается уменьшение числа видов рыб.
- 2) Высота над уровнем моря, ширина и глубина реки – главные факторы, определяющие встречаемость и численность отдельных видов рыб. Ширина экологической ниши может существенно варьировать как между разными видами рыб, так и в пределах одного вида

по отдельным факторам. Пространственный (долготно-широтный) градиент не оказывает определяющего влияния на распределение отдельных видов рыб.

Степень достоверности и апробация работы. Надежность и обоснованность выводов и положений основывается на анализе значительного по объему фактического материала. За период работы было исследовано 299 участков малых рек Республики Татарстан. Применение современных статистических методов обработки материала обеспечивает достоверность полученных в диссертационной работе результатов и сформулированных на их основе положений и выводов.

Материалы диссертации были представлены на двух конференциях молодых ученых и аспирантов, проведенных на базе института проблем экологии и недропользования АН РТ (Казань, 2015, 2017); на научно-практической конференции, посвященной 85-летию Башкирского заповедника (с.Старосубхангулово, 2015); на IV Международной научно-практической конференции «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия» (Чебоксары, 2015); на II Республиканской молодежной экологической научной конференции (Казань, 2016); на всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы южного Урала и пути их решения» (Сибай, 2017); на международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие регионов: опыт, проблемы, перспективы» (Казань, 2017); на III Республиканской молодежной экологической научной конференции (Казань, 2018).

Публикации. По теме диссертации было опубликовано 17 научных работ: из них шесть статей из перечня ВАК (четыре из базы «Web of Science»).

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие на всех этапах научных исследований. Около 90 % полевого материала собрано лично автором. Персонально А.О. Аськеевым проведены камеральная обработка и статистический анализ собранного материала, теоретически обобщены результаты и на их основе сформулированы все выводы и положения работы.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка литературы. Текст диссертации написан на 150 страницах и включает 41 рисунок и 18 таблиц. Список использованной литературы включает в себя 212 источников, в том числе 113 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает благодарность и глубокую признательность: научному руководителю, кандидату биол. наук, заведующему лабораторией биомониторинга ИПЭН АН РТ О.В. Аськееву за неоценимую помощь в подготовке диссертации; кандидату биол. наук, с.н.с. ИПЭН АН РТ И. В. Аськееву за ценные рекомендации и помощь в поиске современной и исторической литературы; м.н.с. ИПЭН АН РТ С.П. Монахову за помощь в проведении ихтиологических исследований; главному редактору журнала «Global ecology and biogeography» Брайану МакГиллу за помощь в понимании философских вопросов биомониторинга; свою особую

благодарность я выражаю Аськеевой Л.Б. за моральную поддержку и всестороннюю помощь при подготовке диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ОБЩИЙ АСПЕКТ ИЗУЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РЫБ В ЕВРОПЕ, РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

В Российской Федерации и в Республике Татарстан до начала 21 века публикаций об ихтиофауне малых рек очень мало. За последние 20 лет произошло существенное увеличение количества публикаций, посвященных изучению ихтиофауны малых рек во многих регионах Российской Федерации [Ихтиофауна малых..., 2002; Решетников и др., 2004; Котегов, 2006; Ручин и др., 2007; Иванчева 2008; Артаев, 2011; Аськеев А., 2016; Мельниченко и Богданов, 2016, 2017; Зиновьев и др., 2017].

В Европе исследование рыб на малых реках ведется уже давно, с середины 20 века. На настоящий момент в странах Европы существенное внимание уделяется изучению влияния факторов окружающей среды на композицию населения рыб малых рек, а так же прогнозированию состояния популяций редких видов в контексте глобальных климатических изменений.

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Физико-географическое описание местности

Республика Татарстан расположена на крайнем востоке Европейского субконтинента, в месте слияния крупнейших рек Европы: Волги, Камы, Белой, Вятки. Татарстан обладает большой площадью (67838 км²) с относительно большими широтно-долготными градиентами (с запада на восток РТ раскинулась на 460 км, а с севера на юг на 290 км). Рельеф исследованной территории очень неоднороден, разница в высотном градиенте достигает 327 м над уровнем моря [Атлас Республики Татарстан, 2005]. Умеренно-континентальный климат Республики Татарстан типичен для Восточной Европы.

2.2 Краткая характеристика бассейнов рек Республики Татарстан

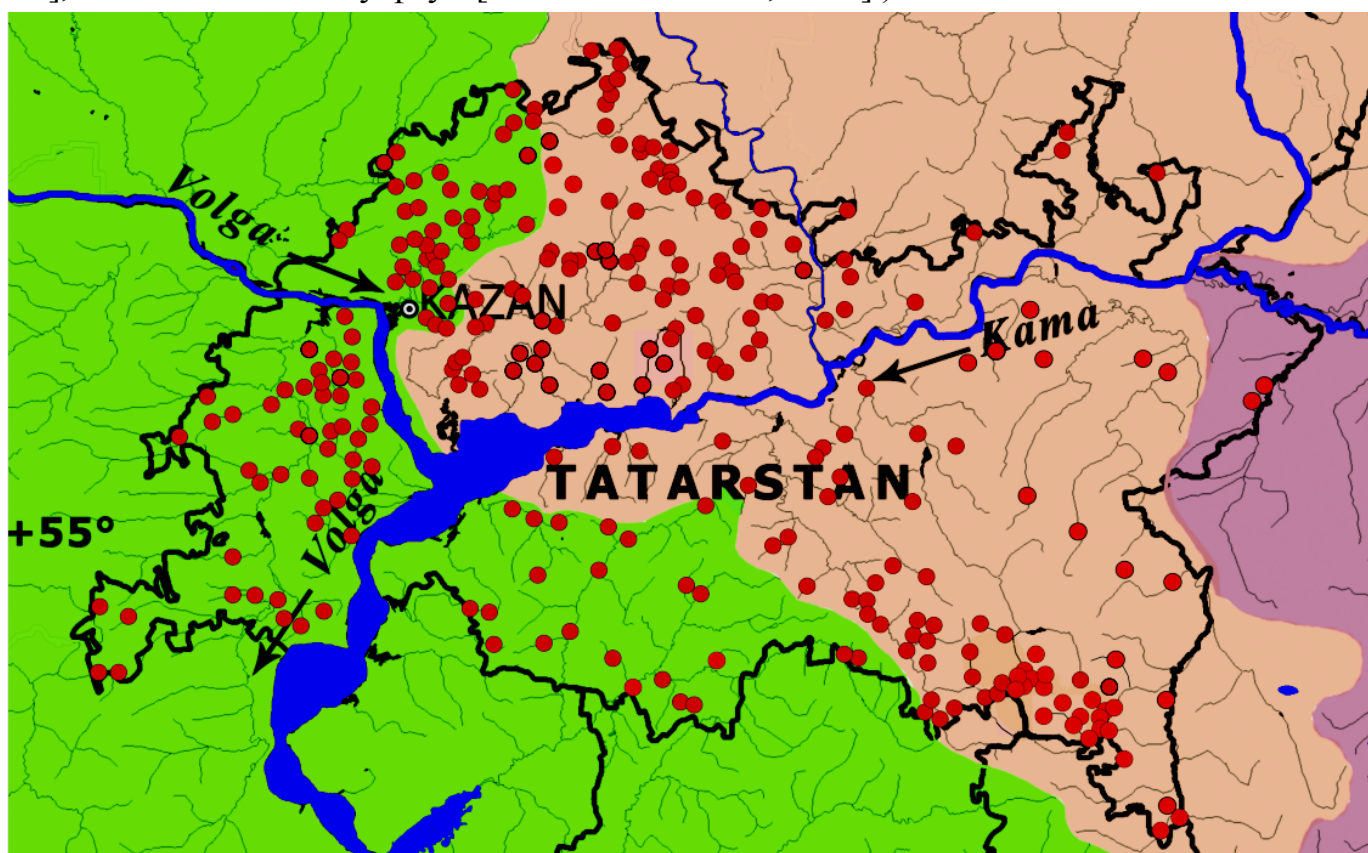
Территория Республики Татарстан богата своими водными ресурсами. В подглаве приведено описание физико-географических особенностей крупнейших бассейнов рек на территории РТ.

