

100 лет заповедной системе России

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

**ТРУДЫ
ВОЛЖСКО-КАМСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО
БИОСФЕРНОГО
ЗАПОВЕДНИКА**

Выпуск 7



Казань

Фолиант

2016

Ministry of Natural Resources and Ecology of Russian Federation

**TRANSACTIONS
OF VOLZHSKO-KAMSKY
NATIONAL
NATURE
BIOSPHERE
RESERVE**

Issue 7



Kazan

Foliant

2016

УДК 502
ББК 20.18
Т78

Общая редакция:
О. В. Бакин и Ю. А. Горшков

Утверждено к печати Учёным советом Федерального государственного
бюджетного учреждения «Волжско-Камский государственный природный
биосферный заповедник»

**Труды Волжско-Камского государственного природного биосферного
заповедника.** – Казань: Фолиант, 2016. Вып. 7. 324 с., илл.

Очередной выпуск Трудов Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника, посвящённый 100-летию заповедной системы России, составляют статьи, в которых отражены результаты научных исследований различных компонентов водных и наземных экосистем заповедника и его охранной зоны.

Для биологов, экологов, географов, работников природоохранных организаций, натуралистов-любителей.

Editors:
O. V. Bakin and Y. A. Gorshkov

Approved for publishing by Scientific Board of Federal National Budget Institution
«Volzhsko-Kamsky National Nature Biosphere Reserve».

Transactions of Volzhsko-Kamsky National Nature Biosphere Reserve. –
T78 Kazan: Foliant, 2016. Issue 7. 324 p., fig.

This issue of the Transactions of Volzhsko-Kamsky National Nature Biosphere Reserve contains papers with the results of investigation on different components of aquatic and terrestrial ecosystems of reserve and its buffer zone. The issue is devoted to Russian nature protected area system 100 anivesary.

For biologists, ecologists, geographs, nature conservationists, and those who like nature.

ISBN 978-5-9909398-4-4

© ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	9
УНКОВСКАЯ Е. Н., ТАРАСОВ О. Ю. Гидрохимический режим водоёмов и водотоков Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны	9
ШЕРЫШЕВА Н. Г. Типы, гранулометрический состав и водно-физические свойства донных отложений водоёмов Волжско-Камского заповедника	41
ШЕРЫШЕВА Н. Г. Общая численность и таксономическая структура бактериобентоса водоёмов Волжско-Камского заповедника	56
БЫКОВА С. В., ЖАРИКОВ В. В. Свободноживущие инфузории водоёмов Волжско-Камского заповедника	72
ТОКИНОВА Р. П., БЕРДНИК С. В., ГОРДИЕНКО Т. А. Видовой состав микротурбеллярий (Plathelminthes: Catenulida, Rhabditophora) водоёмов Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны	91
КОЧАНОВ М. А. Фауна и популяционные аспекты экологии брюхоногих моллюсков (Gastropoda) озёр Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны	103
ДЕРЕВЕНСКАЯ О. Ю., УНКОВСКАЯ Е. Н. Планктонные коловратки и ракообразные озёр Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны	114
МЕЛЬНИКОВА А. В. Зообентос озёр Архиерейское и Чёрное Лаишевского района Республики Татарстан	130
МОНАХОВ С. П., АСЬКЕЕВ И. В., АСЬКЕЕВ А. О., АСЬКЕЕВ О. В. Ихтиофауна Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны	138
УДАЧИН С. А. Современное состояние рыбного населения Саралинского участка Волжско-Камского заповедника	158
НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ	167
ПОТАПОВ К. О. Предварительные сведения о макромицетах дендрария Волжско-Камского заповедника	167
ПРОХОРОВ В. Е., РОГОВА Т. В. Дополнение к флоре Саралинского участка Волжско-Камского заповедника	173
БАКИН О. В. Род <i>Koeleria</i> Pers. (Poaceae) во флоре Татарстана	176
ФАРДЕЕВА М. Б., ИБРАГИМОВА А. Ф., АБУТАЛИПОВ А. М. О состоянии популяций хвойных Раифского леса	183

БУНТОВА О. Ю., МУХАРАМОВА С. С., ШАЙХУТДИНОВА Г. А. Оценка динамики лесного покрова по данным дистанционного зондирования Земли	199
ПЕТРОВ Н. Г., МАТОВ А. Ю., ШУЛАЕВ Н. В. Фауна разноусых чешуекрылых (Lepidoptera, Heterocera) из группы Macrolepidoptera Волжско-Камского заповедника	207
ГОРДИЕНКО, Т. А. СУХОДОЛЬСКАЯ, Р. А. ВАВИЛОВ Д. Н. Био-разнообразие и структура сообществ почвенной мезофауны Волжско-Камского заповедника	213
ТИШИН Д. В., КАСИМОВ А. Р., ГАРАЕВА Г. Р., ЗАРИПОВ Ш. Х. Анализ температурного режима отдельного муравейника в Раифском лесу	230
ПЕТРОВА И. В., ПАВЛОВ А. В., ИДРИСОВА Л. А. Морфологическое описание двух видов ужеобразных <i>Coronella austriaca</i> и <i>Natrix natrix</i> (Ophidia, Colubridae) Волжско-Камского заповедника	237
ИДРИСОВА Л. А., ФУРМАН А. А. Девиации в фолидозе змей на территории Волжско-Камского заповедника	250
АЮПОВ А. С., БЕКМАНСУРОВ Р. Х., ПРОХОРОВ Е. В., САРВАРОВ А. С., НОСОВ М. С. Предварительные итоги применения видеокамеры для изучения биологии гнездования орлана-белохвоста – <i>Haliaeetus albicilla</i> (L.)	256
БЕКМАНСУРОВ Р. Х. О гнездовании орла-карлика – <i>Hieraaetus pennatus</i> (Gmelin, 1788) в Волжско-Камском заповеднике	267
ГОРШКОВ Ю. А. Ресурсы территориальной группировки европейского бобра (<i>Castor fiber</i> L.) Раифского участка Волжско-Камского заповедника	272
ЧАХИРЕВА Е. В. Сезонного развития природы Волжско-Камского заповедника	282
БАКИН О. В., АЮПОВ А. С., ГОРШКОВ Ю. А., ИВАНОВ В. Б., ПАВЛОВ А. В. Основные тенденции развития лесных экосистем на юге подтаёжной зоны (по данным экологического мониторинга Волжско-Камского заповедника)	292
САУТКИН И. С., РОГОВА Т. В. Опыт оценки экосистемных услуг по показателям видового разнообразия и продуктивности экосистем на примере Раифского участка Волжско-Камского заповедника	307
ИСТОРИЯ	316
ГАРАНИН В. И. Исторические заметки	316

CONTENTS

AQUATIC ECOSYSTEMS	9
UNKOVSKAY E. N., TARASOV O. Y. Hydrochemical regime of reservoirs and streams of Raifa part of Volzhsko-Kamsky Reserve and its buffer zone	9
SHERYSHEVA N. G. Types, granulometric composition and water-physical properties of bottom sediments in the water bodies of Volzhsko-Kamsky Reserve	41
SHERYSHEVA N. G. Total number and taxonomic structure of bacteriobenthos in the water bodies of Volzhsko-Kamsky Reserve	56
BYKOVA S. V., ZHARIKOV V. V. The free-living ciliates in the water bodies of the Volzhsko-Kamsky Reserve	72
TOKINOVA R. P., BERDNIK S. V., GORDIENKO T. A. The species composition of freshwater Microturbellarians (Plathelminthes: Catenulida, Rhabditophora) of Volzhsko-Kamsky Reserve and its buffer zone	91
KOCHANOV M. A. Fauna and population aspects of gastropods (Gastropoda) ecology in lakes of the Raifa part of Volzhsko-Kamsky Reserve and its buffer zone	103
DEREVENSKAYA O. Y., UNKOVSKAYA E. N. Plankton rotifers and crustaceans of Volzhsko-Kamsky Reserve and its buffer zone lakes	114
MELNIKOVA A. V. The zoobenthos of the lakes Arhiereiskoe and Chernoe in Laishev district of the Republic of Tatarstan	130
MONAKHOV S. P., ASKEYEV I. V., ASKEYEV A. O., ASKEYEV O. V. Ichthyofauna in Raifa part of Volzhsko-Kamsky Reserve and its buffer zone	138
UDACHIN S. A. Current state of Fish populations of Sarala cluster of Volzhsko-Kamsky Reserve	158
TERRESTRIAL ECOSYSTEMS	167
POTAPOV K. O. Preliminary data about the micromisets of the Volzhsko-Kamsky Reserve arboretum were presented	167
PROKHOROV V. E., ROGOVA T. V. Supplement to the flora of Sarala part of Volzhsko-Kamsky Reserve	173
BAKIN O. V. The genus <i>Koeleria</i> Pers. (Poaceae) in flora of Tatarstan	176
FARDEEVA M. B., IBRAGIMOVA A. F., ABUTALIPOV A. M. Condition of coniferous plants populations in Raifa forest	183
BUNTOVA O. Y., MUHARAMOVA S. S., SHAYHUTDINOVA G. A. Evaluation of forest cover dynamics on the basis of remote sensing	199

PETROV N. G., MATOV A. Y., SHULAEV N. V. Fauna Heterocera (Lepidoptera) Macrolepidoptera in Volzhsko-Kamsky Reserve	207
GORDIENKO T. A., SUKHODOLSKAYA R. A., VAVILOV D. N. Biodiversity and community structure of soil mesofauna in Volzhsko-Kamsky Reserve	213
TISHIN D. V., KASIMOV A. R., GARAEVA G. R., ZARIPOV S. K. Analysis of temperature individual anthill regime in Raifa forest of Volzhsko-Kamsky Reserven	230
PETROVA I. V., PAVLOV A. V., IDRISOVA L. A. Morphological description of <i>Coronella austriaca</i> и <i>Natrix natrix</i> (Ophidia, Colubridae) in Volzhsko-Kamsky Reserve	237
IDRISOVA L. A., FURMAN A. A. Deviations in pholidosis of snakes from Volzhsko-Kamsky Reserve	250
AYPOV A. S., BEKMANSUROV R. H., PROHOROV E. V., SARVAROV A. S., NOSOV M. S. Preliminary results of video-camera using for white-tail eagle – <i>Haliaeetus albicilla</i> (L.) biology investigation	256
BEKMANSUROV R. H. Nesting of <i>Hieraetus pennatus</i> (Gmelin, 1788) in Volzhsko-Kamsky Reserve	267
GORSHKOV Y. A. Resources of European beaver (<i>Castor fiber</i> L.) population in the Raifa part of Volzhsko-Kamsky Reserve	272
CHAHIREVA E. V. Nature season development in Volzhsko-Kamsky Reserve	282
BAKIN O. V., AYUPOV A. S., GORSHKOV Y. A., IVANOV V. B., PAVLOV A. V. The main tendencies of forest ecosystems development in south part of subtaiga zone (based on the Volzhsko-Kamsky Preserve ecological monitoring data)	292
SAUTKIN I. S., ROGOVA T. V. The experience of ecosystem services evaluation using indicators of species diversity and production on the example of Raifa part of Volzhsko-Kamsky Biosphere Reserve forest ecosystems	307
HISTORY	316
GARANIN V. I. Historical notes	316

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

УДК 574.632:502.72

Гидрохимический режим водоёмов и водотоков Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны

Е. Н. Унковская,¹ О. Ю. Тарасов²

UNKOVSKAY E. N., TARASOV O. Y. HYDROCHEMICAL REGIME OF RESERVOIRS
AND STREAMS OF RAIFA PART OF VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE AND ITS BUFFER ZONE

In the article, the data on physical-chemical parameters of the water reservoirs and streams of Raifa part of Volzhsko-Kamsky Reserve and its buffer zone are presented for the period 2001–2015. The spatial and temporal variations of general mineralization in the basin of Sumka and Ser-Bulak rivers are analyzed; characteristics of gas regime in the different lake types are provided. Coefficients for the maximum allowable concentration exceedance in the lake waters are estimated for biogenic, organic and polluting substances. For the first time the results of hydro-chemical analyses for Mohovoe and Torphyanoe lakes are summarized.

На территории Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны (Раифа) сложился комплекс из 13 разнотипных озёр, связанных в единую гидрологическую систему малыми реками Сумка и Сер-Булак. В долинах рек расположены проточные озёра суффозионно-карстового происхождения площадью от 0,07 до 0,32 км² с максимальными глубинами от 4,5 до 20,3 м – Белое, Раифское, Ильинское, Линёво, Карасиха. Также к долинам рек приурочены бессточные озёра площадью 0,01–0,05 км² и максимальной глубиной 1,5–3,0 м – Илантово, Круглое, Моховое, Крутое, Шатуниха и озёра, представляющие собой «окна» в сфагновых болотах – Гнилое, Долгое (площадь 0,01 км², максимальная глубина – 5,4 и 12,5 м).

Каждая группа озёр характеризуется своеобразным гидрохимическим режимом, который зависит от ландшафтных особенностей водосбора: почвенно-растительных условий, залесённости и заболоченности; играют свою роль и антропогенные факторы.

Мониторинг химического состава поверхностных вод Раифы осуществляется с 1983 г. Данные по физико-химическим показателям озёр за период 1983–2000 гг. опубликованы (Мингазова и др., 1990; Унковская и др., 2002; Унковская и др., 2006). Также рассмотрены некоторые частные вопросы: влияние на экологическое состояние озёр аномального жаркого 2010 г. (Унковская, Тарасов, 2012; Унковская и др., 2013); сезонные и межгодовые изменения в ионном и биогенном

¹ ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: l-unka@mail.ru;

² Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан

балансе разнотипных озёр (Унковская и др., 2009; Унковская, Тарасов, 2013а); динамика содержания тяжёлых металлов в водоёмах Раифы (Мустафина и др., 2014). В настоящей статье обобщены результаты гидрохимических исследований за период 2001–2015 гг.

Материалы и методика

Пробы на гидрохимический анализ отбирались на сети контрольных станций в летний период (со второй декады июня по первую декаду августа) 2001–2015 гг. В глубоководных озёрах отбор проводился в поверхностном и придонном горизонтах, в мелководных озерах – у поверхности в прибрежной части. В летнюю межень (июнь) 2015 г. отбор гидрохимических проб проводился по всей длине рек Сумка и Сер-Булак. Пробы анализировались в ЦСИАК Минприроды РТ под руководством Р. Р. Шагидуллина (2001–2002), в Лаборатории эколого-аналитических измерений и мониторинга окружающей среды Института проблем экологии и недропользования АН РТ (2003–2015) под руководством О. Ю. Тарасова. Всего обработано 420 проб, выполнены анализы на содержание 17–24 ингредиентов – определялся газовый состав, pH , состав основных и биогенных ионов, величина биохимического и химического потребления кислорода, АСПАВ, фенолы. Анализ проводился по аттестованным методикам. С 2011 г. осуществляется мониторинг содержания тяжёлых металлов – меди, цинка, марганца, никеля, свинца. При отборе гидрохимических проб фиксировались физические показатели воды: прозрачность (по диску Секки); цвет (по шкале цветности ГОСТ 4266-79); температура через каждые 2 м (термометром на батометре Молчанова).

Оценка качества воды озёр проводилась по эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши (ЭСК) по 9–10 показателям: прозрачность (по диску Секки); насыщение растворённым кислородом; pH ; перманганатная или бихроматная окисляемость; азот аммонийный, нитритный, нитратный; фосфор фосфатов (Оксиюк и др., 1993). Вычислялся индекс загрязнённости вод по 6 показателям (ИЗВ₆), с использованием концентрации растворённого кислорода и БПК₅, и 4 максимально превышающих ПДК компонентов (Методические..., 1988; Шитиков и др., 2003). Сравнение химических показателей проводилось в соответствии с предельно допустимыми концентрациями для рыбохозяйственных водоёмов (Перечень..., 1999). Тип воды определялся по шкале О. А. Алекина (1970).

В настоящей статье рассматривается многолетняя динамика основных физико-химических показателей исследуемых водных объектов; в каждой группе водоёмов выделены «модельные» озёра, анализ гидрохимического режима которых приводится более детально. Из первой группы (проточные озёра в долине р. Сумка) выбрано оз. Раифское, из второй (проточные озёра в долине р. Сер-Булак) – оз. Линево; из третьей (бессточные озёра) – оз. Илантово; из четвертой («окна» в

сфагновых болотах) – оз. Долгое. Отдельно рассматривается бобровый пруд, поименованный оз. Торфяное.

Результаты и их обсуждение

РЕКИ

Формирование химического состава поверхностных вод Раифского участка заповедника обусловлено сочетанием факторов, определяющихся природными условиями региона и антропогенным воздействием в пределах водосбора.

Гидрохимический режим рек зависит, главным образом, от типа их питания. Общая минерализация и основные химические показатели речных вод изменяются на протяжении реки. В верховьях Сумки (исток близ д. Гремячий Ключ), расположенных на склоне коренного берега волжской долины, основную роль играет грунтовое питание, что обуславливает повышенную общую минерализацию – до $775,6 \text{ мг/дм}^3$. В формирование ионного состава заметную роль здесь играют карбонатные соединения подземных вод, поэтому концентрация гидрокарбонатов в реке достаточно велика – до 510 мг/дм^3 , тогда как количество сульфатов и хлоридов незначительно – 55 и 10 мг/дм^3 соответственно. Ниже по течению заметные изменения в сумме ионов связано с антропогенными источниками – населёнными пунктами Бишня и Большие Ключи. Следует отметить, что в 2005 г. максимальные значения минерализации (более 1 г/дм^3) фиксировались в притоке Сумки, представляющем собой сток с нефункционирующих очистных сооружений д. Бишня, причём основной вклад вносили сульфаты – до 425 мг/дм^3 (Унковская и др., 2006). Это было связано с поступлением подземных сульфатных вод, используемых в водоснабжение деревни. В 2015 г. минерализация воды в данном водотоке также характеризовалась как «повышенная» – $718,5 \text{ мг/дм}^3$.

Для рек Сумка и Сер-Булак в среднем и нижнем течении характерно атмосферное питание, что определяет невысокую минерализацию их вод, изменяющуюся в пределах $132,7\text{--}224,0 \text{ мг/дм}^3$. Однако расположенные в долине Сумки проточные озёра характеризуются наибольшими, среди исследованных водоёмов, величинами минерализации – $131,2\text{--}633,4 \text{ мг/дм}^3$; максимальные значения отмечаются для оз. Белое. На гидрохимический режим Сер-Булака влияние антропогенных факторов в последние годы практически не сказывается, зато заметную роль играет поступление минеральных и органических веществ из расположенных в его долине болотных массивов. Находящиеся в долине Сер-Булака проточные озёра характеризуются минерализацией, которая в разные годы меняется от $39,0$ до $173,5 \text{ мг/дм}^3$. Минерализация вод бессточных озёр и «окон» в сфагновых болотах – от $20,5$ до $109,2 \text{ мг/дм}^3$.

Пространственная изменчивость общей минерализации водоёмов Раифы показана на рисунке 1. Ниже приводится гидрологическая и ги-

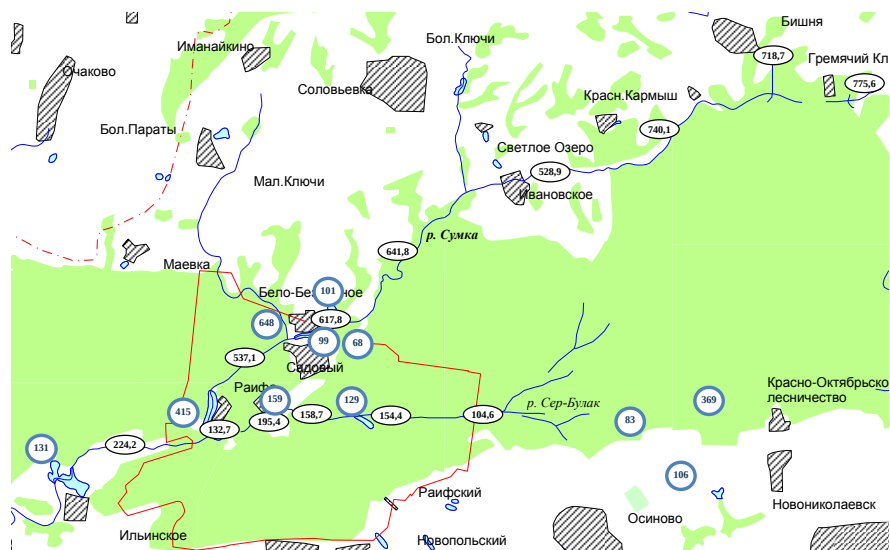


Рис. 1. Пространственная изменчивость общей минерализации водоёмов (○) и водотоков (○) Раифы в июне 2015 г., мг/дм³.

дрохимическая характеристика водотоков по контрольным станциям, с учётом притоков. Физико-химические показатели речных вод в июне 2015 г. приведены в таблице 1.

Станция 1. Исток р. Сумка (близ пос. Гремячий Ключ) представляет собой водоток шириной 0,3–0,5 м и глубиной не более 0,15 м, который образуется при слиянии нескольких лесных ручьев из оврагов. Вода прозрачная, местами имеет мутноватый оттенок, связанный с размывом мергелей коренного берега. Температура 11,4 °С. Дно глинистое, в углублениях – илистое, местами песок и камни, много перека-тов и расширений по ходу течения. Средняя скоростью течения составила 0,23 м/с. Электропроводность воды 600 мкСм/см, минерализация – 775,6 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «жёсткая вода»; *pH* слабощелочная – 7,4. Содержание растворённого кислорода составляло 8,1 мг/дм³ (76,1 % насыщения). Биогенные и органические элементы находились в пределах допустимых норм (табл. 2). Ранговый показатель составил 3,2 – «вполне чистые воды». ИЗВ₆ соответствовал классу качества «умеренно загрязнённые воды», за счёт большого содержания в воде меди.

Основным источником загрязнения верховьев реки в 2005 г. являлся сброс по овражной системе сточных вод с нефункционирующих очистных сооружений д. Бишня. В 2015 г. очистные сооружения также не функционировали, но перелива из отстойника не было, и овраг был почти сухой. Проба отобрана из ручья, поступающего в Сумку ниже очистных сооружений (**станция 2**). Ручей шириной от 0,3 до 1,2 м, имеет глубину 0,05–0,2 м; скорость течения на перекатах до 0,34 м/с. Дно глинистое. Вода прозрачная до дна. Температура 12,8 °С. Электропроводность воды составляла 597 мкСм/см, минерализация – 718,7

мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «жёсткая вода». *pH* щелочная – 8,3. Содержание растворённого кислорода в воде 9,5 мг/дм³ (92,3 % насыщения). Биогенные и органические элементы находились в пределах допустимых норм, кроме содержания нитритов – 1,3 ПДК. Следует отметить, что из всех отобранных из реки проб, на данной станции отмечено самое высокое содержание нитратов – 31 мг/дм³. Ранговый показатель составил 4,1 («достаточно чистые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чистые воды», несмотря на незначительные превышения ПДК по марганцу и меди.

Станция 3 расположена в районе бобрового поселения, ниже д. Бишня. Отбор проб производился ниже каскада бобровых прудов. Ширина реки в данном участке 5 м, максимальная глубина – 0,7 м; стока практически не было. Прозрачность воды составила 0,5 м, цвет воды – зеленоватый. Температура 18,2 °С. Содержание растворённого кислорода 7,9 мг/дм³ (86,5 % насыщения). Электропроводность воды составляла 575 мкСм/см, минерализация – 740,1 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «жёсткая вода». *pH* щелочная – 8,1. Биогенные и органические элементы находились в пределах допустимых норм. Ранговый показатель составил 3,1 («вполне чистые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чистые воды», несмотря на превышения ПДК по меди в 2,7 раза.

Станция 4 расположена в 7,5 км ниже по течению, в д. Ивановка около моста. В этом районе поселилась бобровая семья, и значительные площади поймы реки затоплены. В месте отбора проб река имеет ширину 12 м, максимальную глубину 1,5 м, скоростью течения 0,009–0,1 м/с. Прозрачность воды 0,5 м, цвет воды – зеленоватый. Температура 19,6 °С. Содержание растворённого кислорода составляло 6,8 мг/дм³ (76,5 % насыщения). Электропроводность воды 461 мкСм/см. Минерализация воды 528,9 мг/дм³, что значительно ниже показателей на предыдущей станции; очевидно, это связано с подтоплением поймы. Общая жёсткость соответствовала категории «умеренно жёсткая вода». *pH* слабощелочная – 7,9. Биогенные и органические элементы находились в пределах допустимых норм. Ранговый показатель составил 3,4 («вполне чистые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «грязные воды», за счёт превышения ПДК по марганцу в 25,5 раз.

Станция 5 была заложена примерно в 5 км ниже с. Большие Ключи, в районе оз. Крутое (1,5 км выше озера). В настоящее время этот участок реки так же перегорожен бобровыми плотинами и представляет собой каскад бобровых прудов. Пробы брали около бобровой плотины (пруд шириной от 3 до 7 м, длиной 20 м, глубиной у плотины 0,9 м; длина плотины 7 м). Прозрачность воды составила 0,5 м, цвет воды – зеленоватый. Температура 17,0 °С. Содержание растворённого кислорода всего 3,2 мг/дм³ (34,1 % насыщения). Электропроводность воды выше, по сравнению с предыдущей станцией, – 554 мкСм/см; минерализация – до 641,8 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «уме-

ренно жёсткая вода». pH слабощелочная – 7,6. На данной станции отмечены превышения ПДК по аммонийному иону (1,3 ПДК) и фосфатам (1,5 ПДК), остальные биогенные и органические элементы находились в пределах допустимых норм. Ранговый показатель составил 4,1 («вполне чистые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «очень грязные воды», за счёт превышения ПДК по тяжёлым металлам: отмечены превышения ПДК по меди – в 2,4 раза, по марганцу – в 25,5 раз, по железу общему – в 2,1 раза.

В охранной зоне заповедника пробы отобраны на гидрометрическом посту № 1, в месте впадения Сумки в оз. Белое (**станция 6**). Во время отбора проб река имела ширину 4 м, глубину от 0,2 до 0,5 м, скорость течения – 0,23 м/с. Вода была прозрачная до дна. Температура 19,8 °С. Содержание растворённого кислорода составляло 5,1 мг/дм³ (57,4 % насыщения). Электропроводность воды 495 мкСм/см, минерализация – до 617,8 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «умеренно жёсткая вода». pH слабощелочная – 7,5. Превышения ПДК биогенных элементов отмечены по аммонийному иону (1,5 ПДК) и нитритам (1,5 ПДК), остальные показатели (азотной группы, фосфаты, величины БПК и ХПК) находились в пределах допустимых норм. Ранговый показатель составил 4,0 («вполне чистые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чрезвычайно грязные воды», за счёт значительного превышения ПДК по тяжёлым металлам (превышения ПДК по марганцу в 89 раз, по железу общему – в 3,6 раза, по меди – в 2,9 раза).

На территории заповедника пробы из Сумки отбирали на гидрометрическом посту № 3, на просеке кв. кв. 19/20 (**станция 7**). Река в это время представляла собой ручей шириной 3,3 м, с оставшимися бочагами. Уровень воды (по стационарной рейке) составлял 0,19 м; скорость течения на перекатах, соединяющих бочаги, – до 0,3 см/с. Вода прозрачная. Температура 20,0 °С. Содержание растворённого кислорода составляло 4,3 мг/дм³ (48,6 % насыщения). Электропроводность воды 530 мкСм/см, минерализация – до 537,1 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «мягкая вода». pH слабощелочная – 7,4. Превышения ПДК биогенных элементов отмечены по аммонийному иону (5,02 ПДК), остальные биогенные и органические показатели находились в пределах ПДК. Ранговый показатель составил 4,3 («достаточно чистые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чрезвычайно грязные воды», за счёт значительного превышения ПДК по тяжёлым металлам (отмечены превышения ПДК по марганцу в 383 раза (!), по железу общему – в 4 раза, по меди – в 2,4 раза).

Ниже оз. Раифское пробы из Сумки были отобраны в охранной зоне, в 1 км от границы заповедника (**станция 8**). Река представляла собой чередование «заводей» (шириной до 5 м, глубиной до 0,35–0,5 м) и соединяющих их ручьев (до 0,3 м шириной и 0,07 м глубиной). Скорость течения в центре русла составляла, в среднем, 0,17 м/с. Вода прозрачная до дна, светло-зелёная. Температура 18,5 °С. Содержание

растворенного кислорода составляло $5,8 \text{ мг/дм}^3$ (63,8 % насыщения). Электропроводность воды 179 мкСм/см . Минерализация воды – до $224,4 \text{ мг/дм}^3$, что почти в 3 раза ниже, чем на станции 8, что связано с «прохождением» рекой озера. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода». pH нейтральная – 7,3. Биогенные и органические элементы находились в пределах допустимых норм. Ранговый показатель составил 2,8 («вполне чистые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «умеренно загрязнённые воды». Превышения ПДК по тяжёлым металлам были значительно ниже, чем на предыдущей станции: по марганцу – в 26,1 раза, по железу общему – в 3 раза.

Приток Сумки – р. Сер-Булак берет начало из Осиновских болот. Первая станция по ходу течения р. Сер-Булак (**станция 9**) была заложена на территории заповедника (кв. 104), примерно в 3–4 км ниже истока реки. Сер-Булак течёт здесь по широкой пойме, русло проходит в углублении с обрывистыми берегами высотой до 0,5–0,7 м. Ширина водотока 1 м, глубина 0,3 м; стока практически нет. Вода прозрачная, коричневого цвета. Температура $22,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Содержание растворённого кислорода составляло $4,4 \text{ мг/дм}^3$ (51,9 % насыщения). Электропроводность воды 130 мкСм/см , минерализация – до $144,8 \text{ мг/дм}^3$, что ниже значений по р. Сумка и связано с формированием ионного состава воды за счёт поступления болотных вод. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода». pH слабокислая – 6,8. Вода Сер-Булака характеризовалась значительным количеством органических веществ. Отмечены превышения ПДК_{р/х} по ХПК – в 3,1 раза, по аммонийному азоту – в 4,1 раза, фосфатам – в 5 раз. Ранговый показатель составил 5,0 («слабо загрязнённые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чрезвычайно грязные воды». Превышения ПДК по тяжёлым металлам составили: по марганцу – в 32 раза, по железу общему – в 99 раз, по меди – в 2,7 раза.

Станция 10 находилась примерно в 2,5 км ниже по течению (кв. 113), в месте впадения Сер-Булака в оз. Линёво. В настоящее время водоток перегороден бобровой плотиной, течения практически нет. Река представляет собой извилистый ручей шириной 1,3 м и глубиной 0,15 м (глубина бобрового пруда до 0,25 м.) Вода прозрачная до дна, коричневого цвета. Температура $17,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Содержание растворённого кислорода составляло $3,5 \text{ мг/дм}^3$ (37,3 % насыщения). Электропроводность воды 114 мкСм/см , минерализация – до $154,4 \text{ мг/дм}^3$. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода». pH слабощелочная – 7,1. Отмечены превышения ПДК_{р/х} по ХПК – в 3 раза, по фосфатам – в 4,3 раза. Ранговый показатель составил 4,7 («слабо загрязнённые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу «чрезвычайно грязные воды», за счёт превышения ПДК по тяжёлым металлам: по марганцу – в 296 (!) раз, по железу общему – в 53 раза, по меди – в 2,7 раза.

Станция 11 находилась примерно в 1 км ниже оз. Линёво (в районе отметки «пожарный водоём»). Здесь река представляла собой во-

доём шириной 1,5–3,5 м, глубиной 0,10–0,30 м, со стоячей водой (ниже – на гидрометрическом посту «Казанский мост» – русло Сер-Булака было сухое). Вода была прозрачная до дна, коричневого цвета. Температура 18,0 °С. Содержание растворённого кислорода составляло 2,1 мг/дм³ (22,8 % насыщения). Электропроводность воды 128 мкСм/см, минерализация – до 158,7 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «мягкая вода». *pH* нейтральная – 7,0. Здесь были отмечены самые высокие превышения ПДК_{р/х} по ХПК – в 4,1 раза, аммонийному иону – в 3,7 раза, фосфатам – в 6,7 раз. Ранговый показатель составил 5,3 («слабо загрязнённые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чрезвычайно грязные воды», за счёт превышения ПДК по тяжёлым металлам: по марганцу – в 164 (!) раза, по железу общему – в 105 раз, по меди – в 12 раз.

Станция 12 находилась в 30 м от места впадения Сер-Булака в оз. Карасиха (пос. Садовый). Река имела ширину 0,5 м и глубину 0,5 м. Вода была прозрачная до дна, коричневого цвета. Температура 20,0 °С. Содержание растворённого кислорода было критическим – 1,0 мг/дм³ (11,3 % насыщения). Электропроводность воды 192 мкСм/см, минерализация – 195,4 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода». *pH* слабокислая – 6,7 (влияние болотных вод торфяников расположенных в пойме). Отмечены высокие значения превышения ПДК_{р/х} по ХПК – в 3,6 раза, БПК₅ – в 2,9 раза, по аммонийному иону – в 1,1 раза, по фосфатам – в 6,4 раза. Ранговый показатель составил 5,7 («умеренно загрязнённые воды») – максимальное загрязнение из всех станций. ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чрезвычайно грязные воды», за счёт превышения ПДК по тяжёлым металлам: по марганцу – в 51 раз, по железу общему – в 18 раз, по меди – в 3,6 раза.

Станция 13. При впадении Сер-Булака в оз. Раифское его сток зарегулирован (река протекает через три трубы, проложенные под дорогой). В настоящее время трубы перегорожены бобровой плотиной, выше которой образовался пруд шириной до 12 м и глубиной 1,5 м. Сток в трубе имел ширину всего 0,2 м, глубину 5 см; скорость течения 0,5 м/с. Вода в пруду мутная, прозрачность 0,3 м, цвет – коричневый. Температура 18,8 °С. Содержание растворённого кислорода критическое – всего 1,0 мг/дм³ (11,0 % насыщения). Электропроводность воды 94 мкСм/см, минерализация – 132,7 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода». *pH* слабокислая – 6,5. Отмечены высокие значения превышения ПДК_{р/х} по ХПК – в 2,3 раза, БПК₅ – в 2,3 раза, по аммонийному иону – в 1,2 раза, фосфатам – в 1,4 раза. Ранговый показатель составил 4,7 («слабо загрязнённые воды»). ИЗВ₆ соответствовал классу качества «чрезвычайно грязные воды», за счёт превышения ПДК по тяжёлым металлам: по марганцу – в 10 раз, по железу общему – в 4,9 раза, по меди – в 3,2 раза.

Пространственная изменчивость качества воды по ЭКС рек Раифы показана на рисунке 2.

Таблица 1

Физико-химические показатели водотоков Раифы в июне 2015 г.

№ станции	Физические показатели			Химические ингредиенты, мг/дм ³																
	Прозрачность, м	Цветность	Температура, °С	pH	Взвешенные вещества	Кислород растворенный	насыщения O ₂ , %	Электропроводность, мкСм/м	БПК ₅ , мгO ₂ /дм ³	ХПК, мгO/дм ³	Аммоний нон	Нитриты	Нитраты	Фосфаты	Гидрокарбонаты	Сульфаты	Хлориды	Общая жесткость, ммоль/дм ³ экв	Кальций	Магний
ПДК				6,5-8,5		> 6,0			2,0		0,5	0,08	40	0,2		100	300		180	40
Сумка, пос. Гремячий Ключ (исток), 09.06																				
1	0,15	XIV	11,4	7,4 ±0,2	< 3,0	8,1 ±0,8	76,1	600 ±15	< 0,5	< 4,0	< 0,05	< 0,02	17,4 ±2,1	0,11 ±0,02	510 ±56	55,0 ±8,3	< 10,0	6,46 ±0,58	100 ±11	18,3 ±2,0
Приток Сумки ниже очистных сооружений д. Бишня, 09.06																				
2	0,20	XVI	12,8	8,3 ±0,2	19,2 ±3,8	9,5 ±0,9	92,2	597 ±15	1,2 ±0,3	< 4,0	< 0,05	0,106 ±0,015	31,0 ±3,7	0,19 ±0,03	479 ±53	32,0 ±6,4	19,4 ±3,1	6,12 ±0,55	96 ±11	16,4 ±1,8
Сумка, пос. Бишня, ниже бобровых плотин, 09.06																				
3	0,50	XVIII	18,2	8,1 ±0,2	9,4 ±2,8	7,9 ±0,8	86,5	575 ±14	1,5 ±0,4	10,3 ±2,5	0,15 ±0,05	< 0,02	< 1,0	0,17 ±0,04	522 ±57	11,0 ±2,2	14,0 ±2,2	6,07 ±0,55	92 ±10,0	18,3 ±2,0
Сумка, д. Ивановка, 09.06																				
4	0,45	XVIII	19,6	7,9 ±0,2	3,2 ±1,0	6,8 ±0,7	76,5	461 ±12	1,5 ±0,4	21,6 ±5,2	0,49 ±0,17	< 0,02	< 1,0	0,13 ±0,02	369 ±41	< 10,0	< 10,0	4,66 ±0,42	71,5 ±7,9	13,5 ±1,5
Сумка, в 1,5 км выше оз. Крутое, 15.06																				
5	0,30	XVIII	17,0	7,6 ±0,2	14,4 ±2,9	3,2 ±0,3	34,1	554 ±14	1,8 ±0,5	18,6 ±4,5	0,63 ±0,22	< 0,02	< 1,0	0,30 ±0,05	430 ±47	< 10,0	32,5 ±3,6	5,85 ±0,53	72,5 ±8,0	26,9 ±3,0
Сумка, место впадения в оз. Белое, 02.06																				
6	0,5 (до дна)	XVII	19,8	7,5 ±0,2	14,0 ±2,8	5,1 ±0,5	57,4	495 ±12	2,0 ±0,5	21,2 ±5,1	0,75 ±0,26	0,117 ±0,016	1,80 ±0,32	< 0,05	424 ±47	< 10,0	17,6 ±2,8	5,23 ±0,47	69,2 ±7,6	21,6 ±2,4
Сумка, заповедник кв. 19/20 (в 1 км выше места впадения в оз. Раифское), 02.06																				
7	0,19	XVIII	20,0	7,4 ±0,2	8,3 ±2,5	4,3 ±0,4	48,6	530 ±13	1,8 ±0,5	22,1 ±5,3	2,51 ±0,18	0,065 ±0,013	< 1,0	< 0,05	296 ±33	< 10,0	65,0± 5,9	3,24 ±0,29	52,8 ±5,8	9,6 ±1,4
Сумка, в 1,5 км выше места впадения в оз. Ильинское, 15.06																				
8	0,35	XVI	18,5	7,3 ±0,2	5,0 ±1,5	5,8 ±0,6	63,8	179 ±5	< 0,5	12,7 ±3,0	0,12 ±0,04	< 0,02	< 1,0	0,15 ±0,02	131 ±14	< 10,0	< 10,0	1,73 ±0,16	25,2 ±2,8	5,8 ±0,9

Продолжение таблицы 1

№ станции	Физические показатели			Химические ингредиенты, мг/дм ³																
	Прозрачность, м	Цветность	Температура, °С	pH	Взвешенные вещества	Кислород растворенный	насыщения O ₂ , %	Электропроводность, мкСм/м	БПК ₅ , мгO ₂ /дм ³	ХПК, мгO/дм ³	Аммоний ион	Нитриты	Нитраты	Фосфаты	Гидрокарбонаты	Сульфаты	Хлориды	Общая жесткость, ммоль/дм ³ экв	Кальций	Магний
ПДК				6,5-8,5		> 6,0			2,0		0,5	0,08	40	0,2		100	300		180	40
Сер-Булак, заповедник, кв. 104 (в 3 км ниже истока), 15.06																				
9	0,30	XXI	22,0	6,8 ±0,2	6,0 ±1,8	4,4 ±0,4	51,9	130 ±3	1,9 ±0,5	93 ±22	2,05 ±0,43	0,046 ±0,009	< 1,0	1,0 ±0,14	70,2 ±7,7	< 10,0	< 10,0	1,08 ±0,10	12,1 ±1,3	5,8 ±0,9
Сер-Булак, заповедник, кв. 113 (место впадения в оз. Линёво), 15.06																				
10	0,15	XXI	17,0	7,1 ±0,2	6,0 ±1,8	3,5 ±0,4	37,3	114 ±3	1,0 ±0,2	90 ±22	0,22 ±0,08	0,059 ±0,012	< 1,0	0,85 ±0,12	76,3 ±8,4	< 10,0	< 10,0	1,28 ±0,12	14,1 ±1,6	7,0 ±1,0
Сер-Булак, заповедник, кв. 145 (в 1 км ниже оз. Линёво), 02.06																				
11	0,2	XXI	18,0	7,0 ±0,2	5,0 ±1,5	2,1 ±0,2	22,8	128 ±3	4,4 ±1,1	123 ±30	1,86 ±0,39	0,028 ±0,006	< 1,0	1,31 ±0,18	76,3 ±8,4	< 10,0	< 10,0	2,68 ±0,24	24,8 ±2,7	17,6 ±1,9
Сер-Булак, место впадения в оз. Карасиха, 02.06																				
12	0,20	XXI	20,0	6,7 ±0,2	32,0 ±6,4	< 1,0	11,3	192 ±5	5,8 ±0,8	108 ±26	0,56 ±0,2	0,025 ±0,005	< 1,0	1,27 ±0,18	101 ±11	< 10,0	< 10,0	1,19 ±0,11	12,5 ±1,4	6,9 ±1,0
Сер-Булак, место впадения в оз. Раифское, 02.06																				
13	0,30	XXI	18,8	6,5 ±0,2	9,6 ±2,9	< 1,0	11,0	94 ±2	4,5 ±1,2	69 ±17	0,61 ±0,21	0,022 ±0,004	< 1,0	0,27 ±0,04	52,0 ±5,7	< 10,0	< 10,0	0,95 ±0,09	13,3 ±1,5	3,4 ±0,5

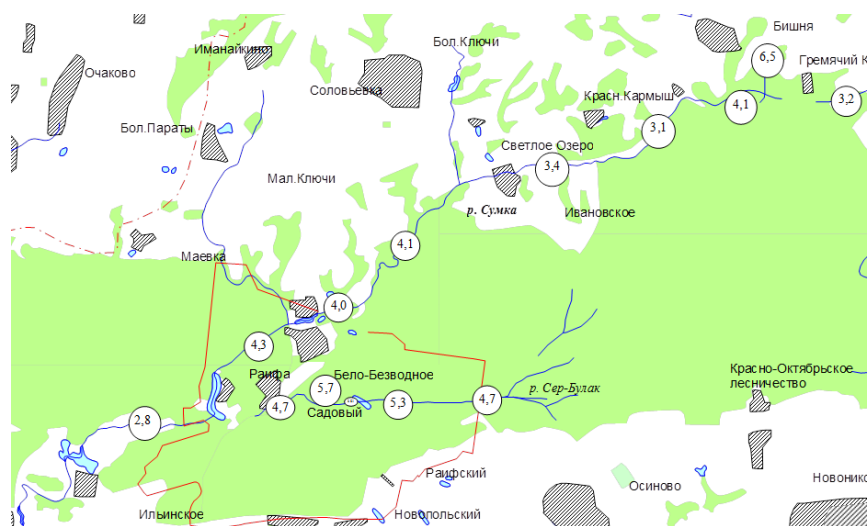


Рис. 2. Пространственная изменчивость качества воды по ЭКС водотоков Раифы в июне 2015 г.

Классы качества воды: 3 – вполне чистые воды; 4 – достаточно чистые воды; 5 – слабо загрязнённые воды; 6 – умеренно загрязнённые воды.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЁРНЫХ ВОД

Физические показатели. Одним из основных физических показателей водоёмов является прозрачность воды, зависящая от цветности и мутности. Прозрачность (по диску Секки) озёр Раифы в разные годы изменялась значительно и составляла в летний период от 0,25 до 2,0 м. Максимальной прозрачностью характеризовалось оз. Раифское. Цвет воды изменялся от зелёного, зеленовато-жёлтого (озёра в долине Сумки) до коричневого (проточные озёра и «окна» сплавины в долине Сер-Булака). Содержание взвешенных веществ в летний период было невелико; наибольшими значениями характеризовались проточные озёра в долине Сумки – 12,0–51,3 мг/дм³, незначительными – «окна» на сфагновых болотах – 9–13,1 мг/дм³. В поверхностных горизонтах водоёмов взвешенных веществ часто было менее 3,0 мг/дм³.

Температурный режим. Для глубоководных озёр (Раифское, Ильинское, Карасиха, Долгое) характерна летняя стратификация: поверхностные слои воды (эпилимнион) прогреваются до 22–27 °С, на глубине 4–6 м наблюдается резкий температурный скачок, и на глубине 15–19 м температура воды не более 4–7 °С. Мелководные озёра характеризуются постепенным понижением температуры с глубиной, но придонные слои водыгреваются всё же достаточно хорошо – до 16,4–19,0 °С. Для некоторых заболоченных озёр (Гнилое) верхний прогретый слой составляет не более 0,5 м.

Температурный режим водоёмов зависит от климатических условий. Это особенно ярко проявилось в аномально жаркое лето 2010 г., когда температура воды у поверхности в большинстве озёр составляла 27 °С, а зона метаклина в проточных озёрах смещалась на глубину 1,2–

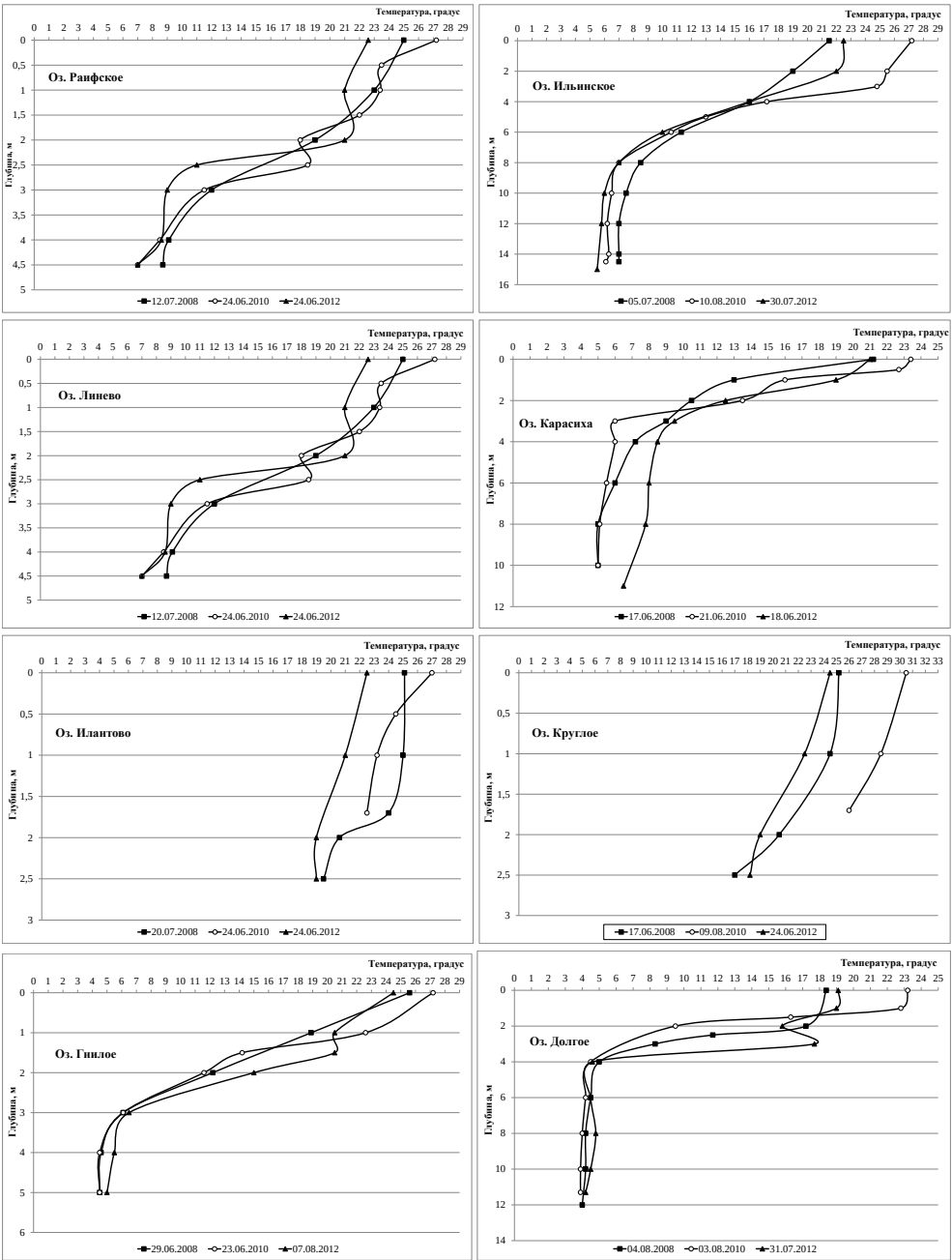


Рис. 3 Температурный режим озёр Раифы в летний период 2008, 2010 и 2012 гг.

2,0 м. На рисунке 3 представлены графики изменения температуры воды в озёрах в 2010 г. в сравнении с 2008 и 2012 гг.

Тип воды, ионный состав. Согласно классификации О. А. Алекина (1970), состав вод всех изученных озёр относился к гидрокарбонатному классу группы кальция. Соотношения главных ионов изменялись по группам озёр; наибольшие значения всегда отмечались в при-

донных слоях. Среднегодовые концентрации гидрокарбонатов составляли для проточных озёр долины Сумки – 78,8–289,8 мг/дм³, долины Сер-Булака – 28,4–60,6 мг/дм³; для бессточных озёр – 19,2–112,7 мг/дм³. Концентрации сульфатов и хлоридов имели меньший размах – 4,3–9,2 и 4,7–24,3 мг/дм³ соответственно. Такой же изменчивостью характеризовались катионы: среднегодовые концентрации кальция составляли от 41,1–61,1 мг/дм³ в проточных озёрах до 4,5–9,5 мг/дм³ – в бессточных; концентрации магния колебались в пределах 0,4–13,8 мг/дм³.

Ионный состав озёрных вод и формула Курлова, выражающая эквивалентное соотношение анионов и катионов (по усредненным данным за 15 лет), представлены в таблице 2.

Газовый режим. В летний период газовый режим озёр Раифы характеризовался нормальным насыщением растворённым кислородом поверхностных слоёв воды – 73,9–119,7 %. Для расположенного в охранной зоне оз. Ильинское в последние 5 лет отмечается перенасыщение растворённым кислородом поверхностных слоев (до 305,4 %), что соответствует статусу эвтрофного водоёма. В придонных слоях проточных озёр долины Сумки и мелководных бессточных озёр отмечались невысокое насыщение воды кислородом – 5,5–78,2 %. В придонных слоях проточных озёр долины Сер-Булака и «оконов» в сфагновых болотах в летний период отмечался дефицит кислорода – 6,8–46,0 % насыщения. Для этих водоёмов характерно накопление на дне сероводорода и сульфидов, концентрации которого составляли 0,18–0,35 мг/дм³ (до 70 ПДК_{р/х}).

Биогенные элементы и органические вещества. Среди определённых компонентов озёрных вод наиболее часто превышение предельно допустимых концентраций в летний период наблюдается в отношении аммонийного азота, фосфатов и железа общего, особенно в придонных слоях. Максимальные превышения ПДК_{р/х} зафиксированы для придонных слоёв оз. Линёво: по аммонийному азоту – 16,4 ПДК, по фосфатам – 64,8 ПДК, по железу – 151 ПДК.

Концентрации биогенных и органических веществ в воде всех изученных озёр приведены в таблицах 3 и 4.

Тяжелые металлы. Содержание тяжёлых металлов в озёрах Раифы в сезонной и межгодовой динамике анализировалось ранее (Муштафина и др., 2014). Данные 2014–2015 гг. обсуждаются ниже, при характеристике отдельных озёр.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЁР

Оз. Белое. В летний период прозрачность воды изменялась в пределах 0,25–1,4 м, составляя в среднем 0,59 м. Цвет воды изменялся от зелёного до зеленовато-жёлтого; после дождей вода бывает коричневатого-жёлтого цвета. Озеро мелководное, поэтому в летний период прогревается значительно: при температуре поверхностного слоя 21–27,5 °С, придонные слои (глубина 3–4,5 м)греваются до 12–18,2 °С. Элек-

тропроводность воды составляла у поверхности 398–433 и у дна 470–520 мкСм/см. Водородный показатель обычно соответствовал слабощелочной среде: в среднем 8,2 у поверхности и 7,8 у дна («достаточно чистые воды»). В 2010–2011 гг. отмечались самые высокие значения pH – до 8,7–9,0 у поверхности и 7,8–8,5 у дна. Общая минерализация воды оценивалась как «средняя» – 392,4 мг/дм³, изменяясь от 305,4 до 433,5 мг/дм³. В 2014 и 2015 гг. минерализация воды характеризовалась как «повышенная» – 578,5–633,0 мг/дм³. Увеличение произошло за счёт гидрокарбонатов: если в 2001–2013 гг. они составляли 210–287 мг/дм³, то в 2014–2015 гг. – 403–449 мг/дм³. При этом концентрации сульфатов и хлоридов изменились незначительно. Общая жёсткость соответствовала категории «умеренно жёсткая вода».

Содержание растворённого кислорода у поверхности указывало на эвтрофный статус водоёма – часто отмечалось недостаточное для летнего периода насыщение им воды (62,5–78,2 %) или перенасыщение (142,3–226,9 %). При этом насыщение кислородом придонных слоёв составляло всего 8,7–55,8 %. В годы с низким содержанием кислорода наблюдались высокие концентрации сероводорода в придонных слоях – до 0,018–0,059 мг/дм³ (3,6–11,8 ПДК). Превышение ПДК_{р/х} по биогенным элементам было отмечено только у дна в отношении иона аммония – 2,4–6,6 ПДК. Величина БПК₅ составляла 2,2–2,9 ПДК у поверхности и 1,6 ПДК на глубине 3,5 м; величина ХПК – соответственно 28,7–48,0 и 27,1–38,0 мгО/дм³.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК по всей толще воды: по меди – 1,3–4,4 ПДК у поверхности и 1,5–1,7 ПДК у дна, по марганцу – 1,8 и 128–149 ПДК, по железу общему – 2,2–2,8 и 3,7–6,2 ПДК соответственно.

Оз. Раифское. В летний период прозрачность воды в озере изменялась от 0,85 до 2,0 м, составляя в среднем 1,3 м. Цвет воды – зеленовато-жёлтый. Температурный режим озера соответствует стратифицированному водоёму (рис. 3). Электропроводность воды составляла у поверхности 273–348 и у дна 351–362 мкСм/см. Водородный показатель соответствовал у поверхности слабощелочной реакции среды (7,2–8,8), а в придонных слоях изменялся от слабокислой (6,9) до слабощелочной (7,4), что в большинстве случаев соответствует нормам ПДК. Общая минерализация воды по классификации О. А. Алекина (1970) соответствовала «средней», но её величина за период исследований постепенно повышалась, особенно в придонных слоях (рис. 4). Увеличение общей минерализации происходило за счёт увеличения гидрокарбонатов: если в 2001–2007 гг. их концентрация составляла 104–150 мг/дм³, в 2014–2015 гг. – 284–345 мг/дм³. Концентрации сульфатов и хлоридов изменялись незначительно (табл. 2). Общая жёсткость соответствовала категории «мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода соответствовало нормальному насыщению у поверхности – 5,6–13,8 мг/дм³ (62,9–165,1 %) и бы-

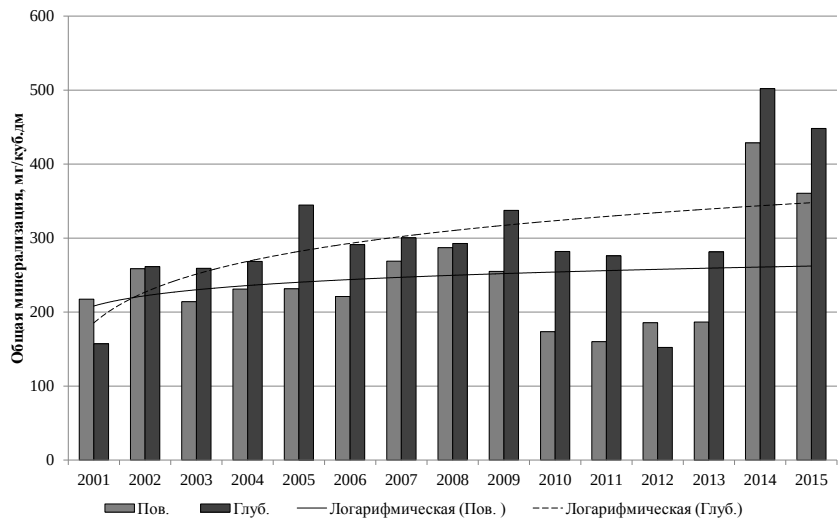


Рис. 4. Динамика общей минерализации воды в оз. Раифское в 2001–2015 гг.

ло минимальным у дна – 1,0–5,8 мг/дм³ (15,5–46,0 %). Концентрация сероводорода в придонном слое было ниже аналитического нуля (0,002 мг/дм³), за исключением 2006 и 2009 гг., когда были отмечены значительные концентрации сероводорода и гидросульфидов – 0,032–0,036 мг/дм³ (6,4–7,2 ПДК). Концентрации биогенных элементов превышали ПДК_{р/х} только в придонных слоях: ион аммония – 0,95–2,13 мг/дм³ (1,9–4,2 ПДК), фосфаты (в отдельные годы) – 0,86–1,37 мг/дм³ (4,3 ПДК), нитриты – 0,091 мг/дм³ (1,1 ПДК); концентрации нитратов соответствовали норме. Максимальные превышения ПДК по биогенным веществам отмечены в 2011 г. – на следующий год после резкого изменения гидрологического режима водоёма, вызванного аномально жарким

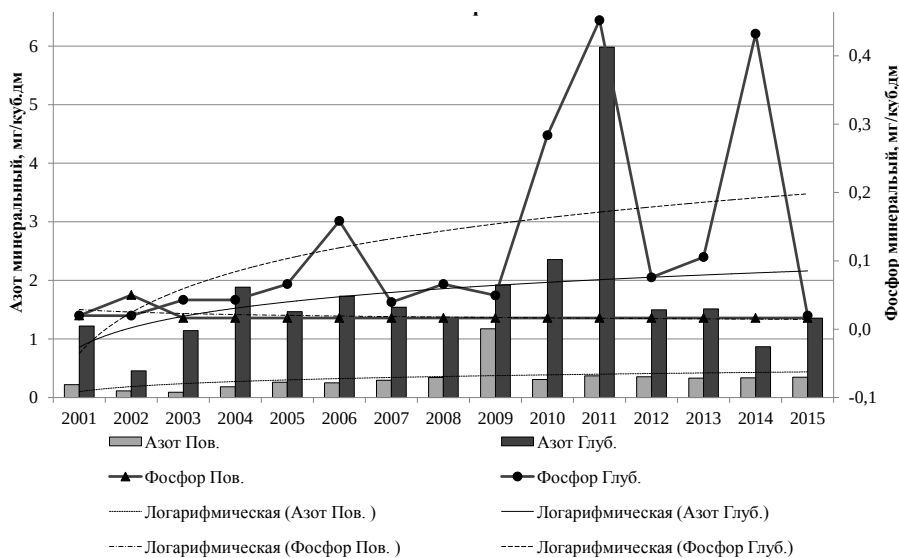


Рис. 5. Динамика минерального азота и фосфора в оз. Раифское в 2001–2015 гг.

летом 2010 г. В 2010 г. превышение ПДК_{p/x} составляло по аммонийному азоту 5,4 ПДК, по фосфатам – 4,3 ПДК, тогда как в 2011 г. – 14,8 и 6,9 ПДК соответственно (рис. 5). Средняя величина БПК₅ составляла у поверхности 1,1 и у дна 4,7 мгО₂/дм³ (2,4 ПДК), за исключением аномального 2010 г., когда БПК₅ составляло у поверхности 7,1 мгО₂/дм³ (3,6 ПДК) и у дна 4,8 мгО₂/дм³ (2,4 ПДК), и соответствовало оценке (по ЭСК) «сильно загрязненные воды». Величина ХПК составляла у поверхности 12,0–30,4 и у дна 15,6–45,0 мгО/дм³ («достаточно чистые и слабо загрязнённые воды» соответственно). Максимальные значения ХПК также отмечались в 2010 г.

Содержание тяжёлых металлов превышало допустимые нормы по меди – 2,4–2,7 ПДК у поверхности и 2,9–17 ПДК у дна и по железу общему – 1,1–1,6 и 4,6–21,3 ПДК соответственно; по марганцу превышения наблюдались только в придонном слое – 33,6–85,0 ПДК. Концентрации тяжёлых металлов в озере различаются в разные годы значительно.

Оз. Ильинское. В летний период прозрачность воды изменялась от 0,15 до 1,15 м, составляя в среднем 0,49 м. Цвет воды характеризовался как зелёный, при низкой прозрачности, и желтовато-зелёный или зеленовато-жёлтый, при средней прозрачности. Низкие значения прозрачности воды отмечались в периоды её «цветения», при интенсивно зелёном цвете. Температурный режим озера соответствует стратифицированному водоёму (рис. 3). Электропроводность воды составляла у поверхности 154–170 и у дна 232–318 мкСм/см. Водородный показатель соответствовал у поверхности щелочной реакции среды (8,3–10,4), в придонных слоях он изменялся в пределах 6,9–8,9. Максимальное значение *pH* – 10,7 – отмечалось 12.07.2009 г. в пик «цветения воды», вызванной вспышкой численности сине-зелёных водорослей. Общая минерализация воды оценивалась как «средняя» – 158,4 мг/дм³, изменяясь в пределах 107,9–248,9 мг/дм³. Концентрации основных катионов и анионов характеризовались относительным постоянством (табл. 2). За исследованный период отмечается лишь снижение гидрокарбонатов: от 88,1–132,7 мг/дм³ в 2001–2007 гг. до 61,1–99,8 мг/дм³ в 2008–2015 гг. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая» (2010 г.) и «мягкая вода».

Кислородный режим характеризует озеро как высокоэвтрофный водоём: часто отмечалось перенасыщение кислородом поверхностных слоёв воды – 91–217,6 %, при и минимальном насыщение придонных – 7,7–48,4 % (в 2004 г. – 78,2 %). В 2009–2010 гг., при интенсивном развитии водорослей, отмечалось самое высокое содержание растворенного кислорода у поверхности – 22,6–23,6 мг/дм³ (304,5–306 % насыщения). Концентрация сероводорода и сульфидов в придонном слое было ниже аналитического нуля (0,002 мг/дм³), кроме 2010 г., когда отмечалось 18-кратное превышение ПДК (0,09 мг/дм³). В придонном слое отмечалось превышение ПДК_{p/x} по иону аммония – 0,75–3,17

мг/дм³ (1,5–6,3 ПДК) и фосфатам – до 10,4 ПДК. Концентрации фосфатов в придонных слоях до 2008 г. были незначительными – 0,12–0,2 мг/дм³, в 2009–2010 гг. наблюдалось их значительное увеличение – до 0,89–2,07 мг/дм³ (4,5–10,4 ПДК), а в 2011–2015 гг. концентрация фосфатов вновь снижалась – до 0,40–0,82 мг/дм³. Величина БПК₅ менялась по годам от 1,3 до 14,9 мгО₂/дм³ (7,5 ПДК), величина ХПК – от 10,5 до 78,0 мгО/дм³ (2,6 ПДК); максимальные значения отмечались в 2009–2010 гг.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК: медь в 2,5–4,1 раза у поверхности и в 2,7–3,5 раза у дна, железо общее – в 1,4–1,5 раза у поверхности и в 3,4–8,1 раза у дна, марганец – в 10,5–30 раз у дна.

Оз. Линёво. В летний период прозрачность воды изменялась от 0,35 до 0,65 м, составляя в среднем 0,48 м. Цвет воды – желтовато-коричневый или коричневый, что связано с поступлением в озеро болотных вод с водосбора. Летний температурный режим характеризовался хорошим прогревом поверхностного (до 1,5–2 м) слоя – до 20–27 °С, резким снижением температуры до 13–18,5 °С на глубине более 2 м и температурой до 6,0–10,5 °С у дна (глубина 4,5–5,4 м) (рис. 3). Электропроводность воды составила у поверхности 80,5–89,5 и у дна 100–113 мкСм/см. Водородный показатель изменялся в пределах 6,7–8,2 у поверхности и 6,5–7,6 у дна; в среднем *pH* соответствовала нейтральной среде. Общая минерализация воды оценивалась как «малая» – 80,4 мг/дм³, изменяясь в пределах 37,5–99,9 мг/дм³ у поверхности и 40,0–154,6 мг/дм³ у дна. Резких изменений её значений по годам не наблюдалось (рис. 6). Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода соответствовало нормальному насыщению или перенасыщению у поверхности – 6,3–13,6 мг/дм³ (71,5–173,9 %) и дефициту у дна – 0,6–3,2 мг/дм³ (5,6–27,7 % насыщения). Только в 2010 г. концентрация кислорода по всей толще воды составила 9,2–9,8 мг/дм³, что было связано с прогревом всех водных горизонтов и большим развитием фитопланктона. Концентрация сероводорода и сульфидов у поверхности было ниже аналитического нуля, тогда как у дна составляло 0,081–0,108 мг/дм³ (16,2–21,6 ПДК). Превышение ПДК_{р/х} биогенных элементов отмечалось по всей толще воды, но максимальные значения фиксировались в придонных слоях (табл. 2). Концентрация ионов аммония составляла у поверхности 0,05–0,33 мг/дм³ (до 1,8 ПДК), у дна – 0,53–8,2 мг/дм³ (0,8–12,4 ПДК). Концентрация фосфатов была самая высокая из всех изученных водоёмов и изменялась в широком диапазоне: от 0,05 до 1,31 мг/дм³ в поверхностном слое воды и от 0,08 до 12,95 мг/дм³ в придонном. Коэффициент превышения ПДК по фосфатам составлял 1,1–64,8; наибольшие превышения отмечались в 2007–2012 гг. – 17,4–52,5 и в 2010 г. – 42,4. Многолетняя динамика концентраций минерального азота и фосфора в оз. Линёво представлена на рисунке 7. Несмотря на большие колебания

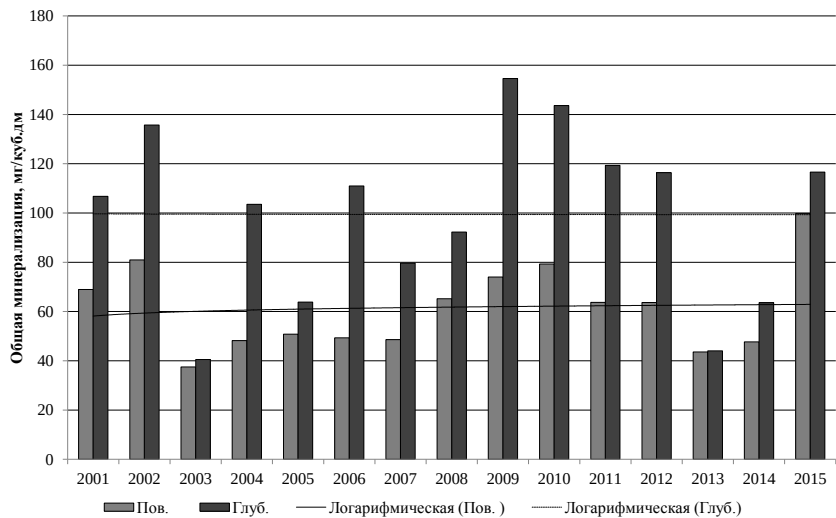


Рис. 6. Динамика общей минерализации воды в оз. Линёво в 2001–2015 гг.

значений, логарифмические тренды показывают относительно стабильные концентрации фосфора, как в поверхностных, так и в придонных слоях воды. В отношении азота наблюдается незначительное его увеличение в придонном слое. Величина БПК₅ за годы наблюдений составляла 0,7–9,1 мгО₂/дм³ у поверхности и 0,6–16,0 мгО₂/дм³ у дна (4,6–8,0 ПДК), величина ХПК – 35,7–83,0 мгО/дм³ (2,8 ПДК) у поверхности и 57–104 мгО/дм³ (3,5 ПДК) у дна.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК по меди – 1,2–4,1 ПДК у поверхности и 1,9–3,5 ПДК у дна, по марганцу – 1,9 ПДК у поверхности и 46–71 ПДК у дна, по железу общему – 4,8–9,4 ПДК у поверхности и 64–78 ПДК у дна.

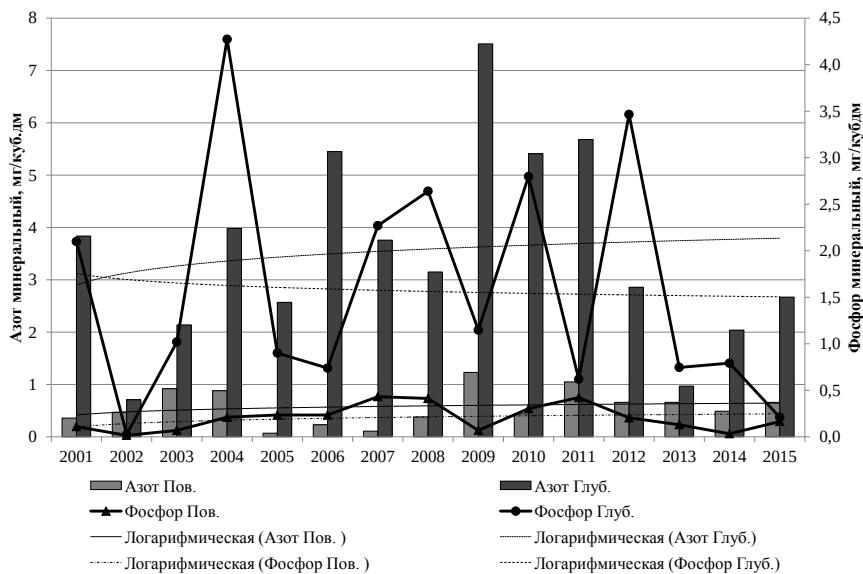


Рис. 7. Динамика минерального азота и фосфора в оз. Раифское в 2001–2015 гг.

