

МОНИТОРИНГ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ РЕК И ОЗЕР ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АККЛИМАТИЗИРОВАННОЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Мынбаева Б.Н.¹, Уалиева Д.А.¹, Бекманов Б.О.², Воронова Н.В.³

¹ РГП на ПХВ «Казахский национальный педагогический университет имени Абая», Алматы, Казахстан (050010, Казахстан, г. Алматы, ул. Казыбек би, 30), e-mail: bmynbayeva@gmail.com, daniya.2010@mail.ru

² Институт общей генетики и цитологии КН МОН РК, Алматы, Казахстан (050000, Казахстан, г. Алматы, просп. аль-Фараби, 75А), e-mail: bobekman@rambler.ru

³ РГП на ПХВ «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Алматы, Казахстан (050040 Казахстан, г. Алматы, просп. аль-Фараби, 71), e-mail: slovonine@mail.ru

Настоящая статья посвящена гидрохимическому и биологическому мониторингу пресных водоемов Алматинской области (Казахстан). Изучено состояние популяции казахстанской радужной форели (предположительно микижи), интродуцированной в горные реки и озера Южного Казахстана в 70-х годах XX в. Экспедиционные исследования проведены в 2 озерах и 6 реках. Для оценки состояния популяции радужной форели был использован комплексный анализ объектов исследования: гидрохимические и экологические характеристики водоемов, а также биологический экспресс-метод для биометрии рыб. В результате проведенных исследований установлено, что состояние горных рек на территории Алматинской области удовлетворительное. Присутствие радужной форели показано в 3 реках. Численность популяции форели варьировала в зависимости от гидрохимических и трофических условий водной среды обитания. Ее популяция на настоящий момент имеет высокий репродуктивный потенциал. В дальнейшем предполагается провести генетическое исследование радужной форели на полиморфизм посредством молекулярно-генетического анализа.

Ключевые слова: радужная форель, гидрохимия водоемов, биомониторинг и биоанализ популяции, биометрия.

THE MONITORING OF HYDROCHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ATTRIBUTES OF SOUTH KAZAKSTANI MOUNTAIN RIVERS AND LAKES FOR ESTIMATION OF CONDITION OF NATURALIZED RAINBOW TROUT

Mynbayeva B.N.¹, Ualiyeva D.A.¹, Bekmanov B.O.², Voronova N.V.³

¹ Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan (050010 Kazakhstan, Almaty, Kazybek bi str., 30), e-mail: bmynbayeva@gmail.com, daniya.2010@mail.ru;

² Institute of General Genetics and Cytology of the KS MES RK (050000 Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 75A), e-mail: bobekman@rambler.ru;

³ Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan (050040 Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 71), e-mail: slovonine@mail.ru

This article addresses to hydrochemical and biological monitoring of fresh water bodies of Almaty region (Kazakhstan). Authors examined the current condition of Kazakhstani rainbow trout population (allegedly, mykiss), introduced into mountain rivers and lakes of South Kazakhstan in the 70^{es} of XX century. Field researches were conducted in 2 lakes and 6 rivers. For the purpose of estimation of the current condition of rainbow trout population, multivariate analysis of research object was used: hydrochemical and environmental attributes of water bodies, and biological rapid method of fish biometrics. As a result, the research found out that environmental condition of mountain rivers Almaty region is satisfactory. Presence of rainbow trout is shown in 3 rivers. Trout's population level varies according to hydrochemical and trophic environmental conditions. Its population at the moment has a high breeding potential. At any later days it is supposed to undertake polymorphism genetic research of rainbow trout by dint of molecular genetic analysis.

Keywords: coast rainbow trout (mykiss), water chemistry, biomonitoring and bioassay of the population, biometrics.