2.3 Материал и методы исследования ихтиофауны

На территории Республики Татарстан было исследовано 299 участков малых рек и ручьев (Рисунок 1). Сбор ихтиологического материала проводился ежегодно на реках в период с мая по сентябрь, в течение 9 лет (2008-2016). Протяженность каждого исследуемого участка составляла всегда 200 - 250 м. Отлов осуществлялся при помощи крупноячеистой мальковой волокуши-бредня длиной 7 - 15 м (с ячеей в крыльях 5 x 5 мм, в кутке 3 x 3 мм) и рыболовными сачками (диаметр сачка 40-50 см, с ячеей 4 x 4 мм).

Такой набор орудий лова связан со значительной зарастаемостью берегов макрофитами, наличием перекатов и быстрой сменой рыбами биотопов [Matthews, 1998; Dussling, 2004]. После отлова рыбы определялись до вида, подсчитывались и 95 процентов особей возвращались в естественную среду обитания. В данной работе была использована классификация рыб в соответствии с современными сводками по систематике пресноводных рыб России [Богущая, Насека, 2004] и Европы [Freyhof and Kottelat, 2007]. Обилие видов рыб на каждом участке оценивали по числу пойманных экземпляров за период облова, который составлял во всех случаях 2 часа.

Для каждого участка реки было вычислено: видовое богатство, общая численность рыб, индекс биологического разнообразия Шеннона – H' и основные экологические характеристики рыб (образ жизни, отношения к субстрату размножения [Noble and Cowx, 2002], отношению к типу фаун [Никольский 1974, 1980]).



Красными кружками показаны места отлова рыб. Зеленым цветом на карте выделен бассейн р. Волги, бежевым - бассейн р. Камы, сиреневым - бассейн р. Белой

Рисунок 1 – Карта отбора проб ихтиофауны на территории Татарстана

На каждом участке измерялись и фиксировались следующие 7 факторов окружающей среды: высота над уровнем моря, ширина реки, средняя глубина, скорость течения водотока, степень залесенности берегов в процентах, преобладающий субстрат дна, вид хозяйственной деятельности человека (ВХДЧ) (по балльной шкале) [Beier, Degerman and Wirlöf, 2002; Kestemont and Goffaux, 2002]. Кроме этого, для

пространственной оценки распределения населения рыб для каждой точки отмечались географические координаты места учета (географическая широта и долгота).

При статистической обработке полученных данных применялись следующие методы: для оценки взаимоотношения видового богатства, общей численности, индекса Шеннона с переменными среды обитания использовалась линейная регрессионная модель. Далее виды рыб, которые встречались менее в чем на шести участках рек, были исключены из базы данных в статистическом анализе. Таким образом, матрица данных для последующих статистических анализов состояла из 28 видов и 299 участков рек. Для выявления и визуализации связей между населением рыб и факторами окружающей среды использовался метод ординации - «Canonical Correspondence Analysis» (CCA). Для проверки достоверности между абиотическими факторами среды и встречаемостью отдельных видов рыб использовалась биномиальная логистическая регрессионная модель (GLM). Для вычисления оптимума видов рыб и зоны толерантности использовался алгоритм по методу взвешенных средних на данных о численности [ter Braak and van Dam, 1989].

Для обработки данных в нашем исследовании использовались прикладные статистические программы Microsoft Excel, STATISTICA 7.0., Past 2.17.;3.16, R, XLSTAT 2017, MINITAB 14.

Глава 3. НАСЕЛЕНИЕ РЫБ В ГРАДИЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

3.1 Общие сведения о населении рыб в реках РТ

Всего за период исследования было отловлено 40 видов рыб, в таксономическом плане все выявленные виды относятся к классу Лучепёрые – Actinopterygii, к восьми отрядам и четырнадцати семействам. Видовое богатство на участках изменялось от 1 до 23 видов (в среднем 5.6 ± 0.2). Число рыб на участках изменялось от 1 до 1133 особей (в среднем 127.4 ± 8.9). Индекс Шеннона на исследованных участках изменялся от 0 до 2.441 (в среднем 1.06 ± 0.03). Лишь два вида (усатый голец и обыкновенный пескарь) были отмечены на более чем 50 % участков рек. Самыми многочисленными видами были: речной голянь, усатый голец и обыкновенный пескарь, вместе их доля составила 61 % от общего числа всех пойманных рыб. Видовой список рыб, полученный в нашем исследовании в таксономическом плане, сходен с тем, что наблюдается в других регионах европейской части России и Европы, но следует отметить, что в целом общее количество видов в РТ выше, чем в других регионах Европейского субконтинента [Ихтиофауна малых..., 2002; Котегов, 2006; Иванчева 2008; Sutela et al., 2010; The relative ..., 2011; Virzaks, 2012]. Относительно большое видовое разнообразие рыб в нашем исследовании является следствием высокой мозаичности микроместообитаний малых рек РТ, которые возникают в результате разветвленной гидрологической сети (на территории РТ находятся 4 бассейна крупнейших рек Европы), смешения ландшафтов лесной и лесостепной зон, ярко-выраженной неоднородности орографической структуры

региона и взаимообогащения южной понто-каспийской и бореальных ихтиологических фаун.

3.2 Видовое богатство, общая численность и индекс Шеннона населения рыб в градиентах окружающей среды

Установлено, что видовое богатство рыб выше на широких и глубоких участках рек с «мягкими» субстратами на относительно небольшой высоте над уровнем моря (Таблица 1).