Оз. Карасиха. В летний период прозрачность воды изменялась от 0,40 до 0,95 м, составляя в среднем 0,59 м. Цвет воды всегда был коричневым. Температурный режим характеризовал озеро как стратифицированный водоём, но, в отличие от других глубоководных озёр Раифы, зона металимниона располагалась выше – на уровне 1,5–3,0 м. Электропроводность воды составляла у поверхности 60 и у дна 155 мкСм/см. Водородный показатель обычно соответствовал нейтральной и слабокислой среде – 6,9–7,2 у поверхности и 6,5–6,9 у дна; единично фиксировались более высокие значения pH – 8,2 в июле 2006 г. Общая минерализация воды оценивалась как «малая» – 94,2 мг/дм³, изменяясь по годам в пределах 37,8–164,4 мг/дм³ у поверхности и 40,0–182,5 мг/дм³ у дна. В 2014–2015 гг. отмечается повышение общей минерализации до 131,5–173,5 мг/дм³, за счёт увеличения гидрокарбонатов. Если в 2001–2009 гг. их концентрация составляла 10,0–69,4 мг/дм³, то в последние два года она достигала 77,1–107,0 мг/дм³. Содержание сульфатов и хлоридов за период исследований оставалось стабильным и не превышало 10 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода соответствовало минимальному насыщению как у поверхности – 0,6–7,3 мг/дм³ (6,7–88,2 %), так и у дна – 0,8–3,3 мг/дм³ (6,0–47,2 %). Концентрация сероводорода у поверхности была ниже аналитического нуля (0,002 мг/дм³), зато у дна достигала 0,119–0,35 мг/дм³ (23,2–70 ПДК); максимальные значения наблюдались в 2010 г. Превышение ПДК_{р/х} биогенных элементов отмечено во всех горизонтах. Концентрация ионов аммония за период исследований составляла в поверхностных слоях 0,05–1,25 мг/дм³ (2,5 ПДК), в придонных – 0,05–6,30 мг/дм³ (12,6 ПДК) (табл. 2). Повышенные концентрации иона аммония фиксировались с 2007 г., максимальные значения отмечены в 2009–2010 гг., а с 2013 г. отмечается незначительное снижение значений – до 1,28–2,56 мг/дм³ (2,6–5,1 ПДК). Распределение фосфатов примерно такое же: в поверхностном слое воды 0,06–2,09 мг/дм³ (10,5 ПДК), в придонном – 0,37–8,59 мг/дм³ (1,9–42,9 ПДК); максимальные концентрации отмечены в 2010–2011 гг. Величина БПК₅ составляла у поверхности 0,5–6,1 мгО₂/дм³ (3,1 ПДК) и у дна 0,6–20,4 мгО₂/дм³ (10,2 ПДК), ХПК – 49–98 и 44–79 мгО/дм³ (1,5–3,1 ПДК) соответственно.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК_{р/х} по меди – 2,3–3,7 ПДК у поверхности и 1,4–4,4 ПДК у дна, по марганцу — 1,6 ПДК и 20,6–33,1 ПДК, по железу общему – 2,3–3,1 ПДК и 18,9–57,5 ПДК соответственно.

Оз. Илантово. В летний период прозрачность воды изменялась от 0,36 до 1,25 м, составляя в среднем 0,72 м. Цвет воды всегда был зеленовато-жёлтый. Температурный режим соответствует мелководному водоёму – с хорошо прогреваемым верхним слоем воды и постепенным понижением температуры с глубиной (рис. 3). Электропровод-

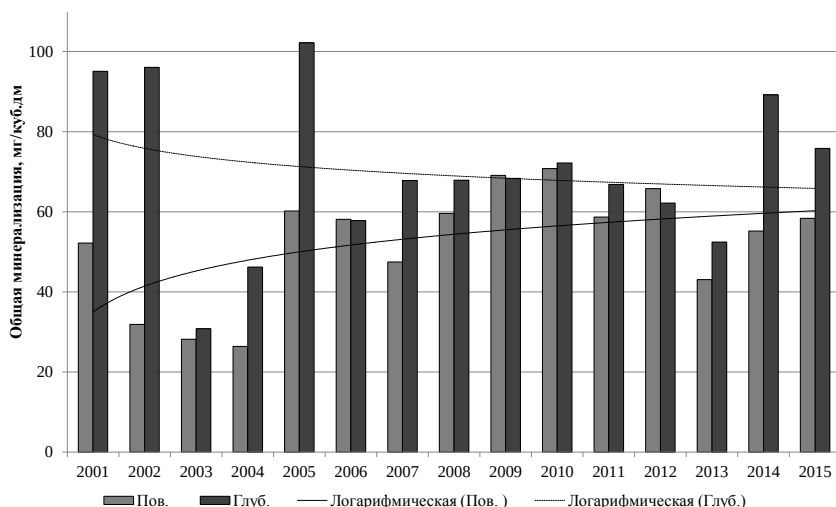


Рис. 8. Динамика общей минерализации воды в оз. Илантово в 2001–2015 гг.

ность воды составляла 46,2–49,2 мкСм/см у поверхности и 51,6–52,6 мкСм/см у дна. Водородный показатель был близок к нейтральной среде – 6,3–7,9 у поверхности и 6,2–7,8 у дна. Общая минерализация воды оценивалась как «очень малая» – 61,2 мг/дм³, изменяясь по годам пределах 26,4–70,8 мг/дм³ у поверхности и 30,8–102,2 мг/дм³ у дна. За период исследований наблюдается выравнивание показателей минерализации поверхностных и придонных слоёв (рис. 8). Концентрации катионов и анионов относительно стабильны (табл. 3). Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода в большинстве случаев соответствовало нормальному насыщению у поверхности – 1,3–9,8 мг/дм³ (51,5–120,6 %) и минимальному у дна – 1,2–5,9 мг/дм³ (12,2–68,9 %).

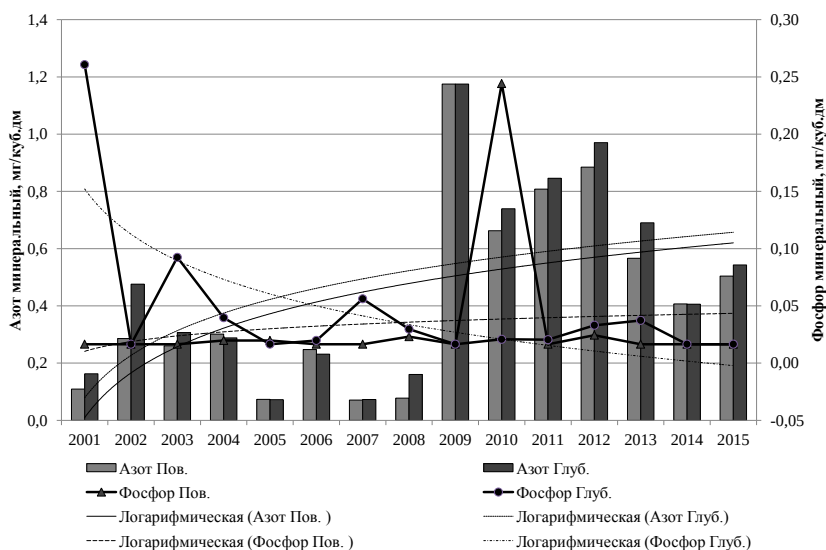


Рис. 9. Динамика минерального азота и фосфора в оз. Илантово в 2001–2015 гг.

Концентрация сероводорода была ниже аналитического нуля по всей толще воды, за исключение 2012 г, когда было зафиксировано 3-кратное превышение ПДК – $0,015 \text{ мг/дм}^3$. Превышение ПДК_{р/х} биогенных элементов было незначительным (табл. 4). Содержание ионов аммония за период исследований составляло в поверхностных слоях воды $0,05\text{--}0,84 \text{ мг/дм}^3$ (1,7 ПДК), в придонных – $0,05\text{--}0,95 \text{ мг/дм}^3$ (1,9 ПДК). Содержание фосфатов в поверхностном слое – $0,06\text{--}0,74 \text{ мг/дм}^3$ (3,7 ПДК), в придонном – $0,05\text{--}0,79 \text{ мг/дм}^3$ (3,9 ПДК). Резкое увеличение минерального азота отмечено в 2009 г. (рис. 9), за счёт азота нитратного – с $0,1\text{--}0,46$ до $5 \text{ мгNO}_2^-/\text{дм}^3$, но, скорее всего, это связано просто с использованием более чувствительного метода определения данного компонента. Величина БПК₅ составляла у поверхности $1,9\text{--}14,1 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (7,1 ПДК) и у дна $2,2\text{--}13,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (6,5 ПДК), ХПК – $24\text{--}79$ и $28\text{--}79 \text{ мгO}/\text{дм}^3$ (2,6 ПДК) соответственно.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК по меди – $1,8\text{--}3,8$ ПДК у поверхности и $1,5\text{--}3,5$ ПДК у дна, по марганцу – $1,4\text{--}5,1$ ПДК у дна, по железу общему – $5,8\text{--}8,4$ ПДК у поверхности и $6,9\text{--}11,8$ ПДК у дна.

Оз. Круглое. В летний период прозрачность воды изменялась от $0,30$ до $0,95$ м, составляя в среднем $0,51$ м. Цвет воды изменялся от зелёного до зеленовато-жёлтого. Температурный режим характерен для мелководных озёр: все слои прогреваются равномерно. В связи с небольшими размерами водоёма, в летний период это было самое «тёплое» озеро (рис. 3). Электропроводность воды составляла у поверхности $49,5\text{--}51,2$ и у дна $53,3\text{--}64,0 \text{ мкСм/см}$. Водородный показатель в разные годы изменялся от слабокислой до щелочной реакции среды, что связано с периодами «цветения воды» ($6,3\text{--}9,7$ у поверхности и $6,2\text{--}8,3$ у дна). Общая минерализация воды оценивалась как «очень малая» – $50,9 \text{ мг/дм}^3$, изменяясь по годам в пределах $20,2\text{--}68,7 \text{ мг/дм}^3$ у поверхности и $35,2\text{--}84,9 \text{ мг/дм}^3$ у дна. За весь период наблюдений значительных изменений минерализации и концентрации катионов и анионов не отмечалось. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода в поверхностном слое воды характеризовалось как нормальное или отмечалось перенасыщение – $5,9\text{--}14,1 \text{ мг/дм}^3$ ($70,0\text{--}193,4$ % насыщения), у дна концентрация кислорода колебалась более значительно – $2,11\text{--}9,9 \text{ мг/дм}^3$ ($21,0\text{--}117,9$ %). Содержание сероводорода по всей толще воды было ниже аналитического нуля, за исключением 2010 и 2011 гг., когда отмечались невысокие концентрации сероводорода и сульфидов в придонном горизонте – $0,0035\text{--}0,0038 \text{ мг/дм}^3$. Превышение ПДК_{р/х} по биогенным элементам было незначительным. Концентрация ионов аммония у поверхности составляла $0,05\text{--}1,10 \text{ мг/дм}^3$ (2,2 ПДК), у дна – $0,05\text{--}1,73 \text{ мг/дм}^3$ (3,5 ПДК) (табл. 4). Содержание фосфатов не превышало ПДК: у поверхности – $0,06\text{--}0,14 \text{ мг/дм}^3$, у дна – $0,05\text{--}0,15 \text{ мг/дм}^3$. Максимальные пре-

вышения ПДК по биогенным элементам отмечались в 2010 г. Величина БПК₅ составляла 2,9–14,1 мгО₂/дм³ (7 ПДК), величина ХПК – 21,5–66,0 мгО/дм³ (2,2 ПДК).

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК по меди – 1,2 ПДК у поверхности и 1,5–1,6 ПДК у дна, по марганцу – 1,9 ПДК у поверхности и 1,7–2,1 ПДК у дна, по железу общему – 4,4 ПДК у поверхности и 4,6–5,2 ПДК у дна.

Оз. Моховое. В летний период прозрачность воды изменялась от 0,52 до 1,1 м, составляя в среднем 0,82 м. Цвет воды изменялся от жёлтого до коричневатого-жёлтого. Температурный режим характеризовался хорошим прогревом верхнего двухметрового слоя – до 18,5–21,5 °С, температурным скачком на глубине 2–3 м и низкими температурами на глубине от 3 до 7 м – от 6,0 до 4,5 °С. Электропроводность воды составляла у поверхности 151–203 и у дна 317–351 мкСм/см. Водородный показатель изменялся от слабокислой до слабощелочной реакции среды, составляя у поверхности 6,7–7,6 и у дна – 6,3–7,9. Общая минерализация воды оценивалась как «малая» – 183,2 мг/дм³, изменяясь по годам в пределах 74,9–282,1 мг/дм³ у поверхности и 95,2–377,2 мг/дм³ у дна. За весь период наблюдений значительных изменений минерализации и концентрации катионов и анионов не отмечалось. Общая жёсткость соответствовала категории «мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода характеризовалось большей частью незначительным насыщением как у поверхности – 1,9–9,0 мг/дм³ (23,3–110,9 %), так и у дна – 0,8–2,8 мг/дм³ (6,3–21,8 % насыщения). Превышение ПДК_{р/х} по биогенным элементам отмечалось обычно в придонных слоях: содержание ионов аммония составляло у поверхности 0,05–0,51 мг/дм³, у дна – 0,17–0,80 мг/дм³ (1,6 ПДК), фосфатов – у поверхности не более 0,05 мг/дм³, у дна – 0,68–1,85 мг/дм³ (9,2 ПДК). Максимальные концентрации иона аммония отмечались в 2010 г., фосфатов – в 2013 г. (табл. 4). Величина БПК₅ составляла у поверхности 0,36–5,61 мгО₂/дм³ (2,8 ПДК) и у дна – 1,04–11,3 мгО₂/дм³ (5,7 ПДК), ХПК – 11–51 и 12–58 мгО/дм³ (1,7–1,9 ПДК) соответственно.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК по меди – 3,8 ПДК у поверхности и 1,3–2,0 ПДК у дна, по марганцу – 49,5–52,7 ПДК у дна, по железу общему – 1,1–1,8 ПДК у поверхности и 20,1–34,7 ПДК у дна.

Оз. Шатуниха. Отбор проб проводился в прибрежной части водоёма. Прозрачность воды составляла 0,3–0,8 м, в среднем 0,44 м (практически до дна). Цвет воды менялся от зеленовато-жёлтого до коричневатого-жёлтого. Температура поверхностного слоя составляла 16,0–29,5 °С. Электропроводность воды – 56,0–70,0 мкСм/см. Водородный показатель соответствовал нейтральной реакции среды – 7,0–8,7. Общая минерализация воды оценивалась как «очень малая» – 64,9 мг/дм³, изменяясь по годам в пределах 22,8–125,1 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода характеризовалось нормальным насыщением или перенасыщением – 4,5–14,5 мг/дм³ (57,0–190,6 % насыщения). Значительного превышения ПДК_{p/x} по биогенным и органическим веществам отмечено не было; максимальные концентрации зафиксированы в 2010 г. (табл. 4). Величина БПК₅ составляла 3,3–10,7 мгО₂/дм³ (5,4 ПДК), величина ХПК – 34,4–84,5 мгО/дм³ (2,8 ПДК). Содержание тяжёлых металлов незначительно превышало ПДК по меди – 2,1–3,2 ПДК и железу общему – 2,7–3,8 ПДК.

Оз. Крутое. Отбор проб также проводился в прибрежной части водоёма. Прозрачность воды составляла 0,10–0,45 м (до дна). Цвет воды – зелёный (в период «цветения воды»), зеленовато-жёлтый и жёлтый. Температура поверхностного слоя 16,5–29,5 °С. Электропроводность воды составляла 34,0–38,0 мкСм/см. Водородный показатель был близок к нейтральной реакции среды и изменялся от 6,7–8,7. Общая минерализация воды оценивалась как «очень малая» – 45,2 мг/дм³, изменяясь по годам в пределах 15,8–103,4 мг/дм³. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода часто характеризовалось перенасыщением – 83,4–190,6 %, что присуще высокоэвтрофным водоёмам. В 2004 г. отмечен большой дефицит кислорода – не более 35,4 % у поверхности. Превышения ПДК_{p/x} по биогенным веществам отмечалось только для иона аммония – до 3 ПДК, что связано с использованием озера в качестве водопоя для скота. Величина БПК₅ составляла 3,65–16,8 мгО₂/дм³ (8,4 ПДК), ХПК – 32,6–140 мгО₂/дм³ (4,7 ПДК).

Превышение ПДК по тяжёлым металлам отмечено по меди – 1,9–3,8 ПДК, по марганцу – 5,1 ПДК, по железу общему – 3,1–6,4 ПДК.

Оз. Гнилое. Прозрачность воды в летний период за все годы наблюдений оставалась низкой – от 0,32 до 0,62 м, составляя в среднем 0,43 м. Цвет воды – коричневатый. Температурный режим отличался от режима других озёр наименьшим слоем эпилимниона – 0,5–1 м, с прогревом до 16,0–27,5 °С. Температурный скачок отмечался в горизонте 1–2 м. Слой гипolimниона (с глубины 2 м) характеризовался понижением температуры с 8 до 4,5 °С (рис. 3). Электропроводность воды составляла у поверхности 20,6–33,2 и у дна 25,6–58,0 мкСм/см. Водородный показатель изменялся от кислой до нейтральной реакции среды, составляя 6,0–7,3 у поверхности и 5,8–6,6 у дна. Общая минерализация воды оценивалась как «очень малая» – 57,1 мг/дм³, изменяясь по годам в пределах 16,4–44,4 мг/дм³ у поверхности и 22,9–174,5 мг/дм³ у дна. За период наблюдений значительных изменений минерализации и концентрации катионов и анионов не отмечалось, за исключением 2012 г., когда в придонном слое было зафиксировано 104 мгНСО₃⁻/дм³; при этом, общая минерализация составила 109,2 мг/дм³, что в два раза выше среднемноголетнего значения. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Кислородный режим характеризовался минимальным насыщением или перенасыщением в поверхностном слое – $3,98\text{--}13,4 \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$ (42,6–171,4 %) и дефицитом у дна – $0,7\text{--}2,7 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (6,0–34,5 % насыщения). Концентрация сероводорода у поверхности всегда было ниже аналитического нуля ($0,002 \text{ мг}/\text{дм}^3$), но достигала значительных величин у дна – $0,09\text{--}0,25 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (18–50 ПДК), при этом запах H_2S отмечался с глубины 2–3 м. Превышение ПДК_{р/х} биогенных элементов отмечено во всех горизонтах (табл. 4). Содержание ионов аммония составляло у поверхности $0,05\text{--}2,25 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (4,5 ПДК), у дна – $0,53\text{--}9,83 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (1,1–19,7 ПДК). Содержание фосфатов в поверхностном слое не превышало ПДК и составляло $0,05\text{--}0,12 \text{ мг}/\text{дм}^3$, в придонном – $0,05\text{--}9,32 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (46,6 ПДК). Максимальные концентрации иона аммония фиксировались в июле 2004 г. и в 2010–2012 гг. – 8,6–14,8 ПДК. Максимальные концентрации фосфатов отмечались также в июле 2004 г. и в 2007–2011 гг. – $1,46\text{--}3,52 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (7,3–17,6 ПДК); с 2013 г. наблюдается снижение концентраций – $0,60\text{--}1,26 \text{ мг PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$. Величина БПК₅ составляла $1,3\text{--}11,8 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (5,9 ПДК) у поверхности и $1,1\text{--}13,8 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ (6,9 ПДК) у дна, ХПК – 58–89 у поверхности и 58–139,8 $\text{мг O}/\text{дм}^3$ (1,9–4,7 ПДК) у дна.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК по меди – 2,9 ПДК у поверхности и 2,9–5,1 ПДК у дна, по марганцу – 5,6–5,7 ПДК у поверхности и 11,9–18,3 ПДК у дна, по железу общему – 5,3–6,9 ПДК у поверхности и 10,8–16,9 ПДК у дна.

Оз. Долгое. Прозрачность воды летом была достаточно высокой для заболачивающихся озёр – от 0,7 до 1,6 м, составляя в среднем 0,98 м. Цвет воды – коричневый. Температурный режим озера соответствовал стратифицированному водоёму (рис. 3). Электропроводность воды составляла у поверхности $24,0\text{--}86,2$ и у дна $62\text{--}100 \text{ мкСм}/\text{см}$. Водородный показатель изменялся от кислой до слабощелочной реакции среды, составляя $6,1\text{--}7,8$ у поверхности и $5,6\text{--}7,5$ у дна; *pH* придонных слоёв в последние 5 лет характеризуется более низкими величинами – $5,6\text{--}6,2$, что указывает на процесс закисления водоёма. Общая минерализация воды оценивалась как «очень малая» – $46,9 \text{ мг}/\text{дм}^3$, изменяясь по годам и в пределах $16,0\text{--}75,6 \text{ мг}/\text{дм}^3$ у поверхности и $19,6\text{--}162,9 \text{ мг}/\text{дм}^3$ у дна. Наблюдается тенденция увеличения общей минерализации в придонных слоях. Резкий скачок произошёл в 2014 г. – до $162,9 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (рис. 10), за счёт увеличения гидрокарбонатов: если в 2001–2013 гг. их концентрация составляла $10,0\text{--}26,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$, то в 2014 г. – $95 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Концентрации других катионов и анионов за период исследований существенно не изменились. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая» и «мягкая вода».

Содержание растворённого кислорода соответствовало нормальному насыщению у поверхности – $4,5\text{--}9,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (54–115,9 %) и минимальному у дна – $0,8\text{--}4,1 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (6,8–46,8 %). Концентрация сероводорода ниже аналитического нуля ($0,002 \text{ мг}/\text{дм}^3$) у поверхности, но имела

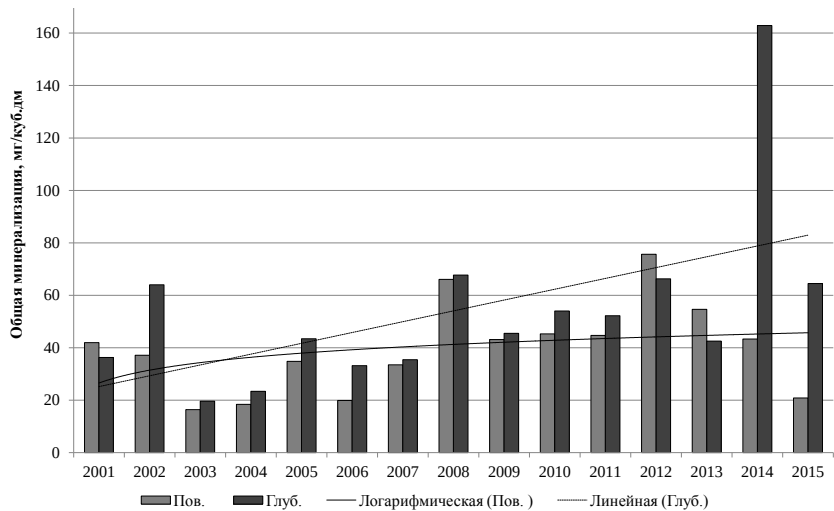


Рис. 10. Динамика общей минерализации воды в оз. Долгое в 2001–2015 гг.

большие величины у дна – 0,1–0,18 мг/дм³ (20–36 ПДК); максимальное значение отмечено в 2009 г. Превышения ПДК_{р/х} по биогенным и органическим веществам в поверхностных слоях воды не отмечалось, тогда как у дна содержание иона аммония составило 0,12–2,81 мг/дм³ (5,6 ПДК), фосфатов – 0,05–0,84 мг/дм³ (4,2 ПДК). За период наблюдений содержание азота и фосфора изменялось в широком диапазоне; наблюдается тенденция к незначительному их накоплению в придонных слоях (рис. 11). Величина БПК₅ составляла 2,2–8,2 мгО₂/дм³ у поверхности и 2,1–7,2 мгО₂/дм³ (2,1 и 3,6 ПДК) у дна, ХПК – 21–46 и 25–68 мгО/дм³ (1,5 и 2,3 ПДК) соответственно. Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК по меди – 5,3 ПДК у поверхности и 2,2–3,0 ПДК у дна, по

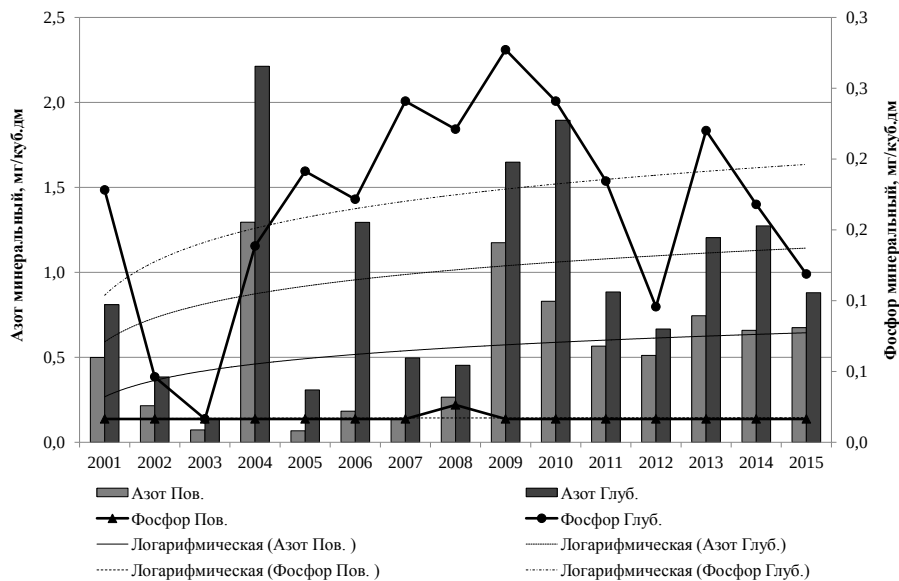


Рис. 11. Динамика минерального азота и фосфора в оз. Долгое в 2001–2015 гг.

марганцу – 8,4–157 ПДК у дна, по железу общему – 1,9–2,2 ПДК у поверхности и 7,3–15,2 ПДК у дна.

Оз. Торфяное. Данный водоём представляет собой систему бобровых прудов, образованных на притоке Сер-Булака и каналах старой торфоразработки в кв. 174. Бобр был реинтродуцирован в заповедник в 1996 г. Современная площадь водоёма 7 га, глубина – 1,5 м. С 2008 г. водоём включён в систему мониторинга поверхностных вод заповедника. Первичные данные по формированию гидрохимического режима и планктонных сообществ водоёма были опубликованы (Унковская и др., 2012а).

Прозрачность воды летом была невысокой и составляла 0,20–0,45 м, в среднем 0,30 м. Цвет воды – зеленовато-жёлтый или коричневый. Температурный режим соответствовал мелководным озерам, с хорошим прогревом всей толщи воды. Электропроводность воды составила 75–78 мкСм/см. Водородный показатель изменялся от кислой до слабощелочной реакции среды, составляя 6,3–8,3 у поверхности и 6,3–6,6 у дна. Несмотря на то, что водоём пока не имеет значительных донных отложений, в придонных слоях уже отмечаются процессы закисления. Общая минерализация воды оценивалась как «очень малая» – 92,7 мг/дм³, изменяясь по годам в пределах 49,3–184,6 мг/дм³ у поверхности и 63,8–128,5 мг/дм³ у дна. За период наблюдений, на фоне постепенного повышения общей минерализации, в августе 2012 г. наблюдался скачок – 184,6 мг/дм³, за счёт резкого увеличения гидрокарбонатов – до 112 мг/дм³; в 2008–2011 концентрация гидрокарбонатов составляла 10–33,6 мг/дм³. Концентрации других основных катионов и анионов находились в постоянных соотношениях. Общая жёсткость соответствовала категории «очень мягкая вода».

Газовый режим водоёма неустойчивый. Концентрация растворённого кислорода была невысокой в поверхностном слое и минимальной в придонном – 1,0–8,6 мг/дм³ (11,2–106,6 %) и 1,0–2,8 мг/дм³ (10,8–60,5 %) соответственно. Количество сероводорода у поверхности было ниже аналитического нуля, у дна – до 0,043 мг/дм³ (8,6 ПДК). Превышение ПДК_{р/х} по биогенным элементам отмечено во всех горизонтах. Содержание ионов аммония составляло 0,29–1,39 мг/дм³ (2,8 ПДК) у поверхности и 2,0–4,13 мг/дм³ (4–8,3 ПДК) у дна; максимальные значения отмечены в 2009–2011 гг. (табл. 4). Содержание фосфатов составляло 0,19–2,94 мг/дм³ (14,7 ПДК) у поверхности и 1,96–8,0 мг/дм³ (9,8–40 ПДК) у дна. Величина БПК₅ составляла 1,7–9,1 мгО₂/дм³ (4,6 ПДК) у поверхности и 9,4–11,5 мгО₂/дм³ (4,7–5,8 ПДК) у дна, ХПК – 26–82 и 60–112 мгО/дм³ (2–3,7 ПДК) соответственно.

Содержание тяжёлых металлов превышало ПДК только у поверхности: по меди – 3,0 ПДК, по марганцу – 6,1 ПДК, по железу общему – 22,9–34,7 ПДК.

Оценка качества воды. Экологическое состояние озёр Раифского участка заповедника и его охранной зоны, оцененное по усреднённым

Таблица 2

Ионный состав и формула Курлова озёр Раифы в 2001–2015 гг.

Название озера	Горизонт	Ионный состав, мг/дм ³						Формула Курлова
		Гидро-карбонаты	Сульфаты	Хлориды	Кальций	Магний	Натрий +Калий	
Раифское	Поверх.	<u>100,0-284,0</u> 163,0±50,1	<u>6,9-12,3</u> 9,6±1,4	<u>4,96-21,4</u> 10,9±3,7	<u>27,5-53,0</u> 41,1±6,4	<u>4,2-14,8</u> 9,4±3,2	<u>0-49,5</u> 9,8±15,2	$M_{0,3} \frac{HCO_3 85 Cl 09 SO_4 06}{Ca 65 Mg 23 Na K 12}$
	Дно	<u>95,0-345,0</u> 201,2±63,3	<u>5,4-15,1</u> 9,5±2,2	<u>3,30-17,3</u> 11,2±3,9	<u>29,5-65,6</u> 47,4±10,4	<u>3,65-13,5</u> 10,2±2,8	<u>0-69,3</u> 17,6±22,2	
Белое	Поверх.	<u>173,0-411,0</u> 252,6±67,0	<u>5,4-13,2</u> 9,2±2,1	<u>4,1-19,5</u> 13,6±4,3	<u>49,6-69,2</u> 61,1±6,8	<u>9,2-20,6</u> 13,8±2,7	<u>0-70,1</u> 16,7±21,1	$M_{0,4} \frac{HCO_3 87 Cl 09 SO_4 04}{Ca 65 Mg 23 Na K 12}$
	Дно	<u>210,0-487,0</u> 289,8±74,7	<u>3,0-16,1</u> 9,4±2,8	<u>8,1-27,2</u> 15,4±5,3	<u>61,2-79,0</u> 69,4±4,6	<u>7,0-18,8</u> 14,1±3,3	<u>0-92,6</u> 20,6±27,5	
Ильинское	Поверх.	<u>45,8-112,4</u> 78,8±20,9	<u>6,2-10,3</u> 8,9±1,4	<u>2,5-10,0</u> 7,5±2,4	<u>13,3-31,7</u> 20,8±5,3	<u>2,3-7,4</u> 5,4±1,4	<u>0-12,1</u> 6,1±4,5	$M_{0,2} \frac{HCO_3 79 Cl 12 SO_4 09}{Ca 62 Mg 25 Na K 13}$
	Дно	<u>76,0-246,0</u> 124,0±46,1	<u>4,6-16,8</u> 9,3±3,2	<u>2,5-13,0</u> 8,0±2,9	<u>0,9-2,2</u> 1,6±0,4	<u>3,9-11,7</u> 7,6±2,4	<u>0-39,6</u> 8,1±10,9	
Линево	Поверх.	<u>10,0-51,8</u> 28,4±26,4	<u>4,1-11,0</u> 5,4±3,8	<u>2,5-13,0</u> 8,0±2,9	<u>9,1-16,9</u> 11,1±3,4	<u>0,6-4,7</u> 2,6±6,8	<u>0-13,7</u> 3,6±10,0	$M_{0,8} \frac{HCO_3 65 Cl 17 SO_4 18}{Ca 51 Mg 31 Na K 18}$
	Дно	<u>10,0-97,0</u> 57,4±26,7	<u>1,6-16,8</u> 7,4±4,2	<u>0,5-10,0</u> 5,8±3,8	<u>7,7-21,5</u> 11,6±3,4	<u>1,9-29,0</u> 7,6±6,8	<u>0-24,3</u> 9,6±9,8	
Карасиха	Поверх.	<u>10,0-101,0</u> 50,1±22,7	<u>1,5-11,5</u> 7,4±3,3	<u>0,6-10,0</u> 5,7±3,9	<u>0,4-0,9</u> 0,7±0,1	<u>0,01-0,6</u> 0,3±0,1	<u>0-20,6</u> 6,3±6,7	$M_{0,9} \frac{HCO_3 72 Cl 14 SO_4 13}{Ca 53 Mg 27 Na K 20}$
	Дно	<u>10,0-113,0</u> 60,6±29,9	<u>2,0-10,0</u> 6,9±3,3	<u>0,5-10,0</u> 5,9±3,7	<u>0,4-0,8</u> 0,6±0,1	<u>0,1-0,9</u> 0,4±0,2	<u>0-33,5</u> 10,2±12,3	
Илантово	Поверх.	<u>10,0-45,2</u> 27,5±11,9	<u>0,14-10,0</u> 5,0±4,8	<u>0,5-10,0</u> 4,7±4,5	<u>6,1-12,0</u> 8,6±1,7	<u>1,4-5,1</u> 2,5±0,9	<u>0-11,5</u> 4,1±4,4	$M_{0,06} \frac{HCO_3 71 Cl 17 SO_4 12}{Ca 51 Mg 27 Na K 22}$
	Дно	<u>10,0-75,1</u> 40,4±19,6	<u>0,2-10,0</u> 5,0±4,8	<u>0,5-10,0</u> 4,9±4,3	<u>6,3-15,1</u> 9,5±2,6	<u>0,8-10,0</u> 3,6±2,3	<u>0-16,6</u> 6,5±5,7	

Продолжение таблицы 2

Название озера	Горизонт	Ионный состав, мг/дм ³						Формула Курлова
		Гидро-карбонаты	Сульфаты	Хлориды	Кальций	Магний	Натрий +Калий	
Круглое	Поверх.	<u>10,0-43,3</u> 19,2±9,5	<u>0,2-10,0</u> 6,7±3,8	<u>1,2-10,0</u> 5,9±3,8	<u>3,5-7,1</u> 5,1±1,1	<u>0,0-3,3</u> 1,3±0,8	<u>0-15,5</u> 6,9±4,4	$M_{0,05} \frac{HCO_3 49 Cl 27 SO_4 24}{Ca 38 Mg 14 NaK 48}$
	Дно	<u>10,0-39,7</u> 22,3±10,3	<u>3,3-12,5</u> 9,5±2,5	<u>1,8-10,0</u> 7,9±3,3	<u>3,4-8,4</u> 5,0±1,5	<u>0,0-2,6</u> 1,3±0,8	<u>1,9-19,2</u> 10,9±4,8	
Моховое	Поверх.	<u>35,1-179,0</u> 96,9±43,5	<u>0,40-10,0</u> 6,3±4,5	<u>10,1-36,4</u> 23,2±8,3	<u>17,5-34,7</u> 24,5±5,3	<u>2,8-9,4</u> 5,4±1,9	<u>0,0-59,4</u> 22,0±20,4	$M_{0,02} \frac{HCO_3 68 Cl 27 SO_4 05}{Ca 52 Mg 23 NaK 25}$
	Дно	<u>32,0-234,0</u> 112,7±61,5	<u>0,70-10,0</u> 6,4±4,4	<u>13,6-33,8</u> 24,3±7,5	<u>19,1-37,4</u> 25,9±5,8	<u>2,9-11,9</u> 7,8±2,5	<u>0,0-71,4</u> 24,5±26,7	
Шатуниха	Поверх.	<u>10,0-70,2</u> 37,1±17,7	<u>0,10-10,0</u> 5,2±4,8	<u>0,12-10,0</u> 4,5±4,6	<u>5,7-11,1</u> 7,8±1,1	<u>1,0-3,9</u> 2,1±0,9	<u>0,0-23,1</u> 8,1±7,8	$M_{0,07} \frac{HCO_3 76 Cl 13 SO_4 11}{Ca 49 Mg 21 NaK 30}$
Крутое	Поверх.	<u>10,0-53,4</u> 22,3±14,9	<u>0,10-10,0</u> 5,2±4,7	<u>0,4-10,0</u> 4,6±4,5	<u>1,6-8,8</u> 4,9±2,1	<u>0,0-2,8</u> 1,4±0,9	<u>0,0-21,5</u> 6,9±6,4	$M_{0,05} \frac{HCO_3 63 Cl 17 SO_4 20}{Ca 44 Mg 19 NaK 37}$
Гнилое	Поверх.	<u>10,0-28,1</u> 13,0±5,9	<u>0,10-10,0</u> 4,3±4,8	<u>1,2-10,0</u> 4,5±4,0	<u>2,2-7,6</u> 4,5±1,6	<u>0,0-6,1</u> 1,9±1,6	<u>0,0-24,2</u> 10,1±9,4	$M_{0,06} \frac{HCO_3 64 Cl 22 SO_4 14}{Ca 44 Mg 35 NaK 21}$
	Дно	<u>10,0-104,0</u> 46,1±29,8	<u>0,26-10,0</u> 5,2±4,5	<u>2,2-10,0</u> 5,5±3,4	<u>3,7-18,2</u> 9,5±5,3	<u>0,4-30,0</u> 8,6±9,1	<u>0,0-56,0</u> 13,5±18,9	
Долгое	Поверх.	<u>10,0-32,0</u> 17,9±7,5	<u>0,12-10,0</u> 4,7±4,7	<u>0,2-10,0</u> 3,9±4,5	<u>2,3-33,6</u> 6,4±7,6	<u>0,1-10,1</u> 1,8±2,4	<u>0,0-20,4</u> 5,2±6,1	$M_{0,05} \frac{HCO_3 68 Cl 16 SO_4 16}{Ca 41 Mg 28 NaK 31}$
	Дно	<u>10,0-95,0</u> 26,5±21,0	<u>0,84-10,8</u> 5,5±4,5	<u>0,32-10,0</u> 4,0±4,5	<u>1,5-23,6</u> 6,4±7,6	<u>0,5-16,5</u> 4,1±4,4	<u>0,0-41,8</u> 8,0±10,9	
Торфяное	Поверх.	<u>10,0-112,0</u> 45,8±30,3	<u>3,73-10,0</u> 8,5±2,8	<u>0,99-10,0</u> 6,8±4,4	<u>8,2-12,2</u> 10,3±1,5	<u>2,4-9,2</u> 4,2±2,4	<u>0,0-41,1</u> 9,9±14,1	$M_{0,05} \frac{HCO_3 71 Cl 14 SO_4 15}{Ca 46 Mg 28 NaK 26}$
	Дно	<u>38,1-81,6</u> 59,2±21,8	<u>3,8-10,0</u> 7,9±3,6	<u>1,4-10,0</u> 4,8±4,6	<u>11,3-13,8</u> 12,6±1,3	<u>3,4-6,6</u> 4,5±1,8	<u>0,0-17,9</u> 10,8±9,5	

Прим. В числителе – пределы обнаружения, в знаменателе – медиана.

Таблица 3

Концентрация биогенных и органических веществ (БПК₅, ХПК) в озёрах Раифы в 2001–2015 гг.

Название озера	Горизонт	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ХПК, мгО/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	Fe общ., мг/дм ³
		ПДК _{р/х} 2,0		ПДК _{р/х} 0,5	ПДК _{р/х} 0,08	ПДК _{р/х} 40,0	ПДК _{р/х} 0,2	ПДК _{р/х} 0,1
Раифское	Поверх.	<u>0,50-7,10</u> 2,69±1,65	<u>12,0-39,9</u> 25,4±6,3	<u>0,05-0,33</u> 0,18±0,09	<u>0,02-0,05</u> 0,03±0,01	<u>0,1-5,0</u> 0,82±1,23	<u>0,05-0,06</u> 0,05±0,003	<u>0,07-0,40</u> 0,19±0,08
	Дно	<u>1,0-6,70</u> 2,54±1,61	<u>15,6-45,0</u> 25,2±7,5	<u>0,21-7,40</u> 1,70±1,71	<u>0,02-0,27</u> 0,09±0,07	<u>0,1-5,0</u> 1,77±1,38	<u>0,05-1,37</u> 0,38±0,44	<u>0,21-3,16</u> 1,01±0,89
Белое	Поверх.	<u>1,20-6,80</u> 3,96±1,65	<u>22,0-48,0</u> 33,6±7,5	<u>0,05-0,48</u> 0,21±0,15	<u>0,02-0,08</u> 0,03±0,02	<u>0,1-5,0</u> 0,84±1,22	<u>0,05-0,31</u> 0,08±0,07	<u>0,10-0,35</u> 0,23±0,07
	Дно	<u>2,10-5,90</u> 3,73±1,26	<u>23,6-38,7</u> 30,7±3,87	<u>0,05-3,31</u> 1,13±0,86	<u>0,02-0,16</u> 0,05±0,04	<u>0,1-5,0</u> 1,13±1,16	<u>0,05-0,71</u> 0,21±0,20	<u>0,17-1,53</u> 0,54±0,40
Ильинское	Поверх.	<u>2,41-14,90</u> 6,88±3,02	<u>16,8-78,0</u> 37,6±18,6	<u>0,05-1,0</u> 0,26±0,29	<u>0,02-0,04</u> 0,02±0,01	<u>0,1-5,0</u> 1,03±1,39	<u>0,05-0,20</u> 0,07±0,04	<u>0,03-0,29</u> 0,16±0,07
	Дно	<u>1,38-8,20</u> 3,89±1,77	<u>10,5-40,0</u> 23,9±9,06	<u>0,05-1,0</u> 0,26±0,29	<u>0,02-0,14</u> 0,06±0,04	<u>0,31-5,0</u> 1,91±1,58	<u>0,07-2,07</u> 0,54±0,54	<u>0,01-1,86</u> 0,77±0,53
Линево	Поверх.	<u>0,70-9,10</u> 4,58±2,62	<u>35,7-83,0</u> 65,7±12,0	<u>0,05-1,14</u> 0,47±0,35	<u>0,02-0,07</u> 0,03±0,01	<u>0,10-5,0</u> 0,89±1,23	<u>0,05-1,31</u> 0,62±0,42	<u>0,48-2,90</u> 1,53±0,85
	Дно	<u>0,55-16,0</u> 5,99±4,06	<u>57,0-104,0</u> 74,6±13,1	<u>0,53-8,20</u> 4,24±2,24	<u>0,02-0,21</u> 0,04±0,05	<u>0,10-5,0</u> 0,91±1,25	<u>0,08-12,95</u> 4,80±3,83	<u>3,67-15,10</u> 8,92±3,56
Карасиха	Поверх.	<u>0,50-6,10</u> 2,60±1,34	<u>49,0-93,0</u> 64,8±10,5	<u>0,05-1,25</u> 0,52±0,44	<u>0,02-0,14</u> 0,04±0,04	<u>0,10-5,0</u> 0,90±1,22	<u>0,06-2,09</u> 0,72±0,53	<u>0,23-2,42</u> 1,00±0,68
	Дно	<u>0,60-20,40</u> 4,47±4,76	<u>44,0-79,0</u> 62,1±9,5	<u>0,05-6,30</u> 1,95±1,92	<u>0,02-0,16</u> 0,05±0,05	<u>0,10-5,0</u> 0,99±1,20	<u>0,37-8,59</u> 2,52±2,40	<u>1,27-7,98</u> 3,82±1,99
Илантово	Поверх.	<u>1,86-14,10</u> 4,75±3,30	<u>24,3-79,2</u> 51,7±14,3	<u>0,05-0,84</u> 0,29±0,26	<u>0,01-0,05</u> 0,03±0,01	<u>0,10-5,0</u> 0,87±1,22	<u>0,05-0,74</u> 0,10±0,18	<u>0,09-1,63</u> 0,89±0,41
	Дно	<u>2,20-13,0</u> 6,65±3,3	<u>28,3-79,4</u> 56,2±13,8	<u>0,05-0,95</u> 0,33±0,30	<u>0,02-0,06</u> 0,03±0,01	<u>0,10-5,0</u> 0,95±1,24	<u>0,05-0,79</u> 0,14±0,19	<u>0,61-6,86</u> 1,89±1,49

Продолжение таблицы 3

Название озера	Горизонт	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ХПК, мгО/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	Fe общ., мг/дм ³
		ПДК _{р/х} 2,0		ПДК _{р/х} 0,5	ПДК _{р/х} 0,08	ПДК _{р/х} 40,0	ПДК _{р/х} 0,2	ПДК _{р/х} 0,1
Круглое	Поверх.	<u>2,90-13,10</u> 6,03±3,35	<u>21,5-63,0</u> 42,6±11,4	<u>0,05-1,10</u> 0,29±0,33	<u>0,02-0,09</u> 0,03±0,02	<u>0,10-5,0</u> 0,88±1,26	<u>0,05-0,14</u> 0,06±0,02	<u>0,16-0,75</u> 0,42±0,14
	Дно	<u>4,10-14,0</u> 7,39±3,22	<u>31,0-66,0</u> 48,4±12,9	<u>0,05-1,73</u> 0,50±0,50	<u>0,02-0,09</u> 0,03±0,02	<u>0,10-5,0</u> 1,29±1,43	<u>0,05-0,15</u> 0,07±0,03	<u>0,29-0,60</u> 0,44±0,11
Моховое	Поверх.	<u>0,36-5,61</u> 3,56±1,47	<u>11,7-51,0</u> 35,7±11,6	<u>0,05-0,51</u> 0,31±0,17	<u>0,02-0,04</u> 0,02±0,01	<u>0,10-5,0</u> 1,0±1,39	<u>0,05-0,16</u> 0,06±0,03	<u>0,10-0,63</u> 0,34±0,15
	Дно	<u>1,04-11,3</u> 4,66±2,54	<u>12,3-58,0</u> 39,0±11,9	<u>0,80-2,16</u> 1,48±0,45	<u>0,02-0,05</u> 0,03±0,01	<u>0,10-5,0</u> 1,0±1,39	<u>0,68-1,85</u> 0,96±0,32	<u>0,03-4,44</u> 2,49±1,23
Шатуниха	Пов.	<u>3,30-10,70</u> 6,81±2,28	<u>34,4-84,5</u> 48,4±13,6	<u>0,05-0,60</u> 0,23±0,18	<u>0,02-0,06</u> 0,02±0,01	<u>0,10-5,0</u> 0,88±1,31	<u>0,05-0,32</u> 0,10±0,07	<u>0,25-1,04</u> 0,42±0,22
Кругое	Пов.	<u>3,65-16,80</u> 7,74±3,31	<u>32,6-140,0</u> 74,9±27,1	<u>0,05-1,54</u> 0,44±0,39	<u>0,02-0,12</u> 0,04±0,02	<u>0,10-5,0</u> 0,94±1,29	<u>0,05-0,21</u> 0,08±0,06	<u>0,28-1,03</u> 0,52±0,21
Гнилое	Поверх.	<u>1,30-11,80</u> 4,08±2,95	<u>51,0-89,7</u> 66,5±10,9	<u>0,05-2,25</u> 0,54±0,61	<u>0,02-0,08</u> 0,04±0,02	<u>0,10-5,0</u> 1,06±1,47	<u>0,05-0,12</u> 0,06±0,02	<u>0,21-5,72</u> 1,01±1,35
	Дно	<u>1,17-13,80</u> 6,56±3,89	<u>58,0-139,8</u> 90,7±20,9	<u>0,05-9,89</u> 4,10±2,67	<u>0,02-4,30</u> 0,32±1,10	<u>0,10-5,0</u> 1,12±1,40	<u>0,05-9,32</u> 2,21±2,63	<u>1,08-11,35</u> 3,86±2,85
Долгое	Поверх.	<u>2,20-8,20</u> 4,15±1,63	<u>21,2-46,0</u> 35,2±6,2	<u>0,05-1,63</u> 0,42±0,42	<u>0,02-0,06</u> 0,03±0,01	<u>0,10-5,0</u> 0,85±1,22	<u>0,05-0,08</u> 0,05±0,01	<u>0,18-0,74</u> 0,40±0,19
	Дно	<u>2,11-7,20</u> 3,81±1,72	<u>25,0-68,0</u> 39,4±11,1	<u>0,12-2,81</u> 1,0±0,74	<u>0,02-0,12</u> 0,04±0,03	<u>0,10-5,0</u> 0,79±1,23	<u>0,05-0,84</u> 0,51±0,22	<u>0,73-2,83</u> 1,84±0,57
Торфяное	Пов.	<u>1,70-9,10</u> 5,16±3,32	<u>26,0-82,0</u> 54,5±19,9	<u>0,29-1,59</u> 0,62±0,44	<u>0,02-0,16</u> 0,04±0,05	<u>0,10-7,43</u> 2,08±2,66	<u>0,19-2,94</u> 1,08±0,91	<u>0,19-6,26</u> 3,02±1,75
	Дно	<u>9,40-11,50</u> 10,57±3,31	<u>60,0-112,0</u> 94,0±29,5	<u>2,0-4,13</u> 2,84±1,13	<u>0,02-0,29</u> 0,12±0,15	<u>0,10-5,0</u> 2,03±2,61	<u>1,96-8,0</u> 4,01±3,46	<u>0,21-5,82</u> 3,34±2,86

Прим. В числителе – пределы обнаружения, в знаменателе – медиана.

данным, соответствовало разрядам качества воды по ЭСК от «вполне чистые» до «умеренно загрязнённые воды». Максимальные разряды качества – «слабо и умеренно загрязнённые воды» – отмечены в придонных слоях озёр Карасиха, Моховое и Гнилое. За период наблюдений резких изменений в качестве воды не отмечалось – в большинстве случаев поверхностные слои соответствовали разряду «достаточно чистые воды», придонные – «достаточно чистые» или «слабо загрязнённые воды». В связи с большими концентрациями токсичных тяжёлых металлов, оценка качества воды по индексу загрязнённости – по шести наиболее превышающим ПДК показателям (ИЗВ₆) – для поверхностных слоёв чаще всего соответствовала классам «чистые» и «умеренно-загрязнённые воды», для придонных – классам «грязные воды» и «чрезвычайно грязные воды».

Заключение

На формирование гидрохимического режима водотоков и водоёмов заповедника, как и в предыдущие годы, влияют не только физико-географические характеристики водосбора и климатические условия года, но и антропогенные факторы. Газовый режим озёр сохранял признаки эвтрофии, в летний период часто характеризовался перенасыщением кислородом поверхностных слоёв и его дефицитом в придонных слоях воды, особенно в глубоководных и заболачивающихся озёрах. Концентрации сероводорода оставались высокими для заболачивающихся озёр. Превышения ПДК_{р/х} по иону аммония и фосфатам отмечались, в основном, в придонных слоях; их максимальные концентрации фиксировались во всех озёрах в 2010 и 2011 гг. В воде озёр постоянно отмечались высокие концентрации тяжёлых металлов – железа общего, меди и марганца; максимальное содержание марганца отмечено в озёрах, расположенных в долинах рек.

Литература

- АЛЕКИН О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 443 с.
- ОКСИЮК О. А., ЖУКИНСКИЙ В. Н., БРАГИНСКИЙ Л. П., ЛИННИК П. Н., КУЗЬМЕНКО М. И., КЛЕНУС В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29. № 4. С. 62–76.
- МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМАЛИЗОВАННОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ И МОРСКИХ ВОД ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ. М.: Госкомгидромет, 1988.
- МУСТАФИНА Л. К., ШУРМИНА Н. В., ТАРАСОВ О. Ю., УНКОВСКАЯ Е. Н. Тяжёлые металлы в озёрах Волжско-Камского заповедника // Сб. тр. V международ. конгресса «Чистая вода», 26–28 марта 2014 г. Казань: Типограф. ООО «Курсанты», 2014. С. 224–227.
- ПЕРЕЧЕНЬ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НОРМАТИВОВ: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд.-во ВНИРО, 1999. 304 с.
- МИНГАЗОВА Н. М., УНКОВСКАЯ Е. Н., ПАВЛОВА Л. Р. Антропогенные изменения гидрохимического режима водоёмов Раифского лесничества Волжско-Камского гос-

ударственного заповедника // Эколого-токсикологическая оценка урбанизированных и сопредельных территорий. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. С. 56–93.

УНКОВСКАЯ Е. Н., МИНГАЗОВА Н. М., ПАВЛОВА Л. Р. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика водоёмов Раифы // Тр. Волж.-Камск. гос. зап.-ка. Казань, 2002. Вып. 5. С. 9–36.

УНКОВСКАЯ Е. Н., МИНГАЗОВА Н. М., ТАРАСОВ О. Ю., ШАГИДУЛЛИН Р. Р., ЮРАНЕЦ-ЛУЖАЕВА Р. Ч., ШУРМИНА Н. В. Гидрохимический режим разнотипных водоёмов Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ) // Вестник Тат. отд. Рос. эколог. академии. Казань, 2006. № 1. С. 75–81.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ТАРАСОВ О. Ю., ШАГИДУЛЛИН Р. Р., ЮРАНЕЦ-ЛУЖАЕВА Р. Ч., ШУРМИНА Н. В. Химический состав поверхностных вод Волжско-Камского заповедника // Актуальные экологические проблемы республики Татарстан: Тез. докл. VII республ. науч. конф. Казань, 2007. С. 203–204.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ШАГИДУЛЛИН Р. Р., ТАРАСОВ О. Ю., ЮРАНЕЦ-ЛУЖАЕВА Р. Ч. Динамика химического состава озёр Волжско-Камского заповедника // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Самарская Лука, 2009. Т. 18. № 4. С. 114–120.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ПАЛАГУШКИНА О. В., ДЕРЕВЕНСКАЯ О. Ю. Оценка качества воды по различным показателям в озёрах Волжско-Камского заповедника // Тез. докл. X съезда гидробиол. общ-ва при РАН. Владивосток, 2009а. С. 411.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ТАРАСОВ О. Ю. Гидрохимический режим озера Раифское в аномальных климатических условиях 2010–2011 гг. // Мат. докл. III международ. конгресса «Чистая вода. Казань» (3–5 апр. 2012 г.). Круглый стол № 1 «Рациональное использование водных ресурсов, охрана и эффективное управление водопользованием в России». Казань: Изд-во ТАИ, 2012. С. 82–86.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ТАРАСОВА Н. Г., ПАЛАГУШКИНА О. В., ГОРШКОВ Ю. А. Формирование фитопланктонного сообщества в бобровых прудах Волжско-Камского заповедника // Изв. Пензен. гос. педагог. ун-та им. В. Г. Белинского. Естеств. науки. 2012а. № 29. С. 173–180.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ТАРАСОВА Н. Г., МУХОРТОВА О. В. Структура планктонных сообществ озера Раифское (Волжско-Камский заповедник) в условиях 2010 года // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: II Всерос. науч. конф. Казань, 2013. Т. 1. С. 378–381.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ТАРАСОВ О. Ю. Оценка качества воды по химическим показателям разнотипных озёр Волжско-Камского заповедника // Мат. докл. IV международ. конгресса «Чистая вода». Казань: Изд-во ТАИ, 2013а.

ШИТИКОВ В.К., РОЗЕНБЕРГ Г.С., ЗИНЧЕНКО Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2 кн. М.: Наука, 2005. Кн. 1. 281 с.

УДК 556.551.1

Типы, гранулометрический состав и водно-физические свойства донных отложений водоёмов Волжско-Камского заповедника

Н. Г. Шерышева¹

SHERYSHEVA N. G. TYPES, GRANULOMETRIC COMPOSITION AND WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF BOTTOM SEDIMENTS IN THE WATER BODIES OF VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

The types of bottom sediments of lakes of Volzhsko-Kamsky Reserve Raifa part: sand, silty sand, sandy and aleuritic aleuric silts, fine grey and black silts, silt clay, were identified. The rivulet part of Ser-Bulak river is lined by brown fine-grained sand with flakes of iron hydroxide. Macrophyte silt is being formed in the river estuary before flowing into Raifa lake. Zonal feature of the mechanical composition structure of bottom sediments of lakes and Ser-Bulak is the low content of coarse particles with size > 1 mm. Landscape-hydrological and morphogenetic typification of lakes is shown to be the basis for lake clusterization according to the particle size distribution. Three groups of lakes according to the domination of homogeneous size fractions in granulometric composition are revealed: 1) deep-water flow lakes with dominance of pelitic fractions (< 0.01 mm); 2) shallow-water flow lakes with a predominance of the fine sand fraction (1–0.1 mm); 3) non-flow Ilantovo lake and the «window» in the floating mat of Dolgoe lake with a maximum content of silt (0.1–0.01 mm). In relation to the active reaction of environment, acidic – slightly acidic silts, relative to the redox potential – reduced silts, are dominating. Bottom sediments of Dolgoe lake are distinguished by aerobic conditions. Anaerobic and microaerobic conditions are being developed in Ser-Bulak sandy sediments. The redox balance ($rH_2 = 0$) in colloidal iron formations of whitish-yellow color was found in rivulet part.

Исследования экологического состояния озёр Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника имеют многолетнюю историю, однако донные отложения водных объектов уникальной заповедной территории остаются до настоящего времени мало изученными. Донные отложения являются одним из важнейших абиотических компонентов водных экосистем, отражают совокупность биологических, химических и физических процессов, происходящих в водоёме. Они представляют собой единство минерального и водного комплекса и являются открытой физико-химической и биологической системой, через границы которой осуществляется обмен вещества и энергии (Мизандронцев, 1990). Донные отложения образуются в результате осаждения взвешенных частиц автохтонного и терригенного происхождения, а также разложения отмерших макрофитов и бентосных организмов. Формирование типа донных отложений происходит под влиянием комплекса факторов. Из них основными являются: геологическое строение местности (материнские породы, характер почвенного покрова водосборной площади, положение в ландшафте), морфологические, гидрологические, абиотические и биотические осо-

¹ Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти; E-mail: sapfir-sherry@yandex.ru

бенности водоёма. Окончательное же формирование структуры и состава происходит непосредственно в грунтах, в ходе химических и биологических процессов. На направленность последних влияет ряд факторов, в частности, тип донных отложений и их физико-химический состав. Донные отложения принимают активное участие в жизни водоёма. В них осуществляются терминальные стадии деструкции органического вещества в ряде основных процессов: сульфатредукции, метаногенеза, железовосстановления. Минерализуясь, они служат постоянным источником пополнения водной толщи биогенными и зольными элементами. Донные отложения являются местом обитания различных групп гидробионтов. Представляя собой специфическую экологическую нишу, они определяют структуру донного биоценоза, направленность и интенсивность микробиологических процессов.

Важной характеристикой донных отложений служит механический (гранулометрический/фракционный) состав, который является основой типизации донных отложений. Фракционный состав донных осадков определяется в первую очередь дисперсностью седиментационного материала и гидродинамической активностью водных масс (Бреховских и др., 2006). От состава зависят плотность и влагоёмкость донных отложений, влияющих на водообмен, скорость химических реакций и диффузию веществ, процессы физико-химического обмена и ряд биологических процессов в грунтах (Новиков, 1985). С другой стороны, фракционный состав выступает значимым фактором, обеспечивающим условия обитания донных гидробионтов, определяет структуру микробных сообществ и направленность микробиологических процессов в озёрных илах.

В августе 2007 г. впервые было проведено комплексное исследование донных отложений в озёрах Раифского участка Волжско-Камского заповедника. Данная работа посвящена типизации, изучению гранулометрического состава и основных физико-химических свойств донных отложений заповедных озёр.

Объекты и методы исследования

Исследованы прибрежные и пелагические участки шести озёр заповедника и его охранный зоны – Раифское, Ильинское, Линёво, Карасиха, Илантово, Долгое – и отдельные участки р. Сер-Булак. На Сер-Булаке грунты были отобраны с четырёх станций: воронка между озёрами Линёво и Карасиха около моста (кв. 144); ручьевой участок перед входом в оз. Карасиха; участок в 50 м от выхода из оз. Карасиха; устье в заболоченной части оз. Раифское.

Пробы грунтов отбирались из поверхностных горизонтов (0–10 см) трубчатым стратометром, позволяющим сохранять естественную структуру верхних слоев донных отложений. В момент отбора в грунтовой колонке измерялись температура, значения активной реакции среды (рН) и окислительно-восстановительного потенциала (Eh). Для

оценки окислительно-восстановительных условий в илах, с учётом активной реакции среды, использовали расчётный показатель, выраженный в gH_2 (определяемый как $Eh/29+2pH$) (Кузнецов, Дубинина, 1989). Согласно В. И. Романенко (1985), анаэробным условиям соответствует интервал $0 < gH_2 > 12-13$, микроаэробным – $12-13 < gH_2 > 18-20$, аэробным – $gH_2 > 18-20$.

В лабораторных условиях определяли естественную влажность грунта ($W, \%$) (Аринушкина, 1970), суммарное содержание карбонатов ($C_k = CO_2 + HCO_3^- + CO_3^{2-}$) (Романенко и др., 1990). Содержание гуминового вещества (фульвокислотной фракции) в илах определяли экстрагированием концентрированной HCl весовым методом (Колешко, 1981). Гранулометрический анализ выполнен комбинированным методом (Буторин и др., 1975; Кузяхметов и др., 2004) с выделением фракций: > 1 мм (крупнозернистый песок); $1-0,1$ мм (среднезернистый и мелкозернистый песок); $0,1-0,01$ мм (алеврит); $< 0,01$ мм (пелит). Подготовка к анализу заключалась в замачивании выделенной навески на 1–2 суток дистиллированной водой. Определялся процентный состав каждой фракции. Идентификацию типов донных отложений проводили на основе процентного содержания частиц размером $< 0,01$ мм по классификации М. В. Кленовой (Зайков, 1960). Микроскопический анализ грунтов выполнен на бинокуляре МБ–9 при увеличении $\times 100$. Кластерный анализ озёр выполнен методом Ward's method в программе Statistica 7.

Результаты и их обсуждение

Характеристика илов. Донные отложения исследованных озёр Раифского участка заповедника представлены серыми, чёрными илами, песчанистыми илами, илистым песком, алевритовой глиной, в р. Сер-Булак – среднезернистыми и мелкозернистыми песками (табл. 1). Илы имеют жидкую, полужидкую, рыхлую или мягкую консистенцию. В зависимости от седиментационного материала по окраске серые илы могут иметь зеленоватый, оливковый, коричневый оттенок. В глубоких слоях чёрных илов встречаются серые прослои. Дно р. Сер-Булак на ручьевом участке слагают песчанистые отложения, окрашенные в коричневый или охристо-коричневый цвета, в устье реки – пески серого цвета.

Оз. Линево. В прибрежной зоне озера на глубине 2 м залегает полужидкий серый ил, сверху покрытый рыхлой взвесью зелёного цвета из оседающего фитопланктона. Подлежащие слои ила мягкие, с оливковым и коричневым оттенками, содержат железистые включения. В микроструктуре в большом количестве обнаруживаются сине-зелёные водоросли и створки диатомей, полуразложившиеся останки беспозвоночных. Благодаря обилию фитопланктона ил условно можно назвать «водорослевым». В районе карстовой воронки на глубине 4,9 м формируется блестящий чёрный ил с редкими серыми прослоями в подле-

Таблица 1

Типы донных отложений водоёмов
Раифского участка Волжско-Камского заповедника

Место отбора	Экотоп	Тип донных отложений
Линёво	Прибрежная зона, 15 м от берега, глубина 2 м	Серый ил с мелким песком, на поверхности – водорослевый наиллок
	Район карстовой воронки, глубина 4,9 м	Чёрный ил с мелким песком
Сер-Булак	Воронка между озерами Линево и Карасиха возле моста, кв. 144	Коричневый мелкопесчанистый ил, покрытый рыхлыми железистыми образованиями
	Ручевой участок перед впадением в оз. Карасиха	Коричневый мелкозернистый песок с обильными коллоидными скоплениями гидроксидов железа
	50 м от выхода реки из оз. Карасиха	Коричневый мелкозернистый песок с большим количеством листового опада и остатков растительности
	Устье реки перед впадением в оз. Раифское	Макрофитный ил с мелким песком
Карасиха	Участок берега в зоне впадения р. Сер-Булак	Коричневый заиленный песок с железистыми хлопьями
	Прибрежная зона с глубиной 3 м	Чёрный ил с мелкозернистым песком
Раифское	Заросли макрофитов напротив устья р. Сер-Булак, 1 м	Коричнево-серый ил с небольшим содержанием мелкого песка
	Литораль в 20-ти м от берега, глубина 2,8 м	Серый ил
Ильинское	Мелководная часть озера справа от устья р. Сумка, глубина 2,5 м	Серый заиленный мелкозернистый песок
	Прибрежье в зарослях элодеи, глубина 2,4 м	Серый илистый мелкозернистый песок
	Центральная пелагическая часть, глубина 11,5 м	Тёмно-серый пелитовый ил
	Прибрежье напротив выхода р. Сумка из озера, глубина 2 м	Серый илистый мелкозернистый песок
Илантово	Заросли элодеи и кубышки, 25 м от берега, глубина 1 м	Серый мелкокрупинчатый ил
	Открытая северо-восточная часть озера, глубина 2,5 м	Зеленовато-серый алевритовый ил
Долгое	Прибрежные участки, глубина 2,5 м	Светло-серая алевритовая глина
	Центральная часть озера, глубина 11,9 м	Светло-серая алевритовая глина

жащих слоях. По консистенции ил однородный, мягкий, маслянистый, его верхний слой – жидкий. Тонкую структуру ила обеспечивает детрит растительного и животного происхождения. В прибрежном и глубинном экотопах илы содержат фракцию мелкого песка.

Река Сер-Булак. Воронка на участке реки между озёрами Линево и Карасиха возле моста (кв. 144). Дно воронки выстилает коричневый мелкопесчанистый ил, на поверхности которого аккумулируется мощный жидкий слой рыхлых железистых образований в виде легко распадающихся хлопьев. При микроскопическом анализе в иле обнаружены тонкие детритные структуры, мелкие растительные остатки, диатомеи.

Ручьевая часть р. Сер-Булак перед впадением в оз. Карасиха. Для ручьевого участка р. Сер-Булак характерен коричневый мелкозернистый песок с обильными образованиями гидроксидов железа интенсивных охристых оттенков. Обнаружены локальные участки с коллоидными железистыми скоплениями белесо-жёлтого цвета, на которые следует обратить особое внимание. Окислительно-восстановительный потенциал такого коллоидного сгустка имеет нулевое значение ($Eh=0$). Следовательно, в таких локальных железистых скоплениях протекают одновременно два противоположно направленных процесса – железо-окисление и железовосстановление, сопровождающиеся образованием соединений двухвалентного и трехвалентного железа, которые и обуславливают белесо-жёлтую окраску.

Участок р. Сер-Булак, расположенный в 50 м от выхода из оз. Карасиха. Для данного экотопа характерны заросли кубышки, рдеста и элодеи. Поверхность воды покрывает слой ряски. Дно реки выстилает коричневый мелкозернистый песок, включающий среднезернистые и алевритовые фракции. Ил содержит древесные остатки, осколки ракуши, корневища растений, большое количество листового опада и остатков полуразложившейся водной растительности. Микроскопический анализ показал преобладание минеральных частиц, грубых растительных фрагментов и отсутствие тонкоструктурного детрита.

Устье р. Сер-Булак перед впадением в оз. Раифское. Участок представляет собой один из элементов системы болот. Здесь песчаные отложения плотно пронизаны корневищами растений, сверху формируется мощный слой макрофитного ила, состоящего из остатков полуразложившейся водной растительности, древесных остатков, листового опада. В микроструктуре обнаружены створки диатомовых водорослей, грубый растительный детрит.

Оз. Карасиха. Прибрежный участок около уреза воды (глубина 0,1 м) в месте впадения р. Сер-Булак выстилает коричневый заиленный песок, на котором скапливаются рыжие хлопья гидроокисного железа, поступающего в озеро из ручья. На поверхности озера обильно развивается ряска. На глубине 3 м формируется чёрный мягкий ил, включающий фракции мелкого песка с полуразложившимися останками водной растительности. В микроструктуре ила обнаружены грубодетритные и тонкодетритные фрагменты. В центральной глубоководной (11 м) части озера не удалось отобрать пробу грунта. Но на основе отобранного материала и учитывая особенности морфометрии озера, мы

можем предположить, что на глубине залегает чёрный тонкодисперсный ил.

Оз. Раифское. В зарослях макрофитов напротив устья р. Сербулак (глубина 1 м) обнаружен коричнево-серый ил с небольшим содержанием мелкого песка, в котором встречаются мелкие остатки полуразложившейся растительности. В литорали на глубине 2,8 м распространены тонкие серые илы с мелкими растительными фрагментами. В микроструктуре ила преобладает тонкий растительный детрит.