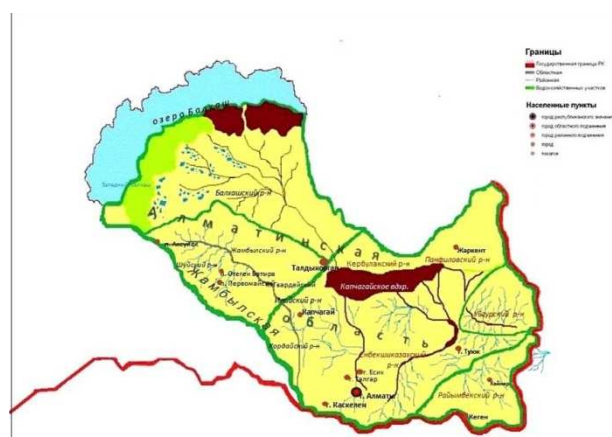
Плановые акклиматизационные работы по форели в Казахстане были начаты в 1929-1935 гг. Большая часть рыб успешно акклиматизировалась, например *Salmo trutta oxianus* Kessler (амударьинская форель), *Salmosalmo trutta m. lacustris* L. (озерная форель), *Salmosalmo gairdneri* Richardson (стальноголовый лосось, радужная форель), *Salmosalmo*

mykiss Walbaum (микижа), *Salmo salmo ischchan issykogegarkuni* Luschin (иссык-кульская форель). Мы исследуем интродукцию молоди радужной форели (камчатской микижи *Parasalmo* (O.) *mykiss* Walbaum, 1792), которая была произведена из питомников Камчатки РСФСР в 70-х гг. XX в. [2]. Условия вселения и акклиматизации камчатской микижи в Казахстане: 1-я партия восточно-камчатской жилой микижи из популяции р. Камчатка была выпущена в р. Улкен-Какпак (Алматинская область) в 1975 г., которая распространилась вниз по течению реки от места выпуска, достигнув в 1977 г. индивидуальной массы 160 г [3]; 2-я партия западно-камчатской проходной микижи из популяции р. Большая (Камчатка, РСФСР) выпущена в 1976 г. в реки Емел и Тентек (Талдыкорганская область), но вселённая популяция не была обнаружена даже в 1983 г.; 3-ю партию форели выпустили в оз. Урюкты и Бузумбай (Алматинская область), которая хорошо росла и развивалась в течение некоторого времени [9]. Далее исследований по расселению почти не было, кроме по р. Шелек в 2012 г. [7]. Таким образом, сведения о состоянии популяции акклиматизированной радужной форели (микижи) в Казахстане фрагментарны.

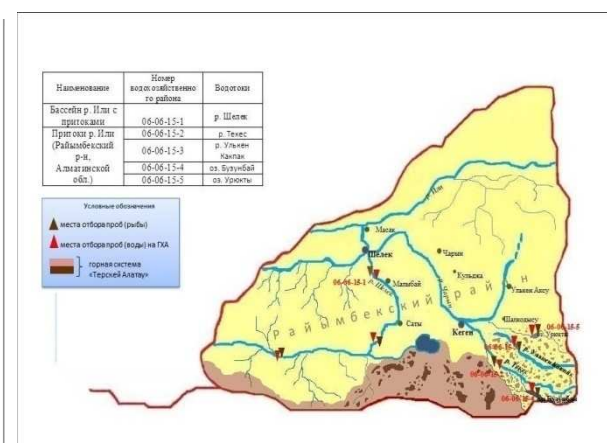
Цель исследования: подтвердить наличие интродуцированной камчатской микижи *Parasalmo* (O.) *mykiss* в реках и озерах Алматинской области и изучить состояние ее популяции. Задачи: выбор водных объектов, в которых необходимо провести мониторинг состояния популяции акклиматизированной казахстанской радужной форели (микижи); проведение гидро- и биомониторинга водоемов, в которых обитает радужная форель; выяснение состояния популяции и ее биотопического распространения в водоемах горной и предгорной зон Алматинской области.

Объекты и методы исследования

Для рекогносцировочных исследований по мониторингу популяции радужной форели микижи (*Parasalmo* (O.) *mykiss* Walbaum, 1792) мы составили карты-схемы территории Алматинской области (рис. 1а) и Райымбекского района (рис. 1б) с нанесенными водоемами для выбора маршрутов экспедиционных работ.



а



б

*Рис. 1. Карта-схема водных объектов Алматинской области (а);
схема мест отбора проб на водных объектах (б)*

Объектами исследований явились реки Шелек, Текес, Улкен-Какпак и озера Бузумбай и Урюкты, в которые в 70-х гг. XX в. была интродуцирована камчатская радужная форель.