Общая численность рыб была достоверно выше на широких и глубоких реках с относительно низкой антропогенной нагрузкой с «мягкими» субстратами в юго-восточных областях РТ (Таблица 1).

В отличие от видового богатства численность рыб в нашем исследовании практически не зависела от фактора высоты над уровнем моря (Рисунок 2).

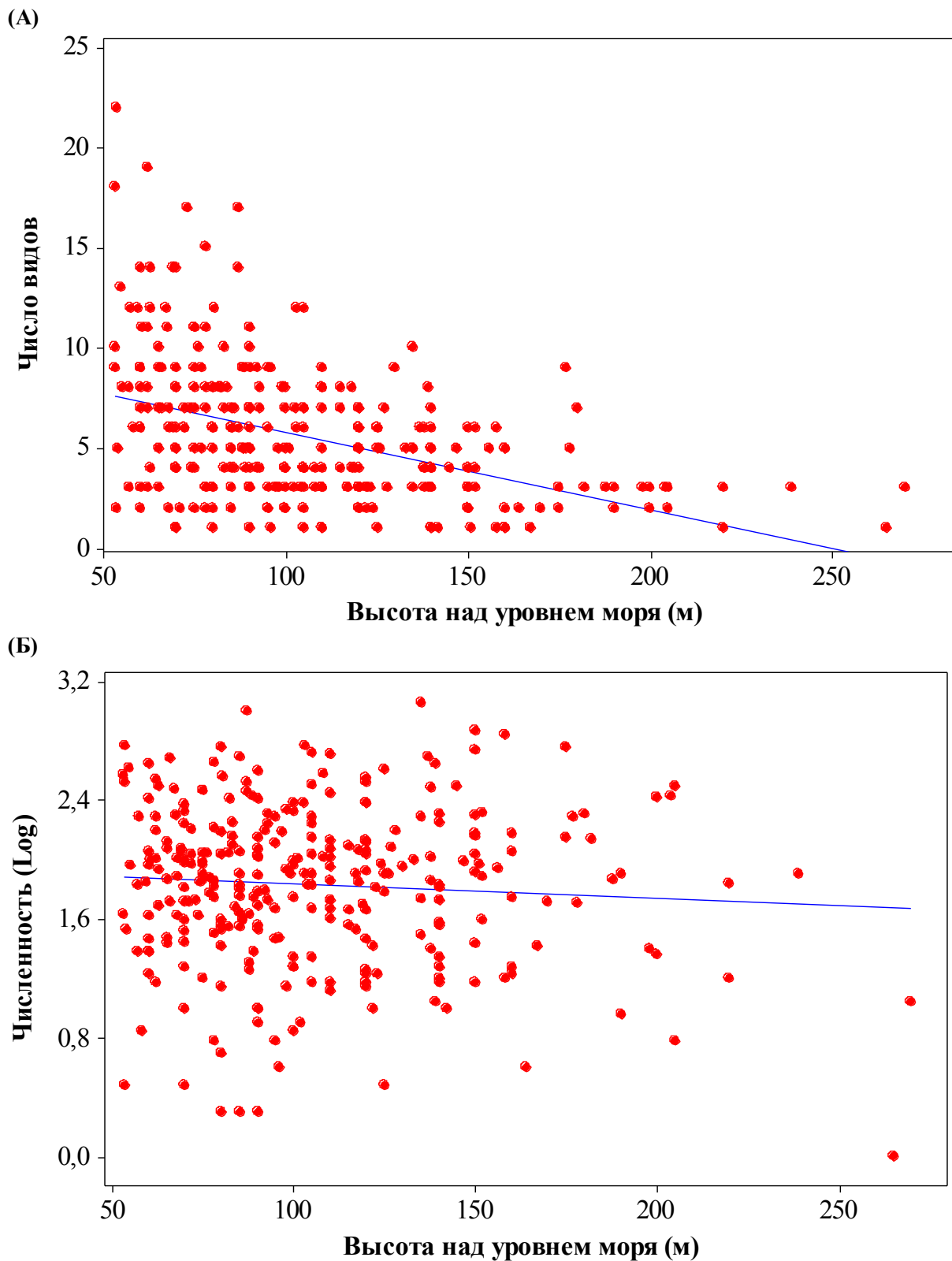
Таблица 1 – Регрессионные модели связей видового богатства и общей численности рыб с факторами окружающей среды

Факторы среды	Численность		Видовое богатство	
	Slope A±SE	p	Slope A±SE	p
Высота над уровнем моря	0,002±0,23	0,99	-0,04±0,01	<0,001
Ширина реки	4,52±0,8	<0,001	0,2±0,02	<0,001
Заселенность в %	-0,42±0,32	0,18	-0,001±0,007	0,17
Субстрат дна	22,8±9,6	0,018	-0,48±0,22	0,027
Скорость течения	71,3±56,3	0,21	0,49±1,27	0,7
ВХДЧ	-22±10	0,03	-0,39±0,23	0,05
Глубина реки	109,29±28,5	<0,001	6,16±0,55	<0,001
Широта реки	-32,6±13,3	0,01	0,1±0,3	0,73
Долгота реки	16,3±5,9	<0,001	-0,12±0,14	0,38

Примечание – Достоверные значения (p) выделены полужирным шрифтом

На наш взгляд, это является следствием того, что видовой состав в реках эволюционно детерминирован и преимущественно является статичным, в то время как численность зависит от экологических условий на конкретном участке и может быстро

меняться со временем под воздействием геоморфологических, климатических или антропогенных факторов [River fish..., 2017].



Достоверность трендов приведена в Таблице 1

Рисунок 2 – Регрессионные модели связи общего числа видов (А) и общей численности рыб (Б) с высотой над уровнем моря

3.3 Основные экологические характеристики населения рыб

По экотопическим гильдиям среди рыб доминировали представители реофилов, вместе их доля составила 76,7 % от общего числа. Общая доля реофильной гильдии среди населения рыб достоверно растет ($p < 0,001$) с увеличением высоты над уровнем моря (Рисунок 3).