Оз. Ильинское. В мелководной части озера, справа от места впадения в озеро р. Сумка, на глубине 2,5 м обнаружен серый заиленный средний и мелкий песок с преобладанием мелкозернистой фракции и жидким наилком. В прибрежье в зарослях элодеи на глубине 2,4 м формируется полужидкий серый илистый мелкий песок с разложившимися остатками водных макрофитов. При микроскопическом анализе обнаружены диатомовые водоросли, растительный детрит. В пелагической центральной части озера формируются тёмно-серые мягкие жирные пелитовые илы. Поверхностный слой имеет оливковый цвет и тонкие чёрные прослои. Микроскопический анализ показал обилие тонкого детрита. Прибрежье напротив выхода из озера р. Сумка на глубине 2 м выстилает серый илистый мелкозернистый песок с редкими чёрными прослоями.

Оз. Илантово. В прибрежной зоне пробы грунта были отобраны в зарослях элодеи и кубышки на расстоянии 25 м от берега. здесь формируется серый мелкокрипчатый ил, содержащий значительную долю пелитовой фракции. В микроструктуре ила в большом количестве обнаружены мелкие минеральные частицы, обилие водорослевого и зоопланктонного детрита, сине-зелёные и диатомовые водоросли, мелкие полуразложившиеся останки растительности. В открытой северо-восточной части озера поверхностные слои донных отложений представлены зеленовато-серым полужидким рыхлым тонким илом. В его микроструктуре преобладают алевритовые частицы и детрит, формирующийся из оседающих водорослей.

Оз. Долгое. На западном мелководном участке озера (глубина 2,5 м) залегает светло-серая мелкоалевритовая глина с окисленным коричневым детритным наилком, содержащая мелкие остатки веток, растительности и листовой опад. Точно такой же тип отложений обнаружен в противоположной, восточной части озера (глубина 2,5 м). В глубоководной зоне (11,9 м) залегает светло-серая алевритовая глина с тонким серым наилком. В микроструктуре наилка обнаружены мелкие растительные фрагменты.

Гранулометрический состав. Донные отложения как гетерогенная система состоят из частей различной крупности, присутствие которых в определенной пропорции является результатом седиментации и трансседиментации вещества, поступающего из различных источников (Паламарчук, 1972; Бреховских и др., 2006). В озёрах и водотоках за-

поведника дифференциация гранулометрического состава донных отложений имеет черты подстилающих почв – супесчаных, железистых песчанистых красноокрашенных, суглинистых дерново-подзолистых, суглинистых аллювиальных дерново-насыщенных, лугово-болотных и заболоченного аллювия (Калимуллина, 2002) (табл. 2).

В целом для большинства донных отложений озёр и обследованных участков р. Сер-Булак характерно низкое содержание крупнозернистой фракции механического состава, с размером частиц >1 мм. Среднее содержание крупнозернистого песка составляет $8,17 \pm 3,87$ %. В серых и чёрных илах доминируют частицы размером $1-0,1$ мм, вклад которых в механический состав в среднем составляет $33,86 \pm 9,29$ %. Среднее содержание тонкодисперсных алевритовых ($0,1-0,01$ мм) и пелитовых частиц ($< 0,01$ мм) не более $30,26 \pm 10,80$ % и $27,62 \pm 8,21$ % соответственно. Выявлено только два участка р. Сер-Булак – в 50 м ни-

Таблица 2

Гранулометрический состав донных отложений водоёмов
Раифского участка Волжско-Камского заповедника

Место отбора	Почвы	Экотоп, тип донных отложений	Фракции (мм) механического состава, %*			
			>1	$1-0,1$	$0,1-0,01$	$< 0,01$
Линево	Супесчаные дерново-подзолистые, торфяно-глеевые, слабый аллювий	Прибрежье, серый ил с мелким песком	8,5	55,58	9,33	26,5
		Карстовая воронка, чёрный ил с мелким песком	9,4	52,44	10,93	27,23
Сер-Булак	Супесчаные и суглинистые дерново-подзолистые, песчанистые железистые красноокрашенные, песчаные средние и слабые подзолы	Воронка (кв. 144), мелкопесчаный ил	11,84	40,98	16,12	31,06
		Ручевой участок, мелкозернистый песок	10,99	46,49	18,67	23,85
		50 м от выхода из озера, мелкозернистый песок	23,08	48,44	16,88	11,82
		Устье, макрофитный ил с мелким песком	29,82	51,65	6,83	11,7
Карасиха	Супесчаные и суглинистые дерново-подзолистые	Берег, заиленный песок	0,20	47,72	39,88	12,2
		Глубина 3 м, чёрный ил с мелким песком	8,12	36,65	23,09	32,14
Раифское	Супесчаные дерново-подзолистые, лугово-болотные, легкосуглинистые	Заросли, коричнево-серый ил с песком	15,12	29,13	13,72	42,03
		Литораль, серый ил	3,32	10,55	16	70,13

Продолжение таблицы 2

Место отбора	Почвы	Экотоп, тип донных отложений	Фракции (мм) механического состава, %			
			>1	1–0,1	0,1–0,01	< 0,01
Ильинское	Суглинистые аллювиальные дерновые насыщенные, песчаные слабоподзолистые	Мелководье, заиленный среднезернистый песок	14,79	48,61	24,45	12,15
		Прибрежье 2,4 м, илистый мелкий песок	2,27	62,04	23,32	12,37
		Пелагиаль, серый ил	0,59	10,00	24,36	65,05
Илантово	Супесчано дерново-подзолистые, болотистые	Заросли, серый мелкокрипичатый ил	1,11	35, 65	19,02	44,23
		Открытая часть, алевритовый ил	1,15	2,46	72,14	24,25
Долгое	Супесчано дерново-подзолистые, легкосуглинистые аллювиальные, сфагновый торф	Прибрежье западное, серая алевритовая глина	2,13	10,12	65,44	22,31
		Глубина 11,9 м, серая алевритовая глина	1,66	9,94	76,64	11,76
		Прибрежье восточное, серая алевритовая глина	2,97	12,8	67,93	16,29
Среднее значение ± доверительный интервал			8,17 ±3,87	33,86 ±9,29	30,26 ±10,8	27,62 ±8,21

же оз. Карасиха и перед впадением в оз. Раифское, – где регистрировались наибольшие значения содержания фракции крупного песка (размер частиц более 1 мм) – 23,08 и 29,82 % соответственно.

Кластерный анализ, проведённый по гранулометрическому составу, показал сходство озёр по ландшафтно-гидрологической и морфогенетической типизации. Применение кластеризации выявило три группы объектов по однородности доминирующих размерных фракций механического состава: 1) глубоководные проточные озёра Раифское и Ильинское; 2) мелководное проточное оз. Линёво и проточное карстовое оз. Карасиха; 3) бессточное оз. Илантово и «окно» в сплавине – оз. Долгое (рис. 1).

Для первой группы глубоководных проточных озёр Ильинское и Раифское характерно доминирование пелитовых фракций (размер частиц < 0,01 мм). В пелагических илах этих озёр содержание пелита достигает 65,05 и 70,13 % соответственно. В донных отложениях второй группы – озёра Линёво и Карасиха – преобладает фракция мелкого и среднего песка (размер частиц 1–0,1 мм). Содержание отмеченных фракций механического состава в илах оз. Линёво составляет 36,65 %, оз. Карасиха – 52,44 %. Образующие третью группу озёра Илантово и

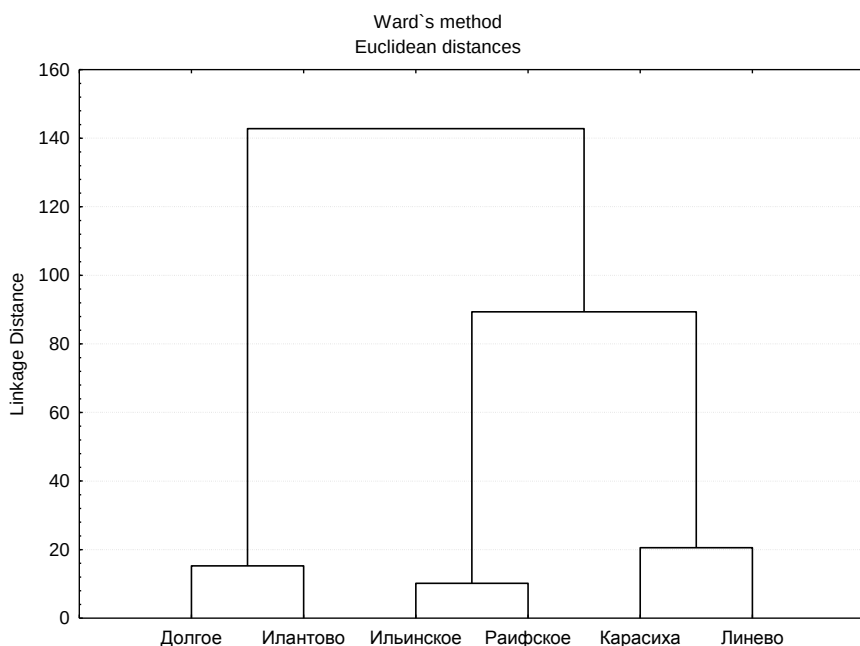


Рис. 1 Дендрограмма сходства озёр заповедника по размерным фракциям гранулометрического состава донных отложений.

Долгое, расположены в ареале болотистых супесчаных дерново-подзолистых почв. В отличие от других озёр, для них характерно максимальное содержание алевритовой фракции (размер частиц 0,1–0,01 мм). Так, в открытой части оз. Илантово доля алеврита составляет 72,14 %. Донное ложе оз. Долгое слагает в основном мелкий алеврит: в глубоководной части водоёма доля алевритовых частиц составляет 76,64 %, на западном мелководье – 65,44 %, на восточном – 67,93 %.

Применение кластерного анализа по гранулометрическому признаку к исследованным экотопам водоёмов заповедника выявило две их группы (рис. 2). Обнаружилось, что в основе такого деления лежит тип донных отложений и тип почвенного покрова, причём внутри подкластеров самые близкие элементы объединились по типу ила.

Первую группу составляют экотопы с алевритовым илом и алевритовой глиной, расположенные в болотистых ландшафтах с супесчаными дерново-подзолистыми почвами: западное и восточное мелководья, глубоководная часть оз. Долгое и открытая северо-восточная часть оз. Илантово.

Во вторую, обширную группу вошли разнотипные илистые и песчаные отложения, расположенные в ареале разнообразных почв – супесчаных дерново-подзолистых, супесчаных и суглинистых дерново-подзолистых, суглинистых аллювиальных дерновых насыщенных, лугово-болотных, торфяно-глеевых, железистых. Вторая группа разделяется на два подкластера. Первый составляют глубоководные экотопы озёр Ильинское и Раифское, которые объединяют тонкодисперсные пела-

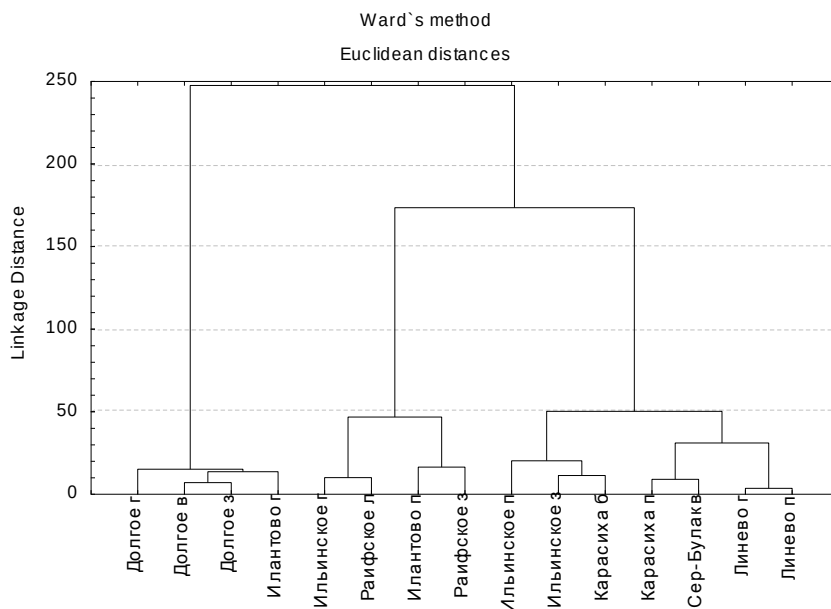


Рис. 2 Дендрограмма сходства экотопов водоёмов заповедника

по размерным фракциям гранулометрического состава донных отложений: оз. Илантово: п – побережье с зарослями макрофитов; г – открытая северо-восточная часть; оз. Долгое: г – глубоководная часть; з – западное мелководье; в – восточное мелководье; оз. Ильинское: з – мелководье справа от впадения р. Сумка; г – глубоководная часть; п – побережье у выхода р. Сумка; оз. Раифское: з – побережье с зарослями макрофитов напротив впадения р. Сер-Булак; п – побережье южной части; оз. Карасиха: б – берег; п – побережье; оз. Линево: г – глубоководная часть; п – побережье; р. Сер-Булак: в – воронка в кв. 144.

гические и литоральные илы, а также заросшие побережья озёр с ярко выраженными мелкопесчанистой и пелитовой фракциями в илах. Отметим, что прибрежные экотопы связаны с супесчаными дерново-подзолистыми и аллювиальными дерново-насыщенными почвами.

Второй подкластер объединяет группу мелководных экотопов озёр Ильинское, Карасиха, Линево и воронку р. Сер-Булак, для которых характерно наличие или преобладание в донных осадках песчаных фракций. В данных экотопах распространены три типа донных отложений: песчаные илы, илистые и заиленные пески, мелко- и среднезернистые пески. Они связаны с ареалами супесчаных и суглинистых дерново-подзолистых почв.

Изменение размерных фракций механического состава в продольном профиле озёр. На примере озёр Раифское, Илантово, Ильинское и Долгое прослеживается закономерное снижение песчаных частиц и увеличения алевроито-пелитовых частиц с увеличением глубины водоёма. Так, в оз. Раифское в зарослях водных макрофитов на глубине 1 м содержание фракции крупного песка составляет 15,12 %, пелита – 42,03 %. На литорали с глубиной 2,8 м фракция песка снижается до 3,32 %, пелита – повышается до 70,13 %. Особенно показатель-

но отмеченная тенденция проявляется в оз. Ильинское. В размерном ряду крупный песок–средний и мелкий песок–алеврит–пелит в прибрежье на глубине 2,4 м доля соответствующих фракций составляет 2,27–62,04–23,32–12,37 %, в пелагической же части озера с глубиной 11,5 м доля отмеченных фракций составляет 0,59–10%–24,36–65,05 % соответственно.

Физико-химическая характеристика донных отложений. Глубина в любом водоёме является фактором, систематизирующим пространственно-временную неоднородность распределения вещества в донных отложениях (Мартынова, 2010). В озёрах увеличение глубины сопровождается понижением температуры, увеличением дисперсности отложений, сдвигом окислительно-восстановительных условий в сторону восстановительных (табл. 3). Прибрежья исследованных озёр имели глубины от 0,9 до 3 м. В озёрах Ильинское и Долгое регистрировались максимальные глубины – 11,5–11,9 м. Наиболее мелководными являлись участки р. Сер-Булак – 0,1 м–0,8 м.

Значимым фактором в жизнедеятельности донных гидробионтов и микроорганизмов выступает температура. Температурный диапазон в донных отложениях исследованных озёр, в зависимости от экотопов, изменялся в широких пределах – от 5,4 до 24,0°C. Наиболее прогреваемые илы расположены в литоральных зонах и в зарослях водных макрофитов. Во время отбора проб температуры в них составляли 19,4–24,0°C. На глубинах 2,5–3,0 м в прибрежье оз. Карасиха и мелководьях оз. Долгое регистрировались более низкие температуры – 11,0 и 11,9°C соответственно. Минимальная температура ила отмечена в глубоководной части оз. Долгое – 5,4°C. На соответствующей глубине в оз. Ильинское измерить температуру, к сожалению, не удалось. В песчанистых отложениях р. Сер-Булак температура изменялась в зависимости от глубины от 17,5 до 21,2°C.

Активная реакция среды (pH) и окислительно-восстановительный потенциал ($гН_2$) являются важными показателями, характеризующими интенсивность химических и биологических процессов, протекающих в толще донных отложений. В донных отложениях водоёмов заповедника значения pH изменяются от кислых до нейтральных. Следует отметить влияние почв на формирование активной реакции среды в донных отложениях. Так, в оз. Долгое, расположенном ареале болотистого аллювия, развиваются кислые илы с $pH=5,10–5,65$. В озёрах Карасиха, Раифское, Ильинское, Илантово доминируют слабокислые илы, активная реакция среды в которых составляет 6,10–6,80. Однако в литорали оз. Раифское развивается ил с нейтральными значениями $pH – 7,20$. В оз. Линево регистрировались слабокислые и нейтральные илы. В р. Сер-Булак, благодаря высокому содержанию железа, формируются кислые ($pH=5,90–5,95$) и слабокислые ($pH=6,10–6,38$) осадки.

Относительно окислительно-восстановительных условий в экотопах исследованных озёр установлено, что в большинстве из них (Ли-

Таблица 3

Физико-химические параметры донных отложений водоёмов
Раифского участка Волжско-Камского заповедника

Водоём	Экотоп	Глубина, м	T, °C	pH	Eh	rH ₂	W, %
Линево	Прибрежье	1,8	20,0	7,22	+100	17,8	91,1
	Воронка	4,9	14,5	6,60	+90	16,3	95,7
Сер-Булак	Воронка	0,7	17,5	6,10	-60	11,7	95,0
	Ручьевой участок	0,3	21,2	6,38	0	0	75,5
	50 м от выхода	0,8	19,9	5,90	+120	15,9	81,0
	Устье	0,7	18,4	5,95	+125	16,2	85,0
Карасиха	У впадения ручья	0,1	23,3	6,33	+130	17,1	71,0
	Прибрежье, 3м	3,0	11,0	6,10	+120	16,3	79,6
Раифское	Заросли макрофитов	1,0	24,0	6,70	+100	16,9	91,9
	Литораль	2,8	20,5	7,20	+70	16,8	78,8
Ильинское	Мелководье	2,5	23,1	6,40	+140	17,6	63,6
	Прибрежье, 2,4 м	2,4	22,5	6,80	+100	17,1	65,3
	Пелагиаль	11,5		6,50	+90	16,1	79,6
	Прибрежье, 2 м	2,0	24,0	6,50	+110	16,8	64,6
Илантово	Заросли макрофитов	0,9	19,4	6,28	+210	19,8	83,9
	Открытая часть	1,8	13,9	6,26	+140	17,3	92,7
Долгое	Прибрежье	2,5	11,9	5,10	+260	19,2	56,6
	Глубина, 11,9 м	11,9	5,4	5,65	+215	18,5	70,9
	Прибрежье	2,5	11,9	5,10	+240	18,7	60,6

нёво, Карасиха, Раифское, Ильинское, открытый участок оз. Илантово) преобладают слабо восстановленные илы ($rH_2=16,1-17,8$). В отличие от всех озёр, поверхностные слои донного ложа оз. Долгое характеризовались аэробными условиями; во всех экотопах, даже на глубине 11,9 м, регистрировались наибольшие значения редокс-потенциала: $rH_2=18,5-19,2$.

Во всех озерах относительно профиля дна окислительно-восстановительные условия распределяются согласно известной закономерности – снижение редокс-потенциала с глубиной.

Отдельный интерес представляет окислительно-восстановительная ситуация в железистых отложениях на разных участках р. Сер-Булак. Несмотря на небольшие глубины в железистых песках реки, благодаря низким значениям pH и высокому содержанию железа, складываются анаэробные ($rH_2=11,7$ в воронке) и микроаэробные ($rH_2=15,9-16,2$) условия. На ручьевом участке в коллоидных образованиях железа белесо-жёлтого цвета обнаружено уникальное явление – окислительно-восстановительное равновесие, при котором $rH_2=0$.

Важной характеристикой водно-физических свойств грунтов является естественная влажность. Изменения влаги в различных морфотипах осадков вызвано пространственно-временной трансформации

ей отложений, обусловленной особенностями диагенеза, динамикой водных масс (Семенович, 1973), локальными особенностями экотопов.

Содержание влаги находится в функциональной связи с гранулометрическим составом (Выхристюк, Варламова, 2003). Влажность донных осадков в изученных водоёмах составляла 56,6–95,7 %. Большинство илов имеют полужидкую или мягкую консистенцию. В целом в озёрных илах проявляется известная закономерность увеличения влажности от грубодисперсных осадков к тонким илам (Шерышева, Ракитина, 2015). Однако в системе озёр Раифского участка и его охранной зоны следует отметить некоторые особенности. Так, самые плотные илы с минимальной влажностью 56,6–60,6 % установлены для оз. Долгое, в которых преобладает тонкоалевритовая фракция (см. табл. 2). Наибольшей влажностью – 91,1–95,7 % – характеризуются жидкие и полужидкие осадки: «водорослевые» илы в оз. Линёво, железистые хлопьевидные осадки с песком в воронке р. Сер-Булак и серые илы озёр Раифское и Илантово. Мягкие илы оз. Илантово содержат меньше влаги (63,6–79,6 %) по сравнению с озёрами Карасиха, Раифское, Илантово (71,0–92,7%). В озёрах проявляется закономерность увеличения влажности илов от мелководных прибрежных участков к глубоководным пелагическим.

Донные отложения изученных водоёмов заповедника характеризуются низким содержанием в поверхностных слоях суммарных карбонатов – 0,02–0,6 мг С/г, а в оз. Ильинское карбонаты не были обнаружены вовсе. Наибольшее процентное содержание гуминовых кислот обнаружено в озёрах Долгое и Илантово (23,4–36,6 %). Озёра Линёво, Карасиха, Ильинское и р. Сер-Булак отличаются наименьшими значениями содержания гуминовых кислот – 4,5–7,8 %, тогда как в оз. Раифское они составляют 13,9 %.

Заключение

Донные отложения исследованных озёр Раифского участка Волжско-Камского заповедника представлены мелкозернистыми песками, илистыми песками, песчанистыми и алевритовыми илами, тонкими серыми и чёрными илами, алевритовой глиной. Ручевой участок р. Сер-Булак в районе оз. Карасиха выстилает коричневый мелкозернистый песок с хлопьями гидроокисного железа; в устье, перед впадением в оз. Раифское, формируется макрофитный ил.

Зональной особенностью в структуре механического состава донных отложений является низкое содержание крупных фракций размером >1 мм. В результате проведения кластерного анализа по гранулометрическому составу выявлено, что озёра группируются по доминированию однородных размерных фракций, и в основе кластеризации лежит ландшафтно-гидрологическая и морфогенетическая типизации озёр. Выявлено три группы озёр: 1) глубоководные проточные озёра Раифское и Ильинское с доминированием пелитовых фракций ($< 0,01$

мм) – 65,05–70,13 %; 2) проточные озёра Линёво и Карасиха с преобладанием фракции мелкозернистого песка (1–0,1 мм) – 36,65–52,44 %; 3) бессточное оз. Илантово и представляющее собой «окно» в сплаvine оз. Долгое с максимальным содержанием алеврита (0,1–0,01 мм) – 72,14–76,64 %. Исследованные отдельные экотопы, в отличие от озёр, разделяются на два кластера по типу донных отложений и характеру грунтов, при этом внутри подкластеров самые близкие элементы объединяются по типу ила.

По отношению к активной реакции среды (pH) в большинстве озёр (Карасиха, Раифское, Ильинское, Илантово) развиваются слабокислые илы. Нейтральные значения pH регистрировались только в литорали оз. Раифское. Донные отложения в оз. Долгое характеризуются кислыми условиями среды. В песчанистых осадках р. Сер-Булак условия среды кислые и слабокислые.

По отношению к редокс-потенциалу большинство илов характеризуются микроаэробными и восстановительными условиями, за исключением оз. Долгое, в котором формируются аэробные илы. В песчанистых отложениях р. Сер-Булак, несмотря на небольшие глубины, благодаря низким значениям pH и высокому содержанию соединений железа, складываются восстановительные условия, а в воронке (кв. 144) – анаэробные. На ручьевом участке Сер-Булака в коллоидных образованиях железа белесо-жёлтого цвета обнаружено уникальное явление – окислительно-восстановительное равновесие ($rH_2=0$).

Наибольшей влажностью характеризуются полужидкие «водорослевые» илы оз. Линево, железистые хлопьевидные осадки с песком в воронке р. Сер-Булак и серые илы в озёрах Раифское и Илантово. Минимальной влажностью обладают глинистые отложения в оз. Долгое, в которых преобладает тонкоалевритовая фракция.

Благодарности

Автор благодарит директора Волжско-Камского заповедника Ю. А. Горшкова, старшего научного сотрудника Е. Н. Унковскую за помощь при проведении полевых работ, химических анализов и организацию бытовых условий для участников экспедиции.

Литература

- АРИНУШКИНА Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
- БРЕХОВСКИХ В. Ф., КАЗМИРУК Т. Н., КАЗМИРУК В. Д. Донные отложения Иваньковского водохранилища. М.: Наука, 2006. 176 с.
- БУТОРИН Н. В., ЗИМИНОВА Н. А., КУРДИН В. П. Донные отложения верхневолжских водохранилищ. Л.: Наука, 1975. 159 с.
- ВЫХРИСТЮК Л. А., ВАРЛАМОВА О. Е. Донные отложения и их роль в экосистеме Куйбышевского водохранилища. Самара, 2003. 174 с.
- ЗАЙКОВ Б. Д. Очерки по озероведению. Л.: Гидромет. изд-во, 1960. 240 с.
- КАЛИМУЛЛИНА С. Н. История изучения почвенного покрова Волжско-Камского заповедника // Тр. Волж.-Камск. гос. природ. зап.-ка. Казань, 2002. Вып. 5. С. 199–213.

КОЛЕШКО О. И. Экология микроорганизмов почвы: Лабораторный практикум. Минск: Выс. шк., 1981. 176 с.

КУЗНЕЦОВ С. И., ДУБИНИНА Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 288 с.

КУЗЯХМЕТОВ Г. Г., МИФТАХОВА А. М., КИРЕЕВА Н. А., НОВОСЕЛОВА Е. И. Практикум по почвоведению: Учеб. пособие. Уфа: РИО БашГУ, 2004. 120 с.

МАРТЫНОВА М. В. Донные отложения как составляющая лимнических экосистем. М.: Наука, 2010. 243 с.

МИЗАНДРОНЦЕВ И. Б. Химические процессы в донных отложениях водоёмов. Новосибирск: Наука, 1990. 176 с.

НОВИКОВ Б. И. Донные отложения днепропетровских водохранилищ. Киев: Наук. думка, 1985. 172 с.

ПАЛАМАРЧУК И. К. Грунты дна и их роль в речных водохранилищах // Гидробиол. журн. 1972. Т. 8. № 1. С. 118–127.

РОМАНЕНКО В. И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоёмах. Л.: Наука, 1985. 295 с.

РОМАНЕНКО В. И., РЫБАКОВА И. В., СОКОЛОВА Е. А., ЛАЙОШ ВЕРЕШ. Вариант диффузионного метода определения свободной углекислоты, карбонатов, сульфидов в воде и донных отложениях в закрытом сосуде // Гидробиол. журн. 1990. Т. 26. № 5. С. 64–69.

СЕМЕНОВИЧ Н. И. Донные отложения Онежского озера. Л.: Наука, 1973. 104 с.

ШЕРЫШЕВА Н. Г., РАКИТИНА Т. А. Состояние донных отложений озера Кандры-Куль (республика Башкортостан) в 2010 и 2012 гг. // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2015. Т. 17. № 4(5). С. 962–972.

Общая численность и таксономическая структура бактериобентоса водоёмов Волжско-Камского заповедника

Н. Г. Шерышева¹

SHERYSHEVA N. G. TOTAL NUMBER AND TAXONOMIC STRUCTURE OF BACTERIOBENTHOS IN THE WATER BODIES OF VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE

The first data on the number of bacteriobenthos in Raifa part lakes of the Volzhsko-Kamsky Reserve are presented. Taxonomic composition of bacteriobenthos communities in different habitats of Ser-Bulak river, lakes Karasykha and Ilanovo was determined. Taxonomic composition of the bacterial community was identified by the method of chromatomass-spectrometry of microbial markers.

Бактериальное население – важнейшее звено экосистем всех водных объектов, осуществляющее основные биохимические процессы распада органических соединений (Кузнецов, 1970). Донная микрофлора чрезвычайно обильна и разнообразна, чем обусловлена её важная роль в трансформации и разложении в донных отложениях водоёмов веществ различной природы. Структура бактериального сообщества характеризуется числом входящих в него видов, их численностью, степенью доминирования. На функционирование и количественные характеристики бактериальных популяций существенное влияние оказывают типы донных отложений, физико-химические условия, обеспеченность органическими и биогенными соединениями.

Бактериобентос, как биотический компонент озёрно-речной системы Волжско-Камского заповедника, имеющего международный статус биосферного резервата ЮНЕСКО, до сих пор остаётся неизученной группой донных организмов. В данной работе приводятся результаты исследований общей численности бактерий в донных отложениях озёр Раифского участка заповедника. На примере озёр Карасиха, Илантово и р. Сер-Булак изучалось таксономическое разнообразие бактериобентосных сообществ, для определения которого применялся современный метод хромато-масс-спектрометрии (Осипов, 1997): наличие жирно-кислотных микробных маркеров позволяет количественно определить состав бактериальных сообществ.

Объекты и методы исследования

Микробиологические исследования проводились в августе 2007 г. в составе комплексной экспедиции Института экологии Волжского бассейна РАН. Пробы на бактериобентос отбирались одновременно с отбором проб донных отложений во время грунтовой съемки. Исследованы различные биотопы (заросли макрофитов, побережье, откры-

¹ Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти; E-mail: sapfir-sherry@yandex.ru

тые и глубоководные участки) озёр Карасиха, Илантово, Раифское, Линёво, Долгое, Ильинское и реки Сер-Булак.

Общую численность бактерий в донных отложениях определяли прямым методом (Романенко, Кузнецов, 1974) в модификации А. Н. Дзюбан и А. Ю. Горленко (1989), включающим приготовление иловых болтушек, фильтрование бактериальной суспензии через мембранные фильтры с последующей окраской карболовым эритрозином. Предварительно пробы илов суспензировали 0,01 М раствором пирофосфата натрия. Готовили разведение, аликвоту которого фильтровали через мембранный фильтр Владипор с порами 0,2 мкм. Клетки бактерий подсчитывали под поляризационно-интерференционным микроскопом BIOLAR при увеличении $\times 1250$.

Для установления таксономической принадлежности бактерий применяли высокочувствительный метод масс-спектрометрии микробных маркеров (МСММ) с использованием базы данных (Осипов, 1997; Sherysheva et al., 2015). Метод позволяет определить виды бактерий численностью более 10^4 кл/г ила. Анализ проведён на хромато-масс-спектрометре AT 5973 фирмы Agilent Technologies. Систематика бактерий приведена по определителю Берджи (Определитель..., 1997). Данные по видовому составу бентосных форм цианобактерий любезно предоставлены Н. Г. Тарасовой (ИЭВБ РАН). Для оценки степени доминирования применяли индекс индивидуального доминирования (ИИД): доля (%) отдельного вида в общей численности (Баканов, 2006). Шкалу рангов доминирования по численности устанавливали с учётом особенностей структуры сообществ: менее 1 % – минорные (малозначимые виды); 1–5 % – второстепенные виды; 5–10 % – субдоминанты; более 10 % – доминанты.

Результаты и их обсуждение

Общая численность бактериобентоса (ОЧБ). В исследованных озёрах и р. Сер-Булак ОЧБ изменялась от $0,83 \times 10^9$ до $5,61 \times 10^9$ кл/мл натурального грунта (рис. 1).

Как и следовало ожидать, согласно известной закономерности, плотность бактериального населения донных осадков увеличивалась от крупнозёрнистых песков к тонкодисперсным илам. Минимальная ОЧБ $0,83 \times 10^9$ – $1,09 \times 10^9$ кл/мл была зарегистрирована в мелкозёрнистых песках р. Сер-Булак: в воронке, расположенной между озёрами Линёво и Карасиха, на ручьевом участке перед впадением речки в оз. Карасиха и в 50 м от её истока из оз. Карасиха. В заиленном песке береговой зоны оз. Карасиха общая численность бактерий составила $1,52 \times 10^9$ кл/мл. Максимальные численности бактерий ($3,64 \times 10^9$ – $5,61 \times 10^9$ кл/мл) были обнаружены в серых тонкодетритных илах озёр Илантово, Раифское и Ильинское. Высокая плотность бактериобентоса отмечалась также в чёрных илах оз. Линёво и алевроитовой глине глубоководного участка оз. Долгое – $3,21 \times 10^9$ и $3,26 \times 10^9$ кл/мл ила соответственно. В

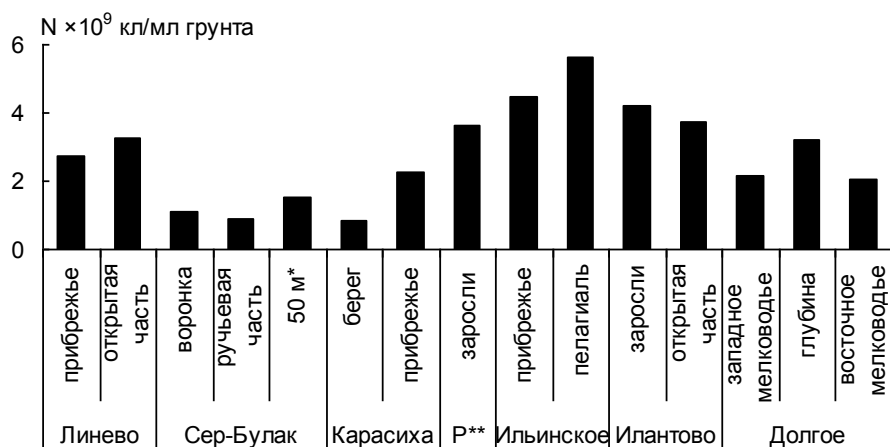


Рис. 1. Общая численность бактериобентоса водоёмов
Раифского участка Волжско-Камского заповедника:

* – участок р. Сер-Булак в 50 м от истока из оз. Карасиха; Р** – оз. Раифское.

мелководных зонах отмеченных озёр ОЧБ составила $2,03 \times 10^9$ – $2,76 \times 10^9$ кл/мл грунта. В пространственном распределении во всех озёрах, за исключением оз. Илантово, наименьшие численности бактерий регистрировались в зарослях на мелководьях и в прибрежных биотопах, максимальные – в глубоководных участках. В оз. Илантово, напротив, бактериобентос наибольшей численности достигал в зарослях макрофитов – $4,19 \times 10^9$ кл/мл, по сравнению с открытой частью – $3,76 \times 10^9$ кл/мл. Увеличение плотности бактерий на мелководном участке озера объясняется рядом факторов – более благоприятным температурным режимом, структурой ила, обилием детрита, обогащённого органическим веществом. Так, в микроструктуре ила в массе был обнаружен тонкий водорослевый и зоопланктонный детрит, сине-зелёные и диатомовые водоросли, мелкие разложившиеся остатки растений. В открытой же части озера микроструктура ила беднее и представлена в основном детритом, формирующимся из оседающих водорослей.

Морфологическая структура бактериобентоса представлена различными по форме группами бактерий – кокками, коккобациллами, палочками, нитевидными клетками, вибрионами, цепочками из кокков и коротких палочек. Палочки также разнообразны по форме: прямые, изогнутые, со спорами. В песчанистых осадках р. Сер-Булак преобладали короткие палочки в цепочках, обрамлённых чехлом и овальные клетки с плотной оболочкой, мелкие палочки; нередко палочки находились в звездчатых скоплениях. В песчанистых илах часто встречались диплококки. В алевроитовой глине оз. Долгое преобладали мелкие и средние коккобациллы и палочки, которые могут образовывать розетки. В тонких серых илах оз. Ильинское в больших количествах обнаруживались вибрионы и клетки со жгутиком. В аморфных скоплениях гидроксидов железа доминировали цепочки палочек, заключённых в

общий трубчатый чехол. Бактерии кокковых и палочковых форм часто колонизируют частицы детрита и створки диатомовых водорослей. В морфологической структуре встречались бактериальные нити различной длины, стебельковые формы, сдвоенные под углом палочки, но они не были преобладающими в бактериобентосе озёр.

Таксономический состав бактериального донного сообщества. В основу таксономии микроорганизмов положены их морфологические, физиологические, биохимические и молекулярно-биологические свойства (Заварзин, Колотилова, 2001). Различают следующие таксономические категории: царство, подцарство, отдел, класс, порядок, семейство, род, вид, подвида и др. В рамках той или иной таксономической категории группы организмов объединяются по определённым однородным свойствам – морфологии бактерий, их подвижности, спорообразованию, культуральным особенностям, тинкториальным свойствам (отношение к окраске по Граму).

С помощью метода жирно-кислотных микробных маркеров в таксономическом составе бактериобентоса заповедных озёр и р. Сер-Булак выявлено 37 родов и 15 видов бактерий, принадлежащих к 6 типам домена Bacteria: Gracilicutes, Proteobacteria, Firmicutes, Actinobacteria, Spirochaetes, Bacteroidetes (табл. 1). Наибольшим видовым разнообразием характеризовались цианобактерии класса Oxyphotobacteria, включающие представителей трёх родов – *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* и пять видов – *Borzia triloculuris*, *Lyngbia martinsiana*, *Oscillatoria acutissima*, *O. chalybae*, *Spirulina laxissima*. Остальные классы включали от одного до трёх таксонов родового/видового ранга. Из них можно выделить род *Pseudomonas* с видами *P. putida* и *P. versicularis*, семейство Clostridiaceae с *Clostridium* sp., *C. butyricum* и *C. pasterianum*, семейство Nocardiaceae, включающее род *Nocardia* и виды *Nocardia carnea* и *Rhodococcus terrae*, семейство Lachnospiraceae с тремя штаммами – *Butyrivibrio* 1-4-11, *Butyrivibrio* 7S-14-3, *Butyrivibrio* 1-2-13. Обнаружены жирно-кислотные маркеры железоредукторов – FeRB Lovley, FeRed KM-2, FeRed (Турова, 1996) и не идентифицированные штамм ZOR-1/ZOR-2 (Болдарева) и организм Strain 1. Помимо бактериального и актиномицетного комплексов присутствовали маркеры, свидетельствующие о наличии представителей Fungi, Protozoa, Planta.

Бактериобентосное сообщество озёрных илов включает различные эколого-трофические группы бактерий, каждая из которых выполняет определенную функцию.

На основе литературных (Кузнецов, Дубинина, 1989; Гальченко, 2001; Заварзин, Колотилова, 2001; Шеховцова, 2008) и собственных данных нами были обобщены сведения об основных физиологических и функциональных свойствах выявленных организмов, о местах и условиях их обитания. Виды и роды бактерий были структурированы по функциональным группам и, согласно определителю Берджи (Определитель..., 1997), отнесены к 19 фенотипическим группам (табл. 2).

Таблица 1

Таксономический состав бактериобентоса
водоёмов Раифского участка Волжско-Камского заповедника

ЦАРСТВО BACTERIA	
ТИП GRACILICUTES КЛАСС OXYRHOTOBACTERIA ПОРЯДОК CYANOBACTERIALES Роды <i>Microcystis</i>, <i>Anabaena</i>, <i>Aphanizomenon</i>; <i>Borzia triloculuris</i>, <i>Lyngbia martinsiana</i>, <i>Oscillatoria acutissima</i>, <i>O. chalybae</i>, <i>Spirulina laxissima</i> ТИП PROTEOBACTERIA КЛАСС ALPHAPROTEOBACTERIA ПОРЯДОК RHODOSPIRILLALES Семейство Rhodospirillaceae <i>Azospirillum</i> sp. ПОРЯДОК RHIZOBIALES Семейство Bradyrhizobiaceae <i>Nitrobacter</i> sp. КЛАСС BETA-PROTEOBACTERIA ПОРЯДОК BURKHOLDERIALES Семейство Burkholderiaceae <i>Burkholderia cepacia</i> (Palleroni and Holmes, 1981) Yabuuchi et al., 1993 Семейство Comamonadaceae <i>Sphaerotilus natans</i> Kützing 1883 ПОРЯДОК XANTHOMONADALES Семейство Xanthomonadaceae Род <i>Xanthomonas</i> ПОРЯДОК METHYLOCOCCALES Семейство Methylococcaceae <i>Methylococcus</i> sp. ПОРЯДОК PSEUDOMONADALES Семейство Pseudomonadaceae Род <i>Pseudomonas</i> <i>P. putida</i> (Trevisan 1889) Migula, 1985 <i>Pseudomonas versicularis</i> (Busing et al., 1953) Calarneau and Leifson, 1964 ПОРЯДОК ENTEROBACTERIALES Семейство Enterobacteriaceae КЛАСС DELTAPROTEOBACTERIA ПОРЯДОК DESULFOVIBRIONALES Семейство Desulfovibrionaceae <i>Desulfovibrio</i> sp. ТИП FIRMICUTIS КЛАСС CLOSTRIDIA ПОРЯДОК CLOSTRIDIALES Семейство Clostridiaceae <i>Clostridium</i> sp., <i>C. butyricum</i> Prazmowski, 1880 <i>C. pasterianum</i> Winogradsky, 1895	Семейство Lachnospiraceae <i>Butyrivibrio</i> 1-4-11, <i>Butyrivibrio</i> 7S-14-3, <i>Butyrivibrio</i> 1-2-13 Семейство Eubacteriaceae Род <i>Eubacterium</i> <i>E. lentum</i> (Eggerth, 1935) Prevot, 1938 Род <i>Acetobacterium</i> Семейство Peptococcaceae <i>Desulfotomaculum</i> sp. Семейство Heliobacteriaceae <i>Heliobacterium</i> sp. КЛАСС BACILLITI ПОРЯДОК BACILLATIS Семейство Bacillaceae Род <i>Bacillus</i> <i>B. subtilis</i> (Ehrenberg, 1935) Cohn, 1972 Семейство Staphylococcaceae <i>Staphylococcus</i> sp. ТИП ACTINOBACTERIA КЛАСС ACTINOBACTERIA ПОРЯДОК ACTINOMYCETALES Семейство Micrococcaceae Род: <i>Micrococcus</i> <i>Arthrobacter globiformis</i> (Conn, 1928) Conn and Dim., 1947 Семейство Cellulomonadaceae Род <i>Cellulomonas</i> Подпорядок CORYNEBACTERINEAE Семейство Nocardiaceae Род <i>Nocardia</i> <i>N. carnea</i> (Rossi Doria, 1891) Castellani and Chalmers, 1913 <i>Rhodococcus terrae</i> (Tsukamura, 1971) Tsukamura, 1974 Подпорядок PROPIONIBACTERINEAE Семейство Propionibacteriaceae <i>Propionibacterium freudenreichii</i> (van Niel, 1928) Moore and Holdeman, 1970 Подпорядок PSEUDONOCARDINEAE Семейство Pseudonocardiaceae Род <i>Pseudonocardia</i> Подпорядок STREPTOMYCINEAE Семейство Streptomycetaceae <i>Streptomyces rimosus</i> subsp. <i>rimosus</i> Sobin et al., 1953 Подпорядок STREPTOSPORANGINEAE Семейство Thermomonosporaceae <i>Actinomadura roseola</i> Lavrova and Preobrazhenskaya, 1975

Продолжение таблицы 1

ТИП CHLAMYDIAE КЛАСС CHLAMYDIAE ПОРЯДОК CHLAMYDIALES Семейство Chlamydiaceae Род <i>Chlamydia</i> ТИП SPIROCHAETES КЛАСС SPIROCHAETES ПОРЯДОК SPIROCHAETALES Семейство Spirochaetales <i>Spirochaeta</i> «М»	ТИП BACTEROIDETES КЛАСС BACTEROIDES ПОРЯДОК BACTEROIDALES Семейство Bacteroidaceae Род <i>Bacteroides</i> <i>Bacteroides hypermegas</i> Harrison and Hansen, 1963 КЛАСС SPHINGOBACTERIA ПОРЯДОК SPHINGOBACTERIALES Семейство Flexibacteraceae Род <i>Cytophaga</i>
---	--

Г. А. Заварзин с точки зрения природоведческой микробиологии выделяет три основных группы микроорганизмов: 1) главные первичные продуценты (цианобактерии); 2) протеобактерии, разделяющиеся на группы хемоорганотрофов, фототрофов и хемосинтетиков; 3) грамположительные организмы одноклеточных бактерий и мицелиальных актиномицетов (Заварзин, Колотилова, 2001).

Бактериобентосное сообщество озёр характеризуется большим разнообразием физиологических групп бактерий. Наибольшим числом родов представлена группа окислительных фототрофных бактерий (цианобактерии), выполняющих функцию первичных продуцентов органи-

Таблица 2

Характеристика физиологических групп бактериобентоса водоёмов Раифского участка Волжско-Камского заповедника

Таксон	Физиологические свойства	Место, условия обитания
Группа 1. Спирохеты		
<i>Spirochaeta</i> «М»	Анаэробы, факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы. Сахаролитические диссипотрофы, целлюлозоразлагающие. Физиологически разнообразны	Водные среды, ил, пруды, болота, озера, реки
Группа 2. Аэробные/микроаэрофильные, подвижные, спиральные/ изогнутые грамотрицательные бактерии		
<i>Azospirillum</i>	Факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы. Факультативно-анаэробная азотфиксация. В условиях сильного дефицита O ₂ могут осуществлять диссимиляционное восстановление NO ₃	Микроаэробные условия, зона окислина водоёмов, нейтральные или более кислые водные среды
Группа 4. Грамотрицательные аэробные/микроаэрофильные палочки и кокки		
<i>Agrobacterium</i>	Аэробы. Хемоорганотрофы. Могут осуществлять анаэробное дыхание в присутствии нитрата. Разлагают целлюлозу	Широко распространены в природных средах – в почве, иле, воде

Продолжение таблицы 2

Таксон	Физиологические свойства	Место, условия обитания
<i>Acetobacter</i>	Облигатные аэробы, некоторые виды – микроаэрофилы. Продуцируют ацетат, разлагают целлюлозу; азотфиксаторы	Способны развиваться в кислых средах, в водной среде каналов
<i>Hydrogenophaga</i>	Аэробы и факультативные H_2 -автотрофы. Некоторые способны к нитратному дыханию, которое сопровождается денитрификацией	Водные среды обитания, донные осадки, ил
<i>Methylococcus</i>	Аэробы. Метанотрофы. Способны к азотфиксации, автотрофной фиксации CO_2	Разнообразные места обитания, природные воды, донные осадки
<i>Pseudomonas</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Burkholderia</i>	Аэробы, факультативные автотрофы. Окисление водорода, C_1 -соединений, углеводов; аэробное целлюлозоразложение, аммонификация, гетеротрофная нитрификация, денитрификация	Водоёмы разных типов. Развиваются в богатых органическим веществом средах
<i>Xanthomonas</i>	Аэробы. Хемоорганотрофы. Окисление водорода, азотфиксация	Водные среды обитания, донные осадки, ил
Группа 5. Факультативно анаэробные грамотрицательные палочки		
<i>Enterobacteriaceae</i>	Факультативные анаэробы; хемоорганотрофы, сахаролитики. Способны к окислению в аэробных условиях и к брожению – в анаэробных	Индикаторы загрязнения аллохтонным органическим веществом. Распространены повсеместно, экология разнообразна
Группа 6. Грамотрицательные анаэробные, прямые, изогнутые и спиральные бактерии		
<i>Bacteroides</i> , <i>B. hypermegas</i>	Анаэробы. Органотрофы. Осуществляют анаэробное брожение, разлагают целлюлозу. Микроаэрофилы	Ил сточных вод, донные отложения
Группа 7. Бактерии, осуществляющие диссимиляционное восстановление сульфата или серы		
Подгруппа 1. <i>Desulfotomaculum</i> Подгруппа 2. <i>Desulfovibrio</i>	Анаэробы. Диссимиляционное восстановление сульфатов с образованием H_2S . Способны к окислению водорода H_2 и органических кислот. Некоторые проявляют устойчивость к наличию кислорода. Важнейшая группа вторичных анаэробов, способных к удалению из анаэробной среды H_2	Широко распространены в донных отложениях озёр. Бескислородные осадки, пластовые воды, илы, гипополмион. Предпочитают среды с $pH = 6,6-7,5$

Продолжение таблица 2

Таксон	Физиологические свойства	Место, условия обитания
Группа 9. Риккетсии и хламидии		
<i>Chlamydia</i>	Внутриклеточные формы	В озёрах в местах обитания водоплавающих птиц
Группа 10. Аноксигенные фототрофные бактерии		
<i>Heliobacterium</i>	Анаэробы. Фотогетеротрофы. Содержат БХл g и каротиноиды. Активные азотфиксаторы	Поверхностный слой почвы, водные местообитания, <i>pH</i> среды 7,0–7,2
Группа 11. Кислородные фототрофные бактерии		
<i>Cyanobacteria</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Oscillatoria</i>	Одноклеточные, колониальные и нитчатые бентосные формы. Эдификаторы. Первичные продуценты ОВ. Ассимилируют CO ₂ , выделяют O ₂ , способны к азотфиксации	Широко распространены в водоёмах, особенно в спокойных богатых питательными веществами водах
Группа 12. Аэробные хемолитотрофные бактерии и родственные организмы		
<i>Nitrobacter</i>	Факультативные литоавтотрофы. Нитрификаторы II фазы. Могут расти в бедных органическим веществом природных средах	Поверхностный слой ила в микроаэробных условиях
Группа 13. Почкующиеся и/или обладающие выростами бактерии		
Простекобактерия рода <i>Caulobacter</i>	Аэробы. Гетеротрофы и олиготрофы. Возможно восстановление нитрата до нитрита	Широко распространены в водоёмах
Группа 14. Бактерии, обладающие чехлом		
железобактерия рода <i>Leptothrix</i>	Аэробы. Хемоорганотрофы. Окисление железа	Подток болотных вод, <i>pH</i> среды 6,5–7,5
<i>Sphaerotilus natans</i>	Аэроб. Хемоорганотроф. Окисление железа	Медленно текущие воды, <i>pH</i> среды 6,5–7,5. Индикатор загрязнения аллохтонным органическим веществом
Группа 15. Нефотосинтезирующие, не образующие плодовых тел скользящие бактерии		
<i>Cytophaga</i>	Облигатные аэробы или факультативные анаэробы, Хемоорганотрофы. Разлагают органические полимеры	Аэробные и микроаэробные условия, поверхностный слой анаэробного ила, разлагающаяся растительность
<i>Flexibacter</i>	Облигатные аэробы или факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы. Часто гидролизуют крахмал	Поверхность ила, цианобактериальные маты

Продолжение таблицы 2

Таксон	Физиологические свойства	Место, условия обитания
Группа 17. Грамположительные кокки		
<i>Micrococcus</i>	Аэробы. Хемоорганотрофы. Осуществляют аммонификацию, окисление углеводов; факультативную серoredукцию; разлагают жиры	Почва, водоёмы, поверхностные слои ила
<i>Staphylococcus</i>	Факультативные анаэробы. Хемоорганотрофы. Восстанавливают нитрат до нитрита, нуждаются в богатых питательных средах	Распространены в водных средах; мелководные места обитания
Группа 18. Грамположительные палочки и кокки, образующие эндоспores		
<i>Bacillus</i> , <i>B. subtilis</i> <i>B. coagulans</i>	Аэробы, факультативные аэробы. Хемоорганотрофы, высокоустойчивые. Окисляют H_2 , C_1 -соединения, целлюлозу, углеводороды. Осуществляют азотфиксацию, аммонификацию	Широко распространены в природе, водные среды, поверхностный слой анаэробного ила. Илистый песок.
<i>Clostridium</i>	Анаэробы. Хемолитотрофы, хемоорганотрофы, хемоавтотрофы. Бродильщики. Анаэробное целлюлозоразложение, ацетогенез, маслянокислое брожение, анаэробная азотфиксация	Донные осадки озёр, поверхностный слой анаэробного ила, гипolimнион стратифицированных озёр
Группа 20. Грамположительные неспорообразующие палочки неправильной формы		
<i>Acetobacterium</i>	Строгие анаэробы. Хемолитотрофы, хемоорганотрофы. Осуществляют ацетогенез, окисление H_2 и восстановление CO_2	Широко распространены в водных средах, озёрных илах
<i>Arthrobacter</i>	Аэробы. Хемоорганотрофы. Минерализуют органическое вещество, окисляют H_2 , C_1 -соединения, углеводороды. Осуществляют азотфиксацию, аммонификацию, гетеротрофную нитрификацию	Широко распространены в водоёмах разного типа
<i>Butyrivibrio</i>	Строгие анаэробы. Бродильщики. Способны анаэробно разлагать целлюлозу, крахмал и другие полисахариды, восстанавливать нитрат	Разлагающаяся растительность, донные разнотипные отложения, макрофитные илы
<i>Cellulomonas</i>	Факультативные анаэробы, некоторые хемоорганотрофы. Разложение целлюлозы, углеводов, восстановление нитрата до нитрита	Почвы, донные отложения. Не кислотоустойчивые

Продолжение таблицы 2

Таксон	Физиологические свойства	Место, условия обитания
<i>Eubacterium</i> , <i>E. lentum</i>	Анаэробы. Хемоорганотрофы, бродильщики. Разлагают целлюлозу	Донные отложения озёр
<i>Propionibacterium</i>	Факультативные анаэробы, аэротолерантны. Хемоорганотрофы со сложными потребностями в питательных веществах	Иловые отложения водоёмов
Группа 21. Микобактерии		
<i>Mycobacterium</i>	Аэробы и хемоорганотрофы. Осуществляют окисление углеводов, аммонификацию	Водоёмы разного типа, кислотоустойчивые
Группа 22. Нокардиоформные актиномицеты		
<i>Nocardia</i> , <i>Pseudonocardia</i>	Аэробы. Окисляют H_2 , C_1 -соединения углеводов. Разлагают растительные остатки, устойчивые вещества, остающиеся в конце деструкции	Широко распространены в природе, водоёмы разного типа
<i>Rhodococcus</i>	Аэробы. Органотрофы, углеводородокисляющие. Способны использовать углеводороды нефти	Водоёмы разного типа, кислотоустойчивые
Группа 25. Стрептомицеты		
<i>Streptomyces</i>	Аэробы. Хемоорганотрофы. Восстанавливают нитрат до нитрита. Разлагают крахмал, целлюлозу. Использует разнообразные органические соединения, углеводороды, минерализуют органическое вещество	Почвы, компосты, водоёмы, донные отложения, широко распространены в природе; pH среды 6,5–8,0

ческого вещества. В значительном количестве в сообществах присутствуют гидролитики – роды *Cytophaga*, *Cellulomonas*, *Bacillus*, *Butyrivibrio*. Минерализацию легко утилизируемого органического вещества активно осуществляют хемоорганогетеротрофы – роды *Aeromonas*, *Clostridium*, *Spirochaeta*, *Acetobacter*, *Pseudomonas*. Из вторичных анаэробов обнаружены сульфатредукторы *Desulfovibrio* sp. и *Desulfotomaculum* sp.; группа железоредуцирующих бактерий – FeRB Lovley, FeRed KM-2, FeRed (Турова, 1996).

Таксономическая структура бактериобентоса в р. Сер-Булак и оз. Карасиха. Структура бактериального сообщества формируется под влиянием условий среды. Нами рассмотрены три биотопа системы р. Сер-Булак–оз. Карасиха с различными типами донных отложений: 1) ручьевого участка р. Сер-Булак перед впадением в оз. Карасиха с песчанистыми отложениями, обогащенными гидрооксидами железа; 2) побережье оз. Карасиха на глубине 3 м, где залегает чёрный мягкий

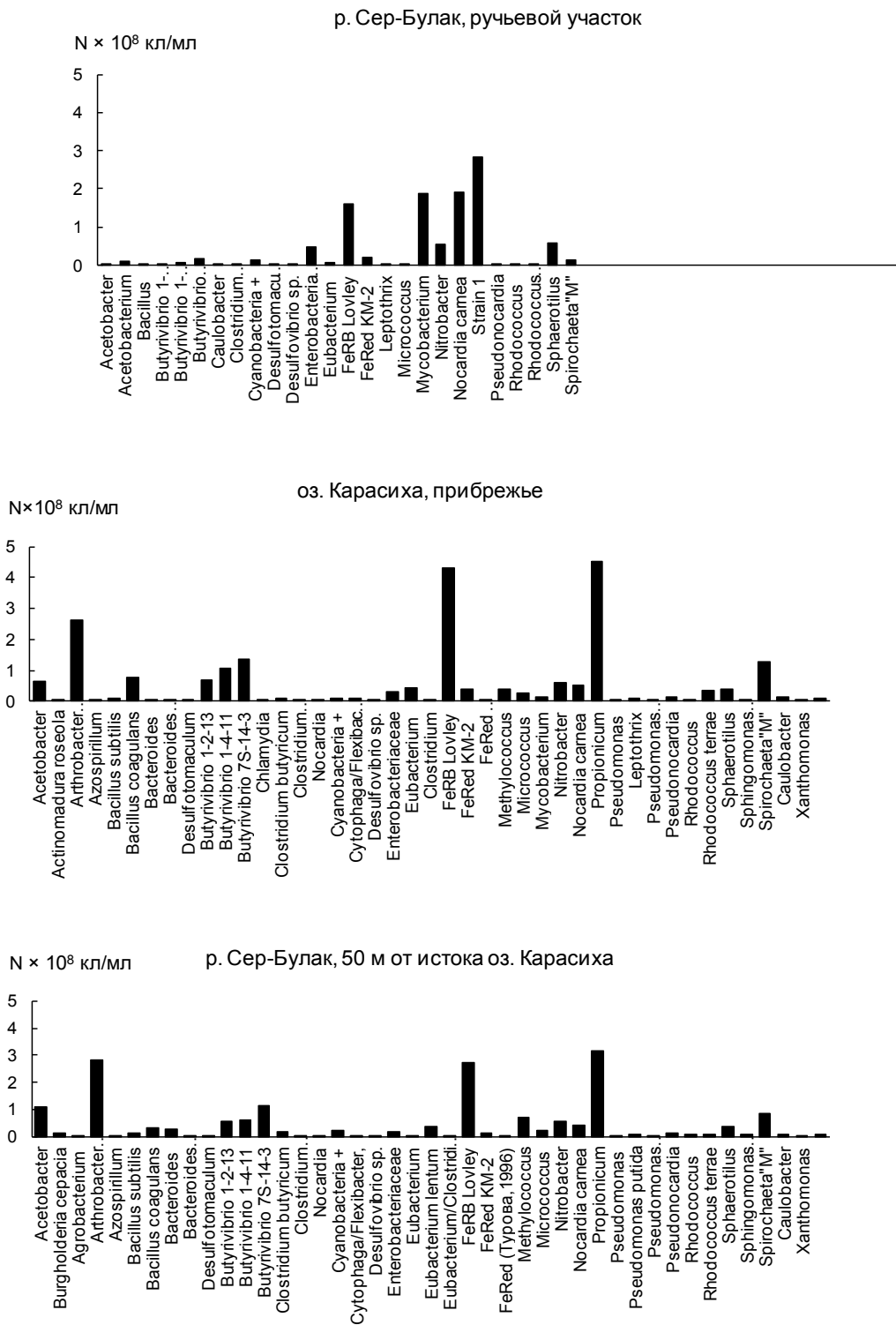


Рис. 2. Таксономический состав бактериобентосных сообществ в побережье оз. Карасиха и на прилегающих участках р. Сер-Булак.

ил, содержащий песчанистые фракции и полуразложившиеся растительные остатки; 3) участок р. Сер-Булак, расположенный на расстоянии 50 м от выхода из оз. Карасиха (далее по тексту Сер-Булак–50 м); донные отложения данного биотопа представлены песчаным илом с большим количеством остатков растительности и листьев (рис. 2).

Рисунок 2 ярко демонстрирует различия в видовой структуре и в количественном развитии бактериальных сообществ, обитающих в рассмотренных биотопах. Таксономическая структура бактериобентоса ручья включает 26 родов/видов, а бактериальных сообществ оз. Карасиха и р. Сер-Булак–50 м – по 43 родов/видов. В количественном развитии бактериобентосных популяций смежных биотопов также обнаруживаются существенные различия. Так, численность бактерий (определенная методом жирно-кислотных микробных маркеров) в песчанистых отложениях ручья составила $10,9 \times 10^8$ кл/мл грунта, в оз. Карасиха – $22,68 \times 10^8$ кл/мл, в р. Сер-Булак–50 м – $17,92 \times 10^8$ кл/мл.

На ручьевом участке наибольшее развитие получили только отдельные функциональные группы бактериобентоса. К ним относятся бактерии, восстанавливающие железо – железоредукторы FeRB, Lovley, FeRed KM-2. В окисление железа активно участвовала бактерия рода *Sphaerotilus*. Наибольших численностей $1,89$ – $2,82 \times 10^8$ кл/мл достигали *Nocardia carnea*, представители рода *Mycobacterium* и не идентифицированный организм Strain 1. В условиях данного биотопа в угнетенном состоянии находились бродильщики – *Clostridium pasterianum*, углеводородокисляющие представители родов *Micrococcus* и *Rhodococcus*, сульфатредукторы – *Desulfotomaculum* sp. и *Desulfovibrio* sp.

В чёрном иле оз. Карасиха значительно расширяется спектр бактериального населения. Обнаружены виды, которые отсутствовали в «ручьевом биотопе»: *Actinomadura roseola*, *Arthrobacter globiformis*, бродильщики – род *Butyrivibrio* и *Clostridium butyricum*, а также представители родов *Pseudomonas*, *Methylococcus*, *Xanthomonas*, диссимиляционный железоредуктор FeRed (Турова, 1996). Доминирующими в сообществе становятся *Arthrobacter globiformis*, род *Butyrivibrio*, FeRB Lovley, род *Propionicum*. Численность доминирующих видов достигла максимальных значений – $2,64 \times 10^8$ – $4,50 \times 10^8$ кл/мл. Активно развивались бактерии родов *Spirochaeta* «М», *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Micrococcus*, *Eubacterium*, *Acetobacter*, железобактерия рода *Leptothrix*. Более активно, по сравнению с ручьевым участком, развивались сульфатредукторы.

Бактериобентосное сообщество песчанистого ила р. Сер-Булак–50 м характеризуется большим таксономическим сходством с прибрежным сообществом в оз. Карасиха и отличается только несколькими видами. Так, из сообщества песчанистого ила р. Сер-Булак–50 м исчезла *Actinomadura roseola*, род *Mycobacterium*, но появились *Burgholderia cepacia* и бактерия рода *Agrobacterium*, которые отсутствовали как в сообществах оз. Карасиха, так и на ручьевом участке Сер-

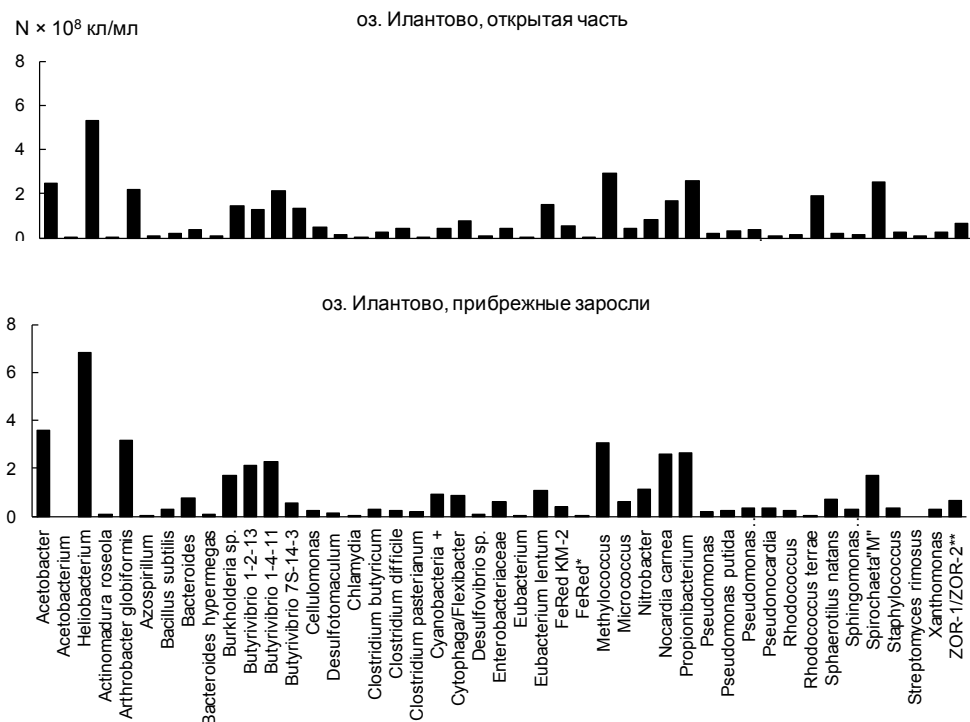


Рис. 3. Таксономический состав бактериобентосных сообществ в открытой части и в зарослях макрофитов оз. Илантово.

Булака. Из доминантов следует отметить *Arthrobacter globiformis*, FeRB Lovley и *Propionicum* sp., численность которых составила $2,74 \times 10^8$ – $3,18 \times 10^8$ кл/мл.

Таксономическая структура бактериобентоса в прибрежных зарослях и открытой части оз. Илантово. Ведущую роль в формировании качественного состава сообществ бактерий, обитающих в зарослях и открытой части озера, играют представители типов *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria*, *Gracilicutes*. Наиболее разнообразны виды родов *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Butyrivibrio* и семейства *Eubacteriaceae* (рис. 3).

Выявлено полное сходство таксономического состава бактериобентоса, развивающегося в открытой части озера и в ассоциации высших водных растений, за исключением актиномицета *Streptomyces rimosus*. По-видимому, условия обитания в разных биотопах не оказали существенного влияния на формирование видовой структуры бактериобентоса в пределах одной экосистемы. Актиномицет *S. rimosus* встречен только в сообществе открытого участка озера. Возможно, это связано с тем, что *S. rimosus* предпочитает тонкодетритные илы открытой части озера, в котором преобладает алевритово-пелитовая фракция механического состава (96 %). К примеру, в зарослевом иле значительную долю (36 %) составляет фракция мелкозернистого песка.

В двух биотопах обнаружены организмы, имеющие общий маркер – *Acetobacterium* sp. и *Heliobacterium* sp. Присутствие *Acetobacterium* в экосистеме озера не вызывает сомнения, поскольку он отмечается как участник сообществ перерабатывающих лигнин, который содержится в растительной ткани, в некоторых водорослях и в листовом опаде (Современная микробиология..., 2005). Развитие же в пелагиале фототрофной бактерии *Heliobacterium* вызывает сомнение в связи с невысокой прозрачностью (0,9 м) и гумозностью воды. Однако, поскольку гелиобактерии были обнаружены в почвах и содовых озёрах (Заварзин, Колотилова, 2001), не исключено развитие некоторых видов рода *Heliobacterium* и в оз. Илантово; также возможно, что они были занесены в водоём со смытой почвой. Может вызывать сомнение присутствие в озёрном иле *Chlamydia*, ассоциируемого обычно с инфекциями человека. Однако известно, что носителями хламидий являются птицы и специфические для хламидий маркеры были обнаружены в местах обитаний водоплавающей птицы (Филина и др., 1998).

Общая численность бактериобентоса, определенная методом газовой хромато-масс-спектрометрии, в пелагическом сообществе и в зарослях макрофитов отличалась несущественно и составила $3,7 \times 10^9$ кл/г сухого ила и $4,2 \times 10^9$ кл/г сухого ила соответственно.

При изучении количественной структуры бактериобентосного сообщества озера выделены ранги видов по степени доминирования: доминанты, субдоминанты, второстепенные и минорные виды. Таксономический состав ведущего бактериального комплекса (доминанты и субдоминанты) в разных биотопах озера, в основном, одинаков и представлен девятью таксонами: *Acetobacterium*, *Cyanobacteria*, *Methylococcus*, *Arthrobacter globiformis*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Butyrivibrio*, *Spirochaeta*, *Rhodococcus terrae*, *Nocardia carnea*. Вклад доминантных и субдоминантных организмов изменялся от 5,1 до 16,3 %.

По «структуре доминирования» сообщество биотопа открытой части озера относится к монодоминантному – главенствующее положение в нём занимает один вид – *Acetobacterium* sp., вклад которого в общую численность составлял 14,6 %. В «зарослевом» биотопе ключевые позиции занимали два таксона – *Acetobacterium* и *Cyanobacteria*, доля которых в численности бактериобентоса составляла 16,3 и 10,7 % соответственно. Характерна смена субдоминантов – *Nocardia carnea* и бактерий рода *Butyrivibrio* в зарослевом комплексе на представителей рода *Spirochaeta* и *Rhodococcus terrae* – в пелагическом. Интересно отметить, что *Rhodococcus terrae* – значимый в сообществе открытого участка вид, в зарослевом биотопе, напротив, играет минорную роль – его численность снижается на два порядка с $1,91 \times 10^9$ до $0,01 \times 10^9$ кл/г сухого ила.

Наиболее стабильны в структуре доминирования среди второстепенных таксонов представители родов *Burkholderia*, *Cytophaga*, *Nitrobacter*, *Micrococcus*, а среди минорной компоненты – *Clostridium butyr-*

icum, *Desulfotomaculum* sp., *Desulfovibrio* sp., *Pseudomonas fluorescens*, представители родов *Staphylococcus*, *Xanthomonas*, *Eubacterium*.

Также в составе бактериобентоса присутствовали представители групп, резко меняющих свою численность в разных биотопах. К ним относятся *Rhodococcus terrae*, *Eubacterium lentum*, *Bacteroides fragilis*, *Butyrivibrio*, представители рода *Cellulomonas* и FeRed KM2.

При оценке доминирования была проанализирована количественная структура сообществ таким образом, чтобы можно было охарактеризовать вклад таксонов каждого ранга в разнообразие. В порядке доминирования на фоне смены соотношений одноименных рангов в сообществах проявлялась общая тенденция увеличения доли второстепенных и минорных видов. Видовое богатство бактериобентоса исследованных биотопов на ~ 80 % обеспечивается второстепенными и минорными видами.