Экспедиционные исследования водных объектов были проведены в течение летнего периода 2015 г. Исследования качества воды водных объектов в местах их створов и плотин проводили по следующим гидрохимическим показателям: запах, прозрачность, цвет, $t^{\circ}\text{C}$, рН, Eh, БПК₅, азот общий N_{общ.}, фосфор общий P_{общ.}. Определение общих физических свойств воды проводили по стандарту [11]. Характер и интенсивность запаха регистрировали органолептически при 20 и 60 °С в системе баллов 0-5 сразу после отбора проб в помещении без посторонних запахов. Прозрачность воды устанавливали с помощью диска Секки по глубине его исчезновения и появления в водной среде на месте отбора проб воды (см). Цветность воды определяли фотоколориметрическим методом при длине волны 340 нм и выражали в градусах цветности платиново-кобальтовой шкалы. Измерение температуры воды производили во время отбора пробы с использованием комбинированных ртутных термометров с ценой деления 0,1-0,5 °С, которые опускали на глубину 0-30 см и выдерживали в течение 10 мин.

Водородный показатель (рН) с набором стандартных рН-титров и окислительно-восстановительный потенциал (Eh, мВ) воды определяли потенциометрическим методом с помощью портативного рН-420 [5]. Определение БПК₅ проводили титриметрическим методом [10] по разности между содержанием O₂ до и после инкубации в течение 5 сут. без доступа O₂ и света. Содержание N_{общ.} проводили с помощью анализатора жидкости «ТОПА3-N» по интенсивности хемилюминесценции [13], P_{общ.} – при сжигании пробы в колориметрической бомбе в атмосфере кислорода и по оптической плотности испытуемого раствора на градуировочном графике находили содержание P_{общ.} в растворе в мг на 1 см³ [4].

Отлов радужной форели производился в горных реках Алматинской области крючковой снастью. Биоанализ контрольных выборок популяции казахстанской радужной форели (микижи) был проведен с помощью биологического экспресс-метода. У контрольной выборки с помощью данного метода определяли размерно-весовые характеристики особей [6]. Упитанность тела рыб вычисляли по формуле Фультонна: $K_{y(\Phi)} = Q \times 100 / L^3$, где L – общая длина тела в мм, Q – полная масса тела в граммах. Таксономическую идентификацию радужной форели проводили на месте по определителям [1; 12].

Результаты исследования и их обсуждение

Данные о современном состоянии выбранных водных объектов по проблеме обнаружения радужной форели были получены непосредственно на этих объектах.

Общая характеристика водоемов горной зоны Алматинской области

Река Шелек берёт начало в Заилийском Алатау, питание ледниково-снеговое, мелководная, русло во многих местах засыпается горными оползнями, вода загрязнена, т.к. используется для водопоя домашними и дикими животными, форель не обнаружена. Река Текес берет начало у восточной оконечности хребта Терекей Алатау из оз. Текес, протекает преимущественно в широкой межгорной долине, питание ледниковое, построена плотина, вода активно используется для орошения, радужная форель обнаружена. Река Улкен-Какпак берет свое начало в ущелье Какпак, питание ледниковое, радужная форель обнаружена. Озера Бузумбай и Урюкты, в которые также вносили молодь (икру) камчатской радужной форели микижи, в 90-х гг. были разрушены селевым потоком, и наша экспедиция показала, что они засыпаны и практически исчезли. Естественно, что в них форели нет.

Из-за того что состояние 3 водных объектов (р. Шелек, оз. Бузумбай, оз. Урюкты) не позволило провести запланированный полный мониторинг популяции интродуцированной радужной форели, мы проехали еще на р. Шарын, Баянкол и Орнек.

В р. Шарын, знаменитой своим каньоном, форель не была обнаружена. Истоки р. Баянкол начинаются на востоке хребта Терскей-Алатау, она имеет смешанный тип питания, форель не обнаружена. В горной р. Орнек с чистой прозрачной водой радужная форель присутствовала, причем численность ее была значительной.

Определение качества воды водоемов Алматинской области по некоторым гидрохимическим показателям

Пробы воды 5 рек отбирали на глубине 0,3 м. В табл. 1 представлены данные по 6 измерениям гидрохимических показателей экологического состояния изучаемых объектов.