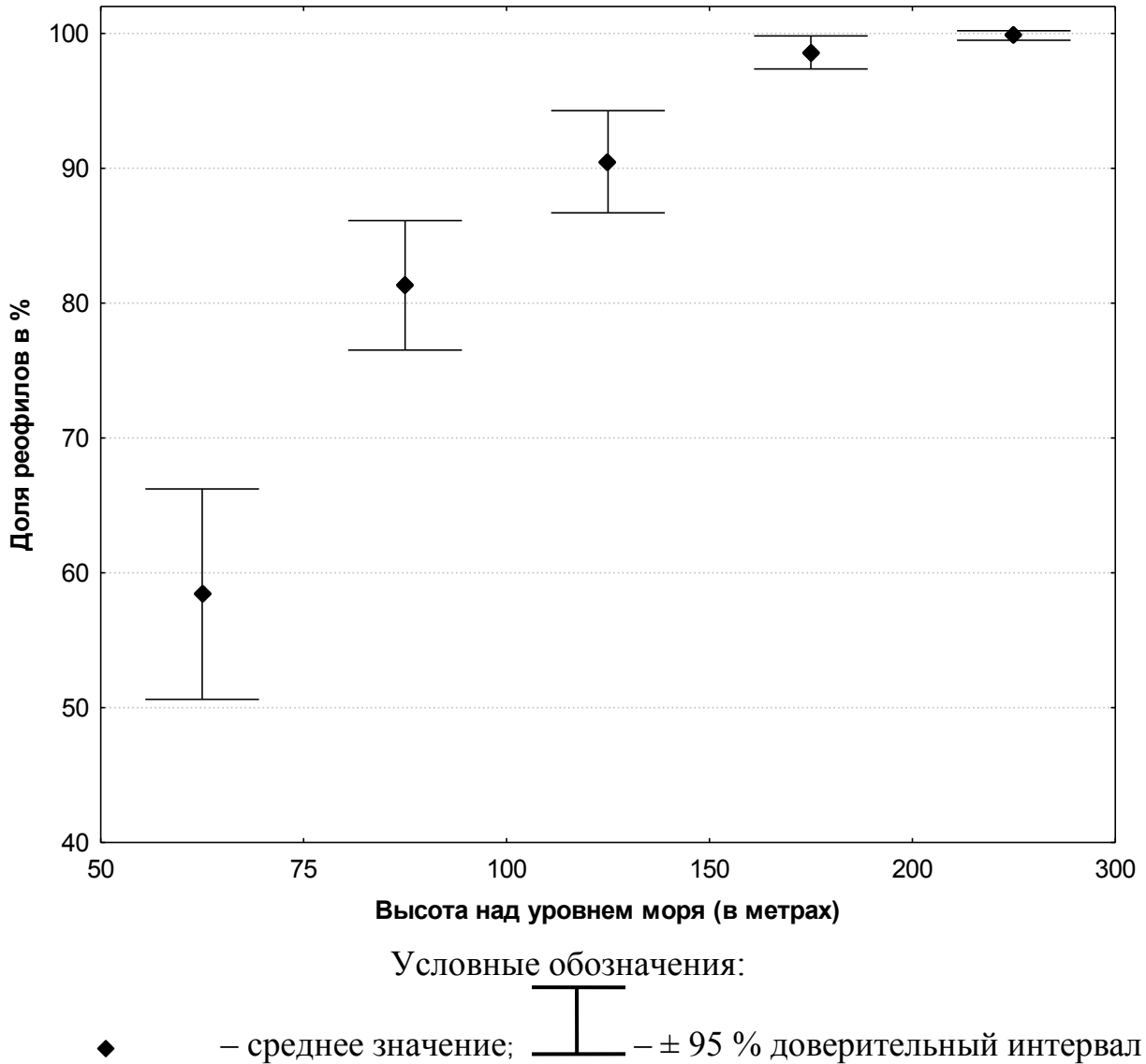


Рисунок 3 – Процентные доли реофильной группировки рыб в зависимости от высоты над уровнем моря

Доля реофилов наименьшая на участках водотоков, лежащих на высотах над уровнем моря меньше 75 метров. Напротив, доля реофильной гильдии на высотах свыше 140 метров никогда не опускается ниже 85 %. В реках РТ, расположенных на высотах свыше 200 метров, никогда не отмечались представители эвритопной или лимнофильной групп рыб (Рисунок 3).

По фаунистическим группам рыб по численности доминировали представители бореального предгорного комплекса, их доля достигла 45,8 % от общего числа. Доли рыб

бореального равнинного комплекса и понто-каспийского пресноводного комплекса по численности были несколько ниже: 30,7 % и 23,4 % соответственно. Доля представителей других гильдий была незначительна и не превышала 0,1 %. Доля бореального предгорного комплекса в населении рыб малых рек по численности достоверно растет на узких и мелких участках рек на большой высоте над уровнем моря с сильной залесенностью, высокой скоростью течения, «жесткими» субстратами дна на юго-востоке Республики Татарстан (Таблица 2).

Таблица 2 – Регрессионные модели связей типов фаун рыб с факторами окружающей среды

Факторы среды	Бореальный предгорный		Понто-каспийский пресноводный	
	Slope A±SE	p	Slope A±SE	p
Высота над уровнем моря	0,61±0,05	<0,001	-0,24±0,03	<0,001
Ширина реки	-1,63±0,19	<0,001	1,3±0,1	<0,001
Заселенность в %	0,23±0,09	0,004	-0,03±0,05	0,47
Субстрат дна	15,6±2,28	<0,001	-4,9±1,4	<0,001
Скорость течения	55,43±13,9	<0,001	-6,6±8,3	0,43
ВХДЧ	-4±2,6	0,12	-0,04±1,5	0,98
Глубина реки	-48,1±6,8	<0,001	30,8±4	<0,001
Широта реки	-6,41±3,38	0,05	1,7±1,9	0,38
Долгота реки	7±1,4	<0,001	-1,9±0,87	0,03

Примечание – Достоверные значения (p) выделены полужирным шрифтом

В отличие от бореального предгорного комплекса, доля понто-каспийского пресноводного комплекса в населении рыб по численности достоверно растет на широких и глубоких участках рек на небольшой высоте над уровнем моря с «мягкими» субстратами дна на западе Республики Татарстан (Таблица 2).

По отношению к субстрату икротетания в малых реках Татарстана доминировали представители гильдии литофилов. Вместе их доля составила 57,2 % от общего числа всех пойманных рыб. Их число достоверно увеличивается на узких и неглубоких участках рек с высокой скоростью течения, на большой высоте над уровнем моря с «жесткими» субстратами на востоке Республики Татарстан ($p < 0,001$).