Заключение

В результате проведённых микробиологических исследований озёр Карасиха, Раифское, Илантово, Линево, Ильинское, Долгое и р. Сер-Булак Раифского участка Волжско-Камского заповедника определена общая численность бактериобентоса – $0,83 \times 10^9$ – $5,61 \times 10^9$ кл/мл влажного грунта. Количественное развитие бактериобентоса определяется типом донных отложений: минимальная численность зарегистрирована в песчанистых осадках р. Сер-Булак, максимальная – в серых тонких илах глубоководного оз. Ильинское. В пространственном распределении бактериобентоса проявляется закономерность увеличения общей численности бактерий в илах пелагических и открытых участков озёр по сравнению с мелководными прибрежными биотопами.

В таксономическом составе бактериобентоса выявлено 37 родов и 15 видов бактерий, принадлежащих к 6-ти типам домена Bacteria: *Gracilicutes*, *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria*, *Spirochaetes*, *Bacteroidetes*. Наибольшим видовым разнообразием представлены донные формы цианобактерий – представители родов *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* и такие виды, как *Borzia triloculuris*, *Lyngbia martinsiana*, *Oscillatoria acutissima*, *O. chalybae*, *Spirulina laxissima*.

На примере р. Сер-Булак и оз. Карасиха показано, что тип донных отложений значимо влияет на формирование таксономической структуры бактериобентосных сообществ. В песчанистых отложениях р. Сер-Булак с экстремальным содержанием гидроокисных соединений железа выявлено 26 таксонов родового и видового ранга. В чёрном иле оз. Карасиха число родов/видов бактерий увеличивается до 43 таксонов. Бактериобентосные сообщества оз. Карасиха и р. Сер-Булак на участке после выхода её из озера характеризуется сходством таксономического состава, за исключением нескольких видов.

В оз. Илантово исследовалась структура доминирования в бактериобентосных сообществах зарослей и открытой части озера. Выявлен

монодоминантный тип доминирования, характерный для донного бактериального сообщества открытой части озера и двухдоминантный тип – для зарослей макрофитов, при это отмечена смена субдоминантов в исследованных биотопах озера.

Благодарности

Автор искренне благодарит директора Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника Ю. А. Горшкова и сотрудников за помощь в организации полевых работ; особая благодарность Е. Н. Унковской за помощь при отборе проб донных отложений.

Литература

- БАКАНОВ А. И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. Ч. VI. С. 61–116.
- ГАЛЬЧЕНКО В. Ф. Метанотрофные бактерии. М.: ГЕОС, 2001. 500 с.
- ДЗЮБАН А. Н., ГОРЛЕНКО А. Ю. Оптимизация метода прямого счёта бактерий в донных отложениях водоемов // Микробиология. 1989. Т. 58. Вып. 5. С. 871–875.
- ЗАВАРЗИН Г. А., КОЛОТИЛОВА Н. Н. Введение в природоведческую микробиологию: Учеб. пособие. М.: Книжн. дом «Университет», 2001. 256 с.
- КУЗНЕЦОВ С. И. Микрофлора озёр и её геохимическая деятельность. Л.: Наука, 1970. 440 с.
- КУЗНЕЦОВ С. И., ДУБИНИНА Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 288 с.
- ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ БАКТЕРИЙ БЕРДЖИ. В 2-х т. М.: Мир, 1997. 800 с.
- ОСИПОВ Г. А. Способ определения родового (видового) состава ассоциации микроорганизмов: Патент № 2086642 РФ. Опубл. 10.08.1997.
- РОМАНЕНКО В. И., КУЗНЕЦОВ С. И. Экология микроорганизмов пресных водоёмов. Лаб. рук-во. Л.: Наука, 1974. 194 с.
- СОВРЕМЕННАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ. Прокариоты. В 2-х томах / Под ред. Й. Ленгелера, Г. Древса и Г. Шлегеля. М: Мир, 2005. 1147 с.
- ФИЛИНА Н. Ю., ВЕРХОВЦЕВА Н. В., ОСИПОВ Г. А. Микробное разнообразие ила реки Улеймы как показатель экологического состояния // Биотехнологическо-экологические проблемы бассейна Верхней Волги. Ярославль, 1998. С. 61–65.
- ШЕХОВЦОВА Н. В. Экология водных микроорганизмов: Учеб. пособие. Ярославль: Изд-во Яросл. гос. ун-та, 2008. 132 с.
- SHERYSHEVA N. G., OSIPOV G. A., KHALKO V. V. Studying composition of bacteriobenthic communities in the sediments of water ecosystems by fatty acid markers // J. Inland Water Biology. 2015. Vol. 8. Suppl. 3. P. 242–249.

Свободноживущие инфузории водоёмов Волжско-Камского заповедника

С. В. Быкова, В. В. Жариков¹

BYKOVA S. V., ZHARIKOV V. V. THE FREE-LIVING CILIATES IN THE WATER BODIES
OF THE VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE

The summary of the conducted research on the free-living ciliates in different types of water bodies of the Volzhsko-Kamsky National Nature Biosphere Reserve is given in this article. More than 200 species were revealed. The structure-forming species (the dominants and the subdominants) and characteristics of quantitative development of ciliates communities in various ecotopes (pelagic, littoral, phytal, periphytal) were determined. The considerable role of the zone of higher aquatic vegetation in the formation of the ciliates total diversity in the water bodies of the reserve was established (about 30% of the species were found only in this ecotope).

Инфузории, бесспорно, являются важным компонентом планктона любых водных экосистем. Число свободноживущих видов в современной фауне инфузорий, по разным оценкам, достигает от 3 до 30 тыс. видов (Finlay et al., 1996; Foissner, 1999) и даже более. Такой разброс скрытого, потенциального разнообразия свидетельствует о далеко не полной их изученности. В связи с этим, важным и необходимым видится исследование инфузорий на охраняемых, нетронутых (или в меньшей степени подверженных антропогенному влиянию) территориях заповедников, национальных парков и других ООПТ, призванных охранять и восстанавливать биоразнообразие в целом. Биоразнообразие – своеобразный показатель сложности биологической системы, разнокачественности её компонентов, от которой зависит её устойчивость. Но, если инвентаризация фауны и флоры, в основном, касающаяся крупных животных и высших растений, в заповедниках проводится довольно регулярно, то простейшие остаются без внимания.

В 2006–2007 гг. и 2009 г. нами проведены первые исследования инфузорий в водоёмах Волжско-Камского заповедника. Основной целью исследований на тот момент являлось максимальное выявление видового состава инфузорий различных экотопов. Так же ставились задачи оценить их количественное развитие, выявить видовую структуру сообществ, характер вертикального и горизонтального распределения в водном пространстве и др. Этому посвящена серия наших публикаций (Быкова, 2009; Быкова и др., 2008б; Быкова, Жариков, 2009; Быкова, 2010; Тарасова и др., 2010; Унковская и др., 2010; Жариков и др., 2011; Быкова и др., 2011 и др.). В настоящей работе приводится краткое обобщение проведённых исследований.

¹ Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти; E-mail: svbykova@rambler.ru

Материалы и методы

Исследования инфузорий проводили в озёрах Раифского участка заповедника и его охранной зоны – Линёво, Раифское, Илантово, Белое, Долгое, Гнилое и Карасиха – в июле 2006 г. и в августе 2007 г., и на системе гидрологических станций Саралинского участка заповедника в акватории Куйбышевского водохранилища: станция 1 (глубина 10 м), станция 2 (глубина 5 м) и Большая протока (глубина 2,5 м) в июле 2009 г. Планктонные пробы отбирали батометром в пелагической части водоёма (на разных горизонтах с шагом 0,5–1 м), в открытой литорали и в зарослях высшей водной растительности (в поверхностном горизонте). Объём проб варьировал от 0,3 до 0,5 л. В озёрах Раифское, Илантово и Линёво, кроме планктонных проб, просматривали и перифитонные – обрастания на естественных субстратах и на попарно сложенных предметных стёклах с определенным сроком экспозиции (3–7 дней) на горизонтах 0,5 м, 1 и 2 м.

Видовую идентификацию проводили с использованием стандартных методик окраски ядерного аппарата и цилиатуры; количественный учёт – на глицериновых препаратах после фиксации сулемой.

В фитали пробы отбирали: в Саралинском участке – в сообществах, сформированных рогозом узколистным (*Typha angustifolia*), тростником южным (*Phragmites australis*) и камышом озёрным (*Scirpus lacustris*); в озёрах Раифского участка – в сообществах рдеста пронзённолистного (*Potamogeton perfoliatus*), одного из видов тонколистных рдестов (*Potamogeton* sp.), роголистника тёмно-зелёного (*Ceratophyllum demersum*), кубышки жёлтой (*Nuphar lutea*) – оз. Раифское; кроме них, – в зарослях элодеи канадской (*Elodea canadensis*), осоки вздутой (*Carex rostrata*), тростника южного (*Phragmites australis*), белокрыльника болотного (*Calla palustris*) – оз. Илантово; водного риса (*Zizania latifolia*) и стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia*) – оз. Белое. Для сравнения данных по инфузориям сообществ водной растительности с сообществами пелагиали использовали пробы, собранные только из поверхностных слоёв воды (0,1–0,3 м).

Материал обобщён в таксономической системе Смолла и Линна (Small and Lynn, 2000). Индексы сапробности ряда видов инфузорий-индикаторов скорректированы по Фойснеру (Foissner, 1988). Использованные в работе данные по содержанию кислорода любезно предоставлены М. Ю. Горбуновым и М. В. Уманской.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований в водоёмах Волжско-Камского заповедника было выявлено более 200 видов инфузорий: в озёрах Раифского участка – 167 видов в планктоне и 38 видов в перифитоне (всего 187 видов); в акватории Саралинского участка – 77 видов в планктоне. В пелагической части озёр зарегистрировано 113 видов, тогда как в пелагиали Куйбышевского водохранилища всего 12 видов (всего 118 «пелагичес-

Таблица 1

Видовой состав инфузорий водоёмов Волжско-Камского заповедника

№ п/п	Таксон	Планктон												Перифитон				
		Линеево		Раифское		Белое		Илантово		Гнилое		Долгое		Карасиха	Куйбышев- ское вдхр.	Раифское	Илантово	Линёво
		п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	л	ф		
ТИП CILIOPHORA Doflein, 1901																		
ПОДТИП POSTCILIODESMATOPHORA Gerassimova et Seravin., 1976																		
Класс Karyorelictea Corliss, 1974																		
1	<i>Loxodes rostrum</i> (O. F. Muller, 1773)													+				
2	<i>L. striatus</i> (Engelmann, 1862)																+	
Класс Heterotricha Stein, 1859																		
3	<i>Blepharisma</i> sf. <i>lateritum</i> (Ehrenberg, 1831)								+									
4	<i>B.</i> sf. <i>musculus</i> Penard, 1922								+									
5	<i>B.</i> sf. <i>persicinum</i> Perty, 1849								+									
6	<i>Blepharisma</i> sp.								+									
7	<i>Folliculina boltoni</i> Kent, 1881				+												+	
8	<i>Linostomella vorticella</i> (Ehrenberg, 1833)		+												+			
9	<i>Spirostomum teres</i> Claparède et Lachmann, 1859	+							+	+			+				+	
10	<i>Stentor amethystinus</i> Leidy, 1889								+		+	+						
11	<i>S. coeruleus</i> (Pallas, 1766)																	+
12	<i>S. roeseli</i> Ehrenberg, 1835					+	+										+	+
13	<i>Stentor</i> sp.	+		+	+				+							+		
ПОДТИП INTRAMACRONUCLEATA Lynn, 1996																		
Класс Spirotrichea Butschli, 1889																		
14	<i>Aspidisca cicada</i> (O. F. Müller, 1786)								+			+				+	+	+
15	<i>A. lynceus</i> (O. F. Müller, 1786)	+							+			+					+	
16	<i>Chaetospora remex</i> (Hudson, 1875)																+	+
17	<i>Codonella cratera</i> (Leidy, 1887)	+	+	+	+	+	+							+	+	+		
18	<i>Euplotes diadaleos</i> Diller et Kounarius, 1966										+							
19	<i>E. patella</i> Ehrenberg, 1833	+			+				+							+		
20	<i>Halteria grandinella</i> (O. F. Müller, 1773)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
21	<i>Halteria</i> sp.								+	+	+	+	+			+		
22	<i>Limnostrombidium pelagicum</i> (Kahl, 1932)				+	+		+			+	+	+		+	+		
23	<i>L. viride</i> (Stein, 1867)				+	+		+	+									
24	<i>Membranicola tamari</i> Foissner et al, 1999																	
25	<i>Oxytricha</i> spp.				+		+	+			+							
26	<i>Pelagohalteria viridis</i> (Fromentel, 1876)			+	+			+	+		+	+	+	+	+	+		
27	<i>Pelagostrombidium fallax</i> (Zacharias, 1896)															+	+	
28	<i>P. mirabile</i> (Penard, 1916)	+	+	+		+	+	+		+	+	+				+		
29	<i>Rimostrombidium lacustris</i> (Foissner, Skogstad et Pratt, 1988)	+	+	+				+		+	+	+	+	+	+	+		
30	<i>Rimostrombidium velox</i> (Fauré-Fremiet, 1924)							+		+	+	+	+	+	+			
31	<i>Rimostrombidium</i> spp. (<i>R. hyalinum</i> (Mirabdulaev, 1985); <i>R. humile</i> (Penard, 1922))	+		+	+			+			+	+		+	+	+		

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Таксон	Планктон												Перифитон						
		Линевое		Раифское		Белое		Илантово		Гнилое		Долгое		Карасиха		Куйбышев- ское вдхр.		Раифское	Илантово	Линёво
		п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	л	ф						
32	<i>Stylonychia mytilus</i> (Ehrenberg, 1838) complex																+	+		
33	<i>S. pustulata</i> Ehrenberg, 1838							+			+					+				
34	<i>Stichotricha aculeata</i> Wrzesniowski, 1870	+						+			+						+	+		
35	<i>Strobilidium caudatum</i> (Fromentel, 1876)				+		+	+			+									
36	<i>Strombidinopsis setigera</i> Stokes, 1885							+			+							+		
37	<i>Strongylidium lanceolatum</i> Kowalewski, 1882									+										
38	<i>Tachysoma pellationum</i> (O. F.Müller, 1773)																+	+		
39	<i>Tintinnidium fluviatile</i> (Stein, 1863)	+		+	+											+				
40	<i>Tintinnopsis cylindrata</i> Kofoid et Campbell, 1929				+	+									+	+	+			
41	<i>Uroleptus piscis</i> (O. F. Müller, 1773)		+		+			+			+					+				
42	<i>Uroleptus</i> sp. (<i>U. sf. musculus</i> (Kahl, 1932)					+	+			+	+									
<i>Sedis mutabilis</i> в подтипе Intramacronucleata																				
43	<i>Brachonella spiralis</i> (Smith, 1897)			+																
44	<i>B. sf. darwini</i> (Kahl, 1927)			+																
45	<i>Caenomorpha lata</i> Kahl, 1927	+								+										
46	<i>C. medusula</i> Perty, 1852	+									+									
47	<i>Metopus es</i> (O. F. Müller, 1776)			+																
48	<i>M. sf. barbatus</i> Kahl, 1927			+																
49	<i>M. sf. fuscus</i> Kahl, 1927			+				+												
50	<i>M. sf. ovalis</i> Kahl, 1927			+									+							
51	<i>M. sf. spinosus</i> Kahl, 1927			+									+							
52	<i>Saprodinium dentatum</i> (Lauterborn, 1908)					+														
Класс Litostomatea Sm. et Lynn, 1981																				
53	<i>Acaryophrya sphaerica</i> Foissner, 1983	+			+		+	+	+							+				
54	<i>Actinobolina smalli</i> Holt, Lynn et Corliss, 1973												+			+				
55	<i>A. wenrichii</i> Wang et Nie,1933												+							
56	<i>Amphileptus pleurosigma</i> (Stokes, 1884)				+		+									+		+		
57	<i>A. procerus</i> (Penard, 1922)						+	+			+									
58	<i>Askenasia acrostomia</i> Krain. & Foissn., 1990	+		+	+			+												
59	<i>A. chlorelligera</i> Krainer et Foissner, 1990	+		+									+			+				
60	<i>A. volvox</i> (Eichwald, 1852)	+		+					+	+	+	+	+	+	+					
61	<i>Belanophrya pelagica</i> Andre, 1914												+							
62	<i>Bryophyllum lieberkühni</i> Kahl, 1931								+											
63	<i>B. sf. vorax</i> (Stokes, 1888)								+											
64	<i>Chaenea</i> sp.			+	+															
65	<i>Didinium chlorelligerum</i> Kahl, 1935							+					+			+				
66	<i>D. nasutum</i> (O. F. Müller, 1773)												+							
67	<i>Dileptus margaritifer</i> (Ehrenberg,1833)								+											
68	<i>Dileptus</i> sp.								+											

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Таксон	Планктон												Перифитон			
		Линевое		Раифское		Белое		Илантово		Гнилое	Долгое	Карасиха	Куйбышев- ское вдхр.		Раифское	Илантово	Линёво
		п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	п	л	ф				
69	<i>Enchelys gasterosteus</i> Kahl, 1926							+									
70	<i>E. pupa</i> O. F. Müller, 1786				+		+						+				
71	<i>E. simplex</i> Kahl, 1926	+		+	+			+					+	+	+		
72	<i>Enchelyodon</i> sp.							+									
73	<i>Epispathidium amphoriforme</i> (Greeff, 1888)							+									
74	<i>Lacrymaria olor</i> (O. F. Müller, 1786)					+											
75	<i>Lacrymaria</i> sp.	+			+			+									
76	<i>Lagynophrya acuminata</i> Kahl, 1935	+		+	+		+			+	+		+				
77	<i>Litonotus alpestris</i> Foissner, 1978				+		+										
78	<i>L. crystallinus</i> (Vuxanovici, 1960)				+		+										
79	<i>L. cygnus</i> (O. F. Müller, 1773)				+			+							+		+
80	<i>Litonotus</i> spp. (<i>L. varsaviensis</i> f. <i>typica</i> Wrzesniowsky, 1870; <i>L. lamella</i> Schewiakoff, 1896)				+	+	+	+		+			+				+
81	<i>Loxophyllum meleagris</i> (O. F. Müller, 1773)														+		
82	<i>Mesodinium pulex</i> (Claparède et Lachmann, 1859)							+					+				
83	<i>Monodinium balbianii</i> (Fabre-Domergue, 1888)	+											+				
84	<i>M. balbianii</i> var. <i>rostratum</i> (Kahl, 1926)												+				
85	<i>M. chlorelligerum</i> Krainer, 1995												+				
86	<i>Paradileptus conicus</i> Wenrich, 1929					+		+	+				+				
87	<i>Paraenchelys</i> sf. <i>wenzeli</i> Foissner 1984								+								
88	<i>Phialina</i> sp.								+								
89	<i>Rhabdoaskenasia minima</i> Krainer et Foissner, 1990														+		
90	<i>Spathidium viride</i> Kahl, 1926	+		+						+		+	+	+			
91	<i>Spathidium</i> sp. 1	+		+				+									
92	<i>Spathidium</i> sp. 2			+	+				+								
93	<i>Trachelius ovum</i> (Ehrenberg, 1831)				+		+				+						
94	<i>Trachelophyllum apiculatum</i> (Perty, 1852)	+					+										
95	<i>T. vestitum</i> (Stokes, 1884)				+			+									
Класс Phyllopharyngea de Puytorac et al., 1974																	
96	<i>Chilodonella uncinata</i> (Ehrenberg, 1838)	+									+				+		
97	<i>Chilodonella</i> spp.				+	+	+					+			+		
98	<i>Gastronauta membranaceus</i> Engelmann, 1875														+		
99	<i>Heliophrya minima</i> Rieder, 1936														+		
100	<i>H. rotunda</i> (Hentschel, 1916)														+		
101	<i>Metacineta cuspidata</i> (Kellicott, 1885)			+											+		
102	<i>M. longipes</i> var. <i>septimfida</i> Rieder, 1985															+	
103	<i>M. mystacina</i> f. <i>typica</i> (Ehrenberg, 1831)			+											+		
104	<i>Pseudochilodonopsis</i> sp.														+		
105	<i>Sphaerophrya magna</i> Maupas, 1881												+				

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Таксон	Планктон												Перифитон					
		Линеево		Раифское		Белое		Илантово		Гнилое		Долгое		Карасиха	Куйбышев- ское вдхр.		Раифское	Илантово	Линеево
		п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	п	л	ф				
106	<i>Trithigmostoma</i> sp.					+	+												
Класс Nassophorea Small et Lynn, 1981																			
107	<i>Furgasonia trichocystis</i> (Stokes, 1894)	+				+	+	+	+					+					
108	<i>Hemicyclium lucidum</i> Eberhard, 1862	+																	
109	<i>Microthorax sulcatus</i> Engelmann, 1862	+							+										
110	<i>Nassula ornata</i> Ehrenberg, 1833				+	+			+										
111	<i>N. sf. picta</i> Greeff, 1888								+										
112	<i>Obertrumia aurea</i> (Ehrenberg, 1833)								+			+							
113	<i>Pseudomicrothorax</i> sp.							+	+			+							
Класс Colpodea Small et Lynn, 1981																			
114	<i>Bursaridium pseudobursaria</i> Fauré-Fremuet, 1924													+					
115	<i>Colpoda inflata</i> Stokes, 1885								+							+			
116	<i>C. steinii</i> Maupas, 1883	+														+			
117	<i>Cyrtolophosis mucicola</i> Stokes, 1888	+							+			+				+			
118	<i>Cyrtolophosis elongata</i> (Schewiakoff, 1892)	+										+							
Класс Prostomatea Schewiakoff, 1896																			
119	<i>Apsiktrata gracilis</i> (Penard, 1922)	+																	
120	<i>Balanion plancticum</i> Foissner et al., 1994	+					+									+			
121	<i>Coleps elongatus</i> Ehrenberg, 1830						+	+								+			
122	<i>C. hirtus</i> (Müller, 1786)	+					+	+			+				+	+			
123	<i>C. hirtus viridis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+				+	+			
124	<i>Holophrya ovum</i> (Ehrenberg, 1831)			+				+	+				+						
125	<i>H. simplex</i> Schewiakoff, 1893											+							
126	<i>H. teres</i> (Ehrenberg, 1833)	+														+			
127	<i>Pelagothrix plancticola</i> Foissner et al., 1995	+							+		+		+						
128	<i>Placus luciae</i> Kahl, 1926								+		+								
129	<i>Prorodon</i> sp.									+	+								
130	<i>Pseudoprorodon niveus</i> Ehrenberg, 1833						+	+											
131	<i>Urotricha</i> spp. (<i>U. farcta</i> Claparède et Lachmann, 1859; <i>U. furcata</i> Schewiakoff, 1893; <i>U. globosa</i> Schewiakoff, 1892)	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
132	<i>Urotricha</i> spp. (<i>U. apcheronica</i> Alekperov, 1984; <i>U. pelagica</i> Kahl, 1935)			+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+			
133	<i>Urotricha</i> sp. (>60 мкм)												+	+					
Класс Plagiopylea Small et Lynn, 1985																			
134	<i>Plagiopyla nasuta</i> Stein, 1860	+												+					
Класс Oligohymenophorea de Puytorac et al., 1974																			
135	<i>Astylozoon</i> sp.	+					+									+			
136	<i>Calypotricha pleuronemoides</i> Philips, 1882								+										
137	<i>Campanella umbellaria</i> (Linnaeus, 1758)						+	+											
138	<i>Carchesium pectinatum</i> (Zacharias, 1897)							+											

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Таксон	Планктон												Перифитон		
		Линеево		Раифское		Белое		Илантово		Гнилое	Долгое	Карасиха	Куйбышев- ское вдхр.	Раифское	Илантово	Линеево
		п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	л			
139	<i>Carchesium polypinum</i> Linnaeus, 1758											+	+			
140	<i>Cinetochilum margaritaceum</i> Perty, 1852	+			+	+		+			+	+		+	+	+
141	<i>Cothurnia annulata</i> Stokes, 1885				+			+						+	+	
142	<i>Cristigera phoenix</i> Penard, 1922													+		
143	<i>Cristigera</i> sp.							+		+				+		
144	<i>Ctedoctema acanthocrypta</i> Stokes, 1884	+		+	+		+	+	+		+		+	+		
145	<i>Cyclidium citrulus</i> Cohn, 1865	+			+			+	+	+				+		
146	<i>C. glaucoma</i> (O. F. Müller, 1773)	+		+	+	+	+		+		+	+				
147	<i>Cyclidium</i> sp. (с зоохлореллами)									+						
148	<i>Cyclidium</i> spp.	+		+		+	+	+	+	+			+	+		
149	<i>Dexiotricha plagia</i> (Stokes, 1885)					+			+	+		+				
150	<i>Disematostoma butschlii</i> Lauteborn, 1894						+		+			+				
151	<i>Epistylis galea</i> Ehrenberg, 1835													+	+	
152	<i>E. nymphaeum</i> Engelmann, 1862	+														
153	<i>E. plicatilis</i> Ehrenberg, 1831													+	+	+
154	<i>E. procumbens</i> Zacharias, 1897	+		+	+	+							+	+		
155	<i>Epistylis</i> sp. 1 (на <i>Cyclops</i>)	+												+	+	
156	<i>Epistylis</i> sp. 2 (на <i>Bosmina</i>)					+										
157	<i>Frontonia acuminata</i> (Ehrenberg, 1833)	+				+					+		+	+		
158	<i>Frontonia atra</i> (Ehrenberg, 1833)							+			+					
159	<i>F. leucas</i> (Ehrenberg, 1838)								+	+				+		
160	<i>Glaucoma frontata</i> (Stokes, 1886)							+			+					
161	<i>G. scintillans</i> Ehrenberg, 1830	+				+										
162	<i>Haplocaulus</i> sp.				+		+				+					
163	<i>Hastatella aesculacantha</i> Jaroski, 1927	+												+		
164	<i>H. radians</i> Erlanger, 1890	+					+						+	+		
165	<i>Histiobalantium natans</i> Claparède et Lachmann, 1858							+	+	+		+				
166	<i>Legendrea loyezae</i> Fauré-Fremiet, 1908							+								
167	<i>Lembadion bullinum</i> Perty, 1852					+						+				
168	<i>L. lucens</i> Maskell, 1877					+	+									
169	<i>L. magnum</i> Stokes, 1887											+				
170	<i>Opercularia nutans</i> (Ehrenberg, 1831)		+											+	+	
171	<i>Ophrydium versatile</i> Müller, 1786													+	+	
172	<i>Ophryoglena flava</i> (Ehrenberg, 1833)				+	+		+		+		+				
173	<i>Ophryoglena</i> sp.	+		+	+			+								
174	<i>Paramecium bursaria</i> (Ehrenberg, 1831)	+		+		+	+	+							+	
175	<i>P. sf. aurelia</i> (Ehrenberg, 1838) complex								+	+		+				
176	<i>P. sf. caudatum</i> Ehrenberg, 1833	+														
177	<i>Pelagovorticella natans</i> (Fauré-Fremiet, 1924)	+		+		+		+				+	+			
178	<i>Platycola decumbens</i> (Ehrenberg, 1830)				+									+		
179	<i>Pseudovorticella sf. fasciculata</i> (Müller, 1773)					+										
180	<i>Pyxicola carteri</i> Kent, 1882													+		

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Таксон	Планктон												Перифитон					
		Линевое		Раифское		Белое		Илантово		Гнилое		Долгое		Карасиха	Куйбышев- ское вдхр.		Раифское	Илантово	Линёво
		п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	ф	п	п	л	ф				
181	<i>Stokesia vernalis</i> Wenzich, 1929						+		+	+									
182	<i>Thuricola folliculata</i> (Kent, 1881)							+											
183	<i>Thuricola</i> sp.		+																
184	<i>Trichodina</i> sp.															+			
185	<i>Urocentrum turbo</i> (O. F. Müller, 1786)							+								+			
186	<i>Uronema</i> sp.	+		+															
187	<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg, 1831																+	+	
188	<i>V. chlorellata</i> Stiller, 1940									+									
189	<i>V. convallaria</i> (Lennaeus, 1758)																+	+	
190	<i>Vorticella</i> spp. (эпизои: на <i>Daphnia</i> , <i>Rotatoria</i>)						+	+		+						+			
191	<i>Vorticella</i> spp. (эпифиты: на <i>Anabaena</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Asterionella</i>)	+		+	+						+			+	+	+			
192	<i>Vorticella</i> spp.(≤ 30 мкм)	+	+	+	+		+	+	+				+		+	+			
193	<i>Vorticella</i> spp.(≥ 50 мкм)	+			+				+										
194	<i>Vaginicola crystallina</i> Entz., 1884																+		
195	<i>V. tincta</i> Ehrenberg, 1830																+		
196	<i>Zoothamnium arbuscula</i> (Ehrenberg, 1831)																+		
197	<i>Z. hentscheli</i> Kahl, 1935																+		
198	<i>Zoothamnium</i> sp.																+		
Неидентифицированные инфузории из подклассов Hypotichia и Stichotrichia		2				2	1	4		2	1	1		1		1			
Другие неидентифицированные инфузории		10		6		2	1	1		2	2			11		2	4		

Прим. Экотопы: п – пелагиаль; л – литораль; ф – заросли водных макрофитов.

ких» видов). В планктоне зарослей водных макрофитов озёр обнаружен 121 вид, Куйбышевского водохранилища – 63 вида (всего 158 фи- тофильных видов) (табл. 1).

Многие виды инфузорий (особенно из водоёмов Раифского участка) довольно редки или отмечаются для бассейна Волги впервые: виды рода *Enchelyodon*, *Legendrea loyezae*, *Bryophyllum lieberkühni*, *Bryophyllum* sf. *vorax*, *Blepharisma lateritum*, *B. persicinum*, *Epispathidium amphoriforme*, *Cristigera phoenix*, *Hemicyclium lucidum*, *Prorodon ni- veus*, *Metopus spinosus*, *Paraenchelys wenzeli*, *Placus luciae*, *Apsiktrata gracilis*, *Calypotricha pleuronemoides* и др.

ИНФУЗОРИИ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ (ГЛУБОКОВОДНОЙ) ЧАСТИ ВОДОЁМОВ

Общая характеристика сообществ инфузорий пелагиали. Наи- большим видовым разнообразием пелагических инфузорий отлича- лись, в основном, озёра долины р. Сер-Булак – Долгое и Карасиха (табл. 2). При этом показатели видового разнообразия сообщества инфу-

Таблица 2

Характеристика пелагических сообществ инфузорий
водоёмов Волжско-Камского заповедника

Водоём	n	$H_{\text{инт}} (H_{\text{min}}-H_{\text{max}})$, бит/экз.	$N_{\text{ср.}}/N_{\text{max}}$, тыс. экз/м ²	$B_{\text{ср.}}/B_{\text{max}}$, мг/м ²	W, мг
Раифский участок					
озёра бассейна р. Сумка					
Раифское	28	1,28 (0,06–2,51)	5889/18414	62/153	0,000011
Белое	19	2,21 (1,20–2,39)	1125/2086	33/42	0,000029
Илантово	12	2,25 (1,03–2,24)	689/1082	160/324	0,000816
Гнилое	30	2,74 (1,57–2,99)	3460/13352	1312/5863	0,000538
озёра бассейна р. Сер-Булак					
Карасиха	61	1,39 (1,00–3,63)	4625/32845	90/126	0,000020
Линёво	21	2,22 (0,86–1,99)	956/4489	24/286	0,000025
Долгое	37	3,83 (2,08–3,45)	1038/3914	214/893	0,000564
Саралинский участок					
Куйбышевское вдхр. (ст. 1 и 2)	15	3,23 (2,21–2,85)	89/93	1,3/1,4	0,000015

Прим.: n – число видов; H – индекс Шеннона; N – численность; B – биомасса;
W – средняя индивидуальная масса особи.

зорий в них сильно различались: интегральный индекс Шеннона был максимален для оз. Долгое ($H_n=3,89$) и, напротив, минимален для оз. Карасиха ($H_n=1,39$), вероятно, из-за высокого уровня доминирования и, следовательно, низкой выравненности видовой структуры. На пелагических станциях водохранилища в пределах Саралинского участка сообщество инфузорий бедно по видовому составу, но достаточно выравнено ($H_n=3,23$). По численности и биомассе оно тоже закономерно уступает «озёрным» сообществам (табл. 2). Среди последних максимальной численностью характеризуются сообщества инфузорий, развивающиеся в озёрах Раифское, Карасиха и Гнилое, максимальной биомассой и продукцией – сообщества в полигуменных кислых водоёмах – озера Гнилое, Долгое и Илантово), где развиваются крупные виды (см. максимальная средняя индивидуальная масса особи в сообществе, табл. 2).

Большинство исследованных озёр Раифского участка летом стратифицированы. Гетерогенность абиотических факторов обуславливала неоднородность вертикального распределения инфузорий. В соответствии с характером кислородного градиента в водоёмах вертикальное распределение численности и биомассы инфузорий сильно различалось (рис. 1). В озёрах Карасиха, Линёво и Раифское, до 15 м глубиной, был резко выраженный градиент кислорода (> 6 мг/л на 1 м), и кривые распределения численности и биомассы инфузорий имели двухпиковый характер: с небольшим пиком в оксиклине или на его границе и максимумом в анаэробной зоне под оксиклином. В других глубоких (до 12 м глубиной) полигуменных озёрах – Долгое и Гнилое, перепад кон-

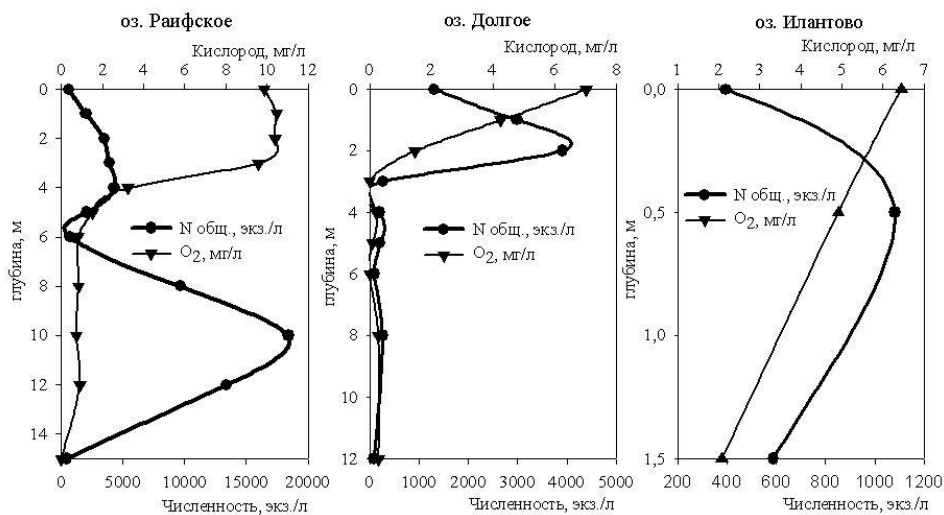


Рис. 1. Характер вертикального распределения инфузорий планктона на примере трёх озёр

(содержание кислорода по данным М. Ю. Горбунова и М. В. Уманской).

центрации кислорода в зоне градиента был ниже, и кривые распределения численности инфузорий имели один пик: на верхней границе оксиклина или в его середине (рис. 1). В неглубоких озёрах Илантово и Белое (до 4 м глубиной) снижение концентрации кислорода происходило равномерно от поверхности ко дну, и кривая распределения численности и биомассы инфузорий по вертикали имела «широкий» максимум – незначительное повышение в середине столба воды.

Структурообразующие виды пелагической части водоёмов. В состав структурообразующих видов в русловой части Куйбышевского водохранилища вошли типичные водохранилищные виды: *Balanion plancticum* (32 % от общей численности); *Urotricha* sp. (26 %); *Rimostrombidium* sp. (*R. humile* + *R. hyalinum*) (13 %); *R. velox* (6 %); *Tintinnopsis cylindrata* (7 %). По биомассе доминантами и субдоминантами были *R. velox* (34 %); *R. lacustris* (13 %); *Enchelys simplex* (9 %); *B. plancticum* (8 %); *Urotricha* sp. (7 %).

Доминирующие виды в озёрах Раифского участка более разнообразны, поскольку на разных горизонтах стратифицированных водоёмов формируются различные варианты сообществ, в соответствии с абиотическими факторами (в первую очередь, с содержанием кислорода и окислительно-восстановительным потенциалом). Так, сообщество инфузорий оз. Линёво разделилось на группировки, приуроченные к 3 зонам, выделенным на основании кривых распределения кислорода и ординации доминирующих видов инфузорий методом главных компонент (рис. 2). На поверхности развивалось «аэробное» сообщество, характерное для большинства пресных водоёмов, в том числе и водохранилищ. В состав структурообразующих видов входили *Halteria grandinella*, *Ctectoema acanthocrypta*, *Rimostrombidium lacustris*, *Asken-*

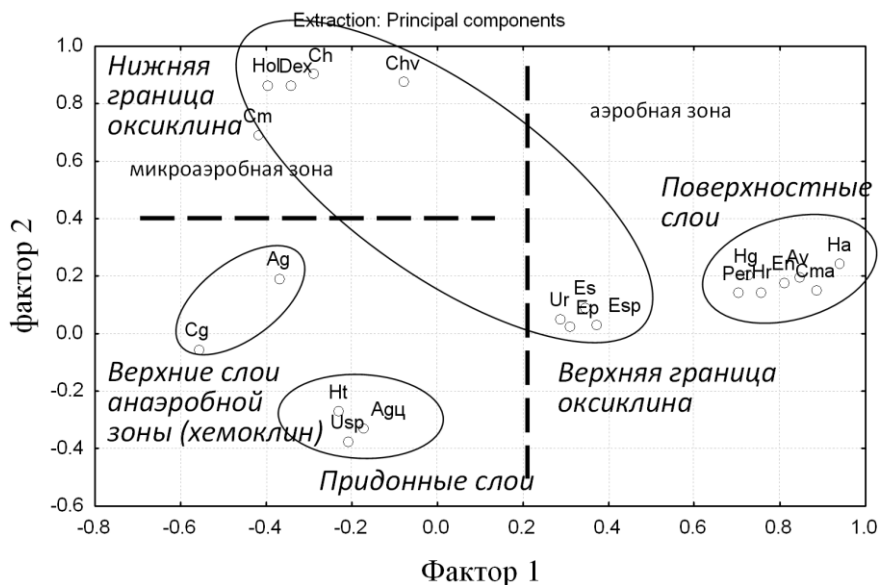


Рис. 2. Результаты ординации методом главных компонент доминирующих видов инфузорий различных горизонтов в оз. Линёво (входные данные для анализа – вклад (%) в общую численность).
 Виды: Ag – *Apsiktrata gracilis*; Agц – *Apsiktrata gracilis* (циста); Av – *Askenasia volvox*; Hg – *Halteria grandinella*; Ha – *Hastatella aesculacantha*; Hr – *Hastatella radians*; En – *Epistylis nympharum*; Per – *Peritricha*; Cma – *Cinetochillum margaritacium*; Cg – *Cyclidium glaucoma*; Hol – *Holophrya* sp.; Dex – *Dexioricha*; Es – *Enchelys simplex*; Esp – *Enchelys* sp.; Ep – *Epistylis procumbens*; Usp – *Uronema* sp.; Ur – *Urotricha* sp.

asia volvox, *Enchelys simplex*, *Pelagostrombidium* sp., а также колониальные виды – планктонный *Epistylis procumbens* и эпизойный *E. nympharum*, развивающийся на рачке *Termocyclops oithoinoides* (Sars). В зоне градиентного снижения кислорода формировалось «оксиклинальное» сообщество: *Coleps hirtus*, *C. hirtus viridis*, *Cyclidium glaucoma*, *Uronema* sp. и др. В сообщество анаэробного гипolimниона входили микроаэрофильные виды: *Holophrya teres*, *Spirostomum teres*, инфузории рода *Ophryoglena*, *Apsiktrata gracilis*.

Аналогичная неравномерность распределения видов свойственна всем стратифицированным водоёмам заповедника. Пример распределения максимумов разных видов по зонам в толще воды оз. Раифское представлен на рисунке 3.

В оз. Карасиха такие его особенности, как значительная глубина при небольшой площади и плотное зарастание зеркала водоёма ряской, препятствующей проникновению света, а, следовательно, прогреванию и насыщению кислородом низлежащих слоёв воды, обусловили формирование резких градиентов условий (в первую очередь, температуры и содержания кислорода) в приповерхностных горизонтах. Именно здесь наблюдался скачок численности (на порядок в смежных слоях воды) и резкая смена доминантов в близлежащих слоях. На поверхности доминировали *Urotricha* sp., *Halteria grandinella*, на глубине 0,5 м –

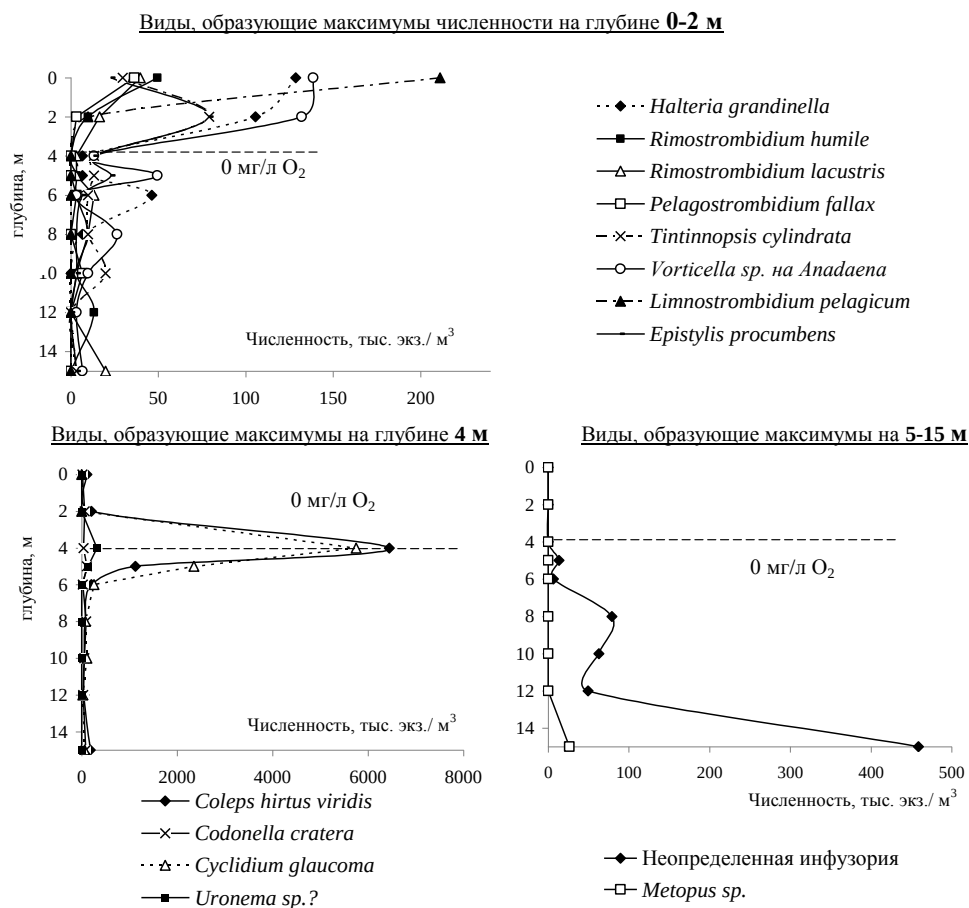


Рис. 3. Вертикальные профили численности доминирующих видов инфузорий, образующих максимумы в аэробной зоне, на границе кислородной и бескислородной зон и в анаэробной зоне оз. Раифское.

Pelagothrix plancticola, *Monodinium balbianii*, *Pelagovorticella natans*, а начиная с 1 м и до дна – в основном, *Cyclidium* sp. Чем резче градиент фактора, тем «уже» пик численности доминирующих видов. О резкой смене всего видового состава в приповерхностных горизонтах (0–0,5 м) свидетельствовали и низкие (до 13,8 %) коэффициенты сходства фауны инфузорий в смежных по вертикали пробах.

В озёрах Долгое и Гнилое вертикальное распределение основных видов, формирующих численность и биомассу всего сообщества, довольно сходно, несмотря на различную глубину водоёмов. Для данных полигуменных заболачивающихся озёр характерно массовое развитие миксотрофных инфузорий в толще воды вообще, но особенно в микроаэробных условиях. У поверхности, как правило, доминировали исключительно олиготрихи рода *Halteria*, в эпилимнионе до оксиклина – стромбидии. При этом наблюдалась взаимозаменяемость близких видов, имеющих сходные экологические требования и функции: так, в эпилимнионе оз. Долгое развивается *Limnostrombidium viride*, а оз. Гни-

лое – *Pelagostrombidium mirabile*. В зоне градиента кислорода (до 2 м) преобладали *Rimostrombidium velox*, *Pseudovorticella fasciculata* и *Cyclidium* sp. В анаэробной зоне доминировали виды, за исключением *Dexiotricha plagia*, содержащие симбиотические водоросли *Frontonia* sp., *Histiobalantium natans*, *Pelagothrix plancticola* (оз. Долгое). Основным доминантом среди миксотрофов в оз. Гнилое была *Disematostoma butschlii*, не встреченная в других озёрах заповедника; на её долю приходилось 42 % общей численности и 46 % общей биомассы. Это факультативный миксотроф и, если в волжских водохранилищах он, как правило, встречается без симбиотических водорослей, то в условиях цветной кислой воды все особи этого вида плотно заполнены зоохлореллами. Это же характерно и для *Frontonia* sf. *leucas*, которая в водохранилищах всегда встречается без симбионтов. В оз. Долгое у нижней границы аэробной и анаэробной зон доминировал крупный *Stentor amethystinus*.

В неглубоких заболачивающихся озёрах Илантово и Белое развитие получали крупные виды: *Stokesia vernalis*, *Carchesium pectinatum*, *Paradileptus conicus* (во всей толще оз. Илантово), *Epistylis procumbens* и *P. conicus* (у поверхности оз. Белое). Отличительной особенностью пелагического сообщества инфузорий оз. Белое явилось массовое развитие во всей толще воды эпизойных форм на рачках *Bosmina* и *Cyclops*. Вероятно, видоспецифичный *Epistylis* sp. образовывал колонии по 2–8 зоидов на *Bosmina* и на некоторых горизонтах (1–2 м) втрое превышал численность и биомассу эупланктонных видов. Кроме того, в средних слоях воды (2 м) развивалась *Codonella cratera*, а ближе ко дну – гистофаг-миксотроф *Coleps hirtus viridis*.

СООБЩЕСТВА ИНFUЗОРИЙ ЗАРОСЛЕЙ ВОДНЫХ МАКРОФИТОВ

Ранее нами было показано, что биологическое разнообразие планктонного сообщества инфузорий любого зарастающего водной растительностью водоёма определяется в большей степени фитофильной фауной (Быкова, Жариков, 2008; Быкова и др., 2011). Именно в фитофильных сообществах выявлены большая часть редких и новых для бассейна Волги видов. Характеристика сообществ инфузорий в планктоне зарослей водных макрофитов представлена в таблице 3.

Сходство фитофильной и пелагической фауны инфузорий максимально в самом крупном озере – Раифское (коэффициент Серенсена – 54 %) и в протоках Саралинского участка (49 %). Наибольшей специфичностью фауны характеризуется сообщество инфузорий интенсивно зарастающего оз. Илантово (коэффициент Серенсена – 16 %). Соотношение интегральных (β -разнообразие) и усредненных показателей видового богатства и видового разнообразия (α -разнообразие) наглядно характеризуют видоспецифичность фитофильных сообществ. Так, в зарослях водных макрофитов оз. Илантово обнаружено 70 видов, при этом среднее число видов в «макрофитных» пробах – всего 20. Это

свидетельствует о том, что сообщества инфузорий разных макрофитов мало сходны не только с пелагическим сообществом, но и между собой (табл. 3). В более «промываемых» условиях проток водохранилища соотношение показателей β - и α -разнообразия значительно ниже (42 вида в усредненных пробах и 79 видов в фитофильных сообществах инфузорий в целом). При этом в протоках водохранилища относительно высокое видовое разнообразие сообщества инфузорий по индексу Шеннона обусловлено, вероятно, большей выравненностью видовой структуры. В целом, вся фитофильная фауна инфузорий водоёмов заповедника (включая и акваторию Саралинского участка) сходна с пелагической на 61 %. В каждом из экотопов присутствуют свои специфические виды: только в пелагиали встречался 31 вид, только в зарослях водных макрофитов – 58 видов.

Вариабельность количественных показателей сообщества инфузорий также ниже в условиях водохранилища. Наибольший разброс значений численности отмечен в сообществах водных макрофитов оз. Белое (1079–30611 тыс. экз./м³), а биомассы – оз. Долгое (9,2–1137,8 мг/м³). В зарослях водных макрофитов проток водохранилища и численность, и биомасса инфузорий превышает эти же показатели в открытой литорали и, тем более, в пелагиали (табл. 3). В озёрах Раифского участка такой однозначной закономерности не прослеживается. Кроме того, ранее мы отмечали, что наибольшего развития инфузории получают в планктоне сообществ погруженно-водных растений (озёра Раифское и Белое), что обусловлено большей листовой поверхностью растений и защищённостью экотопа от волн (Быкова, Жариков, 2009). Однако в оз. Долгое максимальная численность инфузорий отмечалась в зарослях сабельника (из экогруппы гигрофитов), а максимальная биомасса – в зарослях кувшинки (из экогруппы «укореняющихся с плавающими на поверхности воды листьями»). Вообще с растениями их этой экогруппы (кувшинка, кубышка, водокрас) часто связано развитие крупного полуподвижного планктонно-перифитонного вида *Stentor amethystinus*, распределение которого по акватории водоёма очень агрегированно. Именно поэтому отмечается вспышка биомассы и, соответственно, средней индивидуальной массы особи в зарослях этих макрофитов в озёрах Долгое и Илантово (табл. 3).

Наличие в толще воды среди высшей водной растительности видов инфузорий с явно разной биотопической принадлежностью делает структуру сообщества сложнее и разнообразней в таксономическом, трофическом и экологическом плане. Как мы уже отмечали, различия сообществ пелагиали и зарослей водных макрофитов проявляются и в структурных показателях. Так, в оз. Раифское трофическая структура зарослевых сообществ инфузорий усложняется за счёт появления хищников. При этом снижается, по сравнению с сообществом пелагиали, вклад неселективных всеядов и миксотрофов (с 10 до 2% по численности и с 8 до 3 % по биомассе). Снижение вклада последних, возможно,

Таблица 3

**Характеристика сообществ инфузорий планктона
в зарослях водных макрофитов водоёмов Волжско-Камского заповедника**

Водоём	Экотоп	n	Hп, бит/экз.	N _{общ.} , тыс. экз./м ³	B _{общ.} , мг/м ²	W ×10 ⁻³ , мг
Раифский участок						
оз. Раифское	пелагиаль, 0 м	11	2,51	604	14,7	0,024
	рдест пронзённо-листный	16	2,78	347	14,6	0,042
	рдест тонколист.	27	4,03	1119	80,0	0,072
	кубышка	15	2,52	406	8,2	0,020
	роголистник	22	3,14	376	12,2	0,033
	макрофиты в целом*	<u>20</u> 53	<u>3,12</u> 4,41	570	26	0,046
оз. Белое	пелагиаль, 0 м	9	1,58	1007	35,0	0,035
	кубышка	24	2,55	1079	19,9	0,018
	рдест тонколист.	23	2,11	5349	55,9	0,010
	роголистник	25	1,99	30611	457,8	0,015
	стрелолист	34	2,83	9811	116,2	0,012
	макрофиты в целом*	<u>27</u> 49	<u>2,37</u> 2,71	11713	162,4	0,014
оз. Илантово	пелагиаль, 0 м	9	2,3	403	65,1	0,162
	кубышка	22	3,21	667	913,6	1,371
	элодея	21	3,25	746	10,9	0,015
	роголистник	26	3,54	970	170,2	0,175
	осока	19	1,46	3198	33,6	0,011
	тростник	8	2,22	257	6,4	0,025
	белокрыльник	25	2,8	634	9,4	0,015
	макрофиты в целом*	<u>20</u> 70	<u>2,75</u> 3,28	1079	190,7	0,177
оз. Долгое	пелагиаль, 0 м	12	2,68	1313	28,3	0,022
	водокрас	19	3,43	515	9,2	0,018
	сабельник	21	3,06	1300	94,9	0,073
	кувшинка	9	1,79	310	1137,8	3,668
	элодея	14	3,03	264	24,8	0,094
	мох	16	3,24	442	9,5	0,022
	макрофиты в целом*	<u>16</u> 32	<u>2,91</u> 3,78	566	255,2	0,451
Саралинский участок						
Куйбышев-ское вдхр.	пелагиаль, 0 м	34	3,77	401,0	10,36	0,026
	тростник	46	4,17	702,6	18,65	0,027
	рогоз	29	3,30	537,9	10,30	0,019
	камыш	51	3,45	884,4	22,18	0,025
	макрофиты в целом*	<u>42</u> 79	<u>3,64</u> 4,11	708,3	17,04	0,024

Прим.: n – число видов; H – индекс Шеннона; N – численность; B – биомасса; W – средняя индивидуальная масса особи;

* – в числителе средние для макрофитов значения числа видов и индекса Шеннона, в знаменателе – интегральные показатели.

обусловлено худшими световыми условиями. Размерная структура часто изменяется в сторону появления крупных видов в зарослях, о чём косвенно свидетельствуют большая, чем в сообществе инфузорий пелагиали, средняя индивидуальная масса (табл. 2 и 3). В биотопической структуре тоже прослеживаются изменения: например, в зарослях прибрежно-водных растений в протоках Куйбышевского водохранилища, по сравнению с пелагической частью, появляется значительное количество перифитонных (21 %) и бентосных (8 %) видов.

ПЕРИФИТОННЫЕ ИНFUЗОРИИ

В оз. Раифское на естественных субстратах и на стеклах обрастания развивались обычные для пресных водоёмов виды инфузорий, среди которых много истинно прикрепленных: *Vorticella campanula*, *V. convallaria*, *Platycola truncata*, *Cothurnia* sp., *Ophrydium versatile*, *Chaetospira remex*, *Stichotricha aculeata*, *Campanella umbellaria*, *Epistylis galea*, *E. plicatilis*, *Opercularia nutans*, *Platycola decumbens*, *Carchesium polypinum*, *Zoothamnium arbuscula*, *Z. hentscheli*, *Heliophrya minima*, *H. rotunda*, *Zoothamnium* sp., *Pyxicola carteri*, *Vaginicola crystallina* и др. Очень интересна находка *Folliculina boltoni*, вопрос происхождения которой в пресных водах довольно спорен. С одной стороны, существует гипотеза проникновения вида в бассейн Волги из Чёрного моря через Волго-Донской канал, но, с другой, – не опровергается и тот факт, что он может быть и аборигенным видом. Подобные находки в водораздельных водоёмах могут служить подтверждением последней точки зрения. Кроме того, нахождение *F. boltoni* в водоёме бассейна Куйбышевского водохранилища расширяет известные до сих пор границы распространения этого вида. До этого фолликулину находили в Саратовском водохранилище и прилегающих к нему водоёмах, а также в прибрежной части Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища (Быкова и др., 2008а). В оз. Раифское *F. boltoni* обнаружен в планктонных пробах из зарослей рдеста пронзеннолистного и роголистника тёмно-зелёного (численность 13,2 и 6,6 тыс. экз./м³ соответственно) в период массового развития вида на стеклах обрастания, где его численность была максимальной за все время наших исследований в бассейне Волги – 131 тыс. экз./м² на второй день обрастания и 343 тыс. экз./м² на седьмой день.

В перифитоне оз. Илантово значительную роль играли инфузории, содержащие симбиотические водоросли: *Paramecium bursaria*, *Ophrydium versatile*, *Epistylis plicatilis*, *Strombidinopsis setigera*, *Vaginicola crystallina* и др. В оз. Линево, в отличие от вышеперечисленных озёр с развитым поясом высшей водной растительности, в перифитоне развивались, за исключением единичных прикреплённых *Campanella umbellaria* и *Platycola striata*, подвижные и полуподвижные виды – *Uroleptus piscis*, *Stylonychia mytilus*, *Tachysoma pellionellum*, *Aspidisca cicada* и др.

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОЁМОВ ЗАПОВЕДНИКА ПО САПРОБНОСТИ

Для оценки типа водоёма по степени органического загрязнения пользуются системой сапробности на основе видов-индикаторов, которые определённым образом реагируют на органическую нагрузку, дефицит кислорода, присутствие соединений сероводорода и др. С другой стороны, система сапробности предполагает типичное районирование водоёмов по соотношению двух абиотических факторов – «концентрации органических веществ» (в основном, детрита) и «концентрации растворенного кислорода» (Шитиков и др., 2003). Поэтому в одном и том же водоёме могут быть участки с разной сапробностью. Этим объясняется широкий разброс значений индекса сапробности в стратифицированных озёрах с вертикальной неоднородностью абиотических факторов и минимальный – в более однородных условиях водохранилища (табл. 4).

Таблица 4

Индексы сапробности водоёмов Волжско-Камского заповедника
по видам-индикаторам инфузорий планктона пелагиали

Водоём	Индекс сапробности		Зона сапробности
	разброс по горизонтам	интегральный	
Раифский участок			
оз. Линёво	1,50–2,05	1,94	β -мезосапробная
оз. Раифское	1,53–3,12	1,89	– // –
оз. Илантово	1,50–2,06	1,83	– // –
оз. Гнилое	2,10–2,24	2,16	– // –
оз. Белое	1,50–2,87	2,27	– // –
оз. Долгое	2,13–2,94	2,52	α -мезосапробная
оз. Карасиха	1,50–3,67	2,78	– // –
Саралинский участок			
Куйбышевское вдхр.	1,57–1,92	1,71	β -мезосапробная

Таким образом, первые проведённые исследования свободноживущих инфузорий в водоёмах Волжско-Камского заповедника позволили выявить их видовой состав (более 200 видов) и особенности развития сообществ инфузорий в различных экотопах. Выявлена значительная роль пояса высших водных растений водоёмов в формировании общего разнообразия фауны инфузорий – около 30 % видов встречаются только в этом экотопе.

Благодарности

Авторы выражают признательность и искреннюю благодарность директору заповедника д. б. н. Юрию Александровичу Горшкову и старшему научному сотруднику Елене Николаевне Унковской за предоставленную возможность работы на территории заповедника, организацию исследований и непосредственную помощь в полевых работах.

Литература

БЫКОВА С. В. Вертикальное распределение микрозоопланктона (простейшие, коловратки) оз. Линево (ВКГПБЗ, Татарстан) // Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды: Мат. VII междунаро. науч.-практ. конф. «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики». Тольятти: Волжск. ун-т им. В. Н. Татищева, 2010. С. 24–32.

БЫКОВА С. В. Инфузории планктона пелагиали и зарослей высших водных растений заповедных озёр Раифское и Илантово // Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды: Мат. VI междунаро. науч.-практ. конф. «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики». Тольятти: Волжск. ун-т им. В. Н. Татищева, 2009. С. 17–25.

БЫКОВА С. В., ЖАРИКОВ В. В. Инфузории озера Раифское (Волжско-Камский биосферный заповедник) // Самарская Лука. Проблемы региональной и глобальной экологии: Бюлл. 2009. Т. 18. № 3. С. 121–131.

БЫКОВА С. В., ЖАРИКОВ В. В., РОТАРЬ Ю. М. Об ареале распространения пресноводной *Folliculina boltoni* (Ciliata, Heterotrichea) в бассейне р. Волга // Экологические проблемы крупных рек – IV: Тез. докл. междунаро. конф. Тольятти, 2008а. С. 20.

БЫКОВА С. В., ЖАРИКОВ В. В., ТАРАСОВА Н. Г., УНКОВСКАЯ Е. Н. Характеристика фитопланктона и сообществ инфузорий, формирующихся в различных экотопах Саралинского участка Волжско-Камского заповедника (Куйбышевское водохранилище) // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Т. IV. Водная экология: Тр. междунаро. науч.-практ. конф. (17–20 мая 2011 г., Пермь). Пермь, 2011. С. 38–42.

БЫКОВА С. В., ЖАРИКОВ В. В., УМАНСКАЯ М. В. Инфузории планктона озёр Раифского участка Волжско-Камского заповедника // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: Мат. междунаро. науч. конф., посвящ. 135-летию со дня рождения И. И. Спрыгина (13–16 мая 2008 г.). Пенза, 2008б. Ч. 2. С. 131–133.

ДЕРЕВЕНСКАЯ О. Ю., УНКОВСКАЯ Е. Н., МИНГАЗОВА Н. М., ПАВЛОВА Л. Р. Структура сообществ зоопланктона озёр Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны // Тр. Волж.-Камск. гос. природ. зап.-ка. Казань, 2002. Вып. 5. С. 53–70.

ЖАРИКОВ В. В., ГОРБУНОВ М. Ю., УМАНСКАЯ М. В., БЫКОВА С. В., ТАРАСОВА Н. Г., УНКОВСКАЯ Е. Н. Сообщества планктонных организмов озера Раифское (Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник). II. Вертикальная гетерогенность пелагического планктонного сообщества // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2011. Т. 13. № 1. С. 180–187.

ПАЛАГУШКИНА О. В., БАРИЕВА Ф. Ф., УНКОВСКАЯ Е. Н. Видовой состав, биомасса и продуктивность фитопланктона озёр Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны // Тр. Волж.-Камск. гос. природ. зап.-ка. Казань, 2002. Вып. 5. С. 37–52.

ПАПЧЕНКОВ В. Г. Различные подходы к классификации растений водоёмов и водотоков // Мат. VI Всерос. шк.-конф. по водным макрофитам «Гидрботаника–2005». Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2006. С. 16–24.

ТАРАСОВА Н. Г., БЫКОВА С. В., ЖАРИКОВ В. В., МУХОРТОВА О. В., УНКОВСКАЯ Е. Н. К оценке биологического разнообразия планктонных сообществ, формирующихся в макрофитах зарастающего озера Илантово (Волжско-Камский заповедник) // Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии: Мат. Всерос. конф. с междунаро. участием, посвящ. памяти Л. В. Бардунова (1932–2008 гг.) (Иркутск, 15–19 сент. 2010 г.). Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2010. С. 638–641.

УНКОВСКАЯ Е. Н., ЖАРИКОВ В. В., БЫКОВА С. В., ГОРБУНОВ М. Ю., УМАНСКАЯ М. В., ТАРАСОВА Н. Г., МУХОРТОВА О. В., ПАЛАГУШКИНА О. В., ДЕРЕВЕНСКАЯ О. Ю. Сообщества планктонных организмов озера Раифское (Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник). I. Биоразнообразие планктонных сообществ различных биотопов озера Раифское // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2010. Т. 12. № 1

(5). С. 1453–1460.

ШИТИКОВ В. К., РОЗЕНБЕРГ Г. С., ЗИНЧЕНКО Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

FOISSNER W. Taxonomic and nomenclatural revision of Sladacek's list of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as indicators of water quality // *Hydrobiologia*. 1988. Vol. 166. P. 1–64.

SMALL L. Phylum Ciliophora Doflein, 1901 // *An Illustrated guide to the protozoa*. Second edition / J. J. Lee, G. F. Leedale, Ph. Bradbury (eds.). Lawrence, Kansas: Allen Press, 2000. P. 371–675.

FINLAY B. J., CORLISS J. O., ESTEBAN G. F., FENCHEL T. Biodiversity at the microbial level: the number of free-living ciliates in the biosphere // *Quart. Rev. Biol.* 1996. Vol. 71. P. 221–237.

FOISSNER W. Protist diversity estimates of the near-imponderable // *Protist*. 1999. Vol. 150. P. 363–368.

Видовой состав микротурбеллярий (Plathelminthes: Catenulida, Rhabditophora) водоёмов Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны

Р. П. Токинова, С. В. Бердник, Т. А. Гордиенко¹

TOKINOVA R. P., BERDNIK S. V., GORDIENKO T. A. THE SPECIES COMPOSITION OF FRESHWATER MICROTURBELLARIANS (PLATHELMINTHES: CATENULIDA, RHABDITOPHORA) OF VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE AND ITS BUFFER ZONE

During the survey of microturbellarians population in different types of reservoirs of the Raifa part of Volzhsko-Kamsky Reserve and its buffer zone in 2013–2016, 33 species from 20 genera and 5 taxonomic groups were found. 16 species were discovered for the first time for the fauna of Middle Volga basin. New habitats were recorded for *Myostenostomum bulbocaudatum* and *Macrostomum lutheri*, previously known in Russia from a single locality. Whole species diversity and abundance of turbellarians in the studied lakes Shatuniha, Beloe, Raifskoe and Linevo was confined to shallow-water phytal zone and flooded coastal vegetation.

Заповедникам отводится особо важная роль в изучении и сохранении биологического разнообразия. Одной из задач Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника является сохранение на своей территории уникальных ландшафтов древней долины Средней Волги, изучение флоры и фауны. В пределах Раифского участка заповедника находится множество разнотипных водоёмов, озёр и небольших болот, объединяемых двумя речками – Сумка и Сер-Булак – в единую гидросистему, имеющую большое значение в сохранении разнообразия водной биоты. За 55-летнюю историю заповедника на его территории проводились исследования многих групп животных, однако, некоторые таксоны пресноводных беспозвоночных длительное время оставались вне поля зрения специалистов. Объектом нашего исследования являются микротурбеллярии заповедника и его охранной зоны. В первоочередные задачи исследования входило изучение таксономического состава данной группы и определение спектра типов водоёмов и биотопов, населяемых этими животными.

Микротурбеллярии – условно выделенная группа свободноживущих плоских ресничных червей (Plathelminthes: Catenulida и Rhabditophora), характеризующихся небольшими размерами тела (обычно не более 2–6 мм в длину). Микротурбеллярии являются довольно обычными представителями мейофауны во всех типах пресных водоёмов, однако, на территории России в географическом отношении они изу-

¹ Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан;
E-mail: r.tokin@rambler.ru

чены неравномерно. В частности, в пределах Волжского бассейна ресничные черви изучены более полно на Верхней Волге, где, благодаря усилиям целого ряда исследователей, выявлен их богатый состав, насчитывающий более 93 видов (Коргина, 2002, 2011). На Средней и Нижней Волге изучение этой группы проводилось более 100 лет тому назад. Ограниченные немногими водоёмами в окрестностях Казани и Саратова (Забусов, 1895, 1903; Зыков, 1900; Насонов, 1919), эти исследования слабо отражают существующее разнообразие ресничных червей в фауне Поволжья.

На территории Волжско-Камского заповедника изучение ресничных червей проводилось на представителях лишь одного отряда – триклады, или планарии (*Rhabditophora: Tricladida: Continenticola*). Первые их находки в районе заповедника относятся к началу 1960-х гг., когда в ходе исследований под руководством Н. А. Порфирьевой в оз. Белое была обнаружена чёрная многоглазка – *Polycelis tenuis* Ijima, 1884 (Планарии..., 1962). Позднее эта планария была отмечена и для оз. Раифское (Порфирьева, Дыганова, 1987; Дыганова Порфирьева, 1988). Озеро Раифское указано как местообитание ещё и для *Planaria torva* (Müller, 1774) (Порфирьева, Дыганова, 1987).

Изучение микротурбеллярий в водоёмах заповедника ранее не проводилось. Как правило, эти черви редко учитываются при традиционных методах исследования гидробионтов из-за сложностей, связанных со сбором и определением их таксономической принадлежности (необходимость изучения морфологии червей в прижизненном состоянии и на тотальных препаратах при высоком оптическом увеличении). Вместе с тем, вклад микротурбеллярий в биоразнообразие и функционировании фитофильных и перифитонных сообществ водоёмов может быть весьма существенен.

Материалы и методика

Население микротурбеллярий исследовано в вегетационные периоды 2013–2016 гг. в 5 водоёмах, расположенных на территории Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны. Это проточные озёра суффозионно-карстового происхождения – Раифское, Линёво и Белое, бессточное, изолированное от водообмена с речной сетью оз. Шатуниха и небольшое безымянное озерцо, расположенное на южной опушке Раифского лесного массива в кв. 80 (рис. 1).