Таблица 1

Гидрохимические показатели рек Алматинской области, 2015 г.

Объект	Гидрохимический показатель								
	Запах (балл)	Прозрачность (см)	Цветность	t °C	pH	Eh (мВ)	БПК ₅ (мг O ₂ /дм ³)	N _{общ.} %	P _{общ.} %
р. Текес	0	20,8 ± 0,6	0	14,6 ± 1,6	7,7 ± 0,2	-54,6 ± 13,4	1,06 ± 0,4	0,9 ± 0,5	0,02 ± 0,01
р. Шелек	1	15,8 ± 0,3	0	17,0 ± 1,4	6,4 ± 0,2	-49,9 ± 13,8	1,16 ± 0,6	0,8 ± 0,4	0,02 ± 0,01
р. Баянкол	1	16,3 ± 0,7	0	16,2 ± 1,7	6,6 ± 0,3	-44,5 ± 12,6	1,21 ± 0,7	0,5 ± 0,3	0,15 ± 0,01
р. Орнек	0	20,1 ± 0,5	0	15,5 ± 1,2	7,1 ± 0,2	-75,2 ± 14,7	1,05 ± 0,4	1,1 ± 0,6	0,03 ± 0,02
р. Шарын	0	23,9 ± 0,5	0	13,5 ± 1,2	7,5 ± 0,3	-70,5 ± 15,1	1,08 ± 0,5	0,7 ± 0,5	0,04 ± 0,02
р. Улкен-Какпак	0	26,2 ± 0,4	0	13,1 ± 1,4	7,0 ± 0,2	-78,7 ± 16,4	1,01 ± 0,3	1,2 ± 0,6	0,02 ± 0,01

Из органолептических свойств воды по прозрачности пробы воды рр. Текес, Шарын, Орнек и Улкен-Какпак отнесены к категории маломутных, а рр. Шелек и Баянкол – к мутным. Показатель цветности находился в норме, особых минеральных и органических примесей и загрязняющих веществ не обнаружено. Пробы воды, взятые в малом объеме, были бесцветны. Неприятный запах присутствовал в пробах из рр. Баянкол и Шелек, скорее всего, из-за водопоя домашних животных. Температурный режим всех 6 рек соответствовал сезону года, уровню воды и ее объему и географическому положению мест взятия проб: чем выше в горах, тем холоднее вода. Концентрации $N_{общ.}$, $P_{общ.}$ и рН находились в пределах допустимой нормы.

Таким образом, по гидрохимическим показателям экологическое состояние горных рек на территории Алматинской области является удовлетворительным, т.к. проанализированные показатели качества воды варьировали в пределах допустимых норм для каждого из 9 показателей. Следовательно, вода пригодна для использования в качестве питьевой, а также в хозяйственном и культурно-бытовом назначении.

Биометрическая характеристика выборок радужной форели

Радужная форель в водоемах Казахстана изначально явилась вселенным видом, имеющим промысловое значение. Наши данные показали, что популяция радужной форели присутствует в предгорной и горной частях рр. Текес, Орнек и Улкен-Какпак Алматинской области. Мы проанализировали из собственных уловов по 10 экз. радужной форели из этих рек для изучения состояния популяции. Из популяционных морфометрических характеристик были выбраны длина (L, мм) и вес (Q, г) туловища рыб, длина (l, мм) и вес (q, г) головы и показатель упитанности по Фультону (табл. 2).

Таблица 2

Размерно-весовая характеристика радужной форели по рекам Алматинской области

Место вылова	Показатель	L	l	Q	q	Fult. (по Фультону)
р. Текес	min-max	120-240	80-180	86-175	56-135	0,005-0,001
	\bar{x}	174	130	69	95,5	0,001
р. Орнек	min-max	120-210	80-160	84,5-168	53,6-137,2	0,004-0,001
	\bar{x}	146	120	109	74,5	0,003
р. Улкен-Какпак	min-max	120-210	79,1-169,4	82,5-155	52,3-121,2	0,004-0,001
	\bar{x}	151,5	119,4	112	68,5	0,003

В наших уловах присутствовала в основном молодь в возрасте 0-2 года. В течение летнего периода 2015 г. отмечены хорошие морфометрические показатели роста и упитанности по Фультону, что свидетельствовало о достаточной обеспеченности популяции

кормом. Наиболее крупные экземпляры молоди пойманы в р. Улкен-Какпак, мелкие – в р. Орнек, средние по величине – в р. Текес.