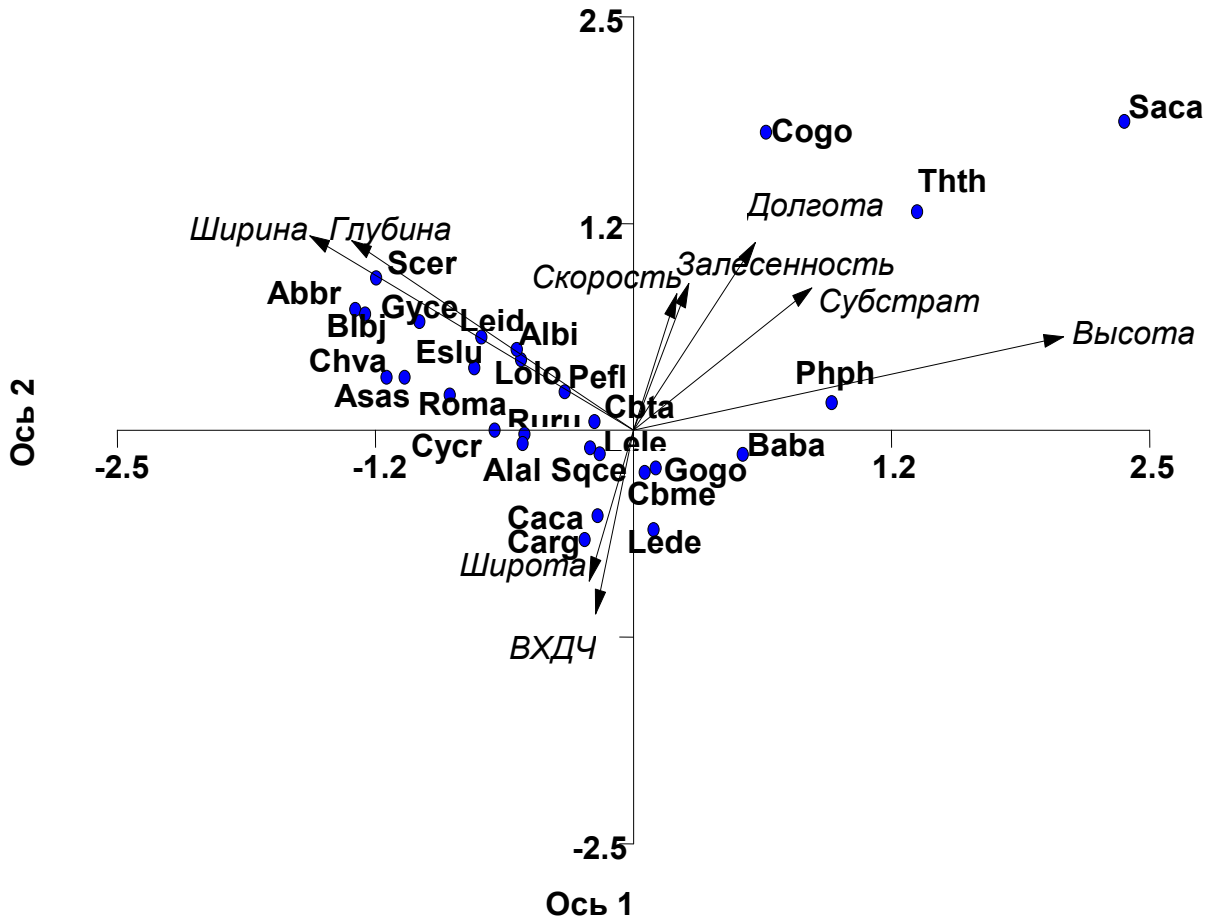
ГЛАВА 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РЫБ В МАЛЫХ РЕКАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

4.1 Встречаемость отдельных видов рыб в реках РТ в сравнении с реками Европы

Несмотря на сходный видовой состав рыб в нашем исследовании и в реках Европы, очень интересно, что частота встречаемости многих видов сильно отличается от таковой в Западной Европе. Например, вероятность обнаружения ручьевой форели [Oberdorff and Porcher, 1992; Pont et al., 2005; Fieseler and Wolter, 2006; Pekarik et al., 2011; Logez et al., 2012; Radinger et al., 2015], подкаменщика [Fieseler and Wolter, 2005; Pont et al., 2005; Sutela et al., 2010; Birzaks, 2012], горчача [The relative ..., 2011; Logez et al., 2012; Maire et al., 2016], щуки [Fieseler, Wolter, 2006; The relative ..., 2011; Maire et al., 2016] и быстрянки [Stakenas, 2002; Logez et al., 2012; Maire et al., 2016] в реках Европы в разы выше, чем в реках РТ; в то время как частота встречаемости обыкновенного ельца, язя, верховки, уклейки и белоперого пескаря значительно выше в Татарстане.

4.2 Распределение отдельных видов рыб в градиентах окружающей среды

Анализ (ССА) на данных о присутствии – отсутствии показал, что первые две оси ординации ССА были способны объяснить 87,5 % вариаций дистанционной матрицы. Первая ось ординации объясняла 73,4 % вариаций структуры населения рыб и была достоверно связана с градиентом высоты над уровнем моря, глубиной и шириной реки ($p < 0,001$) и, в меньшей степени, с фактором субстрата дна реки (Рисунок 4). Вторая ось объясняла 14,1 % вариаций и преимущественно связана с влиянием человека. В целом, перемещение справа налево по первой оси демонстрировало изменение населения рыб от истоков рек к устью. На видовом уровне результаты подтверждали тот факт, что реофильные виды рыб, такие как: ручьевая форель (Saca), хариус (Thth), речной голянь (Phph), подкаменщик (Cogo) и усатый голец (Baba) были преимущественно связаны с большими высотами и малыми по размеру реками. Потамальные виды, такие как: ерш (Gyse), окунь (Pefl), красноперка (Scer), щука (Eslu), волжский подуст (Chva), белоперый пескарь (Roma), лещ (Abbr), густера (Blbj), уклейка (Alal), жерех (Asas) и язь (Leid) были связаны с широкими и глубокими реками, расположенными на небольшой высоте над уровнем моря. Сходные результаты для этих видов были получены и в ряде стран Западной Европы [Kesminas and Vibrickas, 2000; Lamouroux and Souchon, 2002; Lusk and Pivnicka, 2009]. Голавль (Sqce), елец (Lele), обыкновенный пескарь (Gogo), обыкновенная щиповка (Cbta) занимали промежуточную позицию между этими двумя группами. Наши результаты показали, что реакция типичной фауны рыб верхнего течения (холодноводной) к условиям среды отлична от таковой у видов рыб, населяющих большие тепловодные реки.



Переменные окружающей среды показаны векторами и выделены курсивом. Аббревиатурные названия рыб приведены в тексте

Рисунок 4 – Ординация ССА. Население рыб и факторы окружающей среды на данных о присутствии и отсутствии

Вторая ось в основном отражала влияние человека. Отдельные позиции на этой оси были определены для подкаменщика, ручьевой форели и хариуса, которые избегают участки рек с высоким уровнем воздействия человека и для серебряного карася (Carg), который, в отличие от вышеуказанных видов, предпочитает водотоки с большим антропогенным прессом (Рисунок 4).