Озеро Раифское является наиболее крупным из озёр гидрографической сети заповедника, находящимся в окружении множества подтапливаемых и заболачивающихся территорий. Последние, при интенсивном снеготаянии в весенний период, наполняясь талой водой, образуют единое целое с озером. В летнюю межень эти участки прерывают связь с озером и могут частично или полностью пересыхать. Нами исследовано несколько таких участков в период их обводнения: № 1 – заболоченный участок в юго-восточной оконечности озера, прилегаю-

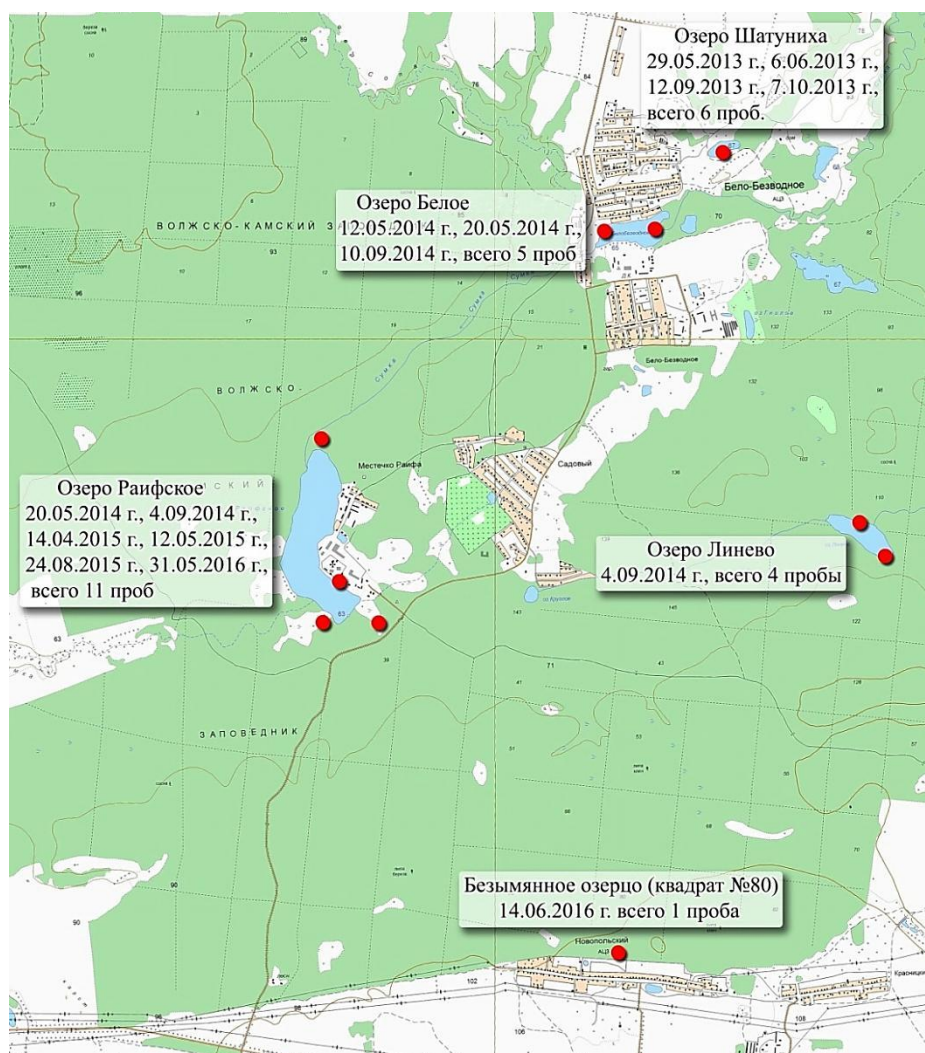


Рис. 1. Водоёмы Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранный зоны с указанием места, времени и количества отобранных проб микротурбеллярий.

щей к Раифскому шоссе; № 2 – узкий весенний залив в северной части озера; № 3 – небольшой водоём с фонтаном на восточном берегу озера, входящий в архитектурный комплекс Раифского монастыря; № 4 – водно-болотный комплекс, расположенный к юго-западу от озера на границе лесного массива и лугового биоценоза.

В прибрежной зоне озёр сборы гидробионтов осуществлены вручную при смыве живых организмов с водных растений или посредством отбора образцов растительности. На глубинах от 0,5 метра до наиболее глубоководных зон (в Шатунихе – до 3,0 м, в Белом – до 3,8 м, в Линёво – до 5,0 м и в Раифском – до 17,5 м) отбор образцов донных осадков производился при помощи дночерпателя Петерсена с последующей промывкой образцов через мельничный газ № 21. Ото-

бранные пробы в тот же день транспортировались в лабораторию и разбирались под микроскопом при 8–16-кратном увеличении. В общей сложности микротурбеллярии были обнаружены в 28 пробах, объём полученного материала составил 610 экземпляров. Определение таксономической принадлежности червей проводилось по прижизненным особенностям их морфологии; для детализации строения стилетных структур копулятивного аппарата у ряда видов изготавливались препараты на основе жидкости Фора-Берлезе согласно общепринятой методике (Рогозин, 1994). Для таксономической идентификации использованы определительные ключи А. Лютера (Luther, 1955, 1960), А. Г. Рогозина (1994) и Дж. Янга (Young, 2001).

Для выявления экологической значимости видов микротурбеллярий рассчитывались индексы доминантности по формуле Паляя-Ковнацки:

$$D_i = 100 \times p_i \times N_i / N_s,$$

где p_i – встречаемость вида: $p_i = m_i / M$; m_i – число проб, в которых был найден вид i ; M – общее число проб; N_i – число особей i -го вида; N_s – общее число особей (Шитиков и др., 2003). В отношении N_i / N_s нами использовано частное от деления числа особей конкретного вида на общее число особей всех видов, собранных во всех исследованных водоёмах.

Названия видов и их положение в системе типа Platyhelminthes приведено в соответствии с международной базой данных WoRMS Editorial Board (2016).

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований в водоёмах Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранный зоны выявлено 33 вида микротурбеллярий, принадлежащих к 19 родам из 5 основных групп (таксоны ранга класса, подкласса, отряда или подотряда): Catenulida – 7, Macrostomorpha – 5, Lecithoepitheliata – 3, Kalyptorhynchia – 1 и Dalytyphloplanida – 17 (табл. 1). Среди микротурбеллярий заповедника наиболее высоким видовым богатством выделяются рабдитофорные прямокишечные микротурбеллярии из подотряда далитифлопланид. Эта группа является самой обширной и составляет основу таксоцена микротурбеллярий в фауне континентальных пресных вод. Вместе с тем, определение этих червей, обладающих в целом однотипным внешним строением, требует знания их анатомии – взаиморасположения семенников относительно желточников, числа и положения выделительных отверстий, деталей строения полового аппарата и его кутикулярного вооружения. Подобные особенности осложняют определение особей, не достигших половозрелости. По этой причине около 12 % далитифлопланид из семейств Dalyelliidae и Typhloplanidae, представленных в материале ювенильными особями, остались не идентифицированными.

Таблица 1

Таксономический состав и обилие микротурбеллярий в водоёмах
Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны
(+++ – доля особей превышает 10 %; ++ – от 1 до 10 %; + – менее 1 %)

Название водного объекта	оз. Шатуниха	оз. Белое	оз. Линёво	оз. Раифское, участки**				озеро в кв. 80
				№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
Таксон								
КЛАСС CATENULIDA Meixner, 1924								
<i>Catenula lemnae</i> Duges, 1832*				++				
<i>Myostenostomum bulbocaudatum</i> Luther, 1960*	+							
<i>Rhynchoscolex simplex</i> Leidy, 1851	++		+++	++				
<i>Stenostomum grabbskogense</i> Luther, 1960*	+							
<i>Stenostomum leucops</i> (Duges, 1828)	+++	+++	+++	++		++		++
<i>Stenostomum unicolor</i> Schmidt, 1848		++	+++	+++			++	+
<i>Stenostomum</i> sp.	+							
КЛАСС RHABDITOPHORA Ehlers, 1985								
ПОДКЛАСС MACROSTOMORPHA Doe, 1986								
<i>Macrostomum distinguendum</i> Papi, 1951						+++		++
<i>Macrostomum finlandense</i> Ferguson, 1940	+							
<i>Macrostomum lutheri</i> Beklemishev, 1927*	+++							
<i>Macrostomum rostratum</i> Papi, 1951		++						
<i>Microstomum lineare</i> (Müller, 1773)	+++	+++				+++		
ПОДКЛАСС TREPAXONEMATA Ehlers, 1984								
ОТРЯД Lecithoepitheliata Reisinger, 1924*								
<i>Geocentrophora baltica</i> (Kennel, 1883)*					+++			
<i>Geocentrophora sphyrocephala</i> de Man, 1876*					+++			
<i>Prorhynchus stagnalis</i> Schultze M, 1851*		+		+				
ОТРЯД Rhabdocoela Ehrenberg, 1831								
Подотряд Kalyptorhynchia Graff, 1905								
<i>Gyratrix hermaphroditus</i> Ehrenberg, 1831 s. l.		++		++		++	+++	++

Продолжение таблицы 1

Название водного объекта	оз. Шатуниха	оз. Белое	оз. Линёво	оз. Раифское, участки**				озеро в кв. 80	
Название таксона				№ 1	№ 2	№ 3	№ 4		
Подотряд Dalytyphloplanida Willems & al., 2006									
<i>Castrella truncata</i> (Abildgaard, 1789)	+					++		++	
<i>Gieysztoria expedita</i> (Hofsten N, 1907)*	+							++	
<i>Gieysztoria rubra</i> (Fuhrmann, 1894)*								++	
<i>Microdalyellia armigera</i> (Schmidt, 1862)*			++						
<i>Microdalyellia brevimana</i> (Beklemischev, 1921)		+++							
<i>Microdalyellia nanella</i> (Beklemischev, 1921)*	+								
<i>Microdalyellia picta</i> (Schmidt, 1848)	+			+++				++	
<i>Bothromesostoma personatum</i> (Schmidt, 1848)							+++		
<i>Mesostoma lingua</i> (Abildgaard, 1789)								+++	
<i>Olisthanella truncula</i> (Schmidt, 1858)*		+						+++	
<i>Olisthanella obtusa</i> (SchultzeM, 1851)*	+							+++	
<i>Opisthomum immigrans</i> Ax, 1956*		+							
<i>Phaenocora typhlops</i> Vejdovsky, 1880*	+	++							
<i>Phaenocora unipunctata</i> (Oersted, 1843)	+								
<i>Rhynchomesostoma rostratum</i> (Müller, 1773)				+++					
<i>Strongylostoma radiata</i> (Müller, 1773)	+		+++			++	+++		
<i>Strongylostoma simplex</i> Meixner, 1915*				++			+++	++	
Всего видов	16	10	5	9	2	6	5	12	
Всего экземпляров	284	94	13	91	6	17	9	96	

Прим.: * – таксон впервые зарегистрирован в фауне водоёмов Среднего Поволжья;

** – пояснения в тексте.

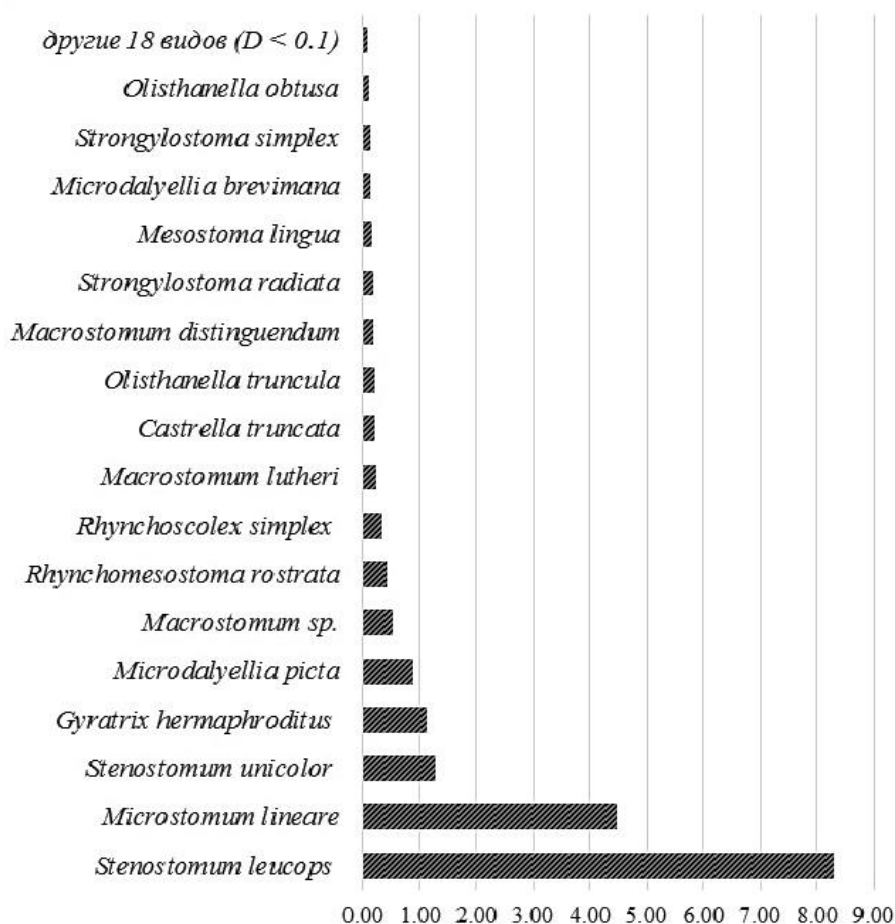


Рис. 2. Ранжирование видов микротурбеллярий по индексу доминантности Палия-Ковнацки.

По встречаемости червей и их количественному обилию в водоёмах заповедника и его охранной зоны, к наиболее значимым видам (с индексом доминантности более единицы) относятся *Stenostomum leucops* ($D=8,30$), *Microstomum lineare* ($D=4,48$), *Stenostomum unicolor* ($D=1,26$) и *Gyratrix hermaphroditus* ($D=1,11$) (рис. 2). Перечисленные виды характеризуются всесветным (или близким к таковому) географическим распространением, встречаясь в поверхностных водах почти всех континентов, кроме Антарктиды. Эти микротурбеллярии являются хорошо известными для водоёмов бассейна Волги и ранее указывались как для Средней (Забусов, 1895; Токинова, Бердник, 2013) и Верхней Волги (Коргина, 2005), так и для Нижней Волги (Забусов, 1903). Космополитный ареал этих микроскопических животных является объектом специального внимания исследователей. Современные данные морфологических, кариометрических и молекулярно-биологических исследований указывают на то, что под видом *G. hermaphroditus* скрывается комплекс криптических, морфологически трудно раз-

личимых видов-двойников, имеющих более ограниченное распространение (Puccinelli et al., 1990; Tessens, Artois, 2008). В этой связи, указывая *G. hermaphroditus* s. l. для водоёмов Среднего Поволжья, мы подразумеваем широкую трактовку названия этого таксона как комплекса видов – *sensu lato*. Возможно, подобный феномен имеет место и для другой микротурбеллярии – *S. leucops*; под этим названием, как предполагается, скрывается комплекс близких видов с широкой фенотипической пластичностью (Rosa et al., 2015).

Среди обнаруженных нами ресничных червей 16 видов впервые указываются для фауны Среднего Поволжья. Некоторых из них являются довольно редкими как для Волжского бассейна, так и для России в целом. Первоначально известная из типового местонахождения на юге Финляндии, катенулида *M. bulbocaudatum* в России была отмечена в 2012 г. в Ильменском заповеднике (оз. Бараус) на Южном Урале в одном экземпляре (Рогозин, 2012). В Волжско-Камском заповеднике две особи этого вида были обнаружены нами 12 IX 2013 г. в оз. Шатуниха. Для макростоморфной рабдитофоры *Macrostomum lutheri* (син. *M. lacustre* Beklemishev, 1927) единственным ранее известным в России местообитанием являлось озеро в окрестности Санкт-Петербурга (Беклемишев, 1927). Нами довольно многочисленная популяция этого вида обнаружена в оз. Шатуниха (12 IX 2013 г., 38 экз.). Вид отличается сравнительно крупными для *Macrostomum* размерами тела, длина которого достигает 2 мм, и размерами простатического стилета, достигающего 250 мкм.

Остальные 14 видов (*C. lemnae*, *S. grabbskogense*, *G. baltica*, *G. sphyrocephala*, *P. stagnalis*, *G. expedita*, *G. rubra*, *M. armigera*, *M. nanella*, *O. obtusa*, *O. truncula*, *O. immigrans*, *P. typhlops* и *S. simplex*) ранее уже указывались для фауны водоёмов бассейна Верхней Волги: Рыбинское и Ивановское водохранилища, оз. Плещеево, пруды, малые речки и временные водоёмы Ярославской области (Коргина, 2002, 2005), Валдайское озеро (Кордэ и др., 1926).

Характерными местообитаниями микротурбеллярий в озёрах заповедника и его охранной зоны являются прибрежные мелководные участки, зарастающие водной растительностью, и низкие подтопленные берега с околководной растительностью (рис. 3). В таких гидрофитоценозах, где отсутствует течение, а водный слой интенсивно прогревается в солнечные весенне-летние дни, наблюдается высокое обилие и богатый видовой состав червей. В местах лишенных растительности обилие микротурбеллярий снижается, и их находки носят единичный характер. В озерах Раифское, Линёво, Шатуниха и Белое, на участках с глубинами от одного метра и до самых глубоководных зон, где донные осадки представлены, главным образом, серыми илами, ресничные черви не встречались.

Наиболее богатым таксономическим составом микротурбеллярий характеризуется оз. Шатуниха (рис. 3, а), где обнаружены 16 видов чер-

вей. Разнообразие здесь формируется за счёт трёх групп микротурбеллярий – катенулид (5 видов), макростоморф (3) и далитифлопланид (8 видов). Наиболее многочисленными являются два вида: *M. lineare* – 46 % от числа всех обнаруженных в водоёме особей ресничных червей, и *S. leucops* – 20 %. Эти же виды доминируют в фитофильных биоценозах оз. Белое (рис. 3б) – на *S. leucops* приходится 38 %, на *M. lineare* – 28 %. Видовой состав червей в озере (всего 10 видов) распределен между далитифлопланидами (4 вида) и остальными 4 таксономическими группами – катенулидами (2), макростоморфами (2), лецитозепителиатами и калипторинхиями (по 1 виду).

В оз. Раифское также представлены все основные группы: катенулиды (4 вида), макростоморфы (2), лецитозепителиаты (3), калипторинхии (1) и далитифлопланиды (6 видов). Таксономическое разнообразие населения ресничных червей обусловлено наличием в пределах акватории озера разнотипных участков, в которых складывается специфический гидрологический и гидрохимический режим, способствующий развитию определенных экологических комплексов видов. В составе микротурбеллярий, населяющих водно-болотный комплекс в южной части озера (участок № 1; рис. 3, в), наиболее многочисленными являются далитифлопланоидные прямокишечные *M. picta* (Dalyelliidae) – 30 % относительного обилия, и *R. rostratum* (Typhloplanidae) – 20 %. Для небольшой, зарастающей гелофитами и ряской лужи на берегу озера (участок № 3),



Рис. 3. Характерные местообитания микротурбеллярий: а – оз. Шатуниха, подтопленный берег; б – оз. Белое; в, г – оз. Раифское, участки № 1 и № 2.

среди 6 отмеченных видов червей наиболее массовым является *M. distinguendum* – 53 % обилия.

14 IV 2015 г., при проведении исследования в северной части оз. Раифское, было обнаружено далеко уходящее от берега понижение, заполненное талой водой, и представляющее собой своеобразный залив озера (участок № 2; рис. 3, г). Дно этого залива было выстлано сплошным покровом из прошлогоднего листового опада, в смывах с которого обнаружены немногочисленные (6 экз.) лецитоэпителиаты двух видов – *G. sphyrocephala* и *G. baltica*. В период летней межени этот участок оз. Раифское полностью пересох. Указанные представители отряда Lecithoepitheliata довольно редки в бассейне Волги. Следует отметить, что недавние находки этих видов в бассейне Верхней Волги также были приурочены к мелким весенним (апрель–май) водоёмам, образованным за счет таяния снега, с перегнивающими остатками прошлогоднего листового опада (Коргина, 2011).

Список микротурбеллярий оз. Линево немногочислен (5 видов), что обусловлено однократным обследованием этого водоёма и небольшим объемом изученного материала (13 экз.).

Впрочем, даже одна проба, зачерпнутая из водоёма, может содержать большое количество особей ресничных червей. 14 VI 2016 г. в небольшом зарастающем озерце в кв. 80 Раифского леса, из отобранной пробы воды с образцами вегетирующих растений (ряска) и прошлогодним опадом листьев дуба, было выделено 96 экз. червей. Среди

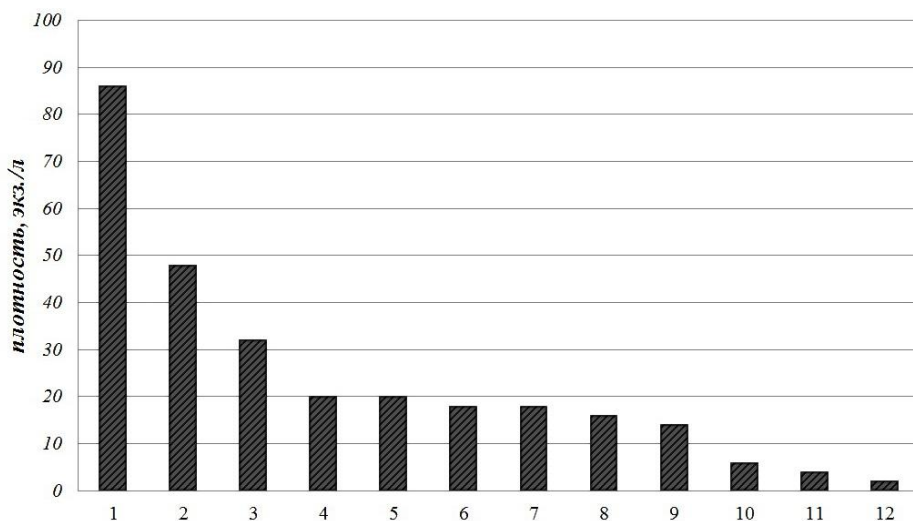


Рис. 4. Состав и плотность населения микротурбеллярий в озерце кв. 80 Раифского участка Волжско-Камского заповедника: 1 – *Mesostoma lingua*; 2 – *Olisthanella truncula*; 3 – *Olisthanella obtusa*; 4 – *Macrostomum distinguendum*; 5 – *Castrella truncata*; 6 – *Stenostomum leucops*; 7 – *Microdalyellia picta*; 8 – *Gieysztoria expedita*; 9 – *Gieysztoria rubra*; 10 – *Strongylostoma simplex*; 11 – *Gyratrix hermaphroditus*; 12 – *Stenostomum unicolor*.

них определено 12 видов из четырёх групп. При этом плотность населения червей, рассчитанная на единицу объема, достигла 280 экз./л. В исследованном биоценозе доминировали прямокишечные микротурбеллярии – 83 %, из которых в ведущий комплекс входили три вида из семейства Typhloplanidae: *M. lingua* (30,3 %), *O. truncula* (16,9 %) и *O. obtusa* (11,3 %) (рис. 4). Такая структура доминирующего комплекса червей заметно отличает данный водоём от других исследованных озёр заповедника и его охранной зоны.

Заключение

Анализ результатов исследования населения микротурбеллярий в водоёмах Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны в 2013–2016 гг. позволяет прийти к следующим основным выводам:

1. В разнотипных водоёмах выявлено 33 вида микротурбеллярий из 19 родов и 5-ти основных таксономических групп. Наибольшим богатством видов выделяются рабдитофорные прямокишечные черви подотряда *Dalatyphloplanida*, представленные 17 видами;

2. Среди обнаруженных микротурбеллярий 16 видов являются новыми для водоёмов бассейна Средней Волги. Среди них два вида – *Myostenostomum bulbocaudatum* и *Macrostomum lutheri* – впервые отмечены для фауны Волжского бассейна;

3. Всё разнообразие и количественное обилие ресничных червей приурочено к фитальной зоне прибрежных мелководий и подтопленных берегов. Таксономическое разнообразие ресничных червей обусловлено наличием в водоёмах разнообразных участков и зон со специфическим гидрологическим и гидрохимическим режимом, способствующим развитию определённых экологических комплексов видов.

Таким образом, проведённые исследования позволили получить первые сведения о таксономическом составе микротурбеллярий в водоёмах заповедника и его охранной зоны, которые могут быть включены в кадастровую информацию по фауне особо охраняемой природной территории. Вместе с тем, полученные данные позволяют расширить наши представления о таксономическом разнообразии ресничных червей в фауне Среднего Поволжья.

Литература

БЕКЛЕМИШЕВ В. Н. К фауне турбеллярий Одесского залива и впадающих в него ключей // Изв. Биол. НИИ и Биол. станции при Пермском гос. ун-те. 1927. Т. 5. Вып. 5. С. 177–207.

ДЫГАНОВА Р. Я., ПОРФИРЬЕВА Н. А. Сведения по видовому составу, систематике и распространению планарий (*Tricladida*, *Paludicola*) Поволжья // Экология, охрана и воспроизводство животных Среднего Поволжья. Казань, 1988. С. 26–32.

ЗАБУСОВ И. П. Очерк фауны прямокишечных турбеллярий окрестностей г. Казани // Прилож. к протоколу засед. Общ-ва естествоиспыт. при Импер. Казан. ун-те. 1895. № 151. С. 1–15.

ЗАБУСОВ И. П. Список турбеллярий, собранных летом 1902 г. у г. Саратова и в пре-

делах Саратовской губернии // Ежегодник Саратов. биол. станции. 1903. Т. 2. Ч. 1. С. 157–158.

ЗЫКОВ В. П. Отчет о деятельности Волжской биологической станции в Саратове за летние месяцы 1900 года // Работы Волжск. биол. станции. 1900. Т. 1. № 1. С. 1–34.

КОРГИНА Е. М. Обзор фауны турбеллярии верхневолжского бассейна // Зоол. журн. 2002. Т. 81. № 8. С. 1019–1024.

КОРГИНА Е. М. История изучения и современное состояние фауны турбеллярий бассейна Волги // Биологические ресурсы пресных вод: беспозвоночные. Рыбинск: Дом печати, 2005. С. 151–164.

КОРГИНА Е. М. Новые и редкие для бассейна реки Волги представители отряда Lecithoepitheliata (Turbellaria) // Биология внутренних вод. 2011. № 1. С. 17–25.

КОРДЭ Н. В., ЛАСТОЧКИН Д. А., ОХОТИНА М. А., ЦЕШИНСКАЯ Н. И. Прибрежные сообщества Валдайского озера // Зап. Гос. гидролог. ин-та. 1926. Т. 1. С. 137–206.

НАСОНОВ Н. В. Материалы по фауне Turbellaria России // Изв. РАН. 1919 (1921). Т. 1. С. 619–646; Т. 2. С. 1039–1046; Т. 3. С. 1047–1053; Т. 4. С. 1179–1197.

ПЛАНАРИИ ОКРЕСТНОСТЕЙ КАЗАНИ: Курс. раб. студ. Галеевой Л. К., науч. рук. асс. Порфирьева Н. А. Казань: Биол.-почв. фак. Казан. ун-та. 1962. (рукопись).

ПОРФИРЬЕВА Н. А., ДЫГАНОВА Р. Я. Планарии Европейской части СССР. Морфология, систематика, распространение. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. 190 с.

РОГОЗИН А. Г. Класс Ресничные черви (Turbellaria) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб: ЗИН РАН, 1994. Т. 1. С. 18–50.

РОГОЗИН А. Г. Новые и редкие для фауны России виды археофорных турбеллярий (Catenulida и Macrostromida) // Зоол. журн. 2012. Т. 91. № 6. С. 643–647.

ТОКИНОВА Р. П., БЕРДНИК С. В. Ресничные черви (Plathelminthes, «Turbellaria») озёрной системы Кабан (г. Казань) // Уч. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2013. Т. 155. Кн. 3. С. 195–207.

ШИТИКОВ В. К., РОЗЕНБЕРГ Г. С., ЗИНЧЕНКО Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

LUTHER A. Die Dalyelliiden (Turbellaria Neorhabdocoela). Eine Monographie // Acta zool. Fennica. 1955. Vol. 87. S. 1–337.

LUTHER A. Die Turbellarien Ostfennoskandiens. I. Acoela, Catenulida, Macrostromida, Lecithoepitheliata, Prolecithophora und Proseriata // Fauna Fennica. 1960. Vol. 7. 155 s.

PUCCINELLI I., CURINI-GALLETTI M. C., MARIOTTI G., MORETTI I. Chromosomal evolution and speciation in the *Gyratrix* hermaphrodites species complex // Hydrobiol., 1990. Vol. 190. P. 83–92.

ROSA M. T., PEREIRA C. M., RAGAGNIN G. R., LORETO E. L. S. *Stenostomum leucops* Duges, 1828 (Platyhelminthes, Catenulida): a putative species complex with phenotypic plasticity // Papeis Avulsos de Zoologia. 2015. Vol. 55(27). P. 375–383.

TESSENS B., ARTOIS T. First molecular evidence from the existence of cryptic species in the cosmopolitan, euryhaline flatworm *Gyratrix hermaphroditus* // J. Mees et al. (Ed.). VLIZ Young Scientists' Day, Brugge, Belgium, 29 February 2008: book of abstracts. 2008. P. 66.

YOUNG J. O. Keys to the freshwater microturbellarians of Britain and Ireland with notes on their ecology // Cumbria: Freshwater Biological Association. 2001. 142 p.

WORMS EDITORIAL BOARD. World Register of Marine Species. Режим доступа: <http://www.marinespecies.org>, свободный (16.09.2016).

Фауна и популяционные аспекты экологии брюхоногих моллюсков (Gastropoda) озёр Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны

М. А. Кочанов¹

KOCHANOV M. A. FAUNA AND POPULATION ASPECTS OF GASTROPODS (GASTROPODA)
ECOLOGY IN LAKES OF THE RAIFA PART OF VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE
AND ITS BUFFER ZONE

The article is devoted to studying the species composition of malacofauna in Volzhsko-Kamsky Reserve, as well as the influence of various factors, both biotic and abiotic, on the variability konhiometric parameters of some mass kinds of aquatic gastropods. The composition of fauna gastropods seven large lakes Raifa part, the impact on the number of gastropods such as subsoil and coastal aquatic vegetation were investigated. It is shown that under the influence of high temperature and alkalinity of the water shell gastropod growth is inhibited. Positively shell growth is related to the values of water hardness.

Брюхоногие моллюски являются одной из основных групп донной фауны пресноводных водоёмов. Они играют важную роль в формировании гидробиоценозов и представляют интереснейший объект научных исследований. Раковина гастропод весьма изменчива во всех своих признаках (Жадин, 1952). Не имея конхиометрически выраженного полового диморфизма, моллюски представляют собой удобные объекты для изучения меж- и внутривидовой изменчивости.

На территории Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника имеется множество разнообразных водоёмов с богатой малакофауной. Вместе с тем, экология гастропод заповедника, особенно её популяционные аспекты, изучены довольно слабо. Целью настоящей работы было изучение фауны и популяционных аспектов экологии гастропод озёр Раифского участка заповедника и его охранной зоны (Раифы), а также изучение размерно-весовой структуры популяций прудовика большого – *Lymnaea stagnalis* и живородок болотной – *Viviparus contectus* и речной – *V. viviparus*.

Материалы и методика

Материалом для настоящего исследования послужили сборы брюхоногих моллюсков, проведённые в летний период 2007–2013 гг. на озёрах Раифское, Линёво, Круглое, Ильинское, Белое, Долгое и Гнилое. Сбор моллюсков производился в прибрежной зоне и на мелководьях стандартными методами: на озёрах закладывалась от 5 до 15 площадок площадью 1 м², гастроподы в их пределах выбирались руч-

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: micha_koch@mail.ru

ную и гидробиологическим сачком; в случае малого количества моллюсков площадь могла быть увеличена до 2 м². Для определения моллюсков использовались руководства В. И. Жадина (1952) и Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова (1977).

Особое внимание было уделено трём массовым видам гастропод – *Lymnaea stagnalis*, *Viviparus contectus* и *V. viviparus*. Для получения статистически достоверных данных количество экземпляров, собранных на одной площадке, было не менее 10 по каждому из трёх видов (Яковлев, 2002).

Для каждой площадки описывался тип грунта, а также водная и прибрежная растительность. Всего было выявлено пять типов донных грунтов – илистый, песчаный, заилёно-песчаный, песчано-каменистый и глинистый, – и 13 типов водной и прибрежной растительности.

Биомасса моллюсков измерялась на электронных портативных весах с точностью до 0,01 г. Возраст *L. stagnalis* определялся по ключам, созданным нами с помощью программы PAleontological STatistics Version 2.17.

У каждого собранного экземпляра производились следующие конхиометрические промеры: высота раковины (ВР), измеряемая вдоль оси раковины от вершины до противоположной точки последнего оборота; ширина раковины (ШР) – расстояние между крайней точкой устья и максимально удаленной от точки последнего оборота в проекции на линию, перпендикулярную оси раковины; высота устья (ВУ) – от вершины париетопалатального угла до наиболее удаленной от него точки базального края устья (строго в плоскости устья); ширина устья (ШУ) – расстояние между наиболее удаленными точками устья, измеренное перпендикулярно линии, по которой измерялась ВУ.

Общий объём обработанного материала составил 3560 экземпляров гастропод, собранных на общей площади в 400 м², из них: *L. stagnalis* – 1917 экз.; *V. contectus* – 1374 экз.; *V. viviparus* – 269 экз.

В работе активное участие принимали студенты кафедры общей экологии.

Результаты и их обсуждение

Всего в исследованных озёрах Раифского участка заповедника и его охранный зоны выявлено 19 видов гастропод, принадлежащих к 4 отрядам и 9 семействам (табл. 1). Наиболее богата фауна оз. Раифское. Наибольшая плотность поселения брюхоногих моллюсков в оз. Линёво, прежде всего за счёт высокой численности живородки болотной. В оз. Долгое за весь период наблюдений был обнаружен только прудовик большой в одном экземпляре; в оз. Гнилое моллюски обнаружены не были.

Индексы разнообразия Шеннона и Симпсона указывают на то, что наиболее устойчивые сообщества гастропод присущи озёрам Раифское, Линёво, Ильинское и Белое. Самым неустойчивым оказалось со-

Таблица 1

Таксономический состав и обилие гастропод в озёрах Раифы
(в числителе – плотность, экз./м²; в знаменателе – всего учтённых экз.)

Таксон	Озёра (обследованная площадь, м ²)					
	Раифское (108)	Линёво (63)	Круглое (73)	Ильинское (118)	Белое (38)	Долгое
ПОДКЛАСС PROSOBRANCHIA						
Отряд Architaenioglossa						
Семейство Viviparidae						
1. <i>Viviparus viviparus</i> (L.)	<u>1,52</u> 86	<u>2,05</u> 50		<u>0,10</u> 6		
2. <i>V. contectus</i> (L.)	<u>1,03</u> 52	<u>15,15</u> 416	<u>10,24</u> 366		<u>0,09</u> 3	
Отряд Discopoda						
Семейство Bithynidae						
3. <i>Bithynia tentaculayta</i> (L.)	<u>0,04</u> 2					
4. <i>Bithynia troscheli</i> (Paasch)	<u>0,06</u> 4				<u>0,03</u> 1	
ПОДКЛАСС PULMONATA						
Отряд Hygrophila						
Семейство Lymnaeidae						
5. <i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)	<u>6,94</u> 363	<u>1,37</u> 33	<u>0,04</u> 1	<u>3,67</u> 237	<u>0,99</u> 33	<u>—</u> 1
6. <i>L. auricularia</i> (L.)	<u>0,12</u> 8	<u>0,14</u> 4		<u>0,37</u> 23		
7. <i>L. ovata</i> (L.)	<u>0,36</u> 18	<u>0,38</u> 9		<u>0,15</u> 11		
8. <i>L. truncatula</i> (Muller)	<u>0,04</u> 2	<u>0,68</u> 16			<u>0,03</u> 1	
Семейство Acroloxidae						
9. <i>Acroloxus lacustris</i> (L.)	<u>0,10</u> 5	<u>0,13</u> 3				
Семейство Ancyllida						
10. <i>Ancylus fluviatilis</i> (L.)	<u>0,04</u> 3					
Семейство Bulinidae						
11. <i>Planorbarius corneus</i> (L.)	<u>0,68</u> 34	<u>2,06</u> 50	<u>0,22</u> 7	<u>0,63</u> 14	<u>1,21</u> 46	
Семейство Planorbidae						
12. <i>Anisus vortex</i> (L.)	<u>1,06</u> 53	<u>0,03</u> 1		<u>0,04</u> 5	<u>0,74</u> 28	
13. <i>A. contortus</i> (L.)	<u>0,02</u> 1	<u>0,13</u> 3				

Продолжение таблицы 1

Таксон	Озёра (обследованная площадь, м ²)					
	Раифское (108)	Линёво (63)	Круглое (73)	Ильинское (118)	Белое (38)	Долгое
14. <i>Planorbis planorbis</i> (L.)	$\frac{0,04}{2}$	$\frac{1,96}{10}$	$\frac{0,15}{4}$	$\frac{1,08}{68}$	$\frac{3,95}{150}$	
15. <i>Segmentina nitida</i> (Muller)	$\frac{0,02}{1}$	$\frac{0,09}{2}$				
Отряд Ectobranchia						
Семейство Valvatidae						
16. <i>Valvata pulchella</i> (Studer)	$\frac{0,02}{1}$				$\frac{0,03}{1}$	
17. <i>V. cristata</i> (Muller)		$\frac{0,04}{1}$				
Семейство Physidae						
18. <i>Aplexa hypnorum</i> (L.)	$\frac{0,02}{1}$					
19. <i>Physa fontinalis</i> (L.)				$\frac{0,04}{3}$		
Всего видов	17	13	4	8	8	1
Общая плотность	12,74	24,21	10,65	5,85	6,94	–
Индекс Шеннона	1,61	1,33	0,20	1,25	1,25	–
Индекс Симпсона	0,67	0,52	0,07	0,62	0,62	–

Прим. Обилие видов – усреднённые данные учётов 2011–2012 гг.

общество оз. Круглое, что, возможно, связано с повышенным антропогенным воздействием на этот водоём, расположенном на границе посёлка.

Динамика плотности трёх самых массовых видов брюхоногих моллюсков в озёрах Раифы за период 2007–2013 гг. показана на рисунках 1–3. Плотность прудовика большого подвержена флуктуациям, но в целом относительно стабильна во всех озёрах (рис. 1). То же самое можно сказать и в отношении живородки болотной, но в 2009, 2010 и 2013 гг. вид нами не был обнаружен в оз. Раифское (рис. 2). Возможно, это связано с аномально жаркими летними периодами, особенно в 2010 г. В отношении живородки речной наблюдаются тенденции плавного снижения её плотности в оз. Ильинское и увеличения – в оз. Раифское (рис. 3).

Зависимость плотности трёх видов гастропор от характера озёрных грунтов представлена на рисунке 4. Прудовик большой наблюдался в довольно большом количестве на всех типах грунта; реже он встречался на заиленном песке и каменисто-песчаном грунте. Живородка болотная явно предпочитает илы и не встречена на глинистых грун-

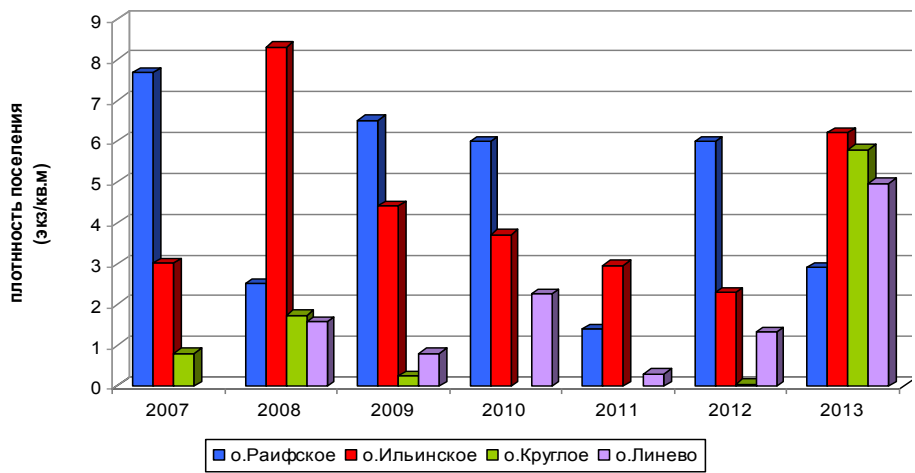


Рис. 1. Динамика плотности *Lymnaea stagnalis* в озёрах Раифы в 2007–2013 гг.

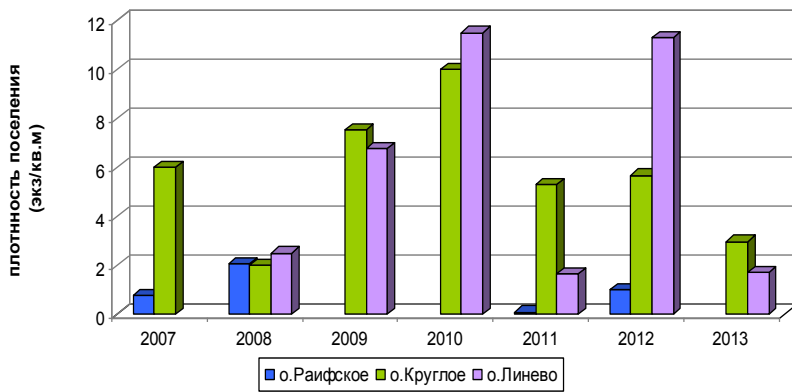


Рис. 2. Динамика плотности *Viviparus contectus* в озёрах Раифы в 2007–2013 гг.

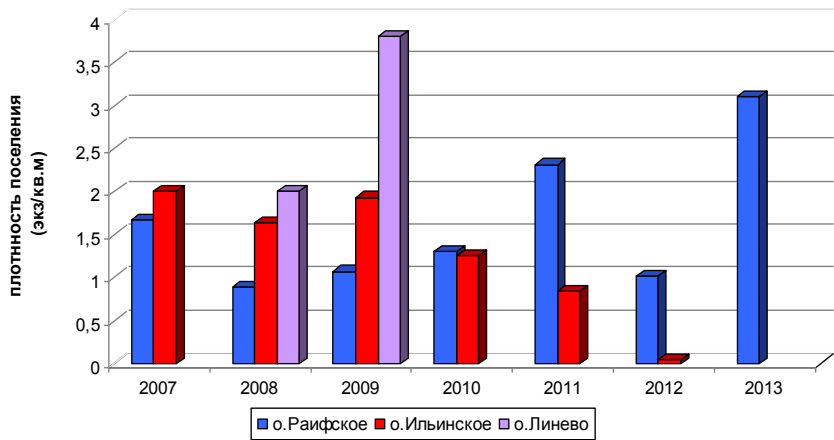


Рис. 3. Динамика плотности *Viviparus viviparus* в озёрах Раифы в 2007–2013 гг.

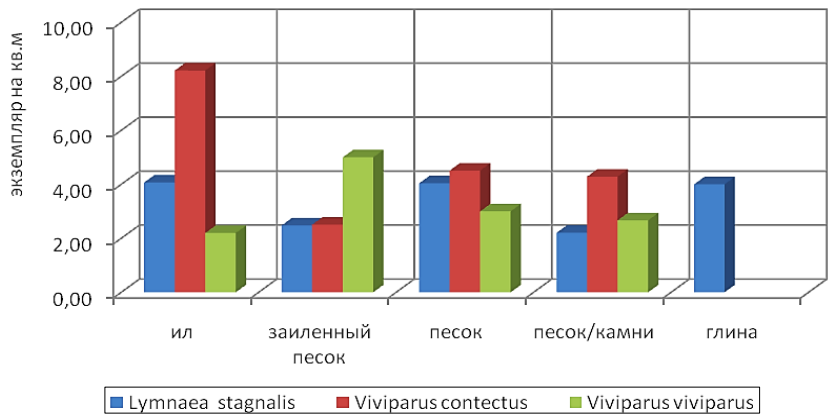


Рис. 4. Плотность трёх видов гастропод на разных грунтах в озёрах Раифы.

тах. Вид довольно обычен на песчаных и песчано-каменистых грунтах, а на заиленном песке его плотность понижена. У живородки речной, наоборот, на заиленном песке наблюдалась наиболее высокая плотность, а реже всего вид встречался на илах. На глинистых грунтах живородка речная нами также не собиралась.

Зависимость плотности трёх видов гастропод от характера водно-прибрежной растительности озёр Раифы представлена на рисунке 5. Прудовик большой предпочитает заросшие участки берегов и обнаружен почти на всех видах водной и прибрежной растительности встреченной нами во время исследования. Эвритопность этого вида связана, скорее всего, с тем, что этот лёгочный моллюск для дыхания поднимается к поверхности водоёма. Моллюск использует растения в качестве субстрата и для питания. Наибольшая плотность прудовика от-

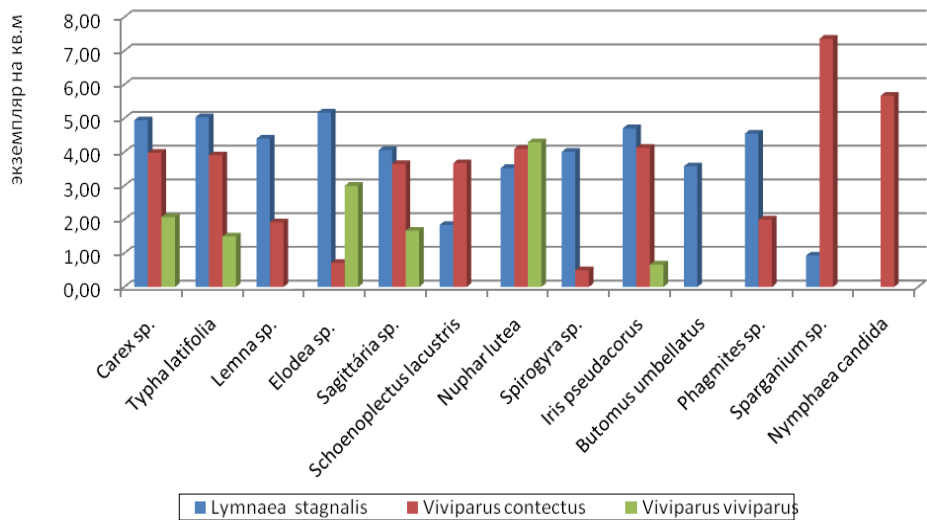


Рис. 5. Плотность трёх видов гастропод в зарослях разных видов растений в озёрах Раифы.

мечена в зарослях элодеи (*Elodea canadensis*), рогоза (*Typha latifolia*), осоки (*Carex* sp.), касатика (*Iris pseudacorus*) и рдеста (*Potamogeton* sp.); наименьшая – в зарослях камыша (*Schoenoplectus lacustris*) и особенно – ежеголовника (*Sparganium* sp.); в зарослях кувшинки (*Nymphaea candida*) вид отсутствует.

Живородка болотная, наоборот, имеет в зарослях ежеголовника и кувшинки наиболее высокую плотность. Вид обычен в зарослях кубышки (*Nuphar lutea*), ириса, осоки, рогоза, стрелолиста (*Sagittaria sagittifolia*) и камыша; редко встречается в зарослях элодеи и водоросли спирогиры, а в зарослях сусака (*Butomus umbellatus*) отсутствует. Очевидно вид, придерживающийся дна водоёма, встречается прежде всего в группировках растений, произрастающих на илах.

Живородка речная имеет ограниченное распространение – из 13 типов водной и прибрежной растительности вид отмечен только в 6. Наиболее высокая его плотность была в зарослях кубышки, несколько ниже – в зарослях элодеи; вид относительно малочислен в зарослях осоки, рогоза и стрелолиста, а в зарослях касатика его плотность очень низкая. Возможно, что для живородки речной прибрежно-водная растительность играет только роль укрытия.

Результаты морфометрического анализа трёх видов гастропод представлены на рисунках 6–8. Самые крупные экземпляры прудовика большого обнаружены в оз. Круглое, несколько меньшими оказались моллюски оз. Раифское. Ещё более мелкими по всем конхиометрическим параметрам оказались экземпляры, собранные в озёрах Ильинское, Линёво и Белое (рис. 6). Конхиометрические параметры моллюсков из трёх последних озёр очень сходны: средняя высота раковины не превышают 44 мм, средняя высота устья – 24 мм, ширина устья – 15–16 мм; ширина раковины оказалась наиболее изменчивым параметром – разброс составил от 27 до 30 мм. По массе тела выделяются моллюски оз. Белое, в котором были обнаружены особи до 5,02 г; вес моллюсков в озёрах Ильинское и Линёво не превышал 4,5 г (рис. 9). Популяция прудовика большого в целом находится в довольно стабильном состоянии. Крупные особи (возраст 2+) были встречены во всех исследованных озёрах, где их численность находится примерно на одинаковом уровне. Моллюски среднего (возраст 1+) отсутствовали в озёрах Круглое и Белое. Молодых особей (возраст 0+) нам удалось обнаружить в небольшом количестве лишь в озёрах Ильинское и Раифское.

Сравнение средних значений конхиометрических показателей прудовиков из озёр Раифы с аналогичными данными по моллюскам из Смоленской, Рязанской и Тамбовской областей показало, что по трём параметрам раифские прудовики имеют более высокие значения (табл. 2). Все три области находятся к западу от района наших исследований; несмотря на небольшие различия в градусах широты, это, тем не менее, сказывается на конхиометрических показателях моллюсков.

Таблица 2

Средние значения конхиометрических показателей
Lymnaea stagnalis из Раифы и западных областей России, мм

Параметр, мм	Озёра Раифы	Озёра Смоленской, Рязанской и Тамбовской обл. (Круглов, 2005)
Высота раковины	41,2±0,29	43,9±0,86
Ширина раковины	23,7±0,2	22,65±0,7
Высота устья	22,6±0,17	22,5±0,6
Ширина устья	14,1±0,14	11,41±0,19

Подобная географическая тенденция в отношении наземных гастропод указывалась П. В. Терентьевым (1970).

Наиболее крупные живородки болотные были обнаружены в оз. Белое: высота раковины – до 33 мм, ширина раковины – до 28 мм, вес – до 5,2 г. Моллюски, обитающие в оз. Линёво имели высоту раковины до 31 мм, ширину – до 25 мм, средний вес составлял 4,16 г. Самыми мелкими оказались экземпляры в оз. Раифское (рис. 7, 9).

У живородки речной наибольшими средними значениями конхиометрических параметров характеризуется популяция оз. Ильинское: высота раковины – 27,83 мм, ширина раковины – 18,83 мм, высота устья – 16,33 мм, ширина устья – 12,83 мм. Средние размеры моллюсков в оз. Раифское: высота раковины – 24,05 мм, ширина раковины – 18,01 мм, высота устья – 14,2 мм, ширина устья – 10,64 мм. Самые мелкие живородки в оз. Линёво: высота раковины – 17 мм, ширина раковины – 13 мм, высота устья – 11,5 мм, ширина устья – 9 мм (рис. 8). Средняя масса тела у живородки речной составила в оз. Ильинское – 2,59 г, в оз. Раифское – 2,24 г и в оз. Линёво – 2 г (рис. 9).

Для выявления связей конхиометрических параметров популяции прудовика большого с типом грунта в озёрах Раифы был проведён дисперсионный анализ. Анализ показал, что высота раковины и вес моллюска не зависят от характера грунта. Для остальных параметров – ширина раковины, высота и ширина устья – была выявлена статистически значимая связь (табл. 3). Однако вариация параметров в зависимости от типа грунта не превышает 1 мм, что в масштабах размеров раковины с биологической точки зрения может считаться незначительной, и этой разницей можно пренебречь.

Для выявления связи морфометрических параметров раковины с физико-химическими показателями воды были рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена. В анализе использовался наиболее изменчивый внутривидовой признак – высота раковины. Данные по физико-химическим показателям озёр были любезно предоставлены Е. Н. Унковской. Теснота связи между рассматриваемыми признаками условно оценивалась следующим образом: коэффициент равен 0,3 и менее – теснота связи слабая; от 0,4 до 0,7 – умеренная; 0,7 и более – сильная.

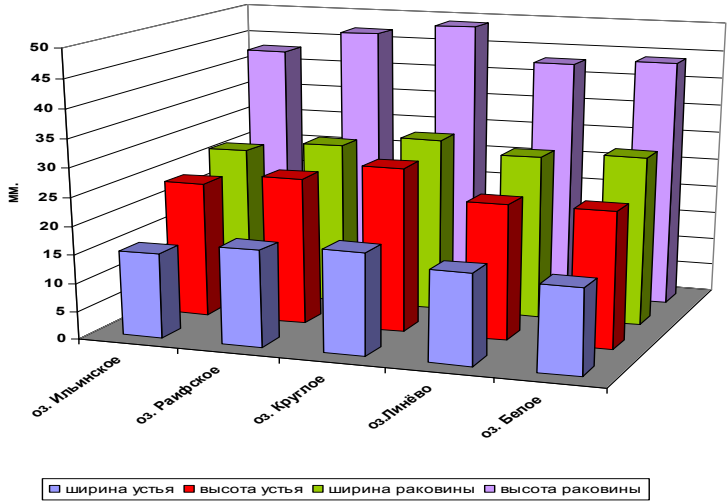


Рис. 6. Конхиометрические параметры *Lymnaea stagnalis* в озёрах Раифы.

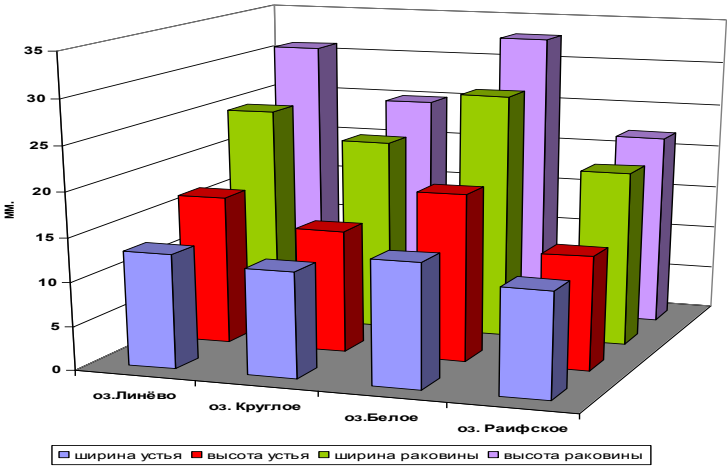


Рис. 7. Конхиометрические параметры *Viviparus contectus* в озёрах Раифы.

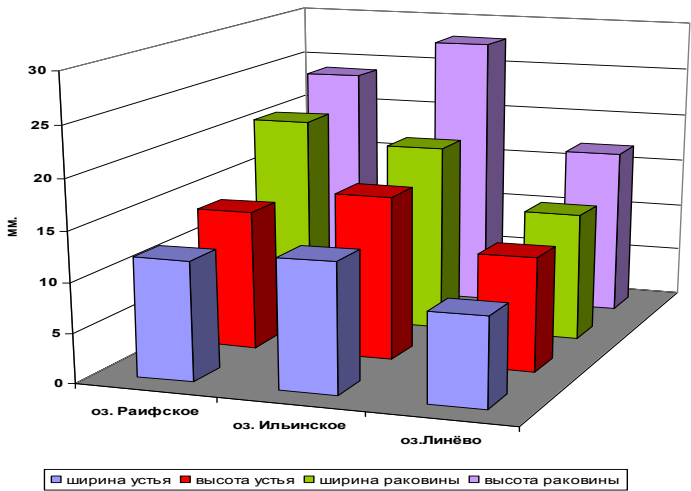


Рис. 8. Конхиометрические параметры *Viviparus viviparus* в озёрах Раифы.

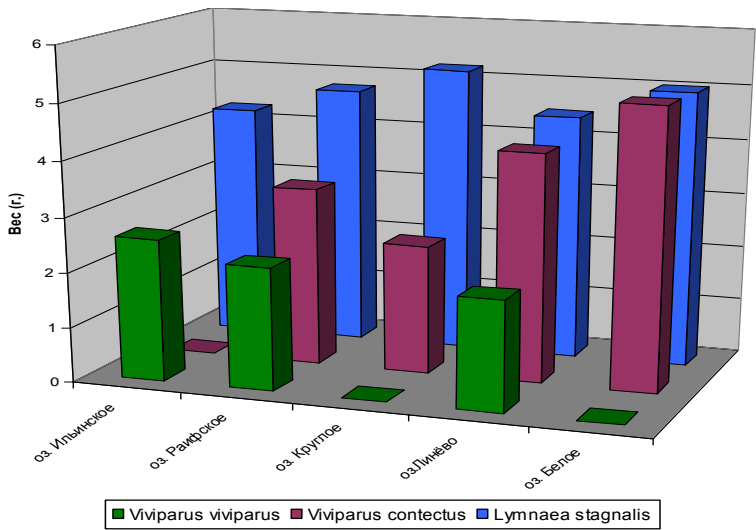


Рис. 9. Средняя масса тела трёх видов гастропод в озёрах Раифы.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа связи конхиометрических параметров популяции *Lymnaea stagnalis* с типом грунта в озёрах Раифы

Параметры	Критерий Фишера	Наблюдаемый уровень значимости (p-value)	Уровень значимости, при котором отвергается нулевая гипотеза об отсутствии связи
Высота раковины	2,2011	0,06688	0,1
Ширина раковины	8,4234	<0,001	0,001
Высота устья	7,8077	<0,001	0,001
Ширина устья	14,2892	<0,001	0,001
Вес	0,5539	0,6962	0,1

У прудовика большого наблюдается обратная умеренная связь в отношении «высота раковины – температура» и «высота раковины – pH », что говорит об угнетающем воздействии на моллюска высоких температур воды и повышенных значений pH среды; это, в свою очередь, отражается на росте раковины. Положительным образом рост раковины связан с жёсткостью и прозрачностью воды (табл. 4).

Значения коэффициента ранговой корреляции в отношении высоты раковины живородки речной и физико-химических показателей воды указывают на угнетение роста раковины под воздействием высоких температур и повышения жесткости воды (табл. 5).

Анализ, проведённый в отношении живородки болотной, не выявил зависимости между ростом раковины и физико-химическими показателями воды, что подтверждает общепринятое мнение об этом виде как малоизменчивом и толерантном к условиям среды.

Таблица 4

Значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r) высоты раковины *Lymnaea stagnalis* с физико-химическими показателями воды

Показатели воды	r	Уровень значимости p
Насыщение O_2 , %	-0,23	0,55
pH	-0,42	0,04
Прозрачность, м	0,51	0,04
Температура,	-0,56	0,02
Общая жесткость, ммоль/дм ³ экв.	0,43	0,03

Прим. При $p < 0,05$ принимается гипотеза, что r не равно нулю.

Таблица 5

Значения коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r) высоты раковины *Viviparus viviparus* с физико-химическими показателями воды

Показатели воды	r	Уровень значимости p
Насыщение O_2 , %	0,13	0,71
pH	0,01	0,80
Прозрачность, м	-0,17	0,63
Температура,	-0,42	0,03
Общая жесткость, ммоль/дм ³ экв.	-0,52	0,04

Благодарности

Автор благодарит старшего научного сотрудника заповедника Е. Н. Унковскую за предоставление данных по гидрохимии райфских озёр.

Литература

- Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 376 с.
- КАТАНСКАЯ В. М. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР. Л.: Наука, 1981. 187 с.
- КУТИКОВА Л. А., СТАРОБОГАТОВ Я. И. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 601 с.
- СМИТ Д. Математические идеи в биологии / Пер. с англ. М.: Мир, 1970. 180 с.
- ЯКОВЛЕВ В. А. Учебно-методическое пособие к курсу «Компьютерные методы в зоологии». Казань, 2002. Ч. 1. 19 с.

Планктонные коловратки и ракообразные озёр Волжско-Камского заповедника и его охранный зоны

О. Ю. Деревенская,¹ Е. Н. Унковская²

DEREVENSKAYA O. Y., UNKOVSKAYA E. N. PLANKTON ROTIFERS AND CRUSTACEANS
OF VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE AND ITS BUFFER ZONE LAKES

The long-term study of planktonic rotifers and crustaceans lakes of the Volzhsko-Kamsky National Nature Biosphere Reserve and its buffer zone was conducted. It revealed 131 species of planktonic rotifers and crustaceans, including Rotifera – 62 species (47 %), Cladocera – 44 (34 %) and Copepoda – 25 (19 %). The biomass in the lakes of different types – from oligotrophic to eutrophic was determined. The magnitude of the index lake saprobity treated β -mesosaprobic, moderately polluted, III water quality class, the exception was the lake Dolgoe, which refers to oligosaprobic.

Планктонные коловратки и ракообразные – важнейший компонент водных экосистем. Они участвуют в процессах передачи вещества и энергии от низших звеньев трофической цепи к высшим. Зоопланктон обитает в толще воды и может быть использован для оценки состояния водных экосистем, уровня их эвтрофирования и загрязнения. Экосистемы биосферных заповедников, в том числе водные, обычно являются эталонными при сравнении с природными объектами вне охраняемых территорий, изменяемыми в результате хозяйственной деятельности.

Изучение видового состава, количественных характеристик сообществ зоопланктона, выявление видов-индикаторов и биотических индексов является составной частью программы экологического мониторинга озёр. Показатели зоопланктона используются для выявления изменений в состоянии водных экосистем, расположенных на особо охраняемых природных территориях.

Целью многолетних наблюдений, результаты которых изложены в настоящей статье, являлось изучение биоразнообразия планктонных коловраток и ракообразных, характеристика структуры сообществ и оценка качества воды озёр Волжско-Камского заповедника и его охранный зоны методами биоиндикации.

Материалы и методика

Использованы материалы исследований, выполненных нами в 1998–2014 гг. Исследования проводили на 12 озёрах Раифского участка заповедника и его охранный зоны – Раифское, Белое, Ильинское, Линёво, Карасиха, Илантово, Гнилое, Шатуниха, Круглое, Крутое, Долгое и

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: oderevenskaya@mail.ru;

² ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: l-unka@mail.ru

Моховое.

Пробы зоопланктона отбирали на глубоководных озёрах при помощи сети Джеди (размер ячеи 100 мкм) по горизонтам, выделенным в соответствии со стратификацией воды по температуре; на мелководных – облавливали сетью Джеди весь столб воды, либо процеживали 50 л воды через сеть Апштейна.

Периодичность отбора проб различалась по годам: обычно пробы отбирали один раз в сезон в период наибольшего развития зоопланктона (в июне–июле), либо однократно во все сезоны года. Всего за период исследований было отобрано и обработано более 500 количественных проб зоопланктона.

Камеральная обработка проб включала определение видового состава зоопланктона, его численности и биомассы. Идентификация видов проведена при помощи определителей (Кутикова 1970; Иванова и др. 1994; Алексеев и др., 1995, 2010). Расчёт численности и биомассы видов выполнен в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками (Методические..., 1982).

Степень разнообразия зоопланктона оценивали по индексу Шеннона (Shannon, Weaver, 1949). Индекс Симпсона (Whittaker, 1965) был рассчитан для оценки структуры сообщества. Индекс сапробности рассчитывали по методу Пантле и Букк в модификации Сладечека (Sladechek, 1973). При анализе и обсуждении результатов использованы значения индексов, рассчитанные по летним пробам.

Результаты и их обсуждение

Озеро Раифское. За период исследований в озере было выявлено 67 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 35 видов (52 %), Cladocera – 21 (31 %) и Copepoda – 11 (17 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *Daphnia* (D.) *cucullata* Sars, 1862, *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863), *Keratella quadrata* (Muller, 1786), *Bosmina* (B.) *longirostris* (O.F.Muller, 1785), *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851). Доминирующий комплекс образовывали обычно 3–4 вида и 2–3 вида были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 34 (в 1998 г.) до 541,5 тыс. экз/м³ (в 2008 г.) (рис. 1 а). Средние значения численности составляли 239±41 тыс экз/м³; преобладали веслоногие ракообразные. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 1998 г. – 0,2 г/м³, наиболее высокие значения (6,1 г/м³) наблюдались в 2008 г. (рис. 1 б). Наиболее часто летние значения биомассы зоопланктона укладывались в диапазон от 1 до 2 г/м³; водоём – α -мезотрофный, в соответствии с классификацией С. П. Китаева (1984). Средние за период исследований значения биомассы составили 1,59±0,4 г/м³; преобладали ветвистоусые ракообразные.

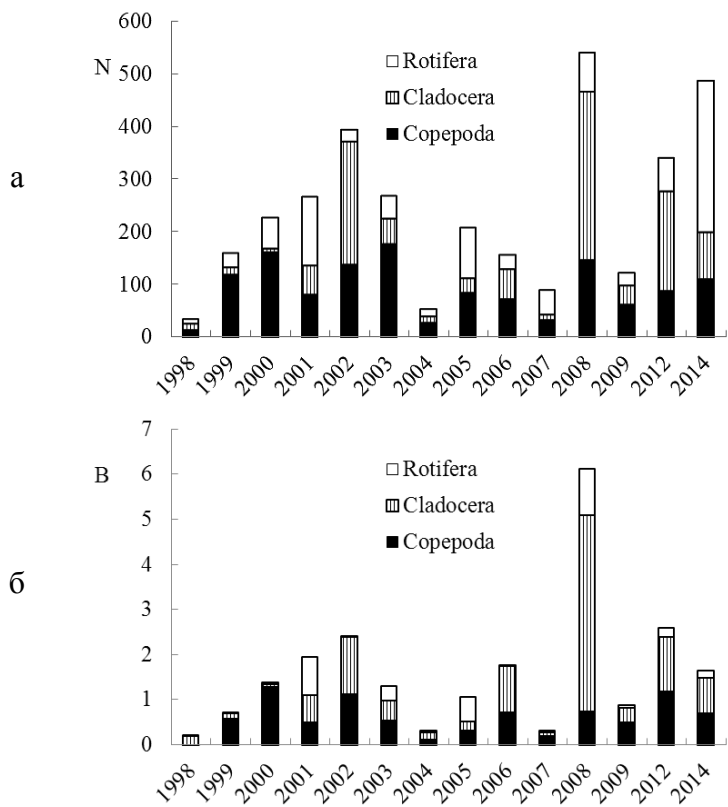


Рис. 1. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Раифское.

Таблица 1

Значения индексов сапробности (S), Шеннона (H) и Симпсона (C), рассчитанные по численности (N) и биомассе (B) зоопланктона озёр Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны

Индексы	Раифское n=38	Белое n=33	Шатуниха n=9	Крутое n=9	Ильинское n=28	Илантово n=22
S	1,64±0,02	1,77±0,02	1,56±0,04	1,68±0,05	1,65±0,02	1,55±0,02
H _N	2,52±0,08	2,21±0,09	2,73±0,09	2,74±0,17	3,16±0,09	2,04±0,16
H _B	2,07±0,1	2,50±0,09	2,15±0,17	1,91±0,18	2,71±0,09	1,62±0,13
C _N	0,73±0,01	0,66±0,02	0,76±0,01	0,78±0,03	0,83±0,01	0,62±0,04
C _B	0,65±0,02	0,69±0,03	0,65±0,04	0,61±0,05	0,76±0,02	0,52±0,04

Продолжение таблицы 1

Индексы	Гнилое n=17	Круглое n=11	Долгое n=13	Линёво n=30	Карасиха n=17	Моховое n=9
S	1,51±0,02	1,53±0,04	1,43±0,02	1,61±0,03	1,67±0,05	1,73±0,02
H _N	2,08±0,15	2,67±0,16	2,39±0,17	2,53±0,08	2,49±0,09	2,21±0,27
H _B	1,53±0,17	1,89±0,25	2,19±0,19	2,19±0,11	2,05±0,16	1,55±0,30
C _N	0,64±0,04	0,76±0,03	0,70±0,03	0,73±0,02	0,72±0,03	0,65±0,07
C _B	0,47±0,05	0,57±0,07	0,65±0,05	0,68±0,03	0,64±0,03	0,47±0,09

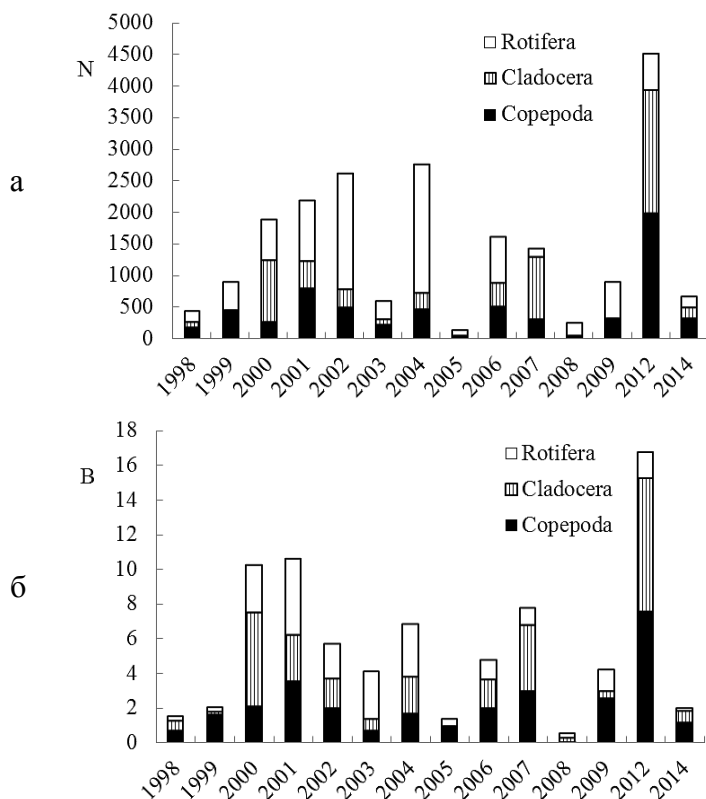


Рис. 2. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Белое.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,64 \pm 0,02$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,52 \pm 0,08$ (табл. 1), что характеризуют водоём как мезотрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониковой (1996).