Систематика и таксономия форелей в течение многих лет остаются предметом дискуссий. Одни авторы [15] считали радужную форель самостоятельным видом *Salmo (Parasalmo) gairdnerii* Richardson, 1836, другие [14] рассматривали ее в составе вида микижа *Parasalmo mykiss* Walbaum, 1792. Определение молекулярно-генетических характеристик выловленных нами экземпляров радужной форели позволит ответить на этот вопрос, так же как ранее проводилась одним из авторов статьи идентификация бактерий [8]. Исследования по полиморфизму этих рыб предполагается провести позднее.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования МОН РК 2015-2017 гг. в области экологии и рационального природопользования.

Список литературы

1. Баимбетов А.А., Тимирханов С.Р. Казахско-русский определитель рыбообразных и рыб Казахстана. – Алматы : КазНУ, 1999. – 347 с.
2. Бирюков Ю.А. Сравнительные особенности развития микижи *Salmo mykiss* (Walbaum) и радужной форели *Salmo gairdneri* (Richardson) в связи с интродукцией их в водоемы Юго-Восточного Казахстана : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1982. – 22 с.
3. Бирюков Ю.А. *Salmo mykiss* Walbaum – микижа // Рыбы Казахстана. – Алма-Ата : Гылым, 1992. – Т. 5. – С. 119-125.
4. ГОСТ 9827-75 Методы анализа. Часть 2. Сборник национальных стандартов. – М. : Стандартинформ, 2006. – 56 с.
5. Калюкова Е.Н., Петрова Л.В. Химия воды : учеб. пособие. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 48 с.
6. Кузищин К.В., Павлов Д.С., Груздева М.А. Типовые методики сбора материала для изучения и мониторинга разнообразия и среды обитания лососевых рыб в речных экосистемах (на примере лососёвых рыб семейства *Salmonidae*). – М. : МГУ, 2009. – 139 с.
7. Климов Ф.В., Мамилов Н.Ш. Современный состав ихтиофауны р. Шелек в горной и предгорной зонах // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2012. – № 1 (33). – С. 85-88.
8. Определение видовой принадлежности бактерий рода *Azotobacter*, чувствительных к тяжелым металлам, методом ПЦР / Б.Н. Мынбаева и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. - URL: <http://www.science-education.ru/100-5154> (дата обращения: 10.01.2012).

9. О результатах интродукции камчатской микижи (*Salmo mykiss* Walb.) в горные водоемы Юго-Восточного Казахстана / Ю.А. Бирюков и др. // Изучение зоопродукторов в водоемах бассейна реки Или. – Алма-Ата : КазГУ, 1982. – С. 194-209.
10. РД 52.24.420-2006. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом / А.А. Назарова, Ю.А. Андреев. – М. : Гидрохимический институт, 2006. – 42 с.
11. Руководство к практическим занятиям по методам санитарно-гигиенических исследований : учеб. пособие / под ред. Л.Г. Подуновой. – М. : Медицина, 1990. – 304 с.
12. Рыбы Казахстана / В.П. Митрофанов и др. – Алма-Ата : Гылым, 1986-1992. – Т. 1-5.
13. Ягов Г.В. Современные методы определения содержания общего азота и углерода в пробах природных вод // Вода: химия и экология. – 2009. – № 10. – С. 28-33.
14. Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. Fishes of Alaska. - Bethesda, Maryland : American Fisheries Society, 2002. - 1037 p.
15. Scott W.F., Crossman E.J. Freshwater fishes of Canada // Fish. Res.Board Can. Bull. - Ottawa, 1998. - 970 p.

Рецензенты:

Канаев А.Т., д.б.н., профессор, зав. кафедрой биоразнообразия и биоресурсов факультета биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы;

Мукатаева Ж.С., д.б.н., профессор, Институт естествознания и географии КазНПУ им. Абая, г. Алматы.