Наши результаты согласуются с предыдущими исследованиями, в которых отмечалось, что высота над уровнем моря, ширина и глубина реки являются важнейшими факторами, влияющими на видовую композицию населения рыб [Matthews, 1988; Kirchhofer, 1995]. После анализа GLM мы выяснили, что распространение 90 % видов были достоверно связаны с высотой над уровнем моря, 86 % с шириной реки, 79 % с глубиной. Кроме этого, нами показано, что и другие факторы среды также могут достоверно влиять на распространение отдельных видов рыб в малых реках, но в значительно меньшей степени. Есть мнение, что на территориях с выраженными

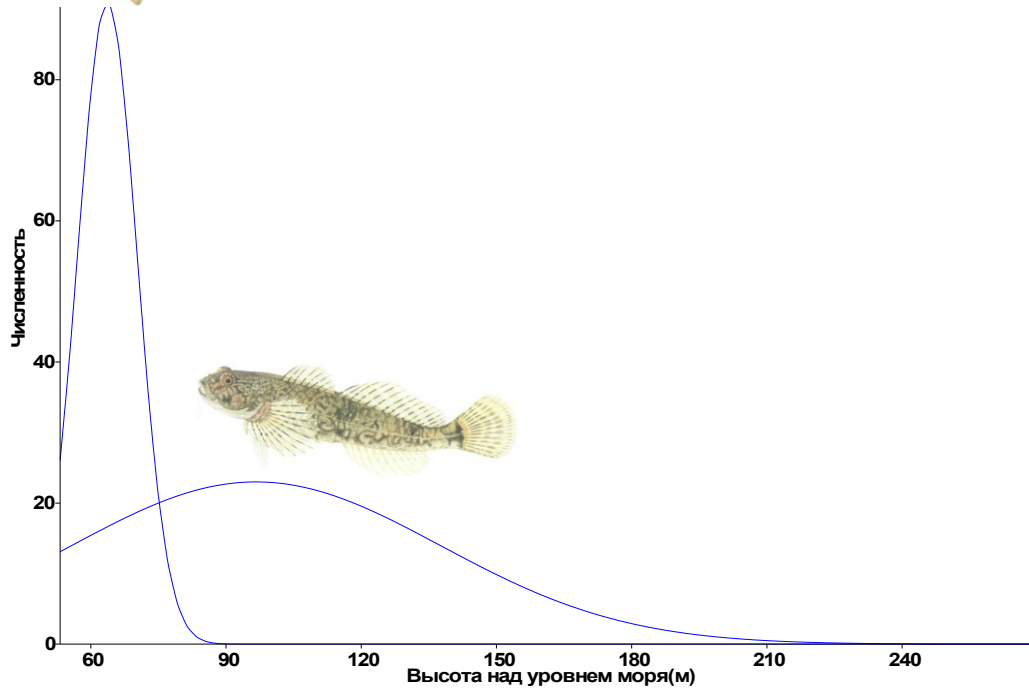
изменениями в высоте над уровнем моря сообщества рыб встречаются в водотоке согласно продольной зональности [Huet, 1959]. Однако в Западной Европе преобладает другое мнение, говорящее о том, что в равнинных реках (≤ 200 м над уровнем моря) [Oberdorff and Porcher, 1992; Vehanen et al., 2010; Sutela et al., 2010] концепция континуума [The river continuum, 1980] не играет большой роли в распределении видов и структуре населения рыб. Наши результаты, полученные на равнинном ландшафте, более сходны с данными, полученными на возвышенных территориях в Европе [Huet, 1959; Belliard et al., 1997; Pont et al., 2005].

Мы согласны с работой [Buisson et al., 2008], в которой говорится о нехватке исследований относительно реакции отдельных видов на воздействие факторов среды. Распределение всех видов может быть удовлетворительно объяснено только при использовании комбинации всех задействованных факторов среды. Так мы впервые выявили, что два близких вида рода щиповок *Cobitis* имеют до некоторой степени различные предпочтения. Оба вида предпочитают водотоки в средней / нижней части высотного градиента, но сибирская щиповка предпочитает меньшие по ширине и глубине реки с отсутствием большого числа деревьев и кустарников, нежели обыкновенная щиповка.

4.3 Точки оптимума и ширина экологической ниши для 28 видов рыб в малых реках Республики Татарстан

Вычисленные нами оптимальные точки и допустимые отклонения в градиенте параметра окружающей среды могут быть интерпретированы как позиция реализованной ниши и ее ширина. Впервые для восточной части Европы 28 видов были распределены вдоль градиентов среды согласно их оптимуму. После анализа высотного градиента мы обнаружили, что наименее маргинальными видами с наиболее широкой нишей были холодноводные виды (подкаменщик, хариус, голян, усатый голец и ручьевая форель), тогда как специализированными были тепловодные виды (например, волжский подуст, лещ, густера и щука). С другой стороны, анализ других градиентов, коррелирующих с переменными, связанными с размером реки показал, что холодноводные рыбы имеют более узкую нишу, чем тепловодные виды рыб. На примере подкаменщика и подуста мы видим, что ширина экологической ниши может существенно варьировать как между разными видами, так и в пределах одного вида по отдельным факторам (Рисунок 5). Например, подкаменщик обладал самой широкой экологической нишей по высоте над уровнем моря, в то время как по ширине реки одной из самых узких среди рыб РТ. Напротив, подуст обладал противоположными показателями ширины ниши по данным факторам среды (Рисунок 5). Это факты показывают, что предпочтения и позиции ниш видов рыб не могут быть объяснены одним или двумя простыми факторами, но могут определяться комбинацией всех факторов окружающей среды.

А



В

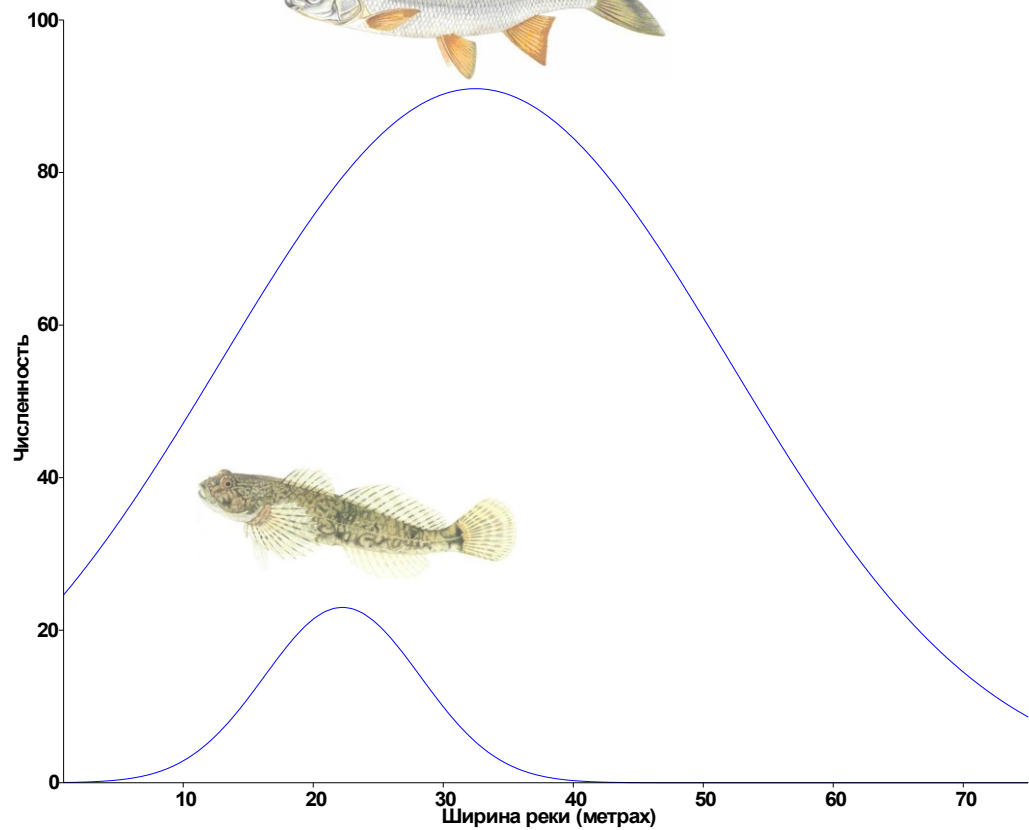


Рисунок 5 – Точки оптимума и ширина экологической ниши для подкаменщика и волжского подуста по высоте над уровнем моря (А) и ширине реки (В)