Озеро Белое. За период исследований в озере было выявлено 74 вида планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 38 видов (52 %), Cladocera – 21 (28 %) и Copepoda – 15 (20 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *D. (D.) cucullata*, *T. oithonoides*, *K. quadrata*, *B. (B.) longirostris*, *K. cochlearis* и *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850. Доминирующий комплекс образовывали обычно 3–4 вида и 4–5 видов были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 122,3 тыс. экз/м³ (в 2005 г.) до 4507,9 тыс. экз/м³ (в 2012 г.) (рис. 2 а). Средние значения численности составляли $1480,7 \pm 327,0$ тыс. экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2008 г. – $0,46$ г/м³, наиболее высокие значения ($16,73$ г/м³) наблюдались в 2012 г. (рис. 2 б). Наиболее часто летние значения биомассы зоопланктона укладывались в диапазон от 4 до 10 г/м³; водоём – α -эвтрофный, а иногда и β -эвтроф-

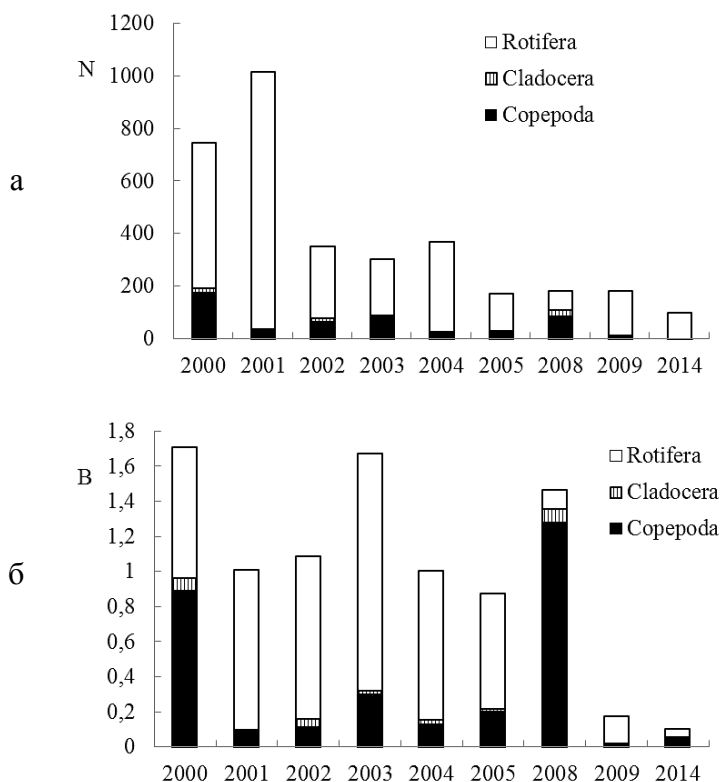


Рис. 3. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Шатуниха.

эвтрофный, в соответствии с классификацией С. П. Китаева (1984). Средние за период исследований значения биомассы составили $5,5 \pm 1,2$ г/м³; преобладали веслоногие ракообразные.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,77 \pm 0,02$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,21 \pm 0,09$ (табл. 1), что характеризует водоём как мезотрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониковой (1996).

Озеро Шатуниха. За период исследований в озере было выявлено 53 вида планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 35 видов (66 %), Cladocera – 12 (23 %) и Copepoda – 6 (11 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *K. cochlearis*, *Brachionus angularis* Gosse, 1851, *A. priodonta*, *Trichocerca* (T.) *cylindrica* (Imhof, 1891), *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943. Доминирующий комплекс образовывали обычно 4 вида и столько же были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 96,5 тыс. экз/м³ (в 2014 г.) до 1011,9 тыс. экз/м³ (в 2001 г.) (рис. 3 а). Средние значения численности составляли $378,0 \pm 101,6$ тыс. экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2014 г. – $0,10$ г/м³, наиболее высо-

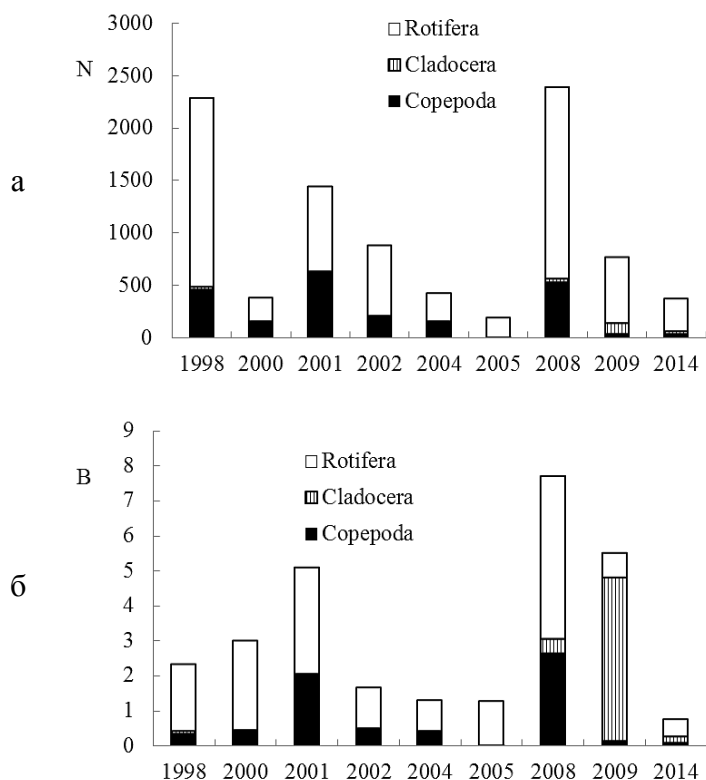


Рис. 4. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Крутое.

кие значения (1,0 г/м³) наблюдались в 2000 г. (рис. 3 б). Наиболее часто летние значения биомассы зоопланктона составляли около 1 г/м³; водоём мезотрофный, в соответствии с классификацией С. П. Китаева (1984). Средние за период исследований значения биомассы составили $1,01 \pm 0,19$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,56 \pm 0,04$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,73 \pm 0,09$ (табл. 1), что характеризует водоём как мезотрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониковой (1996).

Озеро Крутое. За период исследований в озере было выявлено 49 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 31 вид (63 %), Cladocera – 12 (25 %) и Copepoda – 6 (12 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *K. cochlearis*, *A. priodonta*, *Brachionus diversicornis* (Daday, 1883), *B. angularis*, *T. (T.) cylindrica*. Доминирующий комплекс образовывали обычно 4–5 видов и 3 вида были субдоминантами

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 181,2 тыс. экз/м³ (в 2005 г.) до 2386,3 тыс. экз/м³ (в 2008 г.) (рис. 4 а). Средние значения численности составляли $1008,2 \pm$

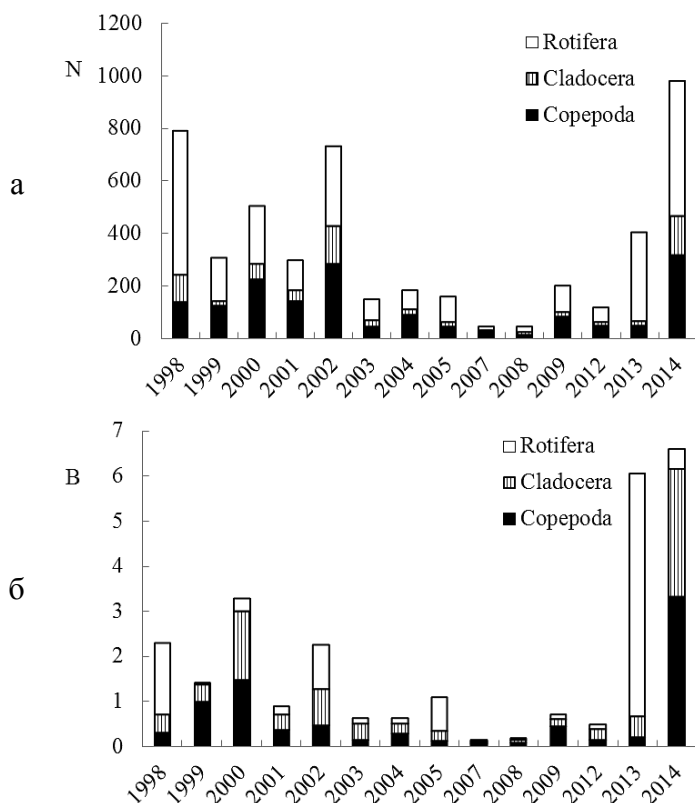


Рис. 5. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Ильинское.

279,8 тыс. экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2014 г. – 0,73 г/м³, наиболее высокие значения (7,67 г/м³) наблюдались в 2008 г. (рис. 4 б). Наиболее часто летние значения биомассы зоопланктона находились в пределах 1–3 г/м³ – водоём мезотрофный, иногда превышали 4 г/м³ – водоём α -эвтрофный, в соответствии с классификацией С. П. Китаева (1984). Средние за период исследований значения биомассы составили $3,16 \pm 0,79$ г/м³, преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,68 \pm 0,05$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,74 \pm 0,17$ (табл. 1), что характеризует водоём как олиготрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониловой (1996).

Озеро Ильинское. За период исследований в озере выявлено 58 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 33 вида (57 %), Cladocera – 18 (31 %) и Copepoda – 7 (12 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *D. (D.) cucullata*, *T. oithonoides*, *K. cochlearis*, *B. diversicornis* и *B. angularis*. Доминирующий комплекс образовывали обычно 5–6 видов и столько же были субдоминантами.

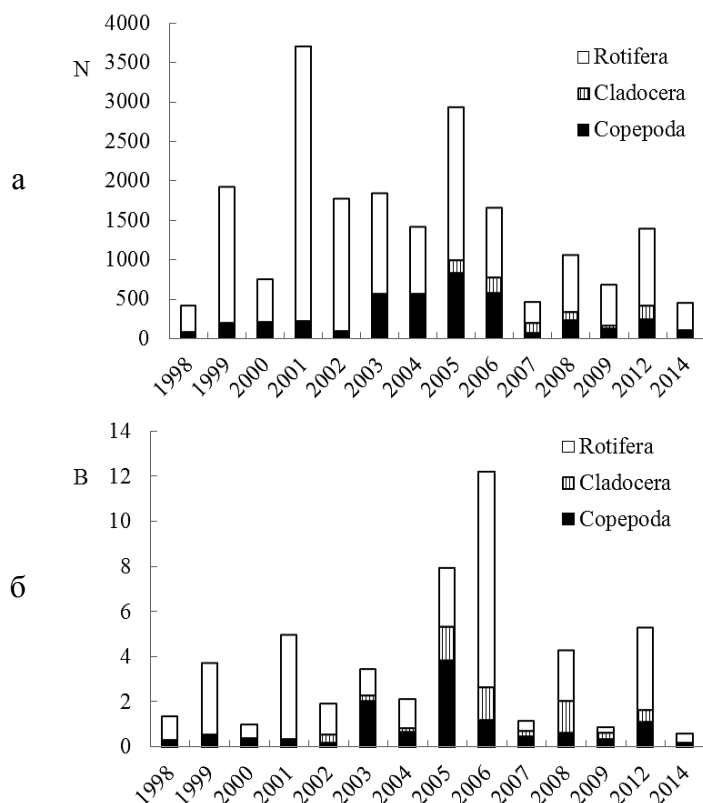


Рис. 6. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Илантово.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 41,15 (в 2008 г.) до 980,12 тыс. экз./м³ (в 2014 г.) (рис. 5 а). Средние значения численности составляли $349,0 \pm 79,1$ тыс. экз./м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2007 г. – 0,12 г/м³, наиболее высокие значения (6,58 г/м³) наблюдались в 2014 г. (рис. 5 б). Наиболее часто летние значения биомассы зоопланктона находились ниже или чуть выше 1 г/м³ – водоём β -олиготрофный или α -мезотрофный в соответствии с классификацией С. П. Китаева (1984). Средние за период исследований значения биомассы составили $1,88 \pm 0,56$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,65 \pm 0,02$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $3,16 \pm 0,09$ (табл. 1), что характеризует водоём как олиготрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониковой (1996).

Озеро Илантово. За период исследований в озере было выявлено 65 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 33 вида (51 %), Cladocera – 20 (31 %) и Copepoda – 12 (18 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *K. cochlearis*, *Postclausa hyptopus* (Ehrenberg, 1838), *A. priodonta*. Доминирующий ком-

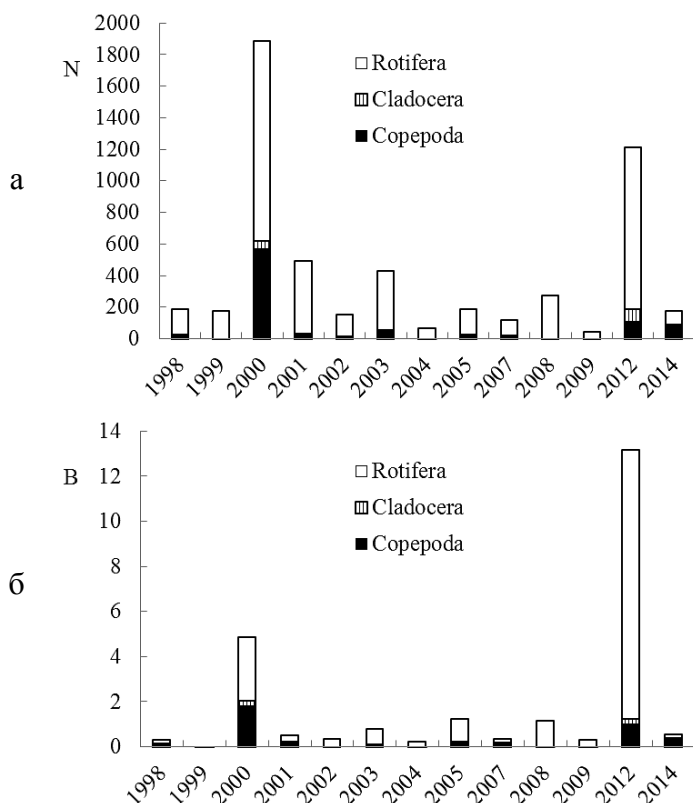


Рис. 7. Динамика численности (N, тыс. экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Гнилое.

плекс образовывали обычно 3 вида и 3 вида были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 406,0 тыс. экз/м³ (в 1998 г.) до 3698,8 тыс. экз/м³ (в 2001 г.) (рис. 6 а). Средние значения численности составляли $1453,9 \pm 257,9$ тыс. экз/м³, преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2014 г. – 0,58 г/м³, наиболее высокие значения (12,23 г/м³) наблюдались в 2006 г. (рис. 6 б). Значения биомассы изменялись от величин, характерных для β -олиготрофных озёр до α -эвтрофных. Средние за период исследований значения биомассы составляли $3,63 \pm 0,87$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,55 \pm 0,02$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,04 \pm 0,16$ (табл. 1), что характеризует водоём как эвтрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониловой (1996).

Озеро Гнилое. За период исследований в озере было выявлено 40 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 26 видов (65 %), Cladocera – 10 (25 %) и Copepoda – 4 (10 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *K. cochlearis*, *P. vulgaris*, *P. hyptopus*, *A. priodonta*. Доминирующий комплекс образо-

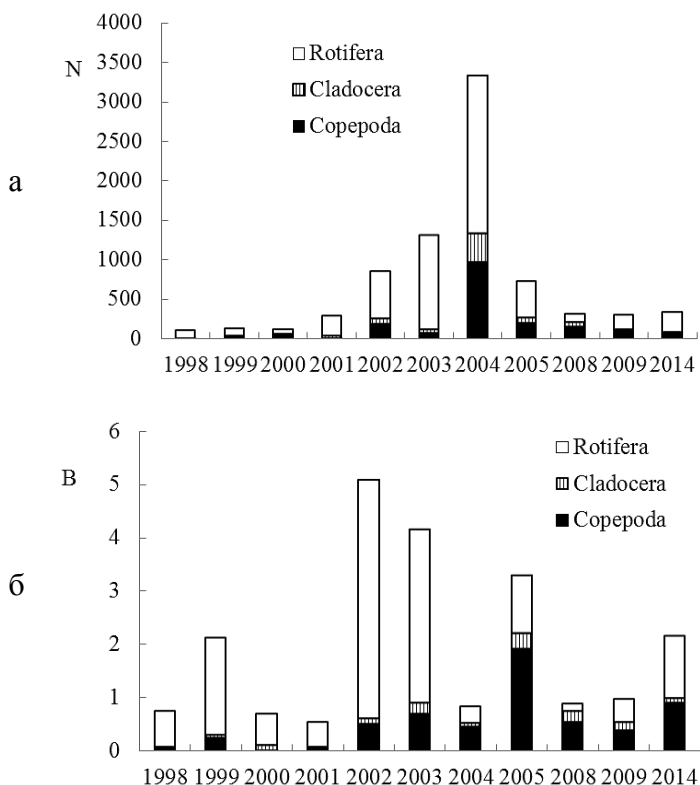


Рис. 8. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Круглое.

вывали обычно 3 вида и 1–2 вида были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 40,8 тыс.экз/м³ (в 2009 г.) до 1882,7 тыс. экз/м³ (в 2000 г.) (рис. 7 а). Средние значения численности составляли $414,4 \pm 148,7$ тыс. экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2004 г. – 0,04 г/м³, наиболее высокие значения (13,1 г/м³) наблюдались в 2012 г. (рис. 7 б). Значения биомассы наиболее часто составляли до 1 г/м³, что характерно для α - и β -олиготрофных озёр. Средние за период исследований значения биомассы составляли $1,8 \pm 1,0$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,51 \pm 0,02$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,08 \pm 0,15$ (табл. 1), что характеризует водоём как эвтрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониловой (1996).

Озеро Круглое. За период исследований в озере было выявлено 44 вида планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 25 видов (57 %), Cladocera – 11 (25 %) и Copepoda – 8 (18 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *K. cochlearis*, *P. vulgaris*, *P. hyptopus*, *A. priodonta*. Доминирующий комплекс образо-

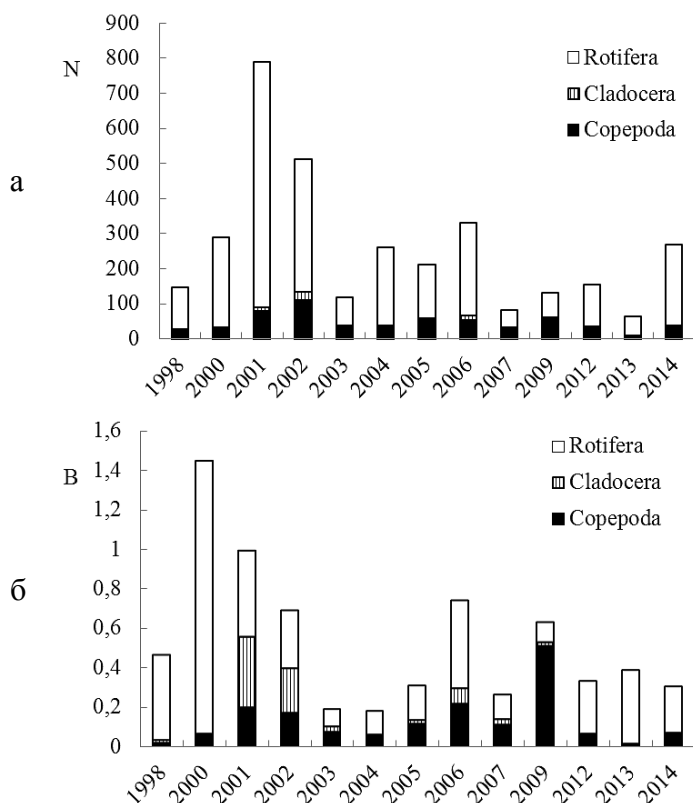


Рис. 9. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Долгое.

вывали обычно 4–5 видов и 2–3 вида были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 92,6 тыс.экз/м³ (в 1998 г.) до 3335,2 тыс. экз/м³ (в 2004 г.) (рис. 8 а). Средние значения численности составляли $703,4 \pm 286,3$ тыс экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2001 г. – 0,5 г/м³, наиболее высокие значения (5,1 г/м³) наблюдались в 2002 г. (рис. 8 б). Значения биомассы наиболее часто находились в пределах от 0,5 до 1,0 г/м³, что характерно для β -олиготрофных озёр, однако в некоторые годы она увеличивалась до величин, характерных для α -эвтрофных озёр. Средние за период исследований значения биомассы составляли $1,9 \pm 0,5$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,53 \pm 0,04$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,67 \pm 0,16$ (табл. 1), что характеризует водоём как олиготрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониковой (1996).

Озеро Долгое. За период исследований в озере было выявлено 53 вида планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 32 вида (60 %), Cladocera – 14 (26 %) и Copepoda – 7 (13 %).

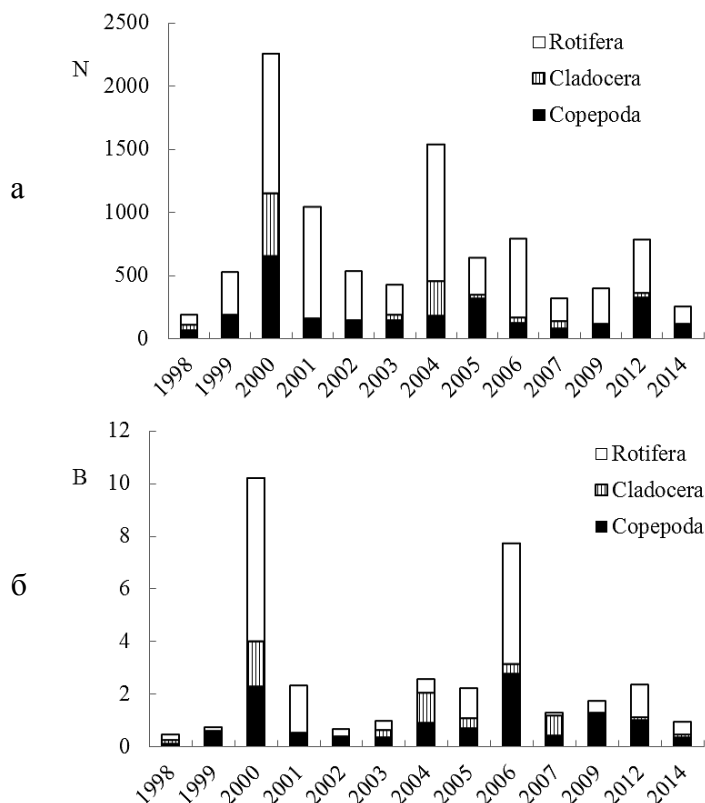


Рис. 10. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Линёво.

Наиболее часто доминировали по численности: *K. cochlearis*, *P. vulgaris*, *P. hyptopus*, *T. (T.) cylindrica*. Доминирующий комплекс образовывали обычно 3 или 4 вида, 2–3 вида были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 63,4 (в 2013 г.) до 787,8 тыс. экз./м³ (в 2001 г.) (рис. 9 а). Средние значения численности составляли $257,2 \pm 55,6$ тыс. экз./м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2004 г. – 0,2 г/м³, наиболее высокие значения (1,4 г/м³) наблюдались в 2000 г. (рис. 9 б). Значения биомассы чаще всего не превышали 0,5 г/м³, что характерно для α -олиготрофных озёр. Средние за период исследований значения биомассы составляли $0,5 \pm 0,1$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,43 \pm 0,02$ – олигосапробная зона; вода в озере чистая, II класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,39 \pm 0,17$ (табл. 1), что характеризует водоём как мезотрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониловой (1996).

Озеро Линёво. За период исследований в озере было выявлено 53 вида планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 29 видов (55 %), Cladocera – 15 (28 %) и Copepoda – 9 (17 %).

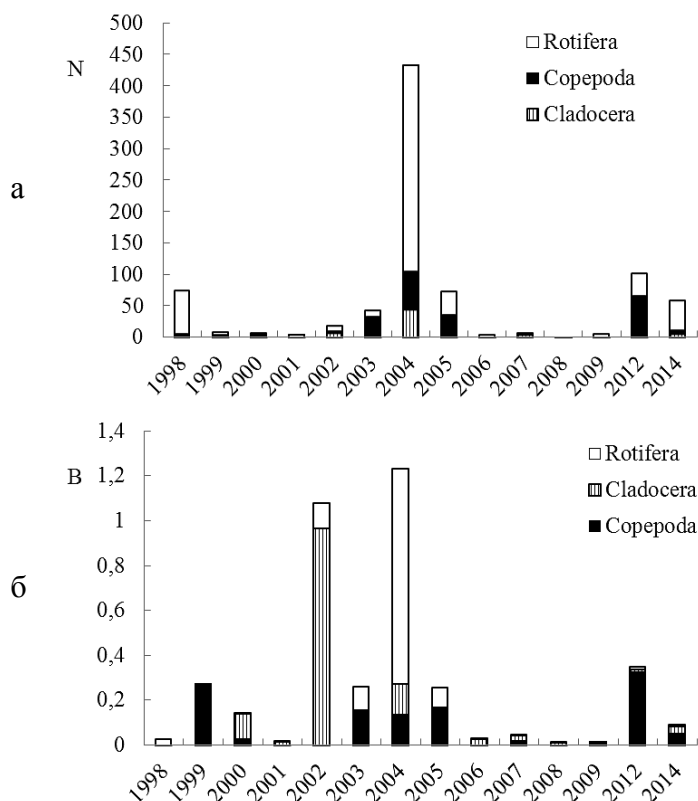


Рис. 11. Динамика численности (N, тыс.экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Карасиха.

Наиболее часто доминировали по численности: *D. (D.) cucullata*, *T. oithonoides*, *K. quadrata*, *B. (B.) longirostris*, *K. longispina*, *K. cochlearis*, *F. longiseta*, *A. priodonta*, *P. hyptopus* и *B. angularis*. Доминирующий комплекс образовывали обычно 6–7 видов и 4–5 были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 180,1 тыс. экз/м³ (в 1998 г.) до 2256,2 тыс. экз/м³ (в 2000 г.) (рис. 10 а). Средние значения численности составляли $740,9 \pm 156,1$ тыс экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 1998 г. – 0,4 г/м³, наиболее высокие значения (10,2 г/м³) наблюдались в 2000 г. (рис. 10 б). Значения биомассы наиболее часто находились в пределах 0,5–3 г/м³, что характерно для β -олиготрофных– β -мезотрофных озёр. Средние за период исследований значения биомассы составляли $2,6 \pm 0,8$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,61 \pm 0,03$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,53 \pm 0,08$ (табл. 1), что характеризует водоём как мезотрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониловой (1996).

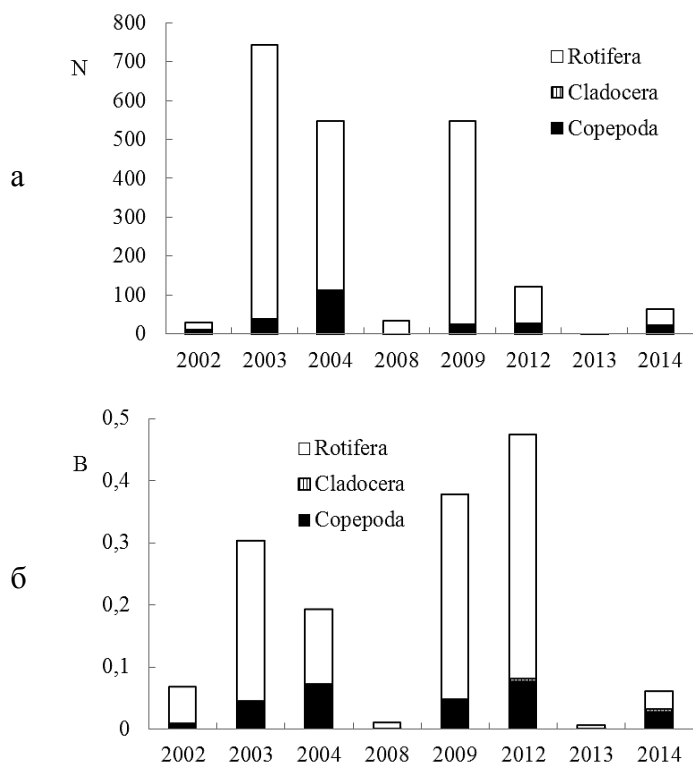


Рис. 12. Динамика численности (N, тыс. экз./м³) (а) и биомассы (B, г/м³) (б) зоопланктона оз. Моховое.

Озеро Карасиха. За период исследований было выявлено 65 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 36 видов (55 %), Cladocera – 18 (28 %) и Copepoda – 11 (17 %).

Наиболее часто доминировали по численности *T. oithonoides*, *B. (B.) longirostris*, *P. vulgaris*, *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834). Доминирующий комплекс образовывали обычно 4 вида и 3 вида были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 0,48 (в 2008 г.) до 434,1 тыс. экз/м³ (в 2004 г.) (рис. 11 а). Средние значения численности составляли $59,4 \pm 30,2$ тыс экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2009 г. – 0,01 г/м³, наиболее высокие значения (1,23 г/м³) наблюдались в 2004 г. (рис. 11 б). Значения биомассы чаще всего не превышали 0,5 г/м³, что характерно для α -олиготрофных озёр. Средние за период исследований значения биомассы составляли $0,27 \pm 0,10$ г/м³; преобладали ветвистоусые ракообразные.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,67 \pm 0,05$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,49 \pm 0,09$ (табл. 1), что характеризует водоём как мезотрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониловой (1996).

Озеро Моховое. За период исследований выявлено 38 видов планктонных коловраток и ракообразных, из них Rotifera – 26 видов (68 %), Cladocera – 7 (19 %) и Copepoda – 5 (13 %).

Наиболее часто доминировали по численности: *K. cochlearis*, *B. angularis*, *A. priodonta*, *P. vulgaris*. Доминирующий комплекс образовывали обычно 3–4 вида и столько же были субдоминантами.

Летняя численность зоопланктона за период исследований изменялась от 28,4 (в 2002 г.) до 743,4 тыс. экз/м³ (в 2003 г.) (рис. 12 а). Средние значения численности составляли $260,6 \pm 105,8$ тыс экз/м³; преобладали коловратки. Наименьшие летние значения биомассы были выявлены в 2008 г. – 0,01 г/м³, наиболее высокие значения (0,47 г/м³) наблюдались в 2012 г. (рис. 12 б). Значения биомассы наиболее часто были менее 0,5 г/м³, что характерно для α -олиготрофных озёр. Средние за период исследований значения биомассы составляли $0,18 \pm 0,06$ г/м³; преобладали коловратки.

Средняя величина индекса сапробности (S) составляла $1,73 \pm 0,02$ – β -мезосапробная зона; вода в озере умеренно загрязненная, III класс качества. Средние значения индекса Шеннона (H_N) составляли $2,21 \pm 0,27$ (табл. 1), что характеризует водоём как мезотрофный в соответствии с классификацией И. Н. Андрониковой (1996).

Заключение

В результате многолетних исследований в озёрах Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны выявлен 131 вид зоопланктонёров, из них коловраток – 62 (47 %), ветвистоусых ракообразных – 44 (34 %), веслоногих – 25 (19 %). По величине биомассы зоопланктона озёра заповедника относились к различным типам – от олиготрофного до эвтрофного. По величине индекса сапробности озёра относились к β -мезосапробным, умеренно загрязненным, III класса качества воды; исключение составляло оз. Долгое, которое относилось к олигосапробному типу.

Литература

АЛЕКСЕЕВ В. Р., ВАСИЛЕНКО С. В., ГЛАГОЛЕВ С. М., ДОБРЫНИНА Т. И., КОРОВЧИНСКИЙ Н. М., КОТОВ А. А., КУРАШОВ Е. А., ОРЛОВА-БЕНЬКОВСКАЯ М. Я., РИВЬЕР И. К., СМЕРНОВ Н. Н., СТАРОБОГАТОВ Я. И., СТЕПАНОВА Л. А., ФИЛЬЧАКОВ В. А. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные / Под ред. С. Я. Цалолихина. СПб.: Зоолог. ин-т РАН, 1995. Т. 2. 628 с.

АЛЕКСЕЕВ В. Р., ГЛАГОЛЕВ С. М., ДОБРЫНИНА Т. И., КОТОВ А. А., КУТИКОВА Л. А., МАЗЕЙ Ю. А., МАЛЯВИН С. А., НАУМОВА Е. Ю., СИНЕВ А. Ю., СМЕРНОВ Н. Н., СТЕПАНОВА Л. А., СТОЙКО Т. Г., СУХИХ Н. М., ТЕЛЕШ И. В., ФЕФИЛОВА Е. Б., ФИЛЬЧАКОВ В. А. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.

АНДРОНИКОВА И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озёрных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.

ИВАНОВА Л. В., СТЕПАНЬЯНЦ С. Д., РОГОЗИН А. Г., КУТИКОВ Л. А., ЦАЛОЛИХИН С. Я.,

СПИРИДОНОВ С. Э., ФИНОГЕНОВА Н. П., ПОЛЯКОВА Е. А., ГОНТАРЬ В. И., ТУМАНОВ Д. В. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Низшие беспозвоночные / Под ред. С. Я. Цалолыхина. СПб.: Зоолог. ин-т РАН, 1994. Т. 1. 396 с.

КИТАЕВ С. П. Экологические основы биопродуктивности озёр разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.

КУТИКОВА Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida). Л.: Наука, 1970. 744 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРУ И ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ГИДРО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЁМАХ. Зоопланктон и его продукция. Л., 1982. 33 с.

SLADECEK V. System of water quality from biological point of view // Egetnisse der Limnologie. 1973. Heft. 7. P. 1–218.

SHANNON C. E., WEAVER W. The mathematical theory of communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.

WHITTAKER R. H. Dominance and diversity in land plant communities // Science. 1965. Vol. 147, Suppl. 365. P. 250–260.

УДК 574.587 (470.41)

Зообентос озёр Архиерейское и Чёрное Лаишевского района Республики Татарстан

*А. В. Мельникова*¹

MELNIKOVA A. V. THE ZOOBENTHOS OF THE LAKES ARHIEREISKOE AND CHERNOE
IN LAISHEV DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

The article presents the results of research of zoobenthos in lakes having status of nature monuments of regional value, the Arhiereiskoe and Chernoe. Current species composition of benthic invertebrates in the lake Arhiereiskoe accounts for 30 species, and in Chernoe – 28. The greatest species diversity was characteristic for Diptera. The abundance of zoobenthos of Arhiereiskoe and Chernoe lakes amounted for 320 ± 113 ind/m² and 700 ± 14 ind/m² and biomass – for 1.05 ± 0.65 g/m² and 5.63 ± 2.44 g/m², respectively. The main contribution to the quantitative indicators was made by members of the order Diptera; however, in the Chernoe lake biomass, a significant contribution was made by Gastropoda. Analysis of water quality showed that the lake Arhiereiskoe corresponds to the «moderately polluted» and Chernoe to «polluted» waters.

По данным на 2016 г. в Республике Татарстан насчитывалось 171 особо охраняемый природный объект, сюда относятся Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник, Национальный парк «Нижняя Кама», 26 государственных природных заказников регионального значения разного профиля, 140 памятников природы регионального значения (наземных 76 и водных 64 – озёра, реки, родники) и 3 ООПТ местного значения (Потапова и др., 2006; Водные..., 2014; Постановление..., 2016). Рассматриваемые в данной работе озёра Архиерейское и Чёрное постановлением Совета Министров Татарской АССР от 10 января 1978 г. № 25 и постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан от 29 декабря 2005 г. № 644 признаны памятником природы регионального значения (Постановление..., 2016).

Озеро Архиерейское располагается в Лаишевском районе Татарстана у с. Тарлаши (координаты: 55°33'04.17" с. ш. 49°08'21.28" в. д. / 55.551158° с. ш. 49.139244° в. д.). Это водораздельное озеро, имеющее вытянутую форму. Длина его достигает 2137 м, максимальная ширина составляет 494 м. Максимальная глубина равна 35 м, но средняя величина этого параметра составляет около 6 м. Площадь водного зеркала равняется 61,4 гектару, а объем озера – 4 млн. м³. Озеро имеет карстовое происхождение и относится к бессточному типу. Питание смешенное с преобладание подземного и грунтового типов. Из-за дождевых и талых вод уровень воды в озере может подниматься на 80–100 см. Вода слабо минерализованная (52 мг/л) и очень мягкая (<1

¹ Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан;
E-mail: d.bugensis@mail.ru

ммоль/л), не имеет запаха и с зеленовато-жёлтым цветом. Прозрачность воды в озере достигает 1 м. По химическому типу воды соответствуют гидрокарбонатно-кальциевым, а по значениям pH – слабокислым (6,1). Донные отложения профундали озера представлены в основном серыми илами (Архиерейское, 2016; ООПТ России, 2016).

По литературным данным фауна озера включает 11 видов рыб, 13 видов коловраток, 27 – ракообразных, 5 – инфузорий, 12 видов водорослей, зообентос представлен 19 видами (Экологический гид..., 2015; ООПТ России, 2016).

Озеро Архиерейское является важным источником природного водоснабжения, а также популярным местом отдыха местных жителей. На западном берегу озера находится садовое товарищество «Гигант», которое является одним из источников загрязнения водоёма (Архиерейское, 2016; ООПТ России, 2016; Постановление..., 2016).

Озеро Чёрное располагается в 1,5 км юго-восточнее с. Тарлаши Лаишевского района (55°33'02" с. ш. 49°08'24 в. д.). Озеро находится недалеко (менее 500 м) от оз. Архиерейское. Водоём также имеет вытянутую форму, и длина его составляет 507 м, а максимальная ширина 123 м. Средняя глубина равна 3 м, площадь водного зеркала 4,44 гектар, объем – 170 тыс. м³. Северо-восточная часть озера заболоченная. Питание озера в основном подземное. Вода без цвета и запаха, очень мягкая, слабой минерализации (102 мг/л), прозрачность 2 м. Химический тип воды гидрокарбонатно-кальциевый, вода слабокислая (6,7). Дно также представлено серыми илами и покрыто водорослями (Чёрное..., 2016).

Фауна озера представлена коловратками (5 видов), планктонными ракообразными (11), инфузориями (3), водорослями (8), зообентос слагают 9 видов. На поверхности озера видны растения жёлтой кубышки (Экологический гид..., 2015; ООПТ России, 2016; Постановление..., 2016).

Озеро Чёрное используется местным населением в основном для водопоя скота, в результате чего его берега и мелководная зона подвержены сильному вытаптыванию (ООПТ России, 2016; Постановление..., 2016).

Материалы и методы

В ходе исследований, проводимых 26 V 2016 г. в соответствии с общепринятыми стандартными методами в гидробиологии (Frost et al., 1972; Методика..., 1975; Методические..., 1984), были отобраны по две качественные пробы (ручной сачок/скребок, сеть которого с размером ячеи 0,5 мм) и количественные пробы (дночерпателем Петерсена в двух повторностях). Для фиксации использовали 70 % спирт. Камеральную обработку выполняли в лабораторных условиях в соответствии с общепринятыми в гидробиологии методами (Руководство..., 1983; Руководство..., 1992).

Результаты и их обсуждение

Видовое разнообразие. Фауна донных беспозвоночных в оз. Архирейское по данным качественных и количественных проб была представлена 30 видами, а в озере Чёрное – 28. Зообентос был представлен нематодами, олигохетами, пиявками, моллюсками, водяными клещами, равноногими ракообразными и насекомыми (табл. 1).

Таблица 1

Таксономическое разнообразие зообентоса
озёр Архирейское (1) и Чёрное (2)

№	Таксон	1	2
1	<i>Nematoda</i> sp.	+	+
Oligochaeta			
2	<i>Enchytraeidae</i> sp.	+	+
3	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	+	
4	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	+	+
5	<i>Nais barbata</i>		+
6	<i>Stylaria lacustris</i>	+	+
7	<i>Tubifex newaensis</i>	+	
8	<i>Tubifex tubifex</i>	+	+
Hirudinea			
9	<i>Helobdella stagnalis</i>	+	
Gastropoda			
10	<i>Bithynia tentaculata</i>		+
11	<i>Gyraulus albus</i>		+
12	<i>Lymnaea intermedia</i>	+	
13	<i>Lymnaea ovata</i>		+
14	<i>Planorbis planorbis</i>		+
15	<i>Valvata piscinalis</i>		+
16	<i>Viviparus viviparus</i>		+
Bivalvia			
17	<i>Pisidium amnicum</i>		+
18	<i>Pisidium</i> sp.		+
Hydracarina			
19	<i>Hydracarina</i> sp.	+	+
Isopoda			
20	<i>Asellus aquaticus</i>	+	+
Ephemeroptera			
21	<i>Caenis horaria</i>	+	+
22	<i>Caenis robusta</i>		+
23	<i>Cloeon dipterum</i>		+
Odonata			
24	<i>Coenagrion pulchellum</i>	+	
25	<i>Epitheca bimaculata</i>	+	
26	<i>Erythromma najas</i>		+
27	<i>Laucorrhinia rubicunda</i>	+	
28	<i>Laucorrhinia</i> sp.		+

Продолжение таблицы 1

№	Таксон	1	2
Heteroptera			
29	<i>Micronecta</i> sp.	+	
30	<i>Plea minutissima</i>		+
Trichoptera			
31	<i>Limnephilus rhombicus</i>	+	
32	<i>Limnephilus borealis</i>	+	
33	<i>Mystacides longicornis</i>	+	
34	<i>Mystacides nigra</i>	+	
Diptera			
Chironomidae			
Tanypodanae			
35	<i>Tanypus</i> sp.		+
Orthoclaadiinae			
36	<i>Corynoneura scutellata</i>	+	
37	<i>Cricotopus</i> (L.) <i>sylvestris</i>	+	
38	<i>Psectrocladius</i> (P.) <i>sordidellus</i>	+	
Chironominae			
39	<i>Rheotanytarsus</i> sp.	+	+
40	<i>Tanytarsus</i> sp.	+	
41	<i>Chironomus plumosus</i> f. l. <i>plumosus</i>		+
42	<i>Chironomus plumosus</i> f. l. <i>semireductus</i>	+	
43	<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	+	
44	<i>Endochironomus albipennis</i>	+	
45	<i>Glyptotendipes pallens</i>	+	
Ceratopogonidae			
46	<i>Ceratopogonidae</i> sp.		+
Chaoboridae			
47	<i>Chaoborus</i> (C.) <i>flavicans</i>	+	+
Tabanidae			
48	<i>Chrysops</i> sp.	+	+

Количество общих для озёр видов составило 10; видов, которые были обнаружены только в оз. Архиерейское, – 20, а только в оз. Чёрное – 18. Наибольшее количество видов было выявлено в качественных пробах, отобранных сачком; так, в оз. Архиерейское было обнаружено 27 видов, а в оз. Чёрное – 24. В количественных пробах, отобранных дночерпателем, эти показатели составили лишь 11 и 14 соответственно.

Индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанного для оз. Архиерейское по качественным пробам в среднем по численности (H_N) составил $2,7115 \pm 0,1007$ бит/экз. и по биомассе (H_B) – $3,2148 \pm 0,1181$ бит/г. Для количественных проб значение данного индекса несколько ниже – $2,1127 \pm 0,4332$ бит/экз. и $1,3024 \pm 0,0359$ бит/г соответственно.

В оз. Чёрное наибольшие показатели индекса Шеннона были выяв-

лены в количественных пробах. Так, в качественных пробах H_N составил $1,7160 \pm 0,0716$ бит/экз. и $H_B - 2,0153 \pm 0,0772$ бит/г, а в количественных эти показатели составили $2,5471 \pm 0,0865$ бит/экз. и $2,0402 \pm 0,1188$ бит/г соответственно.

В таблице 2 представлены результаты по структурному анализу сообщества зообентоса в озёрах по данным качественных и количественных проб.

Таблица 2

Средние значения индексов видового богатства Менхиника (D_{Mn}) и Маргалефа (D_{Mg}) и выравненности Пиелу (e) в качественных (1) и количественных (2) пробах

Индексы	Озеро Архиерейское		Озеро Чёрное	
	1	2	1	2
D_{Mn}	$0,31 \pm 0,09$	$0,32 \pm 0,06$	$0,37 \pm 0,04$	$0,34 \pm 0,06$
D_{Mg}	$2,15 \pm 0,51$	$0,84 \pm 0,32$	$2,09 \pm 0,12$	$1,22 \pm 0,22$
e	$0,66 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,03$	$0,42 \pm 0,01$	$0,82 \pm 0,03$

Количественные показатели. В оз. Архиерейское количественные показатели зообентоса по данным проб, отобранных с помощью дночерпателя, в среднем составили по численности 320 ± 113 экз./м² и по биомассе $1,05 \pm 0,65$ г/м². Эти же показатели для озера Чёрное равнялись 700 ± 14 экз./м² и $5,63 \pm 2,44$ г/м² соответственно.

В оз. Архиерейское основной вклад в общую численность и биомассу зообентоса вносили двукрылые насекомые. В оз. Чёрное наибольший вклад в численность вносили двукрылые насекомые, немного им уступали олигохеты и водяные клещи, а по биомассе доминировали Gastropoda и Diptera (табл. 3).

Таблица 3

Средние количественные показатели зообентоса

Таксон	Численность		Биомасса	
	экз./м ²	%	г/м ²	%
Озеро Архиерейское				
Nematoda	10 ± 7	$2,1 \pm 1,5$	$<0,01$	$0,3 \pm 0,2$
Oligochaeta	10 ± 7	$2,1 \pm 1,5$	$0,01 \pm 0,007$	$0,5 \pm 0,4$
Hydracarina	20 ± 14	$4,2 \pm 3,0$	$0,01 \pm 0,007$	$0,5 \pm 0,4$
Diptera	280 ± 85	$91,7 \pm 5,9$	$1,02 \pm 0,64$	$98,7 \pm 0,9$
в т.ч. Chironomidae	260 ± 99	$79,2 \pm 3,0$	$0,98 \pm 0,67$	$65,4 \pm 22,7$
Озеро Чёрное				
Nematoda	20 ± 14	$2,9 \pm 2,1$	$<0,01$	$0,1 \pm 0,04$
Oligochaeta	180 ± 42	$25,5 \pm 5,5$	$0,50 \pm 0,10$	$16,7 \pm 9,1$
Gastropoda	60 ± 42	$8,8 \pm 6,2$	$3,77 \pm 2,67$	$41,5 \pm 29,3$
Hydracarina	150 ± 106	$22,1 \pm 15,6$	$0,40 \pm 0,28$	$4,4 \pm 3,1$
Ephemeroptera	20 ± 14	$2,9 \pm 2,1$	$0,07 \pm 0,05$	$0,8 \pm 0,5$
Diptera	270 ± 148	$37,8 \pm 20,5$	$0,89 \pm 0,45$	$36,6 \pm 24,0$
в т.ч. Chironomidae	200 ± 113	$27,9 \pm 15,6$	$0,72 \pm 0,35$	$29,2 \pm 18,8$

В таблице 4 представлен комплекс доминирующих видов, который формировал > 85 % суммарной биомассы зообентоса в озёрах.

Таблица. 4

Комплекс доминирующих видов
в озёрах Архиерейское и Чёрное

Озеро Архиерейское		Озеро Чёрное	
Вид	Id	Вид	Id
<i>C. plumosus</i> f. l. <i>semireductus</i>	4,09	<i>P. planorbis</i>	3,44
<i>G. pallens</i>	2,19	<i>Tanypus</i> sp.	3,29
<i>C. (I.) sylvestris</i>	1,38	<i>B. tentaculata</i>	2,00
		<i>T. tubifex</i>	1,49
		<i>Hydracarina</i> sp.	1,33
		<i>Ceratopogonidae</i> sp.	1,03

Прим.: Id – индекс доминирования.

По данным качественных проб, основу количественных показателей в оз. Архиерейское также формировали представители отряда Diptera (по численности – 49,6 %, по биомассе – 65,5 %), на втором месте по вкладу располагались олигохеты (15,6 и 19,5 % соответственно). Наибольшие значения индекса доминирования (Id), рассчитанного по биомассе, были выявлены для хирономид – *Rheotanytarsus* sp. (3,93) и *C. (I.) sylvestris* (3,41).

В оз. Чёрное наибольший вклад в показатели численности и биомассы зообентоса вносили водяные клещи (48,5 и 37,1 % соответственно) и личинки подёнок (42,3 и 42,6 % соответственно), следовательно, комплекс доминирующих видов был представлен *Hydracarina* (Id = 6,1), *C. horaria* (Id = 4,6) и *C. robusta* (Id = 2,4).

Оценка качества вод. Для оценки качества воды в водоёмах были использованы индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека (S) и хирономидный индекс Е. В. Балускиной (K), средние значения которых представлены в таблице 5.

Среди обнаруженных донных беспозвоночных в оз. Архиерейское 16 имели индивидуальное значение сапробности (s; Wegl, 1983), из которых 6 видов принадлежали к β -мезосапробным организмам и 5 к гидробионтам, обитающим в β - и α -мезосапробной зоне загрязнения.

Таблица 5

Средние значения индексов оценки качества воды
для озёр Архиерейское и Чёрное
в качественных (1) и количественных (2) пробах

Индексы	Озеро Архиерейское		Озеро Чёрное	
	1	2	1	2
S	2,36±0,04	2,52±0,17	2,32±0,03	2,69±0,16
K	1,50±0,49	1,57±1,01	8,25±0,53	9,69±0,49

В оз. Чёрное из 21 вида, для которых имеются значения s_i , также преобладали β -мезосапробные (8) и β - α -мезосапробные (5) организмы.

По качественным пробам воды озёр Архиерейское и Чёрное по показателям индекса сапробности соответствовали β -мезосапробному типу загрязнения и «умеренно загрязненным» (III класс качества вод), но по данным количественных проб он относился к α -мезосапробным и «загрязненным» (IV класс).

По результатам анализа всех проб по индексу Балушкиной оз. Архиерейское было отнесено к «умеренно загрязненным». Воды оз. Чёрное по данным качественных проб соответствовали «загрязненным», а по количественным – «грязным».

Такое распределение показателей индексов оценки качества воды связано с тем, что качественные пробы отбирались на мелководных участках, а количественные на больших глубинах. Следовательно, точки, где делался отбор, отличались по гидрохимическим и гидрологическим показателям, что, несомненно, отразилось на качественном и количественном составе зообентоса, а вместе с тем и на оценке качества воды.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что видовое разнообразие зообентоса озёр богаче, чем это указывалось в литературных данных. Так, для оз. Архиерейское отмечалось наличие 19, а в оз. Чёрное лишь 9 видов донных беспозвоночных (Экологический гид..., 2015; ООПТ России, 2016; Постановление ..., 2016), тогда как по нашим данным эти показатели в 1,5 и 3 раза выше. Наибольшее видовое разнообразие в обоих озёрах было выявлено для двукрылых насекомых, представленных в основном хирономидами.

Общая численность зообентоса в оз. Архиерейское по данным проб, отобранных с помощью дночерпателя, составила 320 ± 113 экз./м², а биомасса – $1,05 \pm 0,65$ г/м²; основной вклад в эти показатели вносили Diptera. Эти же показатели для оз. Чёрное составили 700 ± 14 экз./м² и $5,63 \pm 2,44$ г/м² соответственно. Основная доля по численности в этом озере приходилась на двукрылых насекомых, а биомасса в основном складывалась из Gastropoda и Diptera.

По результатам анализа качества воды на рассматриваемом участке оз. Архиерейское, воды по большинству рассматриваемых индексов соответствовали «умеренно загрязненным» (III класс), а в оз. Чёрном – «загрязненным» (IV класс).

Литература

АРХИЕРЕЙСКОЕ [Электронный ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Архиерейское> (дата доступа 11.10.2016 г.).

ВОДНЫЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ РОССИИ. Приволжский и Уральский федеральные округа // Природные ведомости. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. 2014. № 8 (58): 1. 16 с.

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМОВ. М.: Наука, 1975. 240 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИНЦИПАМ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ И КОНТРОЛЯ ЗА КАЧЕСТВОМ ВОДЫ ВОДОЁМОВ И ВОДОТОКОВ НА СЕТИ ГОСКОМГИДРОМЕТА В РАМКАХ ОГСНК. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 40 с.

ООПТ России [Электронный ресурс]. <http://oopt.aari.ru/oopt/Озеро-Архиерейское> (дата доступа 11.10.2016 г.).

ПОТАПОВА Н. А., НАЗЫРОВА Р. И., ЗАБЕЛИНА Н. М., ИСАЕВА-ПЕТРОВА Л. С., КОРОТКОВ В. Н., ОЧАГОВ Д. М. Сводный список особо охраняемых природных территорий Российской Федерации (справочник). Ч. II. М.: ВНИИприроды, 2006. 364 с.

ПОСТАНОВЛЕНИЕ КАБИНЕТА МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ОТ 24 ИЮЛЯ 2009 ГОДА № 520 «Об утверждении Государственного реестра особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан и внесении изменений в отдельные постановления Кабинета Министров Республики Татарстан по вопросам особо охраняемых природных территорий» [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/917034098> (дата доступа 11.10.2016 г.).

РУКОВОДСТВО ПО МЕТОДАМ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

РУКОВОДСТВО ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Чёрное (у села Тарлаши) [Электронный ресурс]. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрное_\(у_села_Тарлаши\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрное_(у_села_Тарлаши)) (дата доступа 11.10.2016 г.).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ГИД ПО ЗЕЛЁНЫМ УГОЛКАМ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН. Казань, 2015. 279 с.

FROST S., HUNI A., KERSHAW W. E. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna // Can. J. Zool. 1972. Vol. 49. P. 167–173.

WEGL R. Index fur limnosaprobital // J. Wasser und Abwasser. 1983. Vol. 26. 175 s.

Ихтиофауна Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранный зоны

С. П. Монахов, И. В. Аськеев, А. О. Аськеев, О. В. Аськеев¹

MONAKHOV S. P., ASKEYEV I. V., ASKEYEV A. O., ASKEYEV O. V.
ICHTHYOFAUNA IN RAIFA PART OF VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE
AND ITS BUFFER ZONE

Freshwater fish research was carried out at Raifa part of the Volzhsko-Kamsky National Natural Biosphere Reserve and its buffer zone. On the basis of the indices of biological diversity and ecological characteristics of fish, changes in the ichthyologic fauna were studied. The data on the structural changes in the fish assemblages was obtained on the example of the largest lakes. A regression analysis (binomial generalized linear model) showed a strong impact of environmental factors on the distribution of fish species.

Поверхностные воды Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранный зоны («Раифы») представлены рекой Сумка (протяженность по территории заповедника 7,8 км), её притоком Сер-Булак (протяженность по территории заповедника 9,5 км) и расположенными в их долинах суффозионно-карстовыми озёрами с площадью водного зеркала от 0,3 до 32,3 га. С долиной р. Сумка связаны заповедные озёра Илантово, Гнилое и Раифское и расположенные в охранный зоне озёра Крутое, Шатуниха, Чёрное, Белое и Ильинское. С долиной р. Сер-Булак связаны заповедные озёра Долгое, Линево, Казанское, Круглое и Карасиха. Таким образом, поверхностные воды Раифского участка и его охранный зоны представляют собой единую гидросистему (Унковская и др., 2002), состоящую из 2 рек и 13 озёр (рис. 1).

До настоящего времени по рыбному населению водных объектов Раифы опубликован незначительный материал. Первые упоминания об ихтиофауне Раифского участка заповедника встречаются в работе В. С. Валеева с соавторами (1991). В статье А. С. Тайсина и Е. Н. Унковской (1996), посвящённой истории изучения поверхностных вод заповедника, данных по ихтиологии нет вовсе. В 1997 г., в рамках Первого конгресса ихтиологов России, краткие тезисы по ихтиофауне заповедника опубликованы А. В. Бортяковым. В 2002 г. в пятом выпуске «Трудов» заповедника опубликована работа В. А. Кузнецова и А. В. Бортякова «Видовое разнообразие и изменение состава ихтиофауны Волжско-Камского заповедника и его охранный зоны». В работе В. И. Гаранина (2002) имеются упоминания об отдельных находках и коллекционных сборах рыб из оз. Раифское. В 2014 г. вышла статья С. П. Монахова «Ихтиофауна озера Раифское Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника», в которой проанализировано из-

¹ Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан;
E-mail: serega-28@inbox.ru, archaeozoologist@rambler.ru, art.regulus@rambler.ru, parus.cyanus@rambler.ru

тийская система высот); средняя глубина (в метрах); преобладающий субстрат (ил, глина, песок, гравий); покрытие береговой линии древесно-кустарниковой растительностью (% от протяжённости береговой линии); тип озера (1 – закрытое, 2 – со стоком, 3 – с притоком и стоком, 4 – временная связь с другими водными объектами); степень антропогенного воздействия в баллах (0 – нет воздействия; 1 – лёгкое сельскохозяйственное или лёгкое рекреационное воздействие; 2 – среднее сельскохозяйственное или среднее рекреационное воздействие; 3 – сильное сельскохозяйственное или сильное рекреационное воздействие).

Материалы, положенные в основу анализа современного состояния ихтиофауны Раифы, включают данные по видовому составу рыб, а также геоморфологические и гидрологические характеристики сравниваемых водоёмов. Также использовались литературные данные о видовом составе рыб и соотношении их численности в прошлом (Валеев и др., 1991; Кузнецов, Бортяков, 2002). При выявлении данных по геоморфологии водоёмов использовалась система «Google Earth pro 2014» и литературные данные (Унковская и др., 2002).

Для оценки видового разнообразия ихтиофауны отдельно взятых водоёмов использованы индекс доминирования Бергер–Паркера и индекс Шеннона, на основе которого рассчитан индекс выравнинности Пиелу. Для качественного анализа ихтиоценозов и оценки изменения (сходства) видовой структуры сообществ был использован индекс видового сходства Жаккара (Мэггаран, 1992; Лебедева и др., 1999) – нулевая гипотеза, отражает абсолютную несхожесть сравниваемых комплексов, при полном совпадении видового состава значение индекса Жаккара равно 1.

Определены типы озёр на основе руководящих видов рыб и их численности (Китаев, 2007). Распределение видов рыб по основным экологическим группам (гильдиям) приведено на основе работ W. J. Matthews (1998) и S. Holzer (2008). Анализ зависимости распределения рыб (вероятность обнаружения) от факторов окружающей среды по водоёмам проводился по принципу присутствия или отсутствия вида: есть – 1; нет – 0, с использованием метода регрессионного анализа (биномиальной генерализированной линейной модели) с использованием программы «Past 2.15».

Русское и латинское названия рыб приведены по «Каталогу бесчелюстных и рыб...» (Богущая, Насека, 2004).

Результаты и обсуждение

В ихтиофауне водоёмов и водотоков Раифского участка заповедника и его охранный зоны в разные годы исследований отмечалось от 11 до 17 видов рыб (Валеев и др., 1991; Бортяков, 1997; Кузнецов, Бортяков, 2002). Нашими исследованиями в 13 водных объектах выявлен 21 вид (табл. 1). В таксономическом отношении все виды относятся к

Таблица 1

Видовой состав рыб гидрологической системы Раифы в разные годы

Таксон	Годы исследований		
	1988-1989	1994-1997	2009-2016
Семейство Карповые – Cyprinidae			
Обыкновенный карась <i>Carassius carassius</i>	+	+	+
Серебряный карась <i>Carassius gibelio</i>		+	+
Обыкновенный пескарь <i>Gobio gobio</i>	+	+	+
Лещ <i>Abramis brama</i>	+	+	+
Густера <i>Blicca bjoerkna</i>	+	+	+
Уклейка <i>Alburnus alburnus</i>	+	+	+
Обыкновенная верховка <i>Leucaspis delineatus</i>	+	+	+
Обыкновенный жерех <i>Aspius aspius</i>			+
Язь <i>Leuciscus idus</i>	+	+	+
Обыкновенный елец <i>Leuciscus leuciscus</i>			+
Обыкновенная плотва <i>Rutilus rutilus</i>	+	+	+
Краснопёрка <i>Scardinius erythrophthalmus</i>		+	+
Озёрный голянь <i>Phoxinus (Eupallasella) percnurus</i>			+
Линь <i>Tinca tinca</i>	+	+	+
Семейство Вьюновые – Cobitidae			
Обыкновенная щиповка <i>Cobitis taenia</i>		+	+
Вьюн <i>Misgurnus fossilis</i>		+	+
Семейство Балиторовые – Balitoridae			
Усатый голец <i>Barbatula barbatula</i>		+	+
Семейство Щуковые – Esocidae			
Обыкновенная щука <i>Esox lucius</i>	+	+	+
Семейство Окуневые – Percidae			
Обыкновенный ёрш <i>Gymnocephalus cernuus</i>		+	+
Речной окунь <i>Perca fluviatilis</i>	+	+	+
Семейство Головёшковые – Odontobutidae			
Ротан-головешка <i>Perccottus glenii</i>			+
Всего видов	11	17	21

Прим. Данные 1988–1989 гг. – Валеев и др. (1991), 1994–1997 гг. – Кузнецов, Бор-тяков (2002), 2011–2016 гг. – наши данные.

классу Лучепёрые – Actinopterygii, к 3 отрядам и 6 семействам. Наибольшее количество видов принадлежит семейству карповые – 14 видов. Наименее представлены семейства балиторовые, щуковые и головёшковые – по 1 виду.

На некоторые виды рыб стоит обратить особое внимание. Это озёрный голянь – вид, занесённый в список редких и исчезающих видов 3-го издания Красной книги Республики Татарстан и требующий более детального систематического изучения (Монахов, 2014; Аськеев и др., 2014). На протяжении последних 25 лет, как в озёрных, так и в речных экосистемах, достоверно снижается численность обыкновенно-



Рис. 2. Обыкновенный карась – *Carassius carassius morpha humilis* Heckel, 1840; оз. Шатуниха, фото С. П. Монахова.



Рис. 3. Вьюн – *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758); оз. Раифское, фото А. О. Аськеева.

го, или золотого карася (Аськеев и др., 2015; Askeyev et al., 2015). В водоёмах Раифы он представлен, в основном, малорослой морфой – *Carassius carassius morpha humilis* Heckel, 1840. Характерными её признаками являются малая высота тела, неполная или прерывистая боковая линия, завороченная кверху нижняя челюсть и не редко тёмное пятно у основания хвостового плавника (Берг, 1949) (рис. 2). Помимо этих двух видов, пристального внимания требует вьюн (рис. 3). Если в 1994–1997 гг. вид встречался в 4 озёрах Раифы (Кузнецов, Бортяков, 2002), то в настоящее время обнаружен только в оз. Раифское. Тенденция исчезновения вида наблюдается в экосистемах малых рек Татарстана (Askeyev et al., 2015). Вьюн находится под угрозой исчезновения в Европе, и в ряде европейских стран он почти вымер, в частности, в Дании (Sigsgaard et al., 2015). Предполагается, что это связано с заре-

гулированием стока рек и изменением гидрорежима озёр, ведущих к резкому уменьшению объёма и продолжительности разливов. В расселение вьюна и в поддержание устойчивости его популяций большое значение имеют весенние и летние полои и разливы.

При сравнении видовых списков рыб Раифы, составленных по результатам исследований 1988–1989 и 1994–1997 гг., индекс видового сходства составил 0,65, что свидетельствует о значимых отличиях в видовом составе – в 1994–1997 гг. было обнаружено 6 новых видов (серебряный карась, красноперка, обыкновенная щиповка, вьюн, усатый голец и ёрш) при 11 общих. Значение индекса Жаккара при сравнении списков 1994–1997 и 2011–2016 гг. составляет 0,81 – в 2011–2016 гг. было выявлено 4 новых вида (жерех, елец, озёрный голянь и ротан-головешка) при 17 общих. При сравнении списков 1988–1989 и 2011–2016 гг. индекс Жаккара принимает минимальное значение – 0,52, что говорит об увеличении видового разнообразия рыб практически в два раза – обнаружено 10 новых видов (серебряный карась, жерех, елец, красноперка, озёрный голянь, обыкновенная щиповка, вьюн, усатый голец, ёрш, ротан-головешка) при 11 общих (табл. 2).

Таким образом, за почти 30-летний период в составе ихтиофауны Раифы отмечено «появление» 10 новых видов. Отчасти это связано с более тщательным проведением ихтиологических исследований в последние годы.

К числу основных экологических характеристик вида относится его приуроченность к тем или иным экологическим группам (гильдиям), объединяющих виды со сходными требованиями, в частности, – к месту обитания, месту нереста и субстрату для откладки икры. Экологическая характеристика видов рыб Раифы приведена в Приложение.

По результатам исследований 1988–1989 гг. можно заключить, что в ихтиофауне Раифы преобладали: по отношению к месту обитания – эвритопные виды; по месту расположения нерестилищ – эвритопные виды и с некоторым отставанием лимнофильные; по отношению к нерестовому субстрату – фитолитофильные виды и с небольшим отставанием фитофильные. В период 1994–1997 гг. по месту обитания преобладали эвритопные виды, по месту нерестилищ – эвритопные виды и с некоторым отставанием лимнофильные, по отношению к нерестовому субстрату отмечено преобладание фитофилов над фитолитофилами. В 2011–2016 гг. по месту обитания доли эвритопных, лим-

Таблица 2

Сходство видового состава (индекс Жаккара) ихтиофауны
Раифской гидрологической системы разных лет

Годы исследований	1994–1997	2011–2016
1988–1989	0,65	0,52
1994–1997	*	0,81

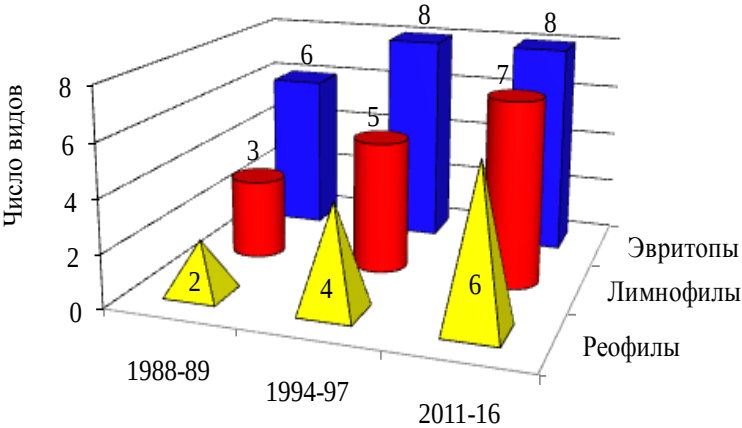


Рис. 4. Соотношение экологических групп рыб по отношению к месту обитания в гидрологической системе Раифы в 1988–2016 гг.

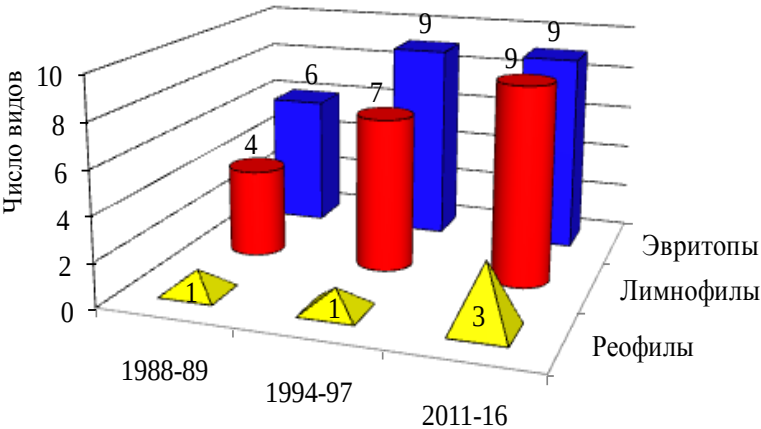


Рис. 5. Соотношение экологических групп рыб по отношению к месту нереста в гидрологической системе Раифы в 1988–2016 гг.

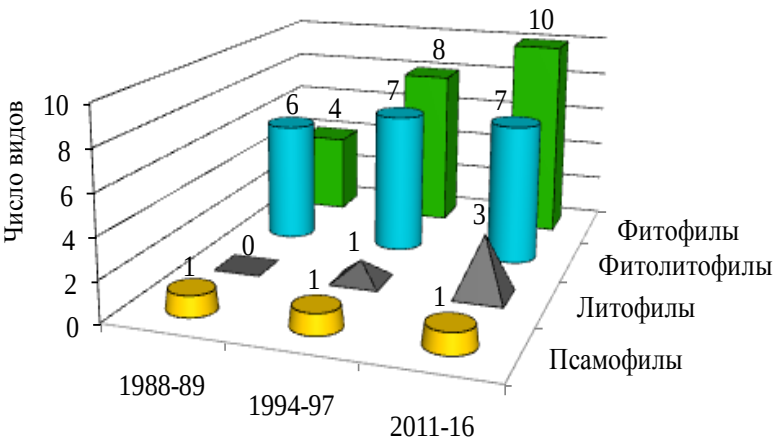


Рис. 6. Соотношение экологических групп рыб по отношению к нерестовому субстрату в гидрологической системе Раифы в 1988–2016 гг.

нофильных и реофильных видов различалась незначительно, по месту расположения нерестилищ преобладали эвритопные и лимнофильные виды, по отношению к нерестовому субстрату почти половину ихтиофауны составляли виды фитофильной группы (рис. 4, 5, 6).

Наблюдавшаяся в водоёмах Раифы картина соотношения эвритопных, лимнофильных и реофильных видов рыб схожа с таковой в озёрной системе Кабан (Аськеев и др., 2012).

В отношении динамики ихтиоценозов наибольший интерес представляют самые крупные озёра – заповедное озеро Раифское и находящееся в охранной зоне заповедника оз. Ильинское.

Результаты исследований конца XX в. (Кузнецов, Бортяков, 2002) показывают, что распределение обилия видов ихтиофауны оз. Раифское было более равномерным (индексы Бергера–Паркера = 0,3; Шеннона = 1,948), несмотря на меньшее число выявленных видов, по сравнению с 2011–2016 гг. В современном населении рыб оз. Раифское наблюдаются более высокие значения индексов доминирования и видового разнообразия, что свидетельствует о достаточно значимой роли доминирующих видов в ихтиоценозе озера. Значения индекса выравненности также указывают на более выровненную структуру сообщества рыб в 1994–1997 гг., по сравнению с 2011–2016 гг. По численности видов тип озера в настоящее время можно определить как плотвично-окуневый (табл. 3).

При сравнении видовых списков рыб оз. Раифское, составленных по результатам исследований 1988–1989 и 1994–1997 гг., индекс видового сходства Жаккарда составил 0,77 (табл. 4), что свидетельствует о небольших отличиях в видовом составе – в 1994–1997 гг. было обнаружено 3 новых вида (линь, обыкновенная щиповка, вьюн) при 10 общих. Значение индекса Жаккара при сравнении списков 1994–1997 и 2011–2016 гг. равняется 0,58, что характеризует значимые изменения в ихтиофауне водоёма – в 2011–2016 гг., при 10 общих видах, было выявлено 6 новых (серебряный карась, жерех, елец, краснопёрка, озёрный голянь, голец) и не обнаружено 2 ранее известных вида (обыкновенный карась и густера). При сравнении списков 1988–1989 и 2011–2016 гг. индекс Жаккара принимает минимальное значение – 0,42. За этот период времени в оз. Раифское произошла смена более половины видового состава рыб – в 2011–2016 гг. обнаружено 9 новых видов (серебряный карась, жерех, елец, краснопёрка, озёрный голянь, линь, щиповка, вьюн, голец), при отсутствии 2 ранее известных (обыкновенный карась и густера) и 8 общих видов.

Что касается соотношений разных экологических гильдий рыб, то за почти 30-летний период доля эвритопных видов мало изменялась, тогда как доля лимнофильных и реофильных видов увеличилась значительно (рис. 7, 8). Увеличение в ихтиоценозе оз. Раифское видов реофильной группы указывает на улучшение кислородного режима водоёма и может иметь косвенную связь с увеличением водности или

Таблица 3

Видовой состав и соотношение численности видов рыб (в %) в оз. Раифское в разные годы

Таксон	Годы исследований		
	1988-1989	1994-1997	2009-2016
Семейство Карповые – Cyprinidae			
<i>Carassius carassius</i>	+	21,3	
<i>Carassius gibelio</i>			3,2
<i>Gobio gobio</i>	+	+	1,0
<i>Abramis brama</i>	+	+	4,7
<i>Blicca bjoerkna</i>	+	+	
<i>Alburnus alburnus</i>	+	3,5	1,0
<i>Leucaspius delineatus</i>	+	30,0	5,4
<i>Aspius aspius</i>			0,3
<i>Leuciscus idus</i>	+	1,4	2,2
<i>Leuciscus leuciscus</i>			2,2
<i>Rutilus rutilus</i>	+	12,7	37,8
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>			1,3
<i>Phoxinus (Eupallasella) phoxinus</i>			3,2
<i>Tinca tinca</i>		7,8	2,2
Семейство Вьюновые – Cobitidae			
<i>Cobitis taenia</i>		8,5	4,4
<i>Misgurnus fossilis</i>		9,9	0,3
Семейство Балиторовые – Balitoridae			
<i>Barbatula barbatula</i>			1,9
Семейство Щуковые – Esocidae			
<i>Esox lucius</i>	+	2,8	3,8
Семейство Окуневые – Percidae			
<i>Perca fluviatilis</i>	+	2,1	25,1
Всего видов	10	13	17
Индекс биоразнообразия Шеннона (H')		1,948	2,009
Индекс доминирования Бергера–Паркера		0,300	0,378
Индекс выравненности Пieloу (e)		0,846	0,709

Прим. Данные 1988–1989 гг. – Валеев и др. (1991), 1994–1997 гг. – Кузнецов, Бор-тяков (2002), 2011–2016 гг. – наши данные; в 2015 г. на оз. Раифское в снятых браконьерских ставных сетях был обнаружен жерех (А. С. Аюпов, личное сообщение).

Таблица 4

Сходство видового состава (индекс Жаккара) ихтиофауны оз. Раифское разных лет

Годы исследований	1994–1997	2011–2016
1988–1989	0,77	0,42
1994–1997	*	0,58

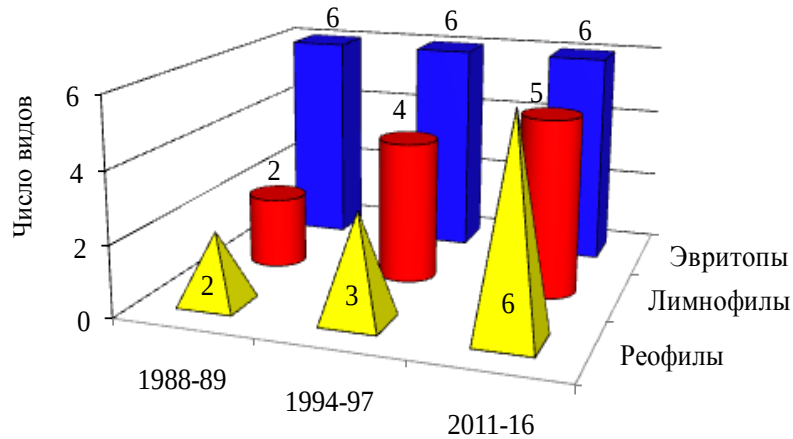


Рис. 7. Соотношение экологических групп рыб по отношению к месту обитания в оз. Раифское в 1988–2016 гг.

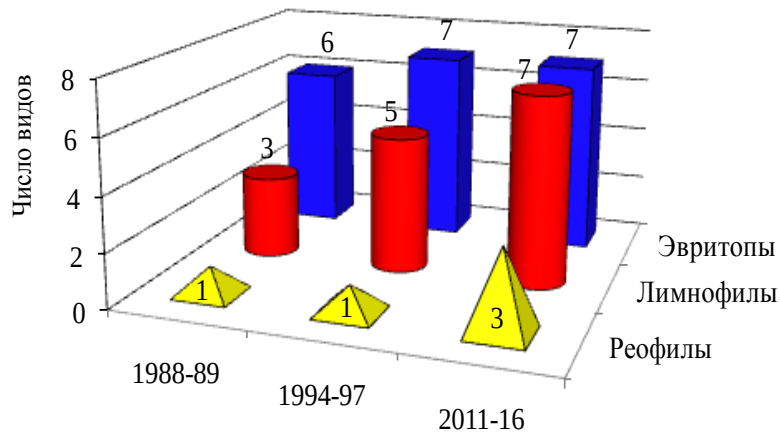


Рис. 8. Соотношение экологических групп рыб по отношению к месту нереста в оз. Раифское в 1988–2016 гг.

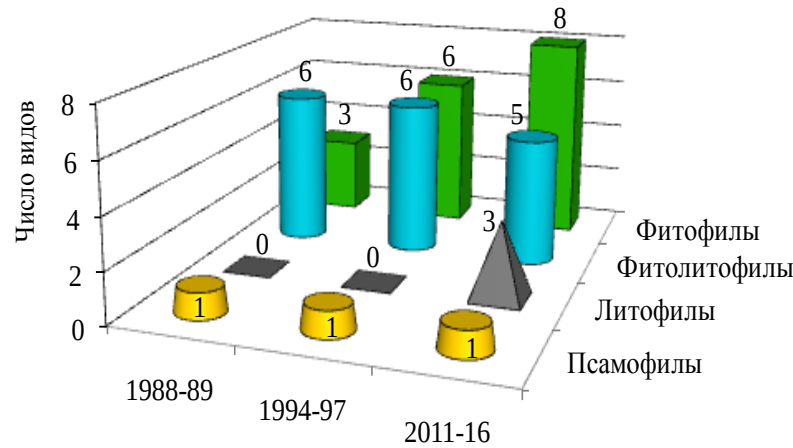


Рис. 9. Соотношение экологических групп рыб по отношению к нерестовому субстрату в оз. Раифское в 1988–2016 гг.

Таблица 5

Видовой состав и соотношение численности видов рыб (в %) в оз. Ильинское в разные годы

Таксон	Годы исследований		
	1988-1989	1994-1997	2009-2016
Семейство Карповые – Cyprinidae			
<i>Carassius carassius</i>		7,3	
<i>Carassius gibelio</i>		2,3	1,9
<i>Gobio gobio</i>			3,8
<i>Abramis brama</i>	9,5	15,0	15,1
<i>Blicca bjoerkna</i>		5,0	5,7
<i>Alburnus alburnus</i>	4,8	2,3	5,7
<i>Leucaspius delineatus</i>		27,0	1,9
<i>Aspius aspius</i>			7,5
<i>Leuciscus idus</i>	9,5	2,3	
<i>Leuciscus leuciscus</i>			2,2
<i>Rutilus rutilus</i>	38,1	22,0	5,7
<i>Tinca tinca</i>	23,8	2,3	
Семейство Щуковые – Esocidae			
<i>Esox lucius</i>	4,8	2,3	15,1
Семейство Окуневые – Percidae			
<i>Gymnocephalus cernuus</i>		2,3	3,8
<i>Perca fluviatilis</i>	9,5	10,0	18,9
Всего видов	7	12	12
Индекс биоразнообразия Шеннона (H')	1,672	2,063	2,249
Индекс доминирования Бергера–Паркера	0,381	0,269	0,189
Индекс выравненности Пieloу (e)	0,873	0,838	0,944

Прим. Данные 1988–1989 гг. – Валеев и др. (1991), 1994–1997 гг. – Кузнецов, Бортяков (2002), 2011–2016 гг. – наши данные.

проточности озера в весенний период. По отношению к нерестовому субстрату значительно возросла доля фитофильной группы (рис. 9).

По сравнению с оз. Раифское, для современного ихтиоценоза оз. Ильинское наблюдаются более высокие значения индекса видового разнообразия Шеннона и индекса выравненности Пieloу, что свидетельствует о более сбалансированной структуре населения рыб. На это указывает и характер изменения за почти 30-летний период индекса доминирования Бергера–Паркера – он снижается. На основе численности видов, тип озера можно определить как окунёво-лещёвый (табл. 5).

Качественный и количественный состав ихтиофауны оз. Ильинское на протяжении всех лет изучения весьма динамичен. При сравнении видовых списков рыб, составленных по результатам исследований 1988–1989 и 2011–2016 гг., значение индекса Жаккара было минимальным – 0,36 (табл. 6). За этот период времени в оз. Ильинское произошла смена половины видового состава рыб – в 2011–2016 гг. обнару-

Таблица 6

Сходство видового состава (индекс Жаккара) ихтиофауны
оз. Ильинское разных лет

Годы исследований	1994–1997	2011–2016
1988–1989	0,58	0,36
1994–1997	*	0,60

жено 7 новых видов (серебряный карась, обыкновенный пескарь, густера, верховка, жерех, ёрш, ротан), при отсутствии 2 ранее известных (язь и линь) и 5 общих видов (табл. 5). И в будущем в этом водоёме не исключается изменение видового состава и доминирующих видов ихтиоценоза.

Среди экологических групп рыб в оз. Ильинское преобладают виды эвритопной группы (рис. 10, 11). По сравнению с 1980-ми гг., возросла доля лимнофильных видов, особенно по отношению к месту нереста. Вместе с тем, как и в оз. Раифское, хотя и не столь значительно, отмечается увеличение числа видов реофильной группы. По отношению к нерестовому субстрату в ихтиоценозе преобладают фитоли-тофильные и фитофильные виды рыб; на современном этапе отмечено появление видов литофильной и псаммофильной групп (рис. 12).

Регрессионный анализ влияния факторов окружающей среды на распределение рыб в гидрологической системе Раифы показал, что при выборе места обитания видами наиболее значимым показателем является площадь водоёма. Достоверный результат (при $p \leq 0,05$) был получен для 17 видов рыб (табл. 7). Менее значимыми факторами оказались «средняя глубина», «тип озера» и «степень покрытия береговой линии древесно-кустарниковой растительностью (ДКР)». По этим факторам достоверный результат был получен в отношении 5, 3 и 2 видов рыб соответственно. Такие факторы как «степень антропогенного влияния», «преобладающий субстрат» и «высота над уровнем моря» на распределение рыб Раифы не влияют.

Таким образом, видовое богатство ихтиофауны водоёмов Раифского участка заповедника и его охранной зоны в первую очередь определяется морфометрическими показателями водоёма (площадь и глубина), тогда как остальные факторы играют второстепенную роль, и для ограниченного числа видов.

Второстепенность фактора антропогенного пресса на ихтиофауну была выявлена и при изучении озёр Германии (Mehner et al., 2005); авторы исследования пришли к мнению, что реакция состава сообществ рыб в озёрах Центральной Европы на антропогенную деградацию не может рассматриваться независимо от типа озёр. Причиной этого может являться и то, что при воздействии антропогенного фактора видовое разнообразие водного объекта может и не уменьшаться. Решение этого вопроса видится в проведение анализа зависимости индексов ви-

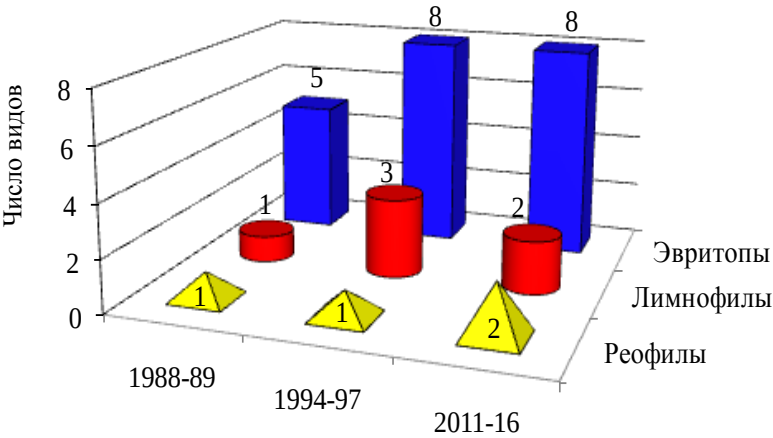


Рис. 10. Соотношение экологических групп рыб по отношению к месту обитания в оз. Ильинское в 1988–2016 гг.

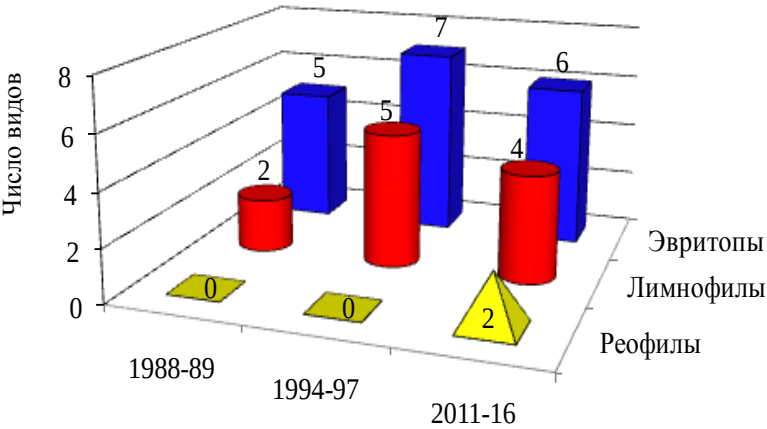


Рис. 11. Соотношение экологических групп рыб по отношению к месту нереста в оз. Ильинское в 1988–2016 гг.

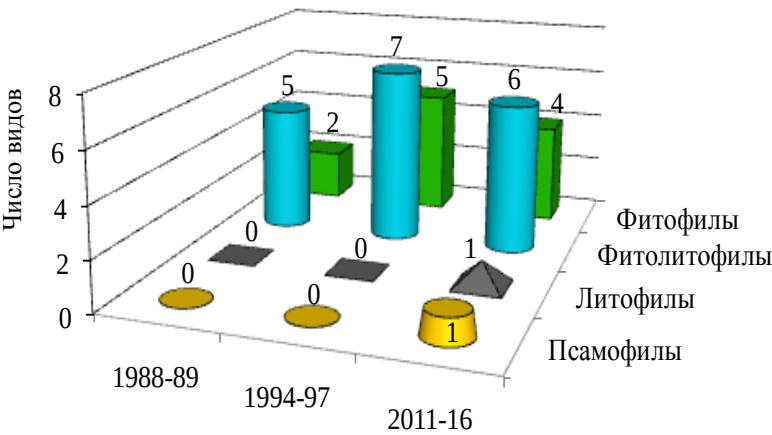


Рис. 12. Соотношение экологических групп рыб по отношению к нерестовому субстрату в оз. Ильинское в 1988–2016 гг.

Таблица 7

Результаты регрессионного анализа влияния характеристик озёр
на ихтиофауну Раифской гидрологической системы

Вид	Характеристика озёр							
	площадь		глубина		тип озера		покрытие берегов ДКР	
	Slope a	p	Slope a	p	Slope a	p	Slope a	p
<i>Carassius carassius</i>	—	—	—	—	-8,3284	0,0353	—	—
<i>Carassius gibelio</i>	—	—	—	—	-1,3869	0,0295	—	—
<i>Gobio gobio</i>	2,5199	0,0008	—	—	—	—	—	—
<i>Abramis brama</i>	2,5199	0,0008	86,056	0,0008	—	—	—	—
<i>Blicca bjoerkna</i>	—	—	—	—	—	—	-1,6759	0,0079
<i>Alburnus alburnus</i>	0,2729	0,0105	—	—	—	—	—	—
<i>Leucaspis delineatus</i>	0,5139	0,0069	26,423	0,0006	—	—	—	—
<i>Aspius aspius</i>	2,5199	0,0008	86,056	0,0008	—	—	—	—
<i>Leuciscus idus</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Leuciscus leuciscus</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Rutilus rutilus</i>	0,2378	0,0354	7,1245	0,0500	—	—	—	—
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Phoxinus phoxinus</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Tinca tinca</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Cobitis taenia</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Misgurnus fossilis</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Barbatula barbatula</i>	2,0792	0,0079	—	—	—	—	—	—
<i>Esox lucius</i>	0,4677	0,0127	—	—	1,3869	0,0295	—	—
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	—	—	—	—	—	—	-1,6759	0,0079
<i>Perca fluviatilis</i>	0,7301	0,0044	7,1245	0,0500	—	—	—	—
<i>Percottus glenii</i>	-0,2537	0,0486	—	—	—	—	—	—
Всего видов	17		5		3		2	

Прим. Прочерк означает, что эта переменная не имела достоверного значения ($p \leq 0,05$) в выбранной модели.

дового разнообразия или доминирования ихтиоценозов отдельно взятых водоёмов от степени антропогенного воздействия.

Значимость площади водоёма возрастает с увеличением её абсолютных значений для таких видов как уклейка, верховка, плотва, щука, окунь (табл. 7, рис. 13). Такие виды как пескарь, лещ, жерех, язь, елец, красноперка, озёрный голец, линь, щиповка, вьюн изначально предпочитают более крупные водоёмы (табл. 7). Обратная зависимость – снижение значимости водоёма с увеличением его размера – наблюдается в отношении ротана; такая же тенденция, хоть и не достоверная ($p=0,1619$), наблюдается в отношении обыкновенного карася (табл. 7, рис. 14). Значимость глубины водоёма возрастает с увеличением её абсолютных значений для таких видов как верховка, плотва, окунь (табл. 7, рис. 15). Лещ и жерех изначально предпочитают более глубоководные биотопы (табл. 7). Схожие результаты относительно влияния глубины на встречаемость леща и окуня были получены при изучении ихтиофауны малых рек Татарстана (Askeyev et al., 2015). Влияние морфометрических показателей озёр – площади и глубины водоёма – на встречаемость рыб установлены в ходе ихтиологических исследований в Канаде (Olden et al., 2001), Финляндии (Olin et al., 2002) и Германии (Mehner et al., 2005).

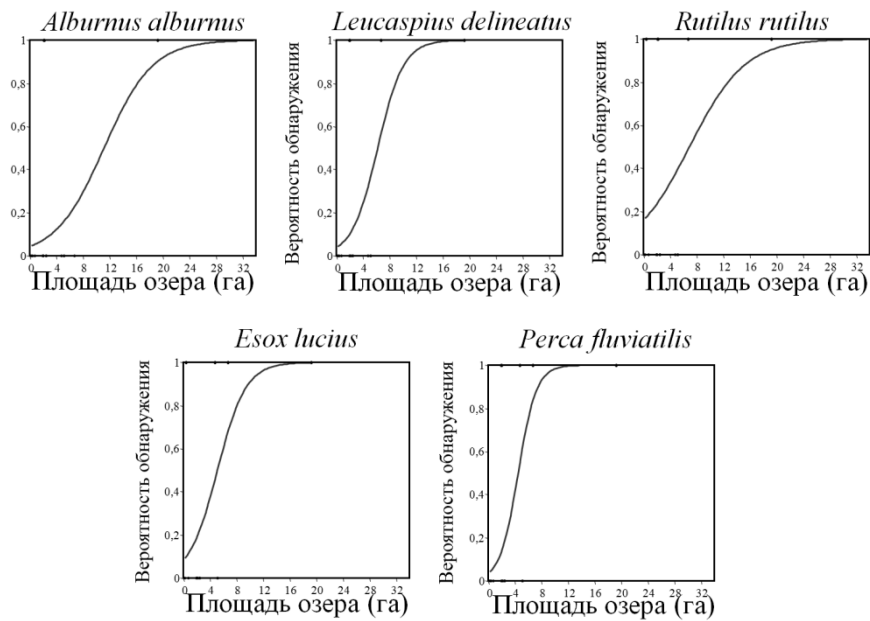


Рис. 13. Вероятность обнаружения уклейки, верховки, плотвы, щуки и окуня по фактору площадь водоёма.

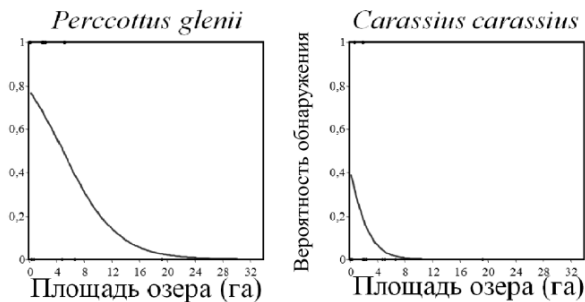


Рис. 14. Вероятность обнаружения ротана и обыкновенного карася по фактору площадь водоёма.

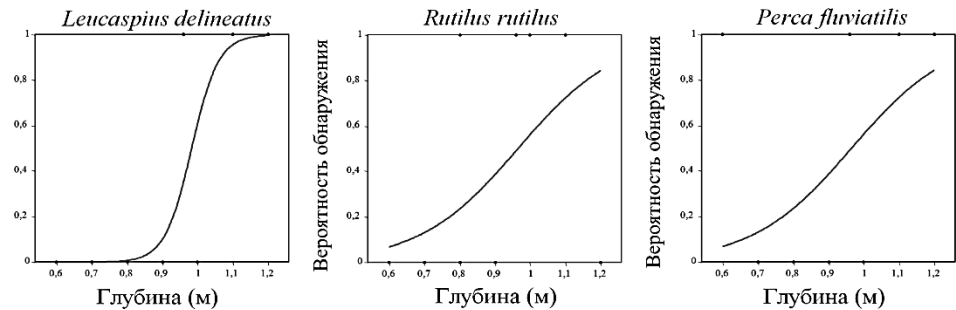


Рис. 15. Вероятность обнаружения верховки, плотвы и окуня по фактору глубина водоёма.

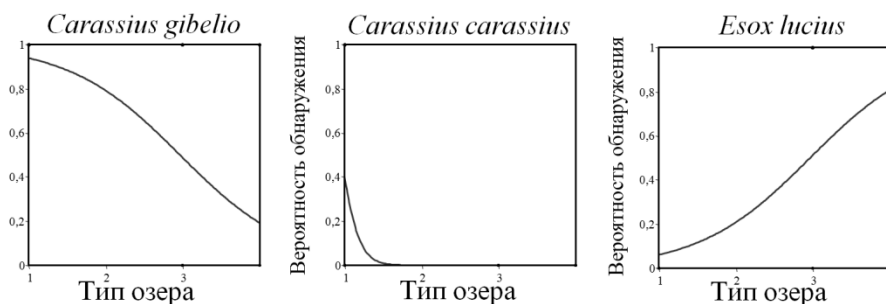


Рис. 16. Вероятность обнаружения серебряного карася, обыкновенного карася и щуки по фактору тип водоёма.

В отношении разных типов озёр наибольшую пластичность проявляет серебряный карась, который встречается как в водоёмах закрытого типа, так и в проточных (табл. 7, рис. 16). Обыкновенный карась проявляет черты типичного лимнофила, предпочитая озёра закрытого типа (табл. 7, рис. 16). Щука, в противоположность обыкновенному карасю, предпочитает озёра с наличием связей с другими водоёмами (табл. 7, рис. 16). Похожие результаты были получены при исследованиях ихтиофауны озёр Эстонии: такие виды как лещ, густера, жерех отмечены только в озёрах открытого типа, тогда как обыкновенный карась встречался лишь в замкнутых озёрах (Palm et al., 2012).

С увеличением покрытия береговой линии древесно-кустарниковой растительностью падает значимость водоёма для густеры и ерша (табл. 7), тогда как для других видов рыб «залесённость» берегов озера не имеет значения. Согласно исследованиям проведённым в Германии, прибрежные структуры озёр (заросли тростника, рогоза, древесные остатки) оказывают пренебрежимо малое влияние на состав ихтиоценозов (Palm et al., 2012)

Заключение

Современная ихтиофауна Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны («Раифы») насчитывает 21 вид, относящийся к 3 отрядам и 6 семействам.

Настоящее исследование показало более высокое видовое разнообразие ихтиофауны по сравнению с исследованиями, выполненными в конце XX в. Выявлено 4 вида, не отмечавшихся ранее – обыкновенный жерех (*Aspius aspius*), обыкновенный елец (*Leuciscus leuciscus*), озёрный голянь (*Phoxinus (Eupallasella) percnurus*) и ротан-головешка (*Perccottus glenii*). За последний 30-летний период произошло существенное изменение ихтиологического комплекса поверхностных вод Раифы. Отмечено не просто увеличение ихтиологического разнообразия, но и реструктуризация ихтиоценозов отдельно взятых водоёмов, с появлением в них новых видов и выпадением ряда ранее отмечавшихся. Увеличение видового разнообразия ихтиофауны можно связать как

с улучшением общей экологической ситуации на данных водоёмах, так и с проведением более детальных ихтиологических исследований.

Ихтиофауну Раифской гидрологической системы составляют в относительно равной степени эвритопные, лимнофильные и реофильные виды (38, 33 и 29 % соответственно). С другой стороны, по месту нерестилищ основная доля приходится на эвритопные и лимнофильные виды (86 %). Все выявленные виды имеют весенний и весенне-летний периоды нереста. По отношению к нерестовому субстрату преобладают фитофильные (48 %) и фитолитофильные (33 %) виды рыб. В основном они мечут икру на мелководных участках, в зарослях водной растительности, в сочетании с песчаным или песчано-каменистым дном. Отмечено увеличение числа видов реофильной (речной) группы, что может быть связано с улучшением кислородного режима водоёмов и увеличением водности.

Основными факторами, влияющими на распределение рыб в гидрологической системе Раифы являются площадь и глубина водоёмов. Большинство видов рыб – пескарь, лещ, жерех, язь, елец, красноперка, озёрный голянь, линь, щиповка, вьюн, усатый голец, – при выборе мест обитания предпочитают крупные озёра; другие виды – уклейка, верховка, плотва, щука, окунь – распределены более равномерно, и встречаются как в крупных, так и средних водоёмах. Обратная зависимость, т. е. предпочтение мелких озёр, не пригодных для существования других видов рыб, наблюдается в отношении ротана и обыкновенного карася. Отдельно стоит упомянуть, что повсеместно обитавший в прошлом обыкновенный карась вытеснен из крупных озёр, практически замещён в средних (озёра Шатуниха и Крутое) более экологически пластичным серебряным карасем. К озёрам с большими глубинами приурочены лещ и жерех. Такие виды как верховка, плотва и окунь также положительно реагируют на увеличение глубины водоёма. Наибольшую пластичность в выборе водоёмов проявляет серебряный карась. Этот вид обитает как в озёрах закрытого типа, так и в проточных. Обыкновенный карась проявляет черты типичного лимнофила, предпочитая мелкие водоёмы закрытого типа. Щука предпочитает озёра с наличием связей с другими водоёмами.

Такие виды как обыкновенный карась (*Carassius carassius*) и вьюн (*Misgurnus fossilis*), резко сократившие свои ареалы и численность, требуют особого внимания. В случае дальнейшего сокращения их популяций, необходима разработка мер по сохранению этих видов на региональном уровне.

Литература

АСЬКЕЕВ О. В., АСЬКЕЕВ И. В., АСЬКЕЕВ А. О., МОНАХОВ С. П., ГАЛИМОВА Д. Н. Ихтиофауна озёрной системы Кабан города Казани // Георесурсы. 2012. № 7(49). С. 42–47.

АСЬКЕЕВ А. О., МОНАХОВ С. П., АСЬКЕЕВ И. В., АСЬКЕЕВ О. В. Распространение редких и исчезающих видов рыб в зависимости от параметров окружающей среды в

Республике Татарстан // Сб. науч. тр. Ин-та проблем экологии и недропользования АН РТ. Казань: Отечество, 2014. С. 3–15.

АСЬКЕЕВ А. О., АСЬКЕЕВ О. В., АСЬКЕЕВ И. В. Многолетняя динамика численности рыб в среднем течении реки Мёши // Рос. журн. прикладн. экологии. 2015. № 1. С. 15–20.

БЕРГ Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран / 4-е изд. М., 1949. Ч. 2. С. 467–925.

БОГУЦКАЯ Н. Г., НАСЕКА А. М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 389 с.

БОРТЯКОВ А. В. Современное состояние ихтиофауны Волжско-Камского заповедника и меры по её охране // Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл. М.: Изд-во ВНИРО, 1997. С. 141–142.

ВАЛЕЕВ В. С., САЙФУЛЛИН Р. Р., ШАРИФУЛЛИН Ф. М. Состояние ихтиофауны водоёмов Волжско-Камского государственного заповедника // Тр. IV Поволж. конф. «Проблема охраны вод и рыбных ресурсов» (9–15 апр. 1990 г.). Т. 2. Секц. 2, 3. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1991. С. 3–7.

КИТАЕВ С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2007. 395 с.

КУЗНЕЦОВ В. А., БОРТЯКОВ А. В. Видовое разнообразие и изменение состава ихтиофауны Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны // Тр. Волж.-Камск. гос. природ. зап.-ка. Казань, 2002. Вып. 5. С. 81–90.

ЛЕБЕДЕВА Н. В., ДРОЗДОВ Н. Н., КРИВОЛУЦКИЙ Д. А. Биоразнообразие и методы его оценки: Учеб. пособие. М.: Изд-во Москов. ун-та, 1999. 95 с.

МОНАХОВ С. П. Ихтиофауна озера Раифское Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника // Сб. науч. тр. молодых учёных (по мат. I Республ. молодёжной эколог. конф., г. Казань, 10–11 апр. 2014 г.). Казань: Отечество, 2014. С. 135–145.

МЭГАРРАН Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 184 с.

УНКОВСКАЯ Е. Н., МИНГАЗОВА Н. М., ПАВЛОВА Л. Р. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика водоёмов Раифы // Тр. Волж.-Камск. гос. природ. зап.-ка. Казань, 2002. Вып. 5 С. 9–36.

ТАЙСИН А. С., УНКОВСКАЯ Е. Н. История изучения поверхностных вод Волжско-Камского государственного заповедника // История гидробиологических исследований в Республике Татарстан. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1996. С. 51–58.

ASKEYEV O., ASKEYEV I., ASKEYEV A., MONAKHOV S., YANYBAEV N. River fish assemblages in relation to environmental factors in the eastern extremity of Europe (Tatarstan Republic, Russia) // Environmental Biology of Fishes, 2015, Vol. 98. Suppl. 5. P. 1277–1293.

HOLZER S. European Fish Species: Taxa and Guilds Classification Regarding Fish-Based Assessment Methods: Diplomarbeit zur Erlangung des Akademischen Grades Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.) an der Fakultät für Lebenswissenschaftender Universität Wien. Wien, 2008. 195 s.

MATTHEWS W. J. Patterns in Freshwater Fish Ecology. Chapman and Hall, New York, 1998. 757 p.

MENHER T., DIEKMANN M., BRAMICK U., LEMCKE R. Composition of fish communities in German lakes as related to lake morphology, trophic state, shore structure and human-use intensity // Freshwater Biology. 2005. Vol. 50. P. 70–85.

OLDEN J. D., JACKSON D. A., PERES-NETO P. R. Spatial isolation and fish communities in drainage lakes // Oecologia, 2001. Vol. 127. P. 572–585.

OLIN M., RASK M., RUUHIAJARVI J., KURKILAHTI M., ALA-OPAS P., YLONEN O. Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient // J. of Fish Biology. 2002. Vol. 60.

P. 593–612.

PALM A., KRAUSE T., LARVALT A., SILM M. Cyprinids in Estonian Small Lakes: Comparison between Main Water Basins // Balwois 2012 – Ohrid, Republic of Macedonia, 27 May – 2 June 2012. P. 1–9.

SIGSGAARD E. E., CARL H., MIILLER P. R., THOMSEN P. F. Monitoring the near-extinct European weather loach in Denmark based on environmental DNA from water samples // Biol. Conservation. 2015. Vol. 183. P. 46–52.

Приложение

Экологические характеристики рыб гидрологической системы Раифы

Вид	По месту обитания	По месту нерестилища	По субстрату для икрометания
<i>Carassius carassius</i>	лимнофил	лимнофил	фитофил
<i>Carassius gibelio</i>	эвритоп	лимнофил	фитофил
<i>Gobio gobio</i>	реофил	реофил	псаммофил
<i>Abramis brama</i>	эвритоп	эвритоп	фитолитофил
<i>Blicca bjoerkna</i>	эвритоп	эвритоп	фитолитофил
<i>Alburnus alburnus</i>	эвритоп	эвритоп	фитолитофил
<i>Leucaspis delineatus</i>	лимнофил	лимнофил	фитофил
<i>Aspius aspius</i>	реофил	реофил	литофил
<i>Leuciscus idus</i>	реофил	эвритоп	фитолитофил
<i>Leuciscus leuciscus</i>	реофил	реофил	литофил
<i>Rutilus rutilus</i>	эвритоп	эвритоп	фитолитофил
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	лимнофил	лимнофил	фитофил
<i>Phoxinus phoxinus</i>	лимнофил	лимнофил	фитофил
<i>Tinca tinca</i>	лимнофил	лимнофил	фитофил
<i>Cobitis taenia</i>	реофил	эвритоп	фитофил
<i>Misgurnus fossilis</i>	лимнофил	лимнофил	фитофил
<i>Barbatula barbatula</i>	реофил	эвритоп	литофил
<i>Esox lucius</i>	эвритоп	лимнофил	фитофил
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	эвритоп	эвритоп	фитолитофил
<i>Perca fluviatilis</i>	эвритоп	эвритоп	фитолитофил
<i>Perccottus glenii</i>	лимнофил	лимнофил	фитофил

Прим.: Экологические характеристики видов даны на основе работ W. J. Matthews (1998) и S. Holzer (2008).

Современное состояние рыбного населения Саралинского участка Волжско-Камского заповедника

С. А. Удачин¹

UDACHIN S. A. CURRENT STATE OF FISH POPULATIONS OF SARALA CLUSTER
OF VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

According to the materials obtained during the spring-winter 2014–2015 year of field work, the species composition of fish in the waters of the Kuibyshev Reservoir of the Volzhsko-Kamsky Reserve (Sarala cluster) were reviewed and analyzed. The fish fauna, including species, dimension and spatial structure was characterized.

Разнообразие гидрологических условий и морфологические особенности Волжско-Камского плёса Куйбышевского водохранилища являются факторами, обеспечивающими благоприятные условия для существования разнообразных гидробионтов, эффективное естественное воспроизводство водных биологических ресурсов и формирование сырьевой базы, необходимой для устойчивого их использования. Благодаря этому Татарстан традиционно занимает первое место среди субъектов Российской Федерации Верхнего и Среднего Поволжья по объёмам добычи водных биологических ресурсов. Ежегодно в Куйбышевском водохранилище в границах республики рыбопромысловыми предприятиями добывается около 2 тысяч тонн речной рыбы. При этом важнейшее значение придается улучшению качественного состава ихтиофауны, повышению численности промысловых видов рыб, в первую очередь, наиболее ценных видов (Баранникова и др., 2001; Ковалев и др., 2001; Мамонтов, Гепецкий, 2001).

Вместе с тем, промышленный лов озерно-речной рыбы далеко не единственный вид хозяйственной деятельности, осуществляемой на данном водоёме. Волжско-Камский плёс подвергается значительному антропогенному воздействию, поскольку служит источником хозяйственно-питьевого водоснабжения, покрывая около 60 % потребности в водных ресурсах промышленного производства, жилищно-коммунального хозяйства и агропромышленного сектора Татарстана.

Цель настоящей работы – анализ состояния рыбного населения Волжско-Камского плёса в пределах акватории Саралинского участка Волжско-Камского заповедника.

Материалы и методы

Сбор ихтиологического материала проводился в акватории Саралинского участка заповедника (рис. 1) в разные сезоны года. Выезд к станциям отлова по открытой воде осуществлялся на лодке Казанка–3,

¹ Татарское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»; E-mail: gosniiorh@gmail.com



Рис. 1. Карта-схема расположения станций сбора ихтиологического материала.

оборудованной подвесным мотором, мощностью 50 л. с; по льду – на снегоходе «Буран».

В 2014 г. массовым промерам подвержено 1148 экз. разных видов рыб, в 2015 г. – 667 экз. Также было отловлено и обработано 156 экз. ранней молоди разных видов рыб.

Рыбу отлавливали ставными сетями длиной 60 м с размером ячеи от 40 до 80 мм. Ранняя молодь вылавливалась в прибрежье с помощью сачка, выполненного из газа размером ячеи 600 мкм. Об изменении численности рыб разных видов в уловах судили по их количеству в улове в 1 сеть (экз./сеть), по удельной массе выловленной рыбы разных видов в 1 сеть (в % от веса улова в кг/сеть).

Сбор и обработку материала проводили согласно методическим руководствам (Правдин, 1966; Никольский, 1963). Определение видовой принадлежности личинок рыб проводилось согласно методике А. Ф. Коблицкой (1981) и руководству В. А. Кузнецова (2003). Наблюдения за нерестом рыб велось по методике А. Ф. Коблицкой (1966).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием компьютерной программы *Excel*.

Результаты и их обсуждение

ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Станция 1 – «русло р. Сарма». Станция расположена в русловой части р. Сарма, затопленной в настоящее время водохранилищем. Обловы осуществлялись посредством двух сетей, связанных между собой. Размеры ячеи выставляемых сетей составляли 45–80 мм. Резуль-

Таблица 1

Результаты уловов рыб на станции 1
в весенний период 2015 г.

Вид	Сеть 80 мм			Сеть 45 мм		
	Численность, %	Средняя длина, см	Средняя масса, г	Численность, %	Средняя длина, см	Средняя масса, г
Лещ	16,7	42	1750	12,5		510
Судак	4,2	35	520			
Берш				4,2		300
Окунь				6,9		276
Густера				47,2		347
Синец				15,3		309
Жерех	4,2	35	640			
Плотва				11,1		475
Бело-глазка				2,8		230
Сом	33,3	132	37500			
Толстолобик	41,7	67,8	6120			

таты уловов в весенний период 2015 г. представлены в таблице 1.

В весенних уловах значительную долю составляли сом (33,5 %) и толстолобик (41,7 %). Минимальный размер выловленного сома – 95 см, при массе тела 7,4 кг; максимальный размер – 206 см, при массе тела 88 кг, возраст – 37 лет. Минимальный размер выловленного толстолобика составлял 60 см, при массе тела 4,1 кг; максимальный размер – 77 см, при массе тела 8,4 кг.

На рисунке 2 приведено сравнение численности видов в весенних уловах 2014 и 2015 гг. (сеть 45 мм).

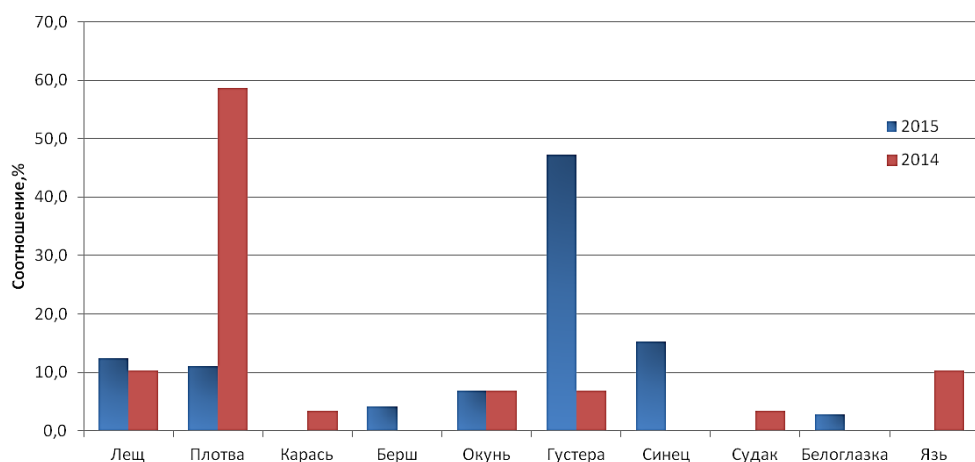


Рис. 2. Соотношение численности видов рыб в уловах на станции 1 в весенние периоды 2014 и 2015 гг. (сеть 45 мм).

Станция 2 – «Большая протока». Берега проток заповедника характеризуются обильным зарастанием высшей водной растительностью и являются местом нереста фитофильных видов рыб. Ширина протоки на участке постановки сетей составляла в среднем 70–80 м. Результаты уловов в весенний период 2015 г. представлены в таблице 2. В уловах преобладал лещ (68,6 % от всей выловленной рыбы); его размеры менялись в пределах 31–46 см. Более чем по 8 % пришлось на сазана и берша; размеры первого вида менялись в пределах 43–50 см, второго – 24–29 см.

На рисунке 3 приведено сравнение численности видов в весенних уловах 2014 и 2015 гг.

В весенний период 2015 г. в прибрежной зоне станции 2 с помощью сачка осуществлялся отлов ранней молоди (рис. 4). Её видовой со-

Таблица 2

Результаты уловов рыб на станции 2
в весенний период 2015 г. (сеть 80 мм)

Вид	Численность, %	Средняя длина, см	Средняя масса, г
Лещ	68,6	35,3	994
Сазан	8,7	46,5	2687
Судак	2,9	31,5	400
Плотва	0,6	27	420
Карась	1,2	27	680
Берш	8,1	26,3	284
Окунь	6,4	25,5	330
Густера	1,7	23	320
Синец	0,6	22	-
Жерех	1,2	37	-

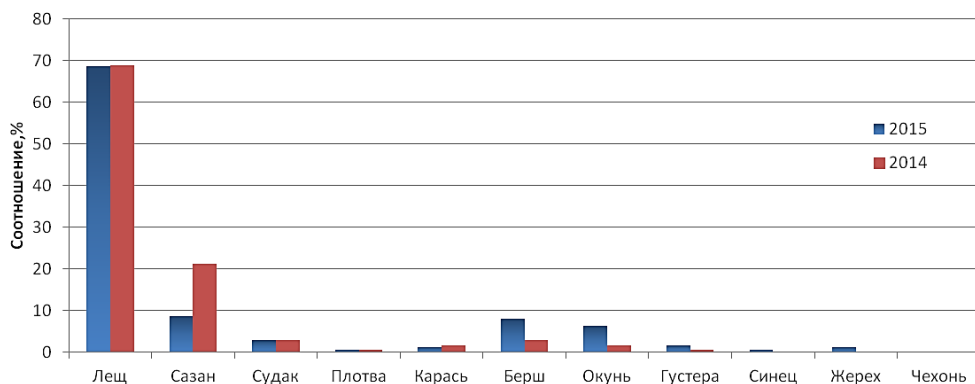


Рис. 3. Соотношение численности видов рыб в уловах на станции 2 в весенние периоды 2014 и 2015 гг. (сеть 80 мм).



Рис. 4. Ранняя молодь, выловленная в весенний период 2015 г. в прибрежье станции 2.

став, соотношение численности, в т. ч. по этапам развития, представлен на рисунке 5 и в таблице 3.

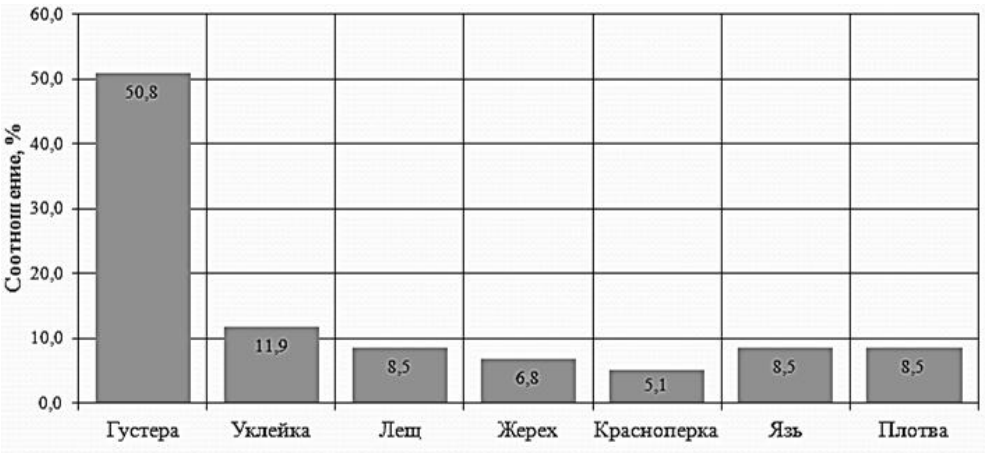


Рис. 5. Соотношение численности видов рыб в уловах ранней молоди, %.

Таблица 3

Численность молоди рыб по этапам развития, %

Вид	A	B	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	E
Густера	63	7	3	7	7	10	3
Уклейка			43		14	29	14
Лещ				60	40		
Жерех			25			25	50
Красноперка			50		50		
Язь				20	40	20	20
Плотва			40				60

ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Станция 1 – «русло р. Сарма». Результаты уловов рыб в пределах станции 1 в летний период 2015 г. представлены в таблице 4. В уловах преобладали густера (39,4 %) и плотва (30,3 %). Примерно в два раза по численности им уступали окунь (15,2 %) и лещ (12,1 %).

Таблица 4

Результаты уловов рыб на станции 1
в летний период 2015 г. (сеть 45 мм)

Вид	Численность, %	Средняя масса, г
Лещ	12,1	588
Окунь	15,2	302
Густера	39,4	365
Синец	3,0	310
Плотва	30,3	355

Станция 2 – «Большая протока». Результаты уловов рыб в пределах станции 2 в летний период 2015 г. представлены в таблице 5. В уловах сетями 80 мм преобладали лещ (42 %) и сазан (34,8 %), а в уловах сетями 40 мм – синец (74,2 %).

На рисунке 6 приведено сравнение численности видов в летних уловах 2014 и 2015 гг.

Таблица 5

Результаты уловов рыб на станции 2
в летний период 2015 г.

Вид	Сеть 80 мм		Сеть 40 мм	
	Численность, %	Средняя масса, г	Численность, %	Средняя масса, г
Лещ	42,0	546	2,6	-
Сазан	34,8	2080	0,0	-
Судак	5,8	254	8,3	-
Карась	1,4	-	10,3	-
Берш	2,9	-	0,6	-
Окунь	2,9	-		
Густера	1,4	280	3,8	-
Синец	1,4	-	71,2	404
Жерех	1,4	340		
Белоглазка			1,3	-
Чехонь	1,4	160	1,9	-
Сом	4,3	3480		

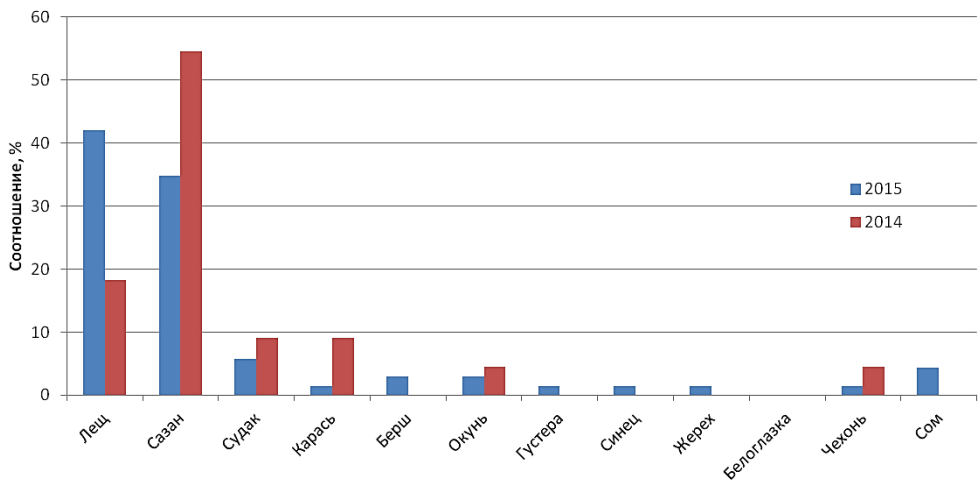


Рис. 6. Соотношение численности видов рыб в уловах на станции 2 в летние периоды 2014 и 2015 гг. (сеть 80 мм).

Осенний и зимний периоды

Результаты уловов рыб в пределах станций 1 и 2 в осенний и зимний периоды 2015 г. представлены в таблице 6. Осенью в уловах на станции 1 преобладал сазан (89,1 %), с размерами тела от 44 до 51 см, а на станции 2 – лещ (80 %), с размерами от 39 до 48 см. В зимний период в уловах на станции 1 также преобладал сазан (95,8 %), с размерами от 35 до 53 см, а на станции 2 весь улов составил судак, с размерами тела от 33 до 60 см.

На рисунке 7 приведено сравнение численности видов в зимних уловах 2014 и 2015 гг. на станции 1.

Таблица 6

Результаты уловов рыб в акватории заповедника в осенний и зимний периоды 2015 г. (сеть 80 мм)

Вид	Станция 1			Станция 2		
	Численность, %	Средняя длина, см	Средняя масса, г	Численность, %	Средняя длина, см	Средняя масса, г
Осень						
Лещ	4,3	34	1180	80	42	1165
Сазан	89,1	46,9	2373			
Берш	4,3	27	780			
Жерех				20	41,5	1020
Щука	2,2	71	-			
Зима						
Лещ	2,1	36	-			
Сазан	95,8	43,4	-			
Судак	2,1	37	-	100	44	-

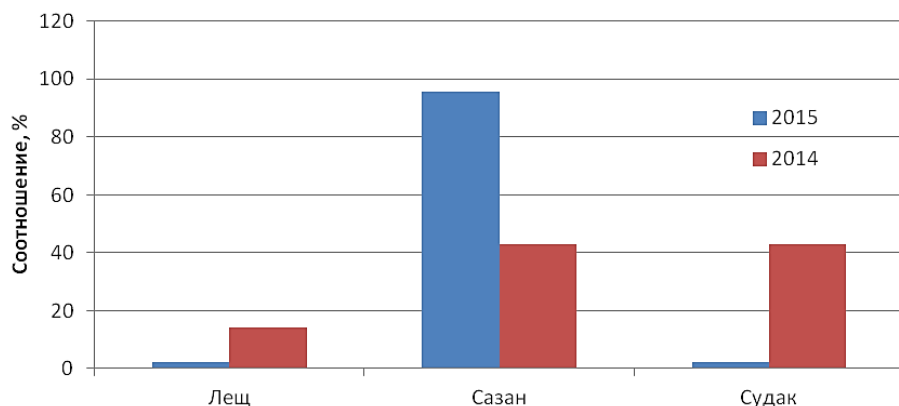


Рис. 7. Соотношение численности видов рыб в уловах на станции 1 в зимние периоды 2014 и 2015 гг. (сеть 80 мм).

Сравнение уловов рыбы в акватории Саралинского участка заповедника и в Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища, где Татарским отделением ГосНИОРХ ежегодно организуется контрольно-наблюдательный пункт за нерестом основных промысловых видов рыб, показывает, что особо охраняемая акватория в большей степени используется для размножения и нагула ценными видами рыб (лещ, сазан, судак). Акватория Мешинского залива используется в основном мелкочастиковыми видами. В целом видовой состав рыб в обоих районах водохранилища вполне однороден (рис. 8).

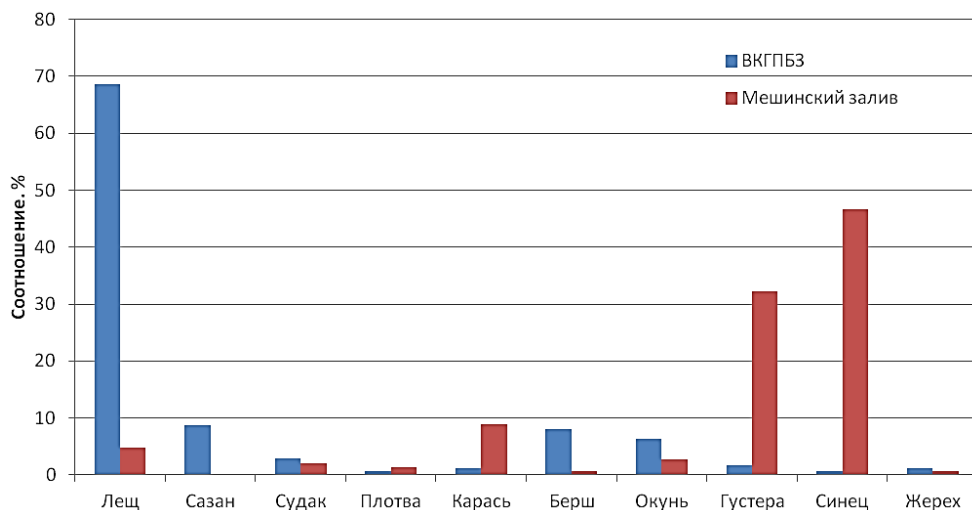


Рис. 8. Соотношение численности видов рыб в весенних уловах 2015 г. в Волжско-Камском заповеднике и Мешинском заливе (сеть 45 мм).

Литература

БАРАННИКОВА И. А., БЕЛОУСОВ А. Н., НИКОНОВ С. И., МАЛЮТИН В. С. Положение с осетрами сложное, но не безнадежное // Рыболовство и рыбоводство. 2001. № 10. С. 4–6.

БОРОВКОВА Т. Н., НИКУЛИН П. И., ШИРОКОВ В. М. Куйбышевское водохранилище. Краткая физико-географическая характеристика. Куйбышев, 1962. 89 с.

ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА. СПб.: Наука, 1991. 224 с.

ИОФФЕ Ц. И. Формирование донной фауны водохранилищ СССР и опыт классификации // Изв. Гос. НИИ озёрн. и речн. рыбн. хоз-ва. 1961. Т. 50. С. 341–381.

КОБЛИЦКАЯ А. Ф. Изучение нереста пресноводных рыб. М.: Пищ. пром., 1966. 104 с.

КОБЛИЦКАЯ А. Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Легк. и пищ. пром., 1981. 208 с.

КОВАЛЕВ Г. К., БЕЛОУСОВ А. Н., ВОРОБЬЕВ А. С. Пути повышения эффективности рационального использования и охраны осетровых // Рыбоводство и рыболовство. 2001. № 1. С. 7–8.

КУЗНЕЦОВ В. А. Определитель предличинок и личинок рыб Среднего Поволжья: Метод. пособ. к большому практикуму. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2003. Ч. 1. 23 с.; Ч. 2. 26 с.

КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ. Л.: Наука, 1983. 214 с.

ЛУКИН А. В. Куйбышевское водохранилище // Водохранилища СССР и их рыбохозяйственное значение. Л., 1961. С. 62–76 (Изв. ГосНИОРХ. Т. 50).

МАМОНТОВ Ю. П., ГЕПЕЦКИЙ Н. Е. Основы ведения рационального осетроводства в России // Рыбоводство и рыболовство, 2001. № 1. С. 14–15.

НИКОЛЬСКИЙ Г. В. Экология рыб. М.: Выс. шк., 1963. 368 с.

ПРАВДИН И. Ф. Руководство по изучению рыб. М: Пищ. пром., 1966. 376 с.

НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

УДК 582.284 (470.41)

Предварительные сведения о макромицетах дендрария Волжско-Камского заповедника

К. О. Потапов¹

POTAPOV K. O. PRELIMINARY DATA ABOUT THE MICROMISETS OF THE VOLZHNSKO-KAMSKY RESERVE ARBORETUM WERE PRESENTED

The information about 48 micromisets species, collecting in 2015–2016 on the territory of Volzhsko-Kamsky Reserve arboretum was presented.

Дендрарий Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника представляет интерес не только с точки зрения сохранения крупной региональной коллекции экзотических видов древесно-кустарниковых растений, но и как местообитание интересной региональной микобиоты.

Дендрарий был заложен в 1921 г.; в ведении заповедника с 1960 г. Его площадь 21,5 га. Климат умеренно-континентальный, характеризуется следующими среднемноголетними параметрами: средняя температура июля +19,2° С; средняя температура января -13,7° С, абсолютный минимум -48° С; продолжительность вегетационного периода (> +5° С) 176 дней. Дендрарий расположен в долине р. Сер-Булак, абсолютные отметки 60–62 м. Почвы легкосуглинистые, оподзоленные (Бакин, Иванов, 1999). Коллекция дендрария насчитывает 455 видов и форм древесных растений Европы, Азии и Северной Америки (Каталог..., 2011).

Большая часть территории дендрария сотрудниками заповедника ежегодно обкашивается. Особые условия среды обитания позволили поселиться здесь уникальному комплексу макромицетов. Наряду с распространёнными видами, такими как *Lycoperdon pyriforme*, *Vascellum pratense*, *Pluteus cervinus*, *Leccinum scabrum* и др., в дендрарии встречаются редкие для региона виды грибов – обитателей влажных лугов: *Hygrocybe aurantiosplendens*, *Hygrocybe coccinea*, *Camarophyllopsis schulzeri*, *Hygrocybe psittacina*, *Gliophorus irrigates* и др. Здесь были обнаружены новые для Татарстана виды – *Camarophyllopsis schulzeri*, *Cuphophyllum pratensis*, *Cuphophyllum virgineus*, *Gliophorus irrigates*, *Hygrocybe aurantiosplendens*, *Hygrocybe ceracea*, *Hygrocybe coccinea*, *Hygrocybe psittacina*, *Tricholoma frondosae*, *Tricholoma scalpturatum*, *Tricholoma stiparophyllum*, *Tricholoma virgatum*, *Suillus aeruginascens*, *Geastrum quadrididum*, *Clavariadelphus mucronatus*. Интересно отметить, что находка *Clavariadelphus mucronatus* является од-

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: potapov_ko@mail.ru

ной из немногих в европейской части России; ранее несколько находок вида было сделано на территории Удмуртской республики (Капитонов, 2013). Кроме этого, в дендрарии найден *Ganoderma lucidum* – вид, занесённый в Красную книгу Российской Федерации (Бондарцева, Змитрович, 2008).

Ниже приведён аннотированный список макромицетов, представляющих собой обработанную часть сборов грибов на территории дендрария 2015–2016 гг. Названия таксонов даны согласно электронному ресурсу МусоBank (2016). Образцы грибов хранятся в личной коллекции автора; часть дубликатов передана в Гербарий Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (LE).

ПОРЯДОК AGARICALES

Семейство Agaricaceae

Crucibulum laeve (Huds.) Kambly. На опавшей ветке кари (Carya tomentosa) в секции «Америка».

Lepiota angustispora (Migl. et Bizzi) Hauskn. et Pidlich-Aigner. На луговине.

Lepiota erminea (Fr.) P. Kumm. На луговине близ р. Сер-Булак.

Lycoperdon pyriforme Schaeff. На сухостое лиственного дерева на территории популетума.

Phaeolepiota aurea (Matt.) Maire ex Konrad et Maubl. На почве, в густой траве в секции «Азия».

Vascellum pratense (Pers.) Kreisel. На лугу возле р. Сер-Булак, обильно.

Семейство Cortinariaceae

Cortinarius triumphans Fr. На почве в тополёвнике с елью и берёзой (на территории популетума).

Семейство Inocybaceae

Crepidotus calolepis (Fr.) P. Karst. На ветвях липы в секции «Азия».

Семейство Marasmiaceae

Marasmius epiphyllus (Pers.) Fr. На опаде кари в секции «Америка».

Marasmius oreades (Bolton) Fr. На луговине близ посадок спирей и колоновидной туи.

Marasmius wynnei Berk. et Broome. На опаде, изредка на всей территории дендрария.

Семейство Mycenaceae

Mycena sanguinolenta (Alb. et Schwein.) P. Kumm. На подстилке в секции «Америка».

Семейство Omphalotaceae

Mycetinis scorodonius (Fr.) A. W. Wilson et Desjardin. В основании живой яблони (*Malus pumila*) близ питомника.

Семейство Physalacriaceae

Flammulina velutipes (Curtis) Singer. На валеже лиственного дерева в тополёвнике с берёзой (на территории популетума).

Семейство Pluteaceae

Pluteus cervinus (Schaeff.) P. Kumm. На валеже на территории популетума.

Семейство Strophariaceae

Huholoma capnoides (Fr.) P. Kumm. На валежной древесине (по-видимому сосны) в березняке с ивой и сосной между популетумом и оз. Карасиха.

Семейство Tricholomataceae

Camarophyllopsis schulzeri (Bres.) Herink. На луговине в секции «Америка».

Clitocybe nebularis (Batsch) P. Kumm. На почве в березняке недалеко от питомника.

Cuphophyllus pratensis (Schaeff.) Bon. На луговине в секции «Америка» (рис. 1).

Cuphophyllus virgineus (Wulfen) Kovalenko. На луговине в секции «Америка».

Gliophorus irrigatus (Pers.) A.M. Ainsw. et P. M. Kirk. На луговине близ посадок туи (*Thuja occidentalis*) в секции «Америка».

Hygrocybe aurantiosplendens R. Haller Aar. На луговине в секции «Азия».

Hygrocybe ceracea (Wulfen) P. Kumm. На луговине, на обочинах тропинок в секциях «Америка», «Европа» и «Азия».

Hygrocybe coccinea (Schaeff.) P. Kumm. На луговине под кроной клёна сахарного (*Acer saccharum*) в секции «Америка» (рис. 2).

Hygrocybe nigrescens (Quél.) Kühner. На луговине близ посадок туи западной в секции «Америка».

Hygrocybe psittacina (Schaeff.) P. Kumm. На луговине под кроной клёна сахарного в секции «Америка» (рис. 3).

Tricholoma frondosae Kalamees et Shchukin. На почве в тополёвнике с елью и берёзой (на территории популетума).

Tricholoma scalpturatum (Fr.) Quél. На почве в березняке с елью и тополем (на территории популетума).

Tricholoma stiparophyllum (N. Lund) P. Karst. На почве в тополёвнике с елью и берёзой (на территории популетума).

Tricholoma virgatum (Fr.) P. Kumm. На почве под домашними яблонями и берёзами у экспозиции редких видов растений Татарстана.

ПОРЯДОК BOLETALES

Семейство Boletaceae

Leccinum scabrum (Bull.) Gray. В березняке рядом с питомником.

Семейство Suillaceae

Suillus aeruginascens (Opat.) Snell. Под лиственными в секции

«Азия».

Suillus grevillei (Klotzsch) Singer. Под лиственницами на границе секций «Америка», «Европа» и «Азия».

Suillus luteus (L.) Roussel. Под сосной обыкновенной в секции «Америка».

ПОРЯДОК GEASTRALES

Семейство Geastraceae

Geastrum fimbriatum Fr. На подстилке под туей западной в секции «Америка».

Geastrum quadrifidum Pers. На подстилке под туей в секции «Америка».

ПОРЯДОК GOMPHALES

Семейство Gomphaceae

Clavariadelphus fistulosus (Holmsk.) Corner. На ветке берёзы близ питомника.

Clavariadelphus mucronatus V. L. Wells et Kempton. Под лиственницами на границе секции «Азия» (рис. 4).

ПОРЯДОК HYMENochaetales

Семейство Rickenellaceae

Rickenella fibula (Bull.) Raithelh. На луговине в секции «Америка».

ПОРЯДОК PHALLALES

Семейство Phallaceae

Phallus impudicus L. В березняке близ питомника.

ПОРЯДОК POLYPORALES

Семейство Fomitopsidaceae

Phaeolus schweinitzii (Fr.) Pat. На корнях лиственницы на границе секции «Азия», а также на корнях черёмухи Маака (*Padus maackii*) в секции «Азия» и центральной аллеи.

Семейство Ganodermataceae

Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst. На пнях лиственницы, на границе секции «Азия».

Семейство Phanerochaetaceae

Irpex lacteus (Fr.) Fr. На валеже берёзы близ посадки туи колонновидной.

Семейство Polyporaceae

Fomes fomentarius (L.) Fr. На ослабленных стволах черёмухи Маака центральной аллеи.

Trametes hirsuta (Wulfen) Pilát. На валежной ветви лиственной породы на территории популетума.

ПОРЯДОК RUSSULALES

Семейство Russulaceae

Lactarius controversus Pers. На почве под тополем на территории популетума.



Рис. 1. *Cuphophyllus pratensis* (Schaeff.) Bon. (13 IX 2015).



Рис. 2. *Hygrocybe coccinea* (Schaeff.) P. Kumm. (13 IX 2015).



Рис. 3. *Hygrocybe psittacina* (Schaeff.) P. Kumm. (13 IX 2015).



Рис. 4. *Clavariadelphus mucronatus* V. L. Wells et Kempton (13 IX 2015).

Lactarius torminosus (Schaeff.) Pers. На почве в тополёвнике с берёзой и елью (на территории популетума).

Russula chloroides (Krombh.) Bres. На почве под берёзами и туями близ питомника.

Литература

БАКИН О. В., ИВАНОВ В. Б. Коллекция дендрария Волжско-Камского государственного природного заповедника // Проблемы дендрологии на рубеже XXI века: Тез. докл. международ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения член-корр. РАН П. И. Лапина. М., 1999. С. 21–22.

БОНДАРЦЕВА М. А., ЗМИТРОВИЧ И. В. Трутовик лакированный // Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. С. 769–770.

КАПИТОНОВ В. И. Находки новых для Удмуртии видов макромицетов // Вестник Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Наука о Земле. 2013. Вып. 4. С. 9–24.

КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ДЕНДРАРИЯ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА / Состав.: В. Б. Иванов; науч. ред.: О. В. Бакин. пос. Садовый, 2011. 40 с.

MYCOBANK. URL: <http://www.mycobank.org/> (дата обращения 20.11.2016).

УДК 502.4:581.95 (470.41)

Дополнение к флоре Саралинского участка Волжско-Камского заповедника

В. Е. Прохоров, Т. В. Рогова¹

PROKHOROV V., ROGOVA T. V. SUPPLEMENT TO THE FLORA OF SARALA PART
OF VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE

Information about 70 new species of the vascular plants findings in Sarala part of Volzhsko-Kamsky National Nature Biosphere Reserve is presented.

Первая инвентаризация флоры сосудистых растений Саралинского участка заповедника была проведена в 1965–1972 гг. ассистентом кафедры ботаники Казанского университета Р. Г. Ивановой. В 1965 г. ею, с двумя студентками-дипломницами – Т. И. Левиной и М. И. Денисовой, с середины мая по середину сентября были обследованы 31 лесной квартал и 4 малых острова, собран гербарий и зарегистрировано 499 видов сосудистых растений (Иванова, 1968). В 1966 г. были дообследованы 21 квартал, а в следующие годы Ивановой проводились в заповедник отдельные выезды. К 1973 г. на территории Саралинского участка заповедника всего было выявлено 610 видов сосудистых растений (Иванова, 1977).

С конца 1970-х гг. изучение флоры заповедника было продолжено кафедрой охраны природы под руководством Т. В. Роговой. Систематическая поквартальная инвентаризация флоры Саралинского участка проводилась с 2006 г. Вся информация о местонахождениях видов занесена в базу данных «Флора» (Рогова и др., 2010).

В результате инвентаризационной работы были выявлены новые для заповедника виды сосудистых растений. Информация о флористических находках была опубликована частично. Ниже приводится список новых для Саралинского участка видов, сведения о которых не были опубликованы или же были опубликованы, но без указаний точных местонахождений. Некоторые виды, ошибочно указанные в списках Р. Г. Ивановой, приведены с корректировкой названий.

Achillea cartilaginea Ledeb. ex Rchb. (*A. septentrionalis* auct., non (Serg.) Botsch.: Иванова, 1968).

Allium oleraceum L. – кв. 37.

Arctium nemorosum Lej. – кв. 6.

Armoracia rusticana Gaertn., C. A. Mey. et Scherb. – кв. 61, на стационаре и около кордона.

Bidens frondosa L. – кв. кв. 60–62.

Bidens radiata Thuill. – кв. 62.

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: Tatiana.Rogova@kpfu.ru

- Carex colchica* J. Gay – кв. 61.
Carex disticha Huds. – кв. 44.
Carex elongata L. – кв. кв. 17, 18, 33, 43, 49, 59, 61, 62.
Carex pediformis C. A. Mey. – кв. кв. 23, 53, 62.
Carex sylvatica Huds. – кв. 26, 52.
Cirsium incanum (S.G. Gmel.) Fisch. – кв. кв. 18, 48, 52, 62.
Cirsium setosum (Willd.) Besser (*C. arvense* auct., non (L.) Scop.: Иванова, 1968) – кв. кв. 39, 48, 52, 58, 60, 61.
Cotoneaster melanocarpus Fisch. ex Blytt. – кв. 46.
Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soo – кв. 48.
Dianthus borbasii Vandas (*D. andrzejowskianus* auct., non (Zapał.) Kulcz.: Иванова, 1968) – кв. кв. 32, 39, 41, 45–49, 58, 59, 61, 62.
Diplazium sibiricum (Turcz. ex G. Kunze) Kurata – кв. 17, в овраге.
Dryopteris cristata (L.) A. Gray – кв. 60.
Festuca altissima All. – кв. кв. 40, 50.
Eleocharis mamillata Lindb. fil. – кв. кв. 43, 52, 61, 62.
Eleocharis uniglumis (Link) Schult. – кв. 48.
Epilobium adenocaulon Hausskn. – кв. 61.
Eragrostis amurensis Prob. – кв. 61, на пляже.
Eremogone microdenia (P. Smirn.) Ikonn. – кв. кв. 42, 49.
Filipendula denudata (J. et C. Presl) Fritsch. – кв. кв. 52, 58, 62.
Galeopsis bifida Boenn. – кв. 61.
Galium rivale (Sibth. & Sm.) Griseb. – кв. кв. 52, 59.
Geranium robertianum L. – кв. кв. 32, 36, 43, 44, 58, 62.
Glyceria arundinaceae Kunth. – кв. 60, 61
Glyceria lithuanica (Gorski) Gorski – кв. 25.
Helictotrichon pubescens (Huds.) Pilg. – кв. 37.
Hippophae rhamnoides L. – кв. 61, на пляже.
Ledum palustre L. – кв. 57, в сфагновом березняке на границе квартала.
Lilium pilosiusculum (Freyn) Miscz. (*L. martagon* auct., non L.: Иванова, 1968).
Linaria biebersteinii Besser – кв. 39.
Luzula multiflora (Ehrh.) Lej. – кв. кв. 37, 44, 54.
Lycopodium clavatum L. – кв. кв. 41–43, 47, 49–52, 59.
Malus domestica Borkh. – кв. 36.
Menyanthes trifoliata L. – кв. 18.
Myriophyllum sibiricum Kom. – кв. 61.
Ophioglossum vulgatum L. – кв. 37, на лесной поляне.
Padus maackii (Rupr.) Kom. – кв. 61, на стационаре.
Plantago uliginosa F.W. Schmidt – кв. 60, 61.
Poa compressa L. – кв. 62.
Poa trivialis L. – кв. кв. 40, 46, 51.
Populus laurifolia Ledeb. – кв. 61, на намытом пляже.
Potamogeton crispus L. – кв. 52.