4.4 Пространственное распределение рыб в реках РТ

Фактор географической широты местности достоверно влиял на вероятность обнаружения четырех и численность пяти видов рыб в нашем исследовании. Фактор географической долготы местности достоверно влиял на частоту встречаемости 9 видов и на численность 10 видов. Во многих странах Европы мы видим, что общее число видов рыб увеличивается в южном направлении, а виды бореальных комплексов наиболее многочисленны в северных областях исследования. В реках РТ мы не видим подобные закономерности, так как реки юго-восточных областей нашей республики обладают более ритральными условиями по сравнению с реками в северных областях РТ из-за значительных высот над уровнем моря. Анализ ССА (Рисунок 4) показывает очень сильную связь между высотой над уровнем моря и долготой участка, на видовом уровне это подтверждается тем, что даже сибирские виды, такие как елец, плотва и сибирская щиповка более многочисленны в западных регионах нашего исследования, предпочитая потамальные условия водотоков. Виды бореально-предгорного комплекса, такие как хариус, ручьевая форель, усатый голец и речной голец предпочитают по встречаемости и численности восточные области РТ, обитая в ритральных условиях на большой высоте. Единственным исключением из этого правила является язь, который, несмотря на предпочтение водотоков с небольшой высотой над уровнем моря, наиболее многочислен на востоке нашей республики. Данные факты говорят нам о том, что фактор высоты над уровнем моря является более значимым и детерминирующим распространение и встречаемость видов рыб, чем пространственный широтно-долготный градиент.

ГЛАВА 5. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РЫБ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Всего за период исследования было отловлено шесть видов рыб, занесенных в Красную Книгу РТ: ручьевая форель, европейский хариус, обыкновенный подкаменщик, обыкновенная быстрянка, волжский подуст и обыкновенный горчак. Наиболее часто встречаемым и многочисленным краснокнижным видом рыб в нашем исследовании была обыкновенная быстрянка, которая была отмечена во всех крупных бассейнах рек, всех орографических зонах РТ. Состояние популяций данного вида не вызывает опасений. Вероятность обнаружения европейского хариуса составила лишь 3 % от общего числа исследованных рек РТ. Места встреч хариуса относятся к двум природным зонам Татарстана: Предкамье - р.р. Берсут, Кармалка, Лубянка и восточное Закамье - в реках бассейна р. Ик и в бассейне р. Шешмы (р. Багряжка). Вероятность обнаружения ручьевой форели в малых реках РТ составляет 5,4 %. В современное время форель обитает исключительно на территории восточного Закамья в юго-восточной части Татарстана. За последнее полтора века численность этих видов серьезно сократилась [Историческое..., 2013]. Основными лимитирующими факторами для европейского хариуса и ручьевой форели являются сильная фрагментарность и географическая изоляция популяций,

нефтяной и химический пресс на реки, а так же низкий процент заселенности рек. Обыкновенный подкаменщик, как и хариус, обитает в двух природных областях РТ: Предкамье – р.р. Илеть и Казанка и восточное Закамье – в реках бассейна р. Ик. Вероятность обнаружения для подкаменщика в реках РТ составляет лишь 2,7 %. Столь низкая встречаемость подкаменщика объясняется тем, что вид отдает предпочтение участкам рек с высокой скоростью течения, каменистым субстратом и большой залесенностью, одновременно обитая в широких и глубоких участках водотоков. Подобные местообитания крайне редки в реках Татарстана. В дополнение для ручьевой форели, европейского хариуса и подкаменщика необходимо отметить, что вероятнее всего современное потепление климата окажет негативный дополнительный пресс на эти виды. Волжский подуст отмечался преимущественно в западных областях РТ на территориях бассейнов р.р. Свияги и Меши. На востоке Татарстана волжский подуст обитает в бассейне р. Белой – р. Сюнь. Вероятность обнаружения для данного вида составляет 4 %. Главными лимитирующими факторами для подуста является зарегулирование рек, загрязнение вод промышленными и сельскохозяйственными стоками [Красная Книга РТ, 2016]. Обыкновенный горчак самый редкий краснокнижный вид в малых реках РТ, он отмечен лишь в 5 водотоках. В озерах и прудах РТ вероятность обнаружения горчака меньше 1 % [Население рыб..., 2017]. Столь низкая встречаемость горчака вместе с его узкоспециализированным предпочтением в период размножения вызывает очень большое опасение. Состояние популяций данного вида на территории Татарстана нуждается в особо тщательном мониторинге и охране.

В заключение необходимо сказать, что распределение рыб может быть удовлетворительно объяснено только при использовании комбинации всех задействованных факторов среды. В связи с этим, необходимо проводить работу по сохранению биоразнообразия под строгим контролем со стороны ученых, учитывая факторы среды, оказывающее серьезное воздействие на конкретный вид. По результатам наших работ была сформирована особо охраняемая природная территория «Рычковская Лесостепь», включающая в себя ряд участков малых рек, для которых характерно наибольшая концентрация редких и исчезающих видов рыб.

ВЫВОДЫ

1. В малых реках Республики Татарстан выявлено 40 видов рыб. Лишь два вида (усатый голец и обыкновенный пескарь) были отмечены на более чем 50 % участков рек. Самыми многочисленными видами были: речной голянь, усатый голец и обыкновенный пескарь, вместе их доля составила 61 % от общего числа всех пойманных рыб. Установлено, что видовое богатство рыб выше на широких и глубоких участках рек с «мягкими» субстратами на относительно небольшой высоте над уровнем моря. В отличие от видового богатства, общая численность рыб в нашем исследовании практически не зависела от фактора высоты над уровнем моря.

2. В малых реках РТ по численности в населении рыб доминировали представители реофилов и литофилов. Их доли растут по мере увеличения высоты над уровнем моря. По фаунистическим группам рыб по численности доминировали представители бореального предгорного комплекса. Доля этого комплекса достоверно растет на узких и мелких участках рек на большой высоте над уровнем моря с сильной залесенностью, высокой скоростью течения, «жесткими» субстратами дна на юго-востоке Республики Татарстан.