- Potentilla canescens* Bess. – кв. 61.
Potentilla goldbachii Rupr. – кв. кв. 37, 62.
Psammophiliella muralis (L.) Ikonn. – кв. кв. 37, 61.
Ranunculus lingua L. – кв. кв. 35, 51, 52, 60.
Rosa dumalis Bechst. – кв. 32
Rosa glabrifolia C.A. Mey. et Rupr. – кв. кв. 40, 43, 46, 49, 50, 61.
Rosa pratorum Sukaczew – кв. 32
Rumex aquaticus L. – кв. 41.
Rumex pseudonatronatus (Borbas) Borbas ex Murb. – кв. 60.
Salix aurita L. – кв. кв. 25, 35, 62.
Salix dasyclados Wimm. – кв. 62.
Salix × *rubens* Schrank – кв. кв. 25, 32, 40.
Salsola collina Pall. – кв. 61, на берегу водохранилища.
Senecio tataricus Less. – кв. 43.
Senecio viscosus L. – кв. 46.
Stachys wolgensis Wilensky – кв. 40, 60.
Stellaria crassifolia Ehrh. – кв. 48, на сплаvine в протоке.
Thalictrum kemense (Fr.) W. D. J. Koch (*T. minus* auct., поп L.: Иванова, 1968, р. р.) – на просеке кв. кв. 32/33.
Thyselium palustre (L.) Raf. – кв. кв. 40, 43, 61, 62.
Tragopogon dasyrhynchus Artemczuk – кв. 46.
Veronica officinalis L. – кв. кв. 17, 60.
Veronica spuria L. – кв. кв. 13, 17, 23, 32, 46, 52.
Viola × *interjecta* Borbas – кв. 32.

Литература

- ИВАНОВА Р. Г. К изучению флоры Сараловского участка Волжско-Камского заповедника // Тр. Волж.-Камск. гос. зап.-ка. Казань, 1968. Вып. 1. С. 69–90.
ИВАНОВА Р. Г. Дополнение к флоре Сараловского участка Волжско-Камского заповедника // Тр. Волж.-Камск. гос. зап.-ка. Казань, 1977. Вып. 3. С. 51–60.
РОГОВА Т. В., ПРОХОРОВ В. Е., ШАЙХУТДИНОВА Г. А., ШАГИЕВ Б. Р. Электронные базы фитоиндикационных данных в системах оценки состояния природных экосистем и ведения кадастров биоразнообразия // Уч. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2010. Т. 152. Кн. 1. С. 174–181.

УДК 581.91:582.542.1 (470.41)

Род *Koeleria* PERS. (Poaceae) во флоре Татарстана

О. В. Бакин¹

BAKIN O. V. THE GENUS *KOELERIA* PERS. (POACEAE) IN FLORA OF TATARSTAN

On the basis of Kazan Fideral University herbarium materials and literature data, 8 species and 1 variety gen *Koeleria* Pers. were characterized in Tatarstan flora.

На основе последней обработки Н. Н. Цвелёва (2011) рода тонконог (*Koeleria* Pers.) для территории России, был просмотрен гербарий по этому роду, хранящийся в Казанском университете (KAZ). Ниже приведён ключ для определения видов и их краткий обзор.

Ключ для определения видов рода *Koeleria* Pers. Татарстана

Для колосков приведены размеры, наиболее часто встречающиеся в метёлке, причём для колосков двухцветковых.

1. Вегетативные побеги с 2–3 (4) развитыми листьями, обычно серовато-зелёными. Нижние цветковые чешуи, как правило, постепенно заострённые. Преимущественно растения степей и каменистых склонов (секция ***Koeleria***) 2
- + Вегетативные побеги с 4–10 развитыми листьями (из-за расположения нескольких побегов в общей обертке из влагалищ), обычно сизыми; побеги у основания кажутся луковичеобразно утолщёнными (из-за многочисленных влагалищ отмерших листьев). Нижние цветковые чешуи, а обычно и колосковые – туповатые. Растения борových песков, с чехликами из песчинок на корнях (секция ***Bulbosae***) 6
2. Растения образующие густые дерновины. Стебли под метёлками менее чем на 1 см очень коротко опушённые (волоски 0,1–0,2 мм дл.) 3
- + Растения с ползучими подземными побегами 4
3. Листовые пластинки ок. 3 мм шир., у бесплодных побегов большей частью плоские, очень жёсткие, сверху и по краям шероховатые от густо расположенных шипиков. Колоски 6–7 мм дл.; нижние цветковые чешуи (кроме перепончатой крайины) волосистые 1. ***K. sclerophylla***.
- + Листовые пластинки 1–2 мм шир., обычно вдоль сложенные; нижние листья опушены рассеянными волосками 0,5–1 мм дл. Колоски 4–5 мм дл.; нижние цветковые чешуи голые, редко с немногими волосками в нижней половине 2. ***K. cristata***.
4. Стебли под метёлкой более чем на 2 см очень коротко опушённые. Влагалища и пластинки нижних листьев обычно обильно коротко-волосистые. Колоски 4,5–7 мм дл.; нижние цветковые чешуи голые или с немногими волосками 3. ***K. mollis***.
- + Стебли под метёлкой менее чем на 0,5 см очень коротко опушённые. Влагалища и пластинки нижних листьев голые или почти голые. Листовые пластинки плоские или свёрнутые, ок. 1 мм шир. Колоски 3,5–4,5 мм дл.; нижние цветковые чешуи голые, на верхушке притуплённые 5
5. Влагалища всех листьев голые 4. ***K. delavignei***.
- + Влагалища нижних листьев очень коротко опушённые 5. ***K. fallax***.
- 6 (1). Стебли под метёлкой менее чем на 1 см очень коротко опушённые. Листовые пластинки с обеих сторон густо покрыты тонкими шипиками, часто переходящими в волоски до 0,1 мм дл. 8. ***K. dubjanskii***.

¹ ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: vkz@mail.ru

- + Стебли под метёлкой более чем на 1 см очень коротко опушённые 7
 7. Влагалища и пластинки нижних листьев густо покрыты шипиками или волосками до 0,1 мм дл. 6. **K. glauca.**
 + Влагалища и пластинки нижних листьев густо покрыты волосками 0,1–0,3 мм дл., из-за чего смотрятся бархатистыми 7. **K. valdevestita.**

Секция 1. **Koeleria:**

1. **K. sclerophylla** P. Smirn., 1932, Feddes Repert. 30: 399; Марков, 1960, Злаки Тат. АССР: 42; Цвел., 1974, Фл. европ. части СССР, 1: 206, excl. subsp.; Бакин и др., 2000, Сосуд. раст. Татарст.: 390. – **Т. жестколистный.**

Описан из Жигулей. Распространён на востоке Предволжья, в За- волжье, Предуралье и на Урале, к югу от которого заходит в Западную Сибирь. Произрастает в каменистых степях.

КАЗ: Азнакаевский р-н – «кустарниковая степь близ д. Уразаево, 8 VII 1967, Р. Иванова», «заказник «Чекан», по склону долины р. Ик, на выходах песчаников, 17 VII 2005, О. Бакин, В. Прохоров, Т. Рогова»; Бугульминский р-н – «Ю. склоны Макаровой горы, 16 VII 1926, М. Марков»; «Лениногорский р-н, д. Нижн. Чершалы, на мергелистом склоне, 8 VII 1970, Р. Иванова»; Новошешминский р-н – «склоны по реке Волчьей, 5 VI 1927, М. Марков»; Черемшанский р-н – «ок. д. Павловка в сторону Бугульмы, остепнённый склон, 16 VI 1982, Р. Иванова»; Чистопольский р-н – «склоны по р. Бехте против с. Белая гора, 3 VII 1963».

В Татарстане редкий вид, встречающийся только в каменистых степях на Бугульминско-Белебеевской возвышенности. По-видимому, более широко был распространён в холодные периоды плейстоцена.

Занесён в Красную книгу Российской Федерации (Рогова, 2008).

2. **K. cristata** (L.) Pers., 1805, Syn. Pl. 1: 97, quoad nom.; Korsh., 1898, Mém. Acad. Sci. Pétersb. 7, 1: 473, p. p.; Цвел., 1974, цит. соч.: 205, s. str.; Бакин и др., цит. соч.: 390. – *Aira cristata* L., 1753, Sp. Pl.: 63. – *Koeleria gracilis* Pers., l. c.: 97, nom. illeg.; Марков, цит. соч.: 42. – **Т. гребенчатый.**

Описан из Европы. Вид степного и лесостепного пояса Голарктики.

КАЗ: «Азнакаевский р-н, в 6 км от Азнакаево, степной склон, VI 1967, Р. Иванова»; «Актанышский р-н, д. Ст. Байсарово, склон, 3 VII 1968, Геобот. эксп., Р. Иванова»; «Алькеевский р-н, с. Ургачары, склон, 18 VI 1933, М. Искляева»; Альметьевский р-н – «южн. склон ок. Ново-Троицкого, 14 VII 1925, М. Марков»; «д. Аппаково, р. Кичуй, склон южн. берега, 20 VII 1967, Р. Иванова»; Бавлинский р-н – «с. Шалты, Ю-В склон, 4 VII 1950», «д. Баклы, склон, 25 VI 1964, Геобот. эксп.», «Кзыл Яр, 25 VI 1964, В. Полуянова», «меловой склон южн. экспозиции к северу от Бавлов, 15 VII 1967, Р. Иванова», «д. Акбаш, склоны Урдалы-Тау, 12 VII 1970, Р. Иванова»; Бугульминский р-н – «южн. склоны ок. М. Бугульмы, 1 VII 1926, Г. Благовещенский», «степной участок ок. опыт поля г. Бугульмы, 21 VI 1927, Бугул. бот. эксп., Г. Благовещенский», «склоны и лес с. Нов. Сумароково, 25 VI 1927, Бугул. бот. эксп., Г. Благовещенский», «склон против д. Знаменка, 11 VII 1927, Бот. эксп., М. Марков», «г. Бугульма, Макарова гора, 13 VI 1968, Р. Иванова»; «Буинский р-н, д. Мещеряково, поле, 8 VI 1968, опред. Р. Иванова»; «Заинский р-н, ок. Заинской ГЭС, остепнённый склон, 18 VI 1968, Р. Иванова»; «Камско-Устьинский р-н, д. Б. Салтыки, склон, 27 VI 1966, Р. Иванова», там же «Камское Устье, крутой волжский склон, асс. мятликово-тонконоговый луг, 23 V 1967, Р. Иванова»; Лениногорский р-н – «склоны по р. Кувак ок. д. Куакбаш, 3 VIII 1927, Бугул. бот. эксп., Г. Благовещенский», «склоны ок. с. Федотовка, 14 VIII 1928, Мензел.-Бугул. геобот. эксп.», «д. Воздвиженка, напротив Воздвиженского управления юго-вост. склон горы, 7 VII 1967, Р. Иванова».

ва», «д. Зай-Каратай, склон южн. экспозиции, 9 VII 1967, Р. Иванова», «д. Н. Чаршалы, склон, 16 VI 1968, Геобот. эксп., Р. Иванова», «остепнённый склон юго-запад. экспозиции к Ю-В от с. Глазово, 17 V 2012, О. Бакин»; «Мензелинский р-н, д. Кузембетьево, на склоне, 28 VI 1968, Геобот. эксп., Р. Иванова»; «Муслюмовский р-н, в 5 км от д. Мелля-Тамак в излучине р. Ик, асс. ковыльно-типчаково-степноразнотравная, 11 VI 1967, Р. Иванова»; «Новошешминский р-н – «известняк. склоны в 200 саж. от Шахмайкина по дороге к Чертушкино, 4 VI 1927, М. Марков», «южн. обнажённые склоны по р. Волчьей против д. Гари, 2 VII 1963, Геобот. эксп. КГУ, М. Марков», «около д. Ленино, крутой смытый склон, 6 VI 1967, Р. Иванова»; «Сармановский р-н, ок. д. Новое Ахметьево, южн. склон, 8 VI 1967, Р. Иванова»; «Черемшанский р-н, д. Шешминская крепость, южн. склон, 15 VI 1967, Р. Иванова», там же «д. Карамышево, склон южн. экспозиции, 16 VI 1967, Р. Иванова»; «Чистопольский р-н с. Белая гора, южн. обнажённые склоны по р. Бахте, 25 V 1963, Геобот. эксп. КГУ».

В Татарстане вид широко распространён в лесостепной зоне, как на склонах водоразделов, так и на водораздельных плато, где входит в состав степных травостоев, порой характеризуюсь высоким обилием. М. В. Марков (1960) указывал, что в лесных районах республики, особенно северных, вид встречается значительно реже и преимущественно на склонах южной экспозиции, сложенных карбонатными породами.

Сборов вида с территорий к северу от Волги и Камы в КАЗ нет.

3. **K. mollis** Mann, 1824, in Opiz, Naturalientausch, 7: 63; Цвел., 2011, Новости сист. высш. раст. 42: 84. – *K. grandis* Bess. ex Gorski, 1849, Icon. Bot. Char. Super. Gram. Lithuan.: tab. 19; Цвел., 1974, цит. соч.: 204, s. str.; Папченко, Шпак, 1992, Бот. журн. 77, 9: 89; Бакин и др., цит. соч.: 390. – **Т. мягкий**.

Описан из Чехии. Распространён на востоке Средней Европы, в Прибалтике, Белоруссии, Украине и в западной половине европейской части России, где произрастает на боровых песках.

Для Татарстана, должно быть, как заносный вид, известен с островов Куйбышевского водохранилища: «на о-ве Тетюшский (25 VI 1988) и на о-ве у пос. Васильево (23 VI 1990)» (Папченко, Шпак, 1992; IBIW).

4. **K. delavignei** Czern. ex Domin, 1907, Bibl. Bot. (Stuttgart) 65: 247; Марков, цит. соч.: 41, s. str.; Цвел., 1974, цит. соч.: 204, p. p.; Бакин и др., цит. соч.: 390, p. p. – *K. incerta* Domin, l. c.: 250. – **Т. Делявина**.

Описан с Украины. Распространён преимущественно в лесостепной зоне Восточной Европы и Сибири (до Западного Саяна). Произрастает на заливных лугах, в луговых степях, где часто придерживается западин и оснований склонов, реже в остепнённых разреженных лесах.

По С. А. Марковой (1955), вид «изредка встречается в поймах рек Волги и Камы в пределах Татарской АССР на высоких гривах в составе травостоя лугов высокого уровня. Известны местонахождения в пойме р. Волги около ст. Обсерватория, против Ключищ, близ Комаровки и в пойме р. Камы против Красного Бора, Берсута и ниже Мурзихи»; автор также отмечала, что «кроме типичной формы найдена var. *fallax* Domin». Из указанных Марковой местонахождений, в КАЗ имеются сборы только из районов ст. Обсерватория, Мурзихи и Крас-

ного Бора, и эти растения представляют собой *K. fallax*. В KAZ хранится всего 1 образец, который определяется как *K. delavignei*, но он представляет собой var. *barabensis* Domin (*K. incerta* Domin), которая отличается от типовой разновидности рыхлой дерновиной. Н. Н. Цвелёв (2011) не исключал, что эта раса может являться гибридогенной и тогда заслуживать ранга вида.

KAZ: Алексеевский р-н – «пойма Камы против Николо-Берёзовки, 26 VI 1948, Геобот. эксп. КГУ, М. Марков».

K. delavignei var. *barabensis* на территории Татарстана встречается, по-видимому, редко, и приурочена к лесостепным сообществам. Вопрос о произрастании в Татарстане *K. delavignei* s. str. остаётся открытым.

Н. Н. Цвелёв предполагал, что лектотип вида – *K. incerta* Domin («Gub. Kazan, distr. Tschistopol, inter pag. Czertuskyna et Novosesminsk, 1885, S. Korshinsky») – находится в Казани (KAZ), но найти его не удалось; в имеющемся в университете гербарии Коржинского злаков нет вовсе.

5. ***K. fallax*** (Domin) Tzvel., 2011, l. c.: 86. – *K. delavignei* var. *fallax* Domin, l. c.: 248; Ильинский, 1915, Тр. Бот. музея Импер. Акад. наук, 14: 12; Марков, 1960, цит. соч.: 41. – *K. delavignei* auct., non Czern. ex Domin: Бакин и др., цит. соч.: 390, р. р. – **Т. обманчивый**.

Описан из Башкирии. От *K. delavignei* отличается очень коротким опушением влагалищ нижних листьев. Считается редким растением, встречающимся на востоке европейской части России и в Западной Сибири по лугам, лесным полянам и опушкам.

KAZ: Агрызский р-н – «пойма р. Камы, Кр. Бор, асс. *Agrostis syreistschikowii* + *Carex praecox*, 29 VI 1948»; Азнакаевский р-н – «д. Тумутук, пойма р. Ик, 13 VI 1967, Р. Иванова»; Алексеевский р-н – «пойма р. Камы около пристани Мурзиха, грива с *Filipendula hexapetala*, 5 VII 1947, Геобот. эксп. КГУ», там же «на гриве, пестротравная асс., 8 VII 1947, Геобот. эксп. КГУ»; Бавлинский р-н – «сырой луг близ д. Бакалы, 27 VI 1964, Бот. эксп. КГУ»; «Бугульминский р-н, около д. Чирково, 16 VII 1969, Р. Иванова»; Зеленодольский р-н – «ст. Обсерватория, приустьевая пойма, 27 VI 1944, Бот. эксп. КГУ, М. Марков», «грива центр. поймы близ Большого оз., 20 VII 1944, Бот. эксп. КГУ, М. Марков»; «Лениногорский р-н, около д. Волжанка, лесная поляна, 20 VI 1967, Р. Иванова»; «Мамадышский р-н, верховые луга за д. Починки, 12 VI 1968, Р. Иванова»; «Мензелинский р-н, д. Игим, поляна в сосновом лесу, 17 VI 1968, Р. Иванова»; Нурлатский р-н – «пойма р. Черемшан против с. Вишнёвая поляна, 26 VI 1958, Геобот. эксп.»; «Сармановский р-н, к-з «Коммунизм», около леса из дубового подроста, 9 VI 1967, Р. Иванова»; «Тетюшский р-н, пойма р. Волги, д. Городок, асс. *Rumex confertus* + *Agrostis prorepens*, 27 VII 1947, Сапожкина, Марков»; «Черемшанский р-н, д. Шешминская крепость, южн. склон, 15 VI 1967, Р. Иванова».

Впервые на нашей территории растение отмечено А. П. Ильинским (1915) в Елабужский районе: «с. Танайка 9 VI 1911. По сухим гривам на пойменном лугу в долине р. Камы» (LECB?). Как указывалось выше, С. А. Маркова также находила растение «на высоких гривах, в составе травостоя лугов высокого уровня». Таким образом, с учётом гербарного материала KAZ, местообитания *K. fallax* в Татарстане соответствуют местообитаниям, которые принято считать харак-

терными для *K. delavignei* – заливные луга, луговые степи, реже разреженные остепнённые леса. Возможно, что на территории Татарстана первый таксон полностью замещает второй – *K. fallax* распространён практически от восточных до западных районов республики. Правда, как по *K. fallax*, так и по *K. delavignei* нет материалов из Предволжья Татарстана.

Н. Н. Цвелёв (2011) предполагал, что *K. fallax* может являться гибридным видом.

Большинство местообитаний *K. fallax* в поймах Волги и Камы уничтожены водохранилищами.

Секция 2. **Bulbosae** Domin:

6. ***K. glauca*** (Spreng.) DC., 1813, Catal. Pl. Hort. Monspel.: 116; Марков, цит. соч.: 41, р. р.; Цвел., 1974, цит. соч.: 206, excl. subsp.; Бакин и др., цит. соч.: 390, р. р. – *Aira glauca* Spreng., 1801, Nachtr. Bot. Gart. Halle, 1: 10. – **Т. сизый**.

Описан, должно быть, из Средней Европы. Распространён от Средней Европы до Прибайкалья. Произрастает на песчаных почвах лесной зоны.

KAZ: Верхнеуслонский р-н – «пойма р. Волги против Ключищ, приусловой вал, 25 VII 1948, Геобот. эксп., М. Марков»; Зеленодольский р-н – «Паратовский лесхоз, кв. 19, 19 VI 1939, Улитина», «Раифа, кв. 9, 18 VI 1948, Белобородова», «ст. Обсерватория, песчаная грива около Дубового оз., 5 VII 1947, Бот. эксп. КГУ, М. Марков»; Казань – «Казанское лесничество, кв. 87, 16 VII 1924»; Лаишевский р-н, Саралинский уч. Волжско-Камского заповедника – «кв. 49, Лысая гора, 8 VI 1965, Денисова», «кв. 41, недалеко от берега Волги, 18 VI 1965, Денисова», «кв. 46, холм, сосновый бор, 19 VI 1965, Р. Иванова», «кв. 61, берег Волги, холм, 24 VI 1965, Р. Иванова», «кв. 57, берег р. Волги, 21 VII 1965, Денисова», «кв. 62, Орнитологический остров, 7 VIII 1965, Р. Иванова»; «кв. 32, осыпающийся песчаный бугор, 10 VII 1966, Золотова»; «Мензелинский р-н, д. Игим, песчаный склон к оз. Игим, 28 VI 1968, Р. Иванова».

В Татарстане вид произрастает преимущественно в разреженных сосняках на древнеаллювиальных песках надпойменных террас крупных рек; до создания водохранилищ на Волге и Каме встречался и в их поймах – на песчаных гривах и приусловом валу. М. В. Марков (1960) указывал на произрастание вида на выходах песчаников в Лесостепном Заволжье близ деревень Каркали, Микулино, Шешминская крепость, Знаменка и Зюбеирово. В KAZ имеются сборы из трёх первых пунктов, но это *K. dubjanskyi*.

7. ***K. valdevestita*** (Domin) Tzvel., 2011, l. c.: 87. – *K. glauca* var. *valdevestita* Domin, l. c.: 63. – *K. glauca* auct., non (Spreng.) DC.: Марков, цит. соч.: 41, р. р.; Бакин и др., цит. соч.: 390, р. р. – **Т. густоопушённый**.

Описан с территории современного Татарстана – лектотип: «Симбирская губ., сосновый лес на р. Карле Буинского у., 5 VII 1884, С. Коржинский» (LE). От *K. glauca* отличается только более длинным опушением. Указывается для песков в бассейнах рек Сура и Свияга.

KAZ: «Буинский р-н, с. Козловка, 13 VI 1974, Смирнов».

Возможно, вид является эндемиком бассейнов Суры и Свияги. Если это так, то его история, по-видимому, связана с историей При-

волжской возвышенности, но проследить её пока затруднительно. Можно лишь отметить, что песчаные массивы, к которым приурочен вид, по минералогическому составу отличаются от песков Марийского Заволжья, представляющих собой в верхах перигляциальный аллювий, подвергшийся эоловой переработке (Бутаков, 1986). Пески в бассейне Суры, помимо надпойменных террас рек, занимают водораздельные территории, и, по А. П. Дедкову с соавторами (1971), являются продуктом переработки палеогеновых пород центральной части Приволжской возвышенности. В южной части Лесного Засурья они покрывают весь западный склон свияго-сурского водораздела, переходя по слабо выраженным седловинам в долины верхних течений левых притоков Свияги – Карлы, Булы и Кубни. По А. П. Дедкову, эти пески – отложения подпруженной ледником Суры, воды которой «переливались» через водоразделы. Позднее пески были подвержены эоловым процессам, но в незначительной степени.

Необходимо специальное изучение распространения этой расы.

8. **K. dubjanskyi** Tzvel., 2011, l. c.: 87. – *K. glauca* subsp. *sabuletorum* auct., non Domin: Цвел., 1974, цит. соч.: 207, p. p. – *K. sabuletorum* auct., non (Domin) Klok.: Иванова, 1977, Тр. Волж.-Камск. гос. заповед. 3: 57, cum. auct. Czern ex Domin; Бакин и др., цит. соч.: 391. – **Т. Дубянского.**

Описан из Воронежской обл. По Н. Н. Цвелёву, таксон, возможно, представляет собой гибрид между лесным (боровым) *K. glauca* и степным *K. sabuletorum*. От первого вида отличается голым под метёлкой стеблем, а от второго – плотными дерновинами, выступающими из влагалищ верхними узлами стеблей и густо опушёнными снизу листовыми пластинками. Произрастает от северо-восточной Украины до бассейна Енисея на песках лесостепной зоны, т. е. в зональном отношении занимает промежуточное положение между предполагаемыми родительскими видами. Если *K. dubjanskyi* является гибридом между *K. glauca* и *K. sabuletorum*, то гибридизация между последними, должно быть, носила интрогрессивный характер.

КАЗ: Азнакаевский р-н – «склоны около с. Микулино, 19 VIII 1928, Бугул.-Менз. бот. эксп., М. Марков»; «Лаишевский р-н, Сараловский участок ВКЗ, кв. 32, 13 VII 1966, Р. Иванова»; Лениногорский р-н – «склоны у нижнего конца с. Каркали, 15 VIII 1928, Бугул.-Менз. бот. эксп.»; Нурлатский р-н – «склоны по р. Б. Черемшан к востоку от Ст. Челны, 29 VII 1925, М. Марков»; «Черемшанский р-н, д. Шешминская крепость, склон, 15 VI 1967, Р. Иванова»; Чистопольский р-н – «склоны по р. Бехте около с. Белая гора, 19 VIII 1926, М. Марков».

В Татарстане вид приурочен к лесостепной зоне. К северу от Камы известен в Саралинском участке Волжско-Камского заповедника. Очевидно, должен встречаться по боровым террасам Волги и к югу от камского устья.

Литература

БУТАКОВ Г. П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1986. 144 с.

ДЕДКОВ А. П., ДИСТАНОВ У. Г., ЛАТЫПОВ Н. Г. О происхождении песков Лесного

Засурья // Стратиграфия, палеография и полезные ископаемые мезокайнозоя Урало-Поволжья. Казань, 1971. С. 42–49 (Гр. Геол. ин-та г. Казани. Вып. 29).

МАРКОВА С. А. Сем. Gramineae. Злаки // Марков М. В. (с сотрудниками). Флора и растительность пойм рек Волги и Камы в пределах Татарской АССР. Ч. 1. Казань, 1955. С. 46–55 (Уч. зап. Казан. ун-та. Т. 115. Кн. 1).

РОГОВА Т. В. Тонконог жестколистный // Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. С. 445–446.

ЦВЕЛЁВ Н. Н. О роде тонконог (*Koeleria* Pers., Poaceae) в России // Новости сист. высш. раст. М.-СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2011. Т. 42. С. 63–90.

О состоянии популяций хвойных в Раифском лесу

*М. Б. Фардеева, А. Ф. Ибрагимова, А. М. Абуталипов*¹

FARDEEVA M. B., IBRAGIMOVA A. F., ABUTALIPOV A. M.

CONDITION OF CONIFEROUS PLANTS POPULATIONS IN RAIFA FOREST

The role of fires in Raifa forest substitute partly by the windfalls and droughts. They formed the some kinds of windows which is necessary for pine regeneration. The drought of 2010 depended on spruce reducing. The reproduction of coniferous is weak. In pine forests the perspectives have linden populations.

Насаждения сосны и ели в большей степени определяют облик Раифского лесного массива и представляют особый интерес, поскольку с ними связаны многие редкие для региона бореальные виды растений и животных. В связи с этим изучение популяций лесообразующих хвойных деревьев, их структуры и динамики, механизмов устойчивости и особенностей возобновления представляется актуальным.

Согласно В. С. Порфирьеву (1968), в XIX в. в Раифе были распространены хвойные и длительно-производные от них широколиственно-хвойные сообщества, в составе которых на разных этапах эндогенетических и демулационных сукцессий доминировали либо сосна, либо ель, либо липа. В настоящее время в Раифе «происходит эндодинамическая смена сосны елью на фоне участия широколиственных пород (преимущественно липы)».

Дендрохронологический анализ сосен, проведенный в сосняке чернично-мшистом с елью в кв. 25, показал, что появление некоторых деревьев датируется 1790–1800 гг. (Тишин, 2005). В сосняках зеленомошных с елью в кв. 52, по дендрохронологическому анализу 2012 г., возраст некоторых крупных экземпляров сосны около 170–180, а в кв. кв. 41, 42 – 200–206 лет (Д. В. Тишин, личное сообщение). Дендрохронологический анализ возрастной структуры раифской популяции ели показал, что первое поколение особей представлено деревьями, появившимися в 1817–1830 гг. (старые генеративные особи), второе поколение появилось в 1863–1869 гг., третье – в 1894–1898 гг. (зрелые генеративные особи), четвертое – в 1967–1972 гг. (молодые генеративные особи) (Тишин, 2008).

Как отмечал А. Д. Чистяков (1931), изучавший генезис сосновых насаждений Раифы, за последние 300 лет было более 10 пожаров, из которых самым крупным был пожар 1867 г.; периодически повторяющиеся пожары играли существенную роль в появлении новых генераций сосны в XIX и XX вв. За более чем 50-летнюю историю заповедника влияние пожаров минимизировано; они носят незначительный,

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: orchis@inbox.ru

локальный характер. Отсутствие пожаров, по-видимому, способствовало укреплению позиций ели в хвойно-широколиственных сообществах Раифы.

«Смена сосны елью сопровождалась перестройкой видового состава, структуры, внутренней среды ценозов, в результате чего исходные сосняки костянично-снытьевые с елью (за 200 лет) постепенно трансформировались в ельники кислично-неморальные с липой и единично с сосной» (Порфирьев, 1968). Вместе с тем, вмешательство человека усугубило процесс трансформации хвойных насаждений в длительно-производные липняки кислично-неморальные с елью, а затем, в результате эвтрофикации почв, привело к формированию широколиственных пролесниковых сообществ с единичным участием ели. Пихта в Раифском лесном массиве почти исчезла (Порфирьев, 1972).

В статье приведены некоторые наблюдения за популяциями сосны и ели, испытывавшими влияние ряда катастрофических природных явлений в начале XXI в.

Материалы и методы

Основными объектами наших исследований были хвойно-широколиственные леса и популяции лесообразующих виды: сосны – *Pinus sylvestri* L. и ели – *Picea fennica* (Regel) Kom., а также популяции сопутствующих видов: липы – *Tilia cordata* Mill., дуба – *Quercus robur* L. и берёзы – *Betula pendula* Roth. Исследования проводились в Раифском участке Волжско-Камского заповедника в 2004–2016 гг. В 2004–2011 гг. в сборе материала принимала участие студентка Д. Р. Шакирова.

На территории Раифского лесного массива перпендикулярно р. Сер-Булак был заложен геоботанический профиль, протяжённостью 3 км. На нём в разных типах фитоценозов закладывались пробные площади (ПП) размером 2500 м² (50×50 м), в т. ч. с участием хвойных: ПП 3 – в липняке снытево-пролесниковом с елью; ПП 4 – в ельнике (культуры) снытево-страусниковом с берёзой; ПП 6 – в сосняке кислично-волосисто-осоковом с елью и липой; ПП 7 – в сосняке чернично-кислично-мшистом с елью, берёзой и липой; ПП 8 – в сосняке бруснично-чернично-кислично-мшистом с елью; ПП 9 – в сосняке вейниково-кислично-мшистом с елью; ПП 10 – в сосняке (культуры) бруснично-вейниково-мшистом; ПП 11 – в сосняке костянично-ландышевом с берёзой (рис. 1).

Фитоценозы и популяции деревьев описывались общепринятыми геоботаническими и популяционными методами (Серебряков, 1962; Воронов, 1973; Ценопопуляции..., 1976; Диагнозы и ключи..., 1989; Смирнова и др., 1990; Марков, 2012). Описания и картирование растений на ПП проводилось в 2004, 2009, 2010, 2012, 2014 и 2016 гг.

В программе Microsoft Exel была создана база данных, содержащая информацию о морфометрических показателях (высота и диаметр ствола), онтогенетической группе и пространственном расположении

няются от -1 до $+1$; при этом принято, что значения до $0,2$ – очень слабая корреляция, до $0,5$ – слабая, до $0,7$ – средняя, до $0,9$ – высокая и свыше $0,9$ – очень высокая корреляция.

Состояние деревьев определялось по 6-бальной шкале в соответствии с классификацией В. К. Зайцевой с соавторами (1988): 1 – здоровые деревья; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие деревья; 5 – свежий сухостой; 6 – старый сухостой. Индекс состояния каждого вида дерева на ПП рассчитывался по формуле:

$$ИС = \sum b * n / N,$$

где b – балл состояния; n – число деревьев, имеющих данный балл; N – общее число деревьев на ПП.

Результаты и их обсуждение

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ

В отечественной фитоценологии вопросам поведения видов деревьев и организации их популяций в зависимости от популяционных стратегий видов, посвящён ряд исследований. Для восточноевропейских лесов России подробная классификация видов деревьев по типам стратегий составлена О. И. Евстигнеевым (2004). В типе I – *конкурентные виды* (виаленты) – выделяются подтипы *типичные конкуренты*, к которым из наших видов относятся дуб и ель, и *реактивно-конкурентные виды*, к которым относится сосна. Тип II – *толерантные виды* (пациенты) – в нашей флоре представлен подтипами *конкурентно-толерантные* (липа, клён остролистный) и *собственно-толерантные* (черёмуха обыкновенная) виды. Тип III – *реактивные виды* (эксплеренты) – в нашей флоре представлен подтипами *толерантно-реактивные* (ильмовые) и *собственно реактивные* (берёза, осина) виды.

Преобладающим интегральным свойством, как ели, так и сосны является конкурентоспособность. Оба вида значительную долю ресурсов направляют на вегетативный рост и на продолжительное поддержание индивидуального существования, а их воспроизводство реализуется «мелкими партиями» и растянуто на длительный срок. Вместе с тем было определено, что у ели существенно выражена толерантность, а у сосны – черты фитоценотической реактивности (табл. 1).

Отношением к свету *P. sylvestris* и *P. fennica* отличаются. Сосна считается светолюбивым видом, при этом потребность сосны в солнечном свете с возрастом меняется; в первые годы жизни она наиболее теневынослива. На светолюбие сосны оказывают влияние условия увлажнения. В частности, достаточно увлажненные почвы считаются для сосны более благоприятными, а деревья, которые произрастают на сухих и бедных или плохо аэрируемых (на торфяниках) почвах выглядят более угнетёнными. Ель считается более теневыносливым видом; минимальные потребности в свете у ели отмечены на начальных стадиях развития (табл. 1).

Таблица 1

Суммарные баллы популяционных стратегий и световые минимумы сублетальных особей онтогенетических групп разных видов деревьев

Вид	Популяционные стратегии, балл (Евстигнеев, 2004)			Минимальная освещённость для онтогенетических групп, % (Романовский, 2006)			
	кон- ку- рент- ность	толе- рант- ность	реак- тив- ность	j	im ₁	im ₂	v ₁
<i>Pinus sylvestris</i>	5,25	1,11	6,28	6,4	11,4	19,8	22,4
<i>Picea abies</i>	7,47	4,73	4,88	0,9	1,1	1,2	1,6
<i>Tilia cordata</i>	3,24	3,83	4,08	0,6	0,7	0,8	1,3
<i>Betula pendula</i>	2,89	0,45	8,23	3,1	4,5	10,7	30
<i>Quercus robur</i>	10,05	0,94	4,08	1,2	2,6	5	15,1

СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ

Простейшая оценка состояния ценопопуляций (ЦП) лесобразующих видов основана на том, что разные онтогенетические группы деревьев имеют определённые диапазоны высоты и входят в разные ярусы древостоя. Распределение видов по ярусам позволяет составить общее представление о состоянии популяций деревьев и возможностях их самоподдержания в различных сообществах (Смирнова и др., 1990). В таблице 2 показано распределение лесобразующих видов по подъярусам в разных группах ассоциаций Раифского леса.

P. sylvestris в мшистых сосняках присутствует во всех ярусах. ЦП вида устойчивые, полночленные – отмечаются все прегенеративные группы. В сосняках сложных, приуроченных к более богатым почвам, подрост сосны отсутствует (ярусы В и С). Процесс возобновления сосны здесь нарушен, в частности, из-за дефицита света в подпологовом лесном пространстве. В засуху 2010 г. сосна выпала из яруса С в культурах, а в мшистых сосняках в подъярусе С2 её численность сократилась. Возобновление вида вновь отмечено с 2012 г. в сосняках зеленомошных.

P. fennica в заповеднике приурочена преимущественно к хвойным зеленомошным и смешанным кислично-неморальным лесам, связанным с наиболее увлажнёнными экотопами. Здесь ель встречается почти во всех ярусах (часто отсутствует только в подъярусе А1), является основным содоминантом сосны, а может и доминировать по числу стволов. Её ЦП в этих сообществах нормальные и полночленные. До засухи 2010 г. позиции ели были устойчивыми и перспективными, процессы самоподдержания не нарушались, и численность подроста постоянно увеличивалась. В засуху 2010 г. во всех ассоциациях ель стала сокращать численность в ярусе С, а в 2014 г. наблюдалось её выпадение во всех ярусах. Возобновление вида отмечено в 2016 г.

Таблица 2

Распределение лесообразующих видов по подъярусам
в разных группах ассоциаций Раифского участка заповедника
в 2004–2016 гг.

Вид	Сосняки сложные	Сосняки мшистые с елью	Сосняки (культура)	Сосняки ландышевые
	ПП 6, 7	ПП 8, 9	ПП 10	ПП 11
2004 г.				
<i>Pinus sylvestris</i>	A1	A1A2B1B2C2	A1A2B1B2C1	A1 A2B2
<i>Picea fennica</i>	A1A2B1B2C1	A1*B1B2C1	A2*B1B2C1	A2B1B2C1C2
<i>Tilia cordata</i>	A2B1B2C1C2	B2C1	B2*	A2B1B2C1C2
<i>Betula pendula</i>	A2	A2B1C1C2	A2B1	A2B1B2C1
<i>Quercus robur</i>		B1C1C2	B2C1	B2C1C2
2010 г.				
<i>Pinus sylvestris</i>	A1	A1A2B1B2C2	A1A2B1B2	A1A2B2
<i>Picea fennica</i>	A1A2B1B2C1	A1*B1B2C1	A2*B1B2	A2B1B2C1
<i>Tilia cordata</i>	A2B1B2C1C2	B2C1	B2*	A2B1B2C1C2
<i>Betula pendula</i>	A2	A2B1C1C2	A2B1	A2B1B2C1
<i>Quercus robur</i>		B1C1C2	B2C1	B2C1C2
2014 г.				
<i>Pinus sylvestris</i>	A1	A1A2B1B2C1C2	A1A2B1B2	A1A2B2C1
<i>Picea fennica</i>	A2 B1	A1*B1B2	B1C2	A2B2C1
2016 г.				
<i>Pinus sylvestris</i>	A1	A1A2B1B2C1C2	A1A2B1B2	A1A2B2C1C2
<i>Picea fennica</i>	A2 B1 C2	A1*B1B2C2	B1C1C2	A2B2C1C2

Прим. Буквами обозначены ярусы, цифрами – подъярусы древостоя, в которых присутствует вид. Подчёркнуты подъярусы в которых численность вида значительно снизилась, а жирным шрифтом выделены подъярусы, в которых его численность возросла, по сравнению с предыдущим учётом; звёздочкой (*) отмечены подъярусы, в которых вид встречается единично.

Tilia cordata в заповеднике присутствует во всех подъярусах широколиственного леса, полоса которого занимает южные кварталы Раифы. Здесь липа часто представлена жизненной формой одноствольного дерева, и возобновляется в основном семенным путём. В сложных сосняках в подъярусе A1 липа отсутствует, однако нет сомнений, что здесь она находится в процессе внедрения и закрепления в сообществе, её ЦП являются перспективными. В мшистых сосняках липа приурочена к ярусам В и С. Здесь она особенно часто представлена куртинообразной жизненной формой, которая обладает высокой вегетативной подвижностью. Засуху 2010 г. липа пережила без видимых последствий (пострадало лишь одно поколение проростков).

Betula pendula в сосновых лесах заповедника может встречаться во всех ярусах, хотя её ЦП малочисленны. В ельниках произрастают лишь взрослые берёзы (подъярус A2), которые представляют собой деревья-пионеры.

Quercus robur в заповеднике, как и липа, присутствует во всех подъярусах широколиственного леса. В сосновых сообществах дуб представлен в ярусах В и С.

Сосна является доминирующим видом по фитомассе (по объёму древесины) во всех хвойных и смешанных насаждениях Раифы (рис. 2–4). Возрастная структура сосны является полночленной только в сосняках зеленомошных и костянично-ландышевых (ПП 8, 9 и 11). В хвойно-широколиственных лесах сосна представлена генеративными, в основном зрелыми (g2) особями; здесь сосна не возобновляется (в подлеске преобладает липа, создавая затенённый полог). Заметных изменений численности сосны в XXI в. не наблюдалось. Последствие засухи, приведшей к ослаблению деревьев, стали отмечаться с 2012–2013 гг. – усыхание единичных генеративных особей в кислично-неморальных, костянично-ландышевых сообществах и в культурах сосны. Более заметно изменялась численность прегенеративных особей, особенно проростков – большое их количество было отмечено в сосняках зеленомошных в 2012 и 2016 гг. (рис. 3, 5).

Аномальная засуха 2010 г. заметное влияние оказала на динамику численности популяций ели – сокращение численности вида отмечено на всех ПП с его участием (табл. 3), особенно подроста (прегенеративные группы). Высыхание молодых елей в июле 2010 г. носило диффузный характер, как в кислично-неморальных, так и зеленомошных сообществах; в основном встречались высыхающие ювенильные и иматурные растения. К сентябрю усыхание ёлочек стало носить групповой характер, наблюдались целые скопления высохших деревьев. В хвойно-широколиственных фитоценозах стали отмечаться высыхающие вир-

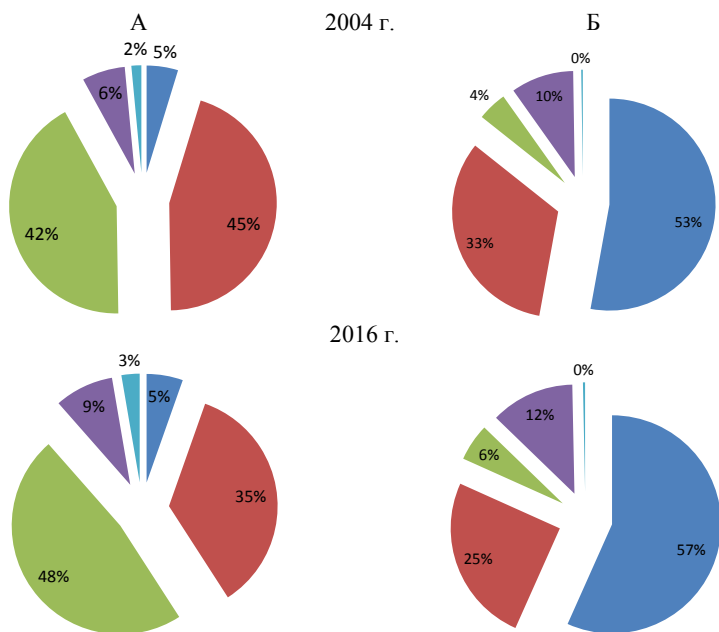


Рис. 2. Доля видов по числу стволов (А) и объёму древесины (Б) в сосняках сложных (ПП 7), %:

■ Сосна ■ Ель ■ Липа ■ Берёза ■ Дуб

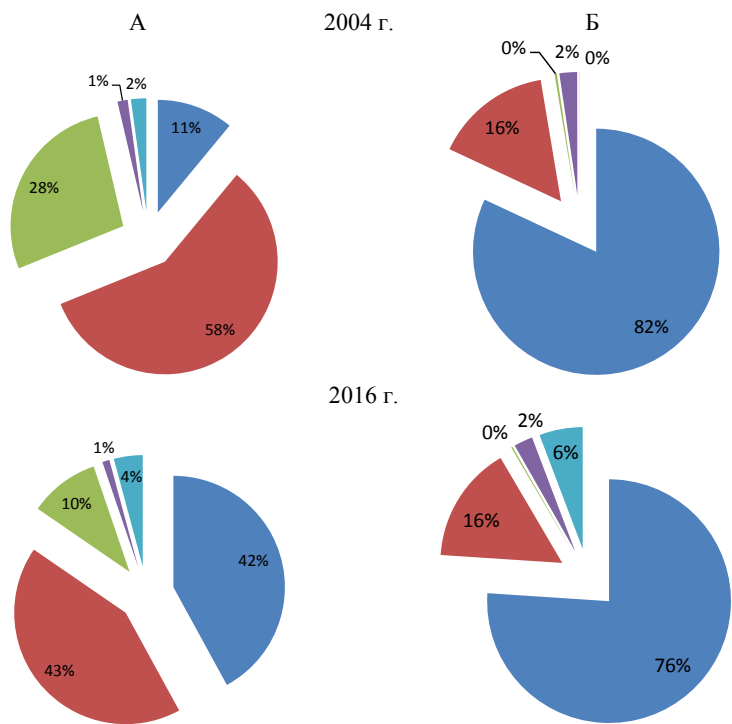


Рис. 3. Доля видов по числу стволов (А) и объёму древесины (Б) в сосняке мшистом (ПП 8), %:

■ Сосна ■ Ель ■ Липа ■ Берёза ■ Дуб

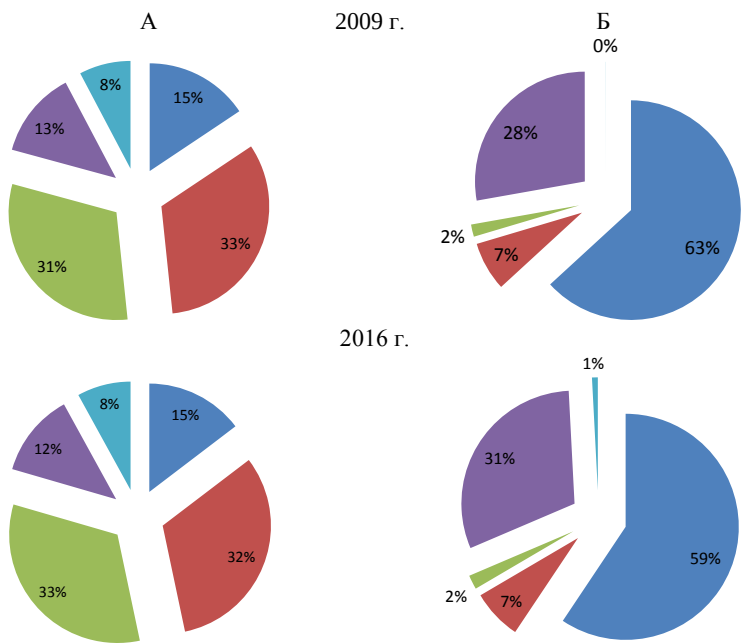


Рис. 4. Доля видов по числу стволов (А) и объёму древесины (Б) в сосняке костянично-ландышевом (ПП 11), %:

■ Сосна ■ Ель ■ Липа ■ Берёза ■ Дуб

Таблица 3

Численность *Picea fennica* в разных фитоценозах, экз./ га

Год	ПП 4	ПП 6	ПП 7	ПП 8	ПП 9	ПП 10	ПП 11
2004	136	312	724	632	384	180	712
2014, доля сухо- стоя, %	32 76,5	184 41,0	420 42,0	500 20,9	336 12,5	92 48,9	644 9,6

гинильные и крупные генеративные ели. Массовое усыхание генеративных растений наблюдалось в 2012 г., когда ослабленные засухой деревья подверглись нападению короеда-типографа. Особенно ярко это было выражено в культурах ели (ПП 4). В целом к 2014 г. численность ели в естественных фитоценозах снизилась в 2–4 раза; доля деревьев с баллом жизненности 4, 5 и 6 (отнесённых к сухостою) варьировала от 10 до 42 % (табл. 3). В сосняках зеленомошных и на пониженных участках в сосняках костянично-ландышевых (ПП 8, 9, 11) процесс проходил более сглажено и генеративные ели почти не пострадали; в этих сообществах общая фитомасса ели почти не изменилась (рис. 3, 4). В 2016 г. в сосняках зеленомошных отмечено первое после засухи массовое появление проростков. Динамика численности ценопопуляций ели показана на рисунке 6.

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ *PINUS SYLVESTRIS* И *PICEA FENNICA* И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Зависимость динамики численности прегенеративных групп хвойных от климатических факторов за 12-летний период была оценена при помощи коэффициента Пирсона (табл. 4). Численность ювенильных сосен имеет отрицательную корреляцию с числом солнечных дней и, очевидно, со связанными с ними температурами воздуха. Виргинильные особи сосны, наоборот, положительно реагируют на рост температуры и имеют отрицательную корреляцию с количеством выпадающих осадков. В отношении численности подроста ели отмечается незначительная положительная связь с количеством выпадающих осадков. Поскольку на начальных стадиях онтогенеза ель демонстриру-

Таблица 4

Корреляция климатических факторов с численностью разных онтогенетических групп *Pinus sylvestris* и *Picea fennica*

Климатические факторы	<i>Pinus sylvestris</i>			<i>Picea fennica</i>		
	J	im	v	j	im	v
Осадки, мм	0,50	0,07	0,07	0,43	0,40	0,42
Дни с солнечным сиянием	-0,64	0,24	0,40	-0,33	-0,13	0,12
Относительная влажность, %	0,46	-0,38	-0,53	0,12	-0,09	-0,39
Температура, °C	-0,42	0,32	0,54	-0,04	0,16	0,29

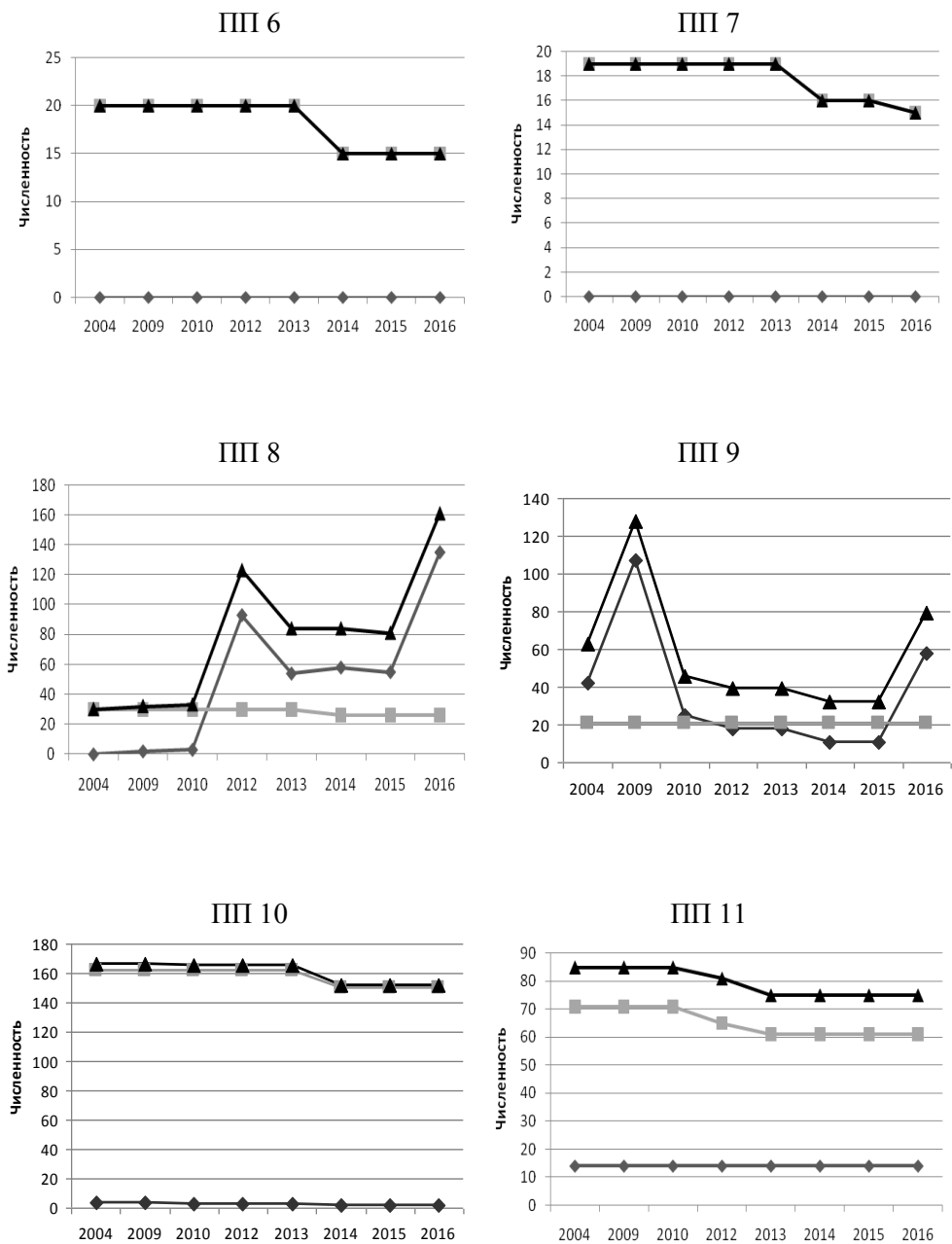


Рис. 5. Динамика численности ценопопуляций *Pinus sylvestris* в Раифе в 2004–2016 гг.:
▲ – абсолютная численность; ■ – генеративные особи; ◆ – прегенеративные особи.

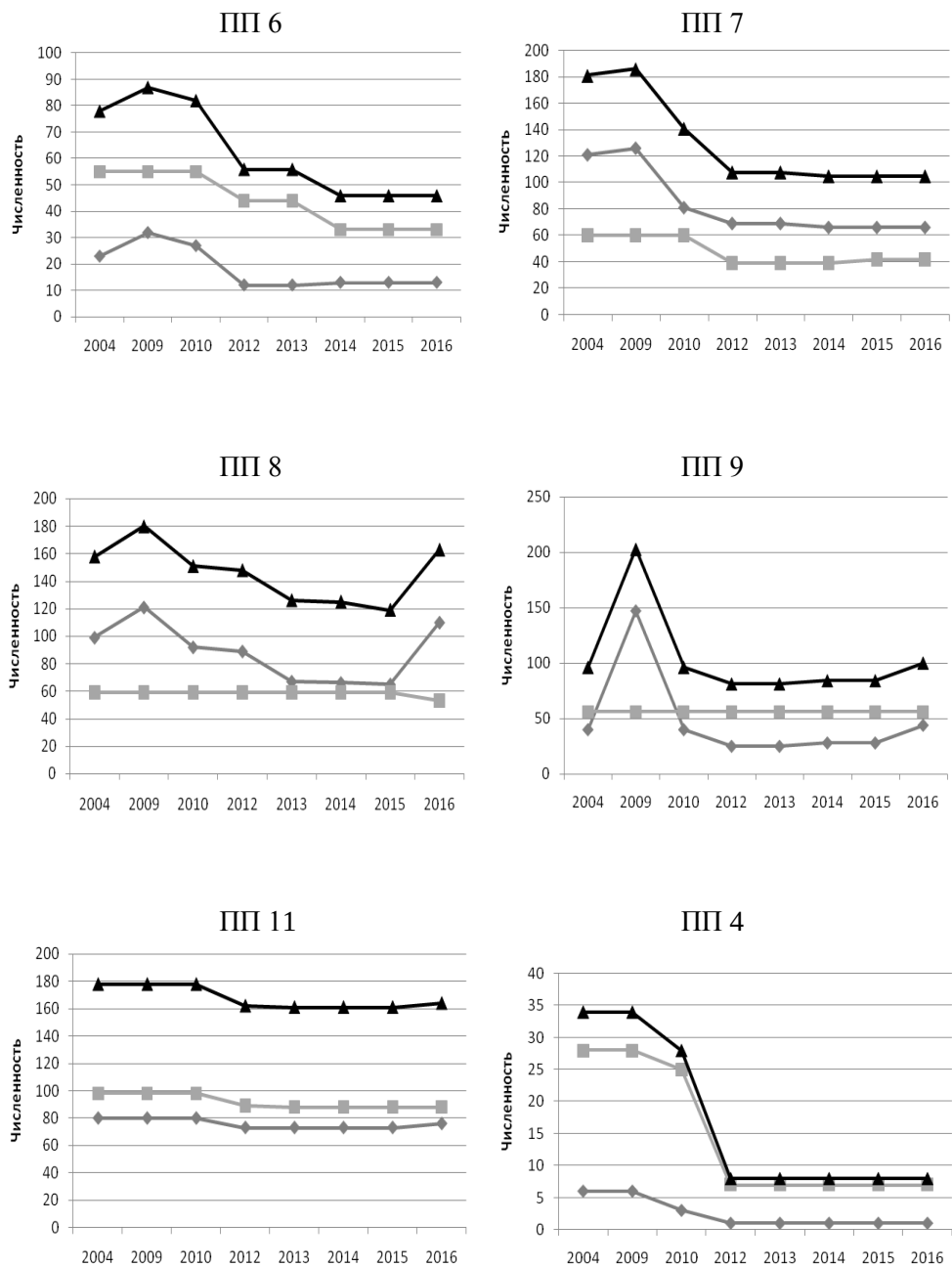


Рис. 6. Динамика численности ценопопуляций *Picea fennica* в Раифе в 2004–2016 гг.:
▲ – абсолютная численность; ■ – генеративные особи; ◆ – прегенеративные особи.

ет минимальные потребности в свете (табл. 1), её численность практически не зависит от количества солнечных дней, а в отношении ювенильных растений проявляется даже отрицательная корреляция.

УСЛОВИЯ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ *PINUS SYLVESTRIS* И *PICEA FENNICA*

Лес рассматривается как пространственная мозаика пятен – популяционных локусов одного или нескольких видов, находящихся на разных этапах развития и изменяющихся во времени. Согласно мозаичной теории возобновления леса (The mosaic cycle..., 1991; Смирнова, 1998), выделяют три основных стадии возобновления – стадия «окна», построения и зрелости; они выделяются по возрастным этапам онтогенеза дерева. Прегенеративные группы сосны и ели приурочены к световым «окнам» – прогалам и местам вывалов деревьев, представляющих собой так называемые ветровально-почвенные комплексы (Скворцова и др., 1983). Данные экотопы характеризуются специфическими абиотическими и биотическими условиями и рассматриваются как своеобразные регенерационные экологические ниши видов деревьев.

Проростки сосны под лесным пологом не встречаются (табл. 5). Воспроизводство жизнеспособного потомства у этого вида происходит в световых «окнах». Численность проростков в большей степени зависит от степени освещённости, размеров «окна». Так, по наблюдениям на ПП 8, в окне площадью 100 м² развитие проростков происходило успешно, и к 2016 г. здесь сформировалось скопление ювенильных и иматурных сосенок, тогда как в окне площадью 25 м² с 2011 по 2016 гг. проростки сосны периодически появлялись и отмирали. В «окнах» небольшого размера молодые растения обычно находятся в условиях бокового освещения, в больших окнах освещённость может достигать 100 %. Минимальная освещённость, при которой были обнаружены проростки сосны, составляла 5803 lx. Открытые участки, по сравнению с подпологовыми, характеризуются более высокими температурами воздуха в приземном слое.

Таким образом, самовозобновление сосны происходит по градиенту световое «окно» с боковым освещением–световое «окно» с прямым освещением.

Засуха 2010 г. способствовала резкому увеличению количества световых «окон», которые появились на месте выпадения усохших молодых елей. Наряду с сосной в «окнах» может возобновляться берёза (рис. 2).

Помимо освещённости, успешное возобновление сосны также связано с наличием мохового покрова, обеспечивающего для проростков оптимальный гидротермический режим. На ПП 8 и 9, где проективное покрытие мхов составляет 60–80 %, регулярно обнаруживаются проростки сосны (рис. 7). На прогалах в сосняках сложных, с развитым травостоем, проростки сосны отсутствуют (рис. 8). Изредка они отмечались на сильно разложившемся валеже.



Рис. 7. Световое «окно» в сосняке мшистом (ПП 8).



Рис. 8. Световое «окно» в сосняке костянично-ландышевом (ПП 11).

Таблица 5

Возобновление *Pinus sylvestris*
под пологом (в числителе) и в световых «окнах» (в знаменателе)

№ ПП	Проект. покрытие мхов, %	Средняя плотность, экз./10м ²	Средняя освещён- ность, lx	Темпе- ратура, °С	Влаж- ность %
6, 7	10–20	$\frac{0}{0}$	$\frac{2490}{5057}$	$\frac{16,1}{17,5}$	$\frac{28,0}{29,5}$
8, 9	60–80	$\frac{0}{19,0p \ 23,9p \ 3,2j \ 2,4im}$	$\frac{4184}{5308 \ 37597}$	$\frac{17,9}{18,2 \ 19,5}$	$\frac{28,3}{30,8 \ 22,8}$
10, 11	8–10	$\frac{0}{0,4p}$	$\frac{1008}{52620}$	$\frac{16,1}{24,0}$	$\frac{32,5}{21,8}$

Таблица 6

Возобновление *Picea fennica*
под пологом (в числителе) и в световых «окнах» (в знаменателе)

№ ПП	Проект. покрытие мхов, %	Средняя плотность, экз./10м ²	Средняя освещён- ность, lx	Темпе- ратура, °С	Влаж- ность %
6, 7	10–20	$\frac{0,4p \ 0,5j}{0}$	$\frac{2490}{5057}$	$\frac{16,1}{17,5}$	$\frac{28,0}{29,5}$
8, 9	60–80	$\frac{1,0p \ 1,3j \ 1,0v}{11,1p}$	$\frac{4184}{37546}$	$\frac{17,9}{19,4}$	$\frac{28,3}{23,3}$
10, 11	8–10	$\frac{0,4p \ 3,3v}{0,4p \ 2,0im}$	$\frac{1008}{1685}$	$\frac{16,1}{16,8}$	$\frac{32,5}{28,9}$

Прим. к табл. 5 и 6. Измерения освещённости, температуры и влажности приземного слоя воздуха производились в полдень 18–20 мая 2016 г.

Значительное количество проростков сосны, как и других видов деревьев, погибает в результате роющей деятельности кабана.

Проростки ели встречаются как под лесным пологом, так и в небольших световых «окнах», при освещённости 1008–37546 lx (табл. 6). Возобновление вида под пологом более успешное. Эти участки, по сравнению с «окнами», характеризуются более низкими температурами и более высокой влажностью в приземном слое воздуха.

Таким образом, самовозобновление ели происходит по градиенту лесной полог–световое «окно» с боковым освещением, причём для регенерационной ниши ведущее значение имеет фактор влажности.

Успех возобновления ели также зависит от проективного покрытия мохового покрова и наличия сильно разложившегося валежа. Её проростки часто располагаются рядами, соответствующими упавшему стволу дерева, при этом они приурочены к северной стороне валежа, характеризующейся большим увлажнением. Возобновление вида возможно и при незначительном проективном покрытии мхов (8–10 % на ПП 10 и 11), если травостой достаточно разрежен.

Таблица 7

Достоверность различий регенерационных экологических ниш
Pinus sylvestris и *Picea fennica* по критерию Стьюдента

Параметры	<i>Pinus sylvestris</i> : прямое освещение– боковое освещение		<i>Picea fennica</i> : «окно»– лесной полог	
	<i>t</i>	<i>t</i> _{0,05}	<i>T</i>	<i>t</i> _{0,05}
Освещенность	2,6	2,2	4,7	2,03
Температура	2,3	2,2	3,8	2,06
Влажность	3,7	2,2	3,7	2,07

Достоверность различий полученных значений абиотических факторов регенерационных ниш сосны и ели подтверждается вычислением *t*-критерий Стьюдента для несвязанных выборок (полученное в эксперименте *t* больше табличного значения *t*_{0,05} при 5 % уровне значимости) (табл. 7).

Заключение

В Раифском участке заповедника в настоящее время роль пожаров отчасти заменяется действием ветровалов и засух. Эти процессы способствуют формированию прогалов и «окон» в лесном пологе, необходимых для возобновления сосны.

Засуха 2010 г. и последующая за ней эпифитотия привели к резкому снижению численности подроста ели (40 % погибло в 2010 г. и 30 % в 2014 г.), а также к снижению жизненности и постепенному усыханию генеративных особей этого вида. В условиях надпойменных террас рек на супесчаных почвах устойчивость популяции ели ниже, чем популяции сосны, особенно на возвышенных участках рельефа, что обусловлено ее поверхностной корневой системой и большей требовательностью к богатству почвы.

В сложных сосняках наиболее перспективными являются популяции липы.

Литература

- Воронов А. Г. Геоботаника. М.: Выс. шк., 1973. 382 с.
- Диагнозы и ключи возрастных состояний древесных растений: Метод. разработки для студентов биол. спец. М.: МГПИ, 1989. 105 с.
- Евстигнеев О. И. Популяционные стратегии видов деревьев // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М.: Наука, 2004. Кн. 1. С. 176–205.
- Зайцева В. К., Тарасов Е. В., Гутман Т. С. Об использовании индекса состояния при оценке древостоя в зоне промышленных выбросов // Экология и защита леса. Л., 1988. С. 3–6.
- Марков М. В. Популяционная биология растений: Учеб. пособие. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2012. 388 с.
- Оценка продуктивности древостоев / Состав.: Д. В. Тишин. Казань: Казан. ун-т, 2011. 31 с.
- Порфирьев В. С. Растительность Раифы // Тр. Волж.-Камск. гос. зап.-ка. Казань, 1968. Вып. 1. С. 106–136.

ПОРФИРЬЕВ В. С. О пихте сибирской в лесах Раифы // Тр. Волж.-Камск. гос. зап.-ка. Казань, 1972. Вып. 2. С. 22–29.

РОМАНОВСКИЙ А. М. Особенности онтогенеза и фитоценотическая роль ели европейской в лесах Неруссо-Деснянского полесья: Автореф. дисс... канд. биол. наук. М., 2006. 18 с.

СЕРЕБРЯКОВ И. Г. Экологическая морфология растений. М.: Выс. шк., 1962. 377 с.

СКВОРЦОВА Е. Б., УЛАНОВА Н. Г., БОРИСЕВИЧ В. Ф. Экологическая роль ветровалов. М.: Лесн. пром., 1983. 192 с.

СМИРНОВА О. В. Популяционная организация биоценотического покрова лесных ландшафтов // Успехи соврем. биологии. 1998. № 2. С. 25–39.

СМИРНОВА О. В., ЧИСТЯКОВА А. А., ПОПАДЮК Р. В., ЕВСТЕГНЕЕВ О. И., КОРОТКОВ В. Н., МИТРОФАНОВА М. В., ПОНОМАРЕНКО Е. В. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР). Пушено: Изд-во АН СССР, 1990. 92 с.

ТИШИН Д. В. Дендроклиматические исследования ели финской (*Picea × fennica* (Regel.) Kom.) на южной границе ареала // Уч. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. Казань, 2008. Кн. 4. С. 219–225.

ТИШИН Д. В., АСЬКЕЕВ О. В., АСЬКЕЕВ И. В. Особенности радиального прироста сосны (*Pinus sylvestris* L.) в Раифском участке Волжско-Камского заповедника // Тр. Волж.-Камск. гос. природ. зап.-ка. Казань, 2005. Вып. 6. С. 199–205.

ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ РАСТЕНИЙ (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 214 с.

ЧИСТЯКОВ А. Д. Генезис сосновых насаждений Раифской дачи Раифского учебно-опытного лесничества // Изв. Казан. лесотехн. ин-та. 1931. № 1. С. 135–155.

THE MOSAIC CYCLE CONCEPT OF ECOSYSTEM / Ed.: H. Remmert // Ecolog. studies. Analysis and syntesis. 1991. Vol. 85. 168 p.

Оценка динамики лесного покрова по данным дистанционного зондирования Земли

О. Ю. Бунтова, С. С. Мухарамова, Г. А. Шайхутдинова¹

BUNTOVA O. Y., MUHARAMOVA S. S., SHAYHUTDINOVA G. A.

EVALUATION OF FOREST COVER DYNAMICS ON THE BASIS OF REMOTE SENSING

Using Landsat satellite remote sensing data in the changes in forest cover that have taken place within 20 years, in Raifa part of Volzhsko-Kamsky Biosphere Reserve were analyzed. With the help of three methods Change Detection Group determines the probability of changes in forest cover. For the certification of land used geodatabase inventory areas. Ground data confirm the presence and orientation of the detected changes.

Ещё в 1968 г. В. С. Порфирьев отмечал, что для природно-территориальных комплексов Раифы характерны определенные тенденции динамики растительности: наряду с «неморализацией» борельных комплексов, характерной для всей полосы южной тайги в Восточной Европе, наблюдается процесс смены сосны