3. Показано, что высота над уровнем моря, ширина и глубина реки – главные факторы, определяющие встречаемость и численность отдельных видов рыб. Впервые для Восточной Европы были вычислены точки оптимума и ширина экологической ниши по семи факторам окружающей среды для двадцати восьми видов рыб. Выявлено, что ширина экологической ниши может существенно варьировать как между разными видами, так и в пределах одного вида по отдельным факторам. Установлено, что пространственный широтно-долготный градиент распределения численности и встречаемости отдельных видов рыб играет меньшую роль, чем градиент высоты над уровнем моря.

4. Установлено, что наиболее часто встречаемым и многочисленным краснокнижным видом рыб в реках Республики Татарстан была обыкновенная быстрянка. Состояние популяций ручьевой форели, хариуса, подкаменщика и горчака вызывает серьезные опасения в будущей перспективе их сохранения.

СПИСОК РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК при
Министерстве образования и науки РФ:

- 1) River fish assemblages in relation to environmental factors in the eastern extremity of Europe (Tatarstan Republic, Russia) / O. Askeyev, I. Askeyev, **A. Askeyev**, S. Monakhov, N. Yanybaev // Environ. Biol. Fish – 2015. – № 98. – P.1277-1293.
- 2) Lack of mtDNA variation among remote middle Volga and Upper Ural brown trout suggest recent and rapid colonization / S. Maric, O. Askeyev, **A. Askeyev**, I. Askeyev, S. Monakhov, N. Yanybaev, D. Galimova, A. Snoj // Journal of Applied Ichthyology – 2016. – V.35 – P. 948-953.
- 3) River fish assemblages along an elevation gradient in the eastern extremity of Europe / **A. Askeyev**, O. Askeyev, N. Yanybaev, I. Askeyev, S. Monakhov, S. Maric, K. Hulsman // Environ. Biol. Fish – 2017. – P.585 – 596.
- 4) Askeyev, O. Recent climate change has increased forest winter bird densities in East Europe / O. Askeyev, **A. Askeyev**, I. Askeyev // Ecological research – 2018. – V.33 – P. 445-456.
- 5) Ихтиофауна озерной системы Кабан города Казани / О.В. Аськеев, И.В. Аськеев, **А.О. Аськеев**, С.П. Монахов, Д.Н. Галимова // Георесурсы – 2012. – № 49 – С. 42-48.
- 6) Стерлядь *Acipenser ruthenus* (ACIPENSERIFORMES, ACIPENSERIDAE) средней Волги и нижней Камы в IV-XVIII вв.: размерно-возрастной состав, рост и значение в древнем

рыболовстве / Д.Н. Шаймуратова, И.В. Аськеев, О.В. Аськеев, С.П. Монахов, **А.О. Аськеев**, А.А. Смирнов // Вопросы рыболовства – 2017. – Т.8, №4. – С. 401-421.

Статьи в других научных изданиях:

7) **Аськеев, А.О.** Многолетняя динамика численности рыб в среднем течении реки Мёша / **А.О. Аськеев**, О.В. Аськеев, И.В. Аськеев // Российский журнал прикладной экологии – 2015. – №1 – С. 15-20.

8) Экология обыкновенного подкаменщика в градиентах факторов окружающей среды рек Татарстана и Башкортостана / **А.О. Аськеев**, О.В. Аськеев, И.В. Аськеев, С.П. Монахов, Н.М. Яныбаев // Российский журнал прикладной экологии – 2015. – №4 – С. 10-16.

9) Численность, встречаемость, историческое и современное распространение европейского хариуса и налима в градиентах окружающей среды в реках Республики Татарстан / **А.О. Аськеев**, О.В. Аськеев, И.В. Аськеев, С.П. Монахов // Российский журнал прикладной экологии – 2016. – №4. – С 17-22.

10) Монахов, С.П. Население рыб водоёмов озёрного типа по отношению к факторам окружающей среды в республике Татарстан / С.П. Монахов, О.В. Аськеев, И.В. Аськеев, **А.О. Аськеев** // Российский журнал прикладной экологии – 2017. – №1. – С. 22-31.

11) Распространение редких и исчезающих видов рыб в зависимости от параметров окружающей среды в Республике Татарстан / **А.О. Аськеев**, С.П. Монахов, И.В. Аськеев, О.В. Аськеев // Сборник научных трудов Института проблем экологии и недропользования академии наук Республики Татарстан – 2014. – С.3-15.

12) Материалы по изучению ихтиофауны и орнитофауны ФГБУ «Башкирский государственный природный заповедник» и сопредельных территорий в 2010–2014 г.г. / О.В. Аськеев, И.В. Аськеев, **А.О. Аськеев**, С. Марич, С.П. Монахов, Н.М. Яныбаев // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия» – Чебоксары, 2015 – С. 16-21.

13) Материалы по изучению ихтиофауны ФГБУ «Башкирский государственный природный заповедник» и сопредельных территорий в 2010 – 2015 г.г. / О.В. Аськеев И.В. Аськеев, **А.О. Аськеев**, С. Марич, С.П. Монахов, Н.М. Яныбаев // Материалы научно-практической конференции, посвященной 85-летию Башкирского заповедника – Сибай, 2015. – С. 43-51.

14) **Аськеев, А.О.** Современное состояние ручьевой форели в реках Республики Татарстан / **А.О. Аськеев** // Сборник научных трудов молодых ученых (по материалам II Республиканской молодежной экологической научной конференции) – Казань, 2016 – С.10-21.

15) Ихтиофауна Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны / С.П. Монахов, И.В. Аськеев, **А.О. Аськеев**, О.В. Аськеев // Труды Волжского-Камского

государственного природного биосферного заповедника №7. – 2016. – С. 138-157.

16) Состояние популяций редких и исчезающих видов рыб на крайнем востоке Европы и перспективы их сохранения / О.В. Аськеев, И.В. Аськеев, **А.О. Аськеев**, С.П. Монахов, С. Марич, А. Сной, Н.М. Яныбаев // Материалы международной научно-практической конференции «устойчивое развитие регионов: опыт, проблемы, перспективы» – Казань, 2017. – С. 15-21.

17) Влияние атмосферного давления на питание рыб (активность клева) в горно лесной зоне южного Урала / Н.М. Яныбаев, О.В. Аськеев, И.В. Аськеев, **А.О. Аськеев**, С.П. Монахов // По материалам всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы южного Урала и пути их решения» – Сибай, 2017. – С. 203-207.

Подписано в печать 08.08.2018

Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс»

Формат 60x84 1/16. Объем 1 авт. л.

Заказ №. Тираж 100 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии издательства Казанского университета

420008, г.Казань, ул. Профессора Нужина, 1/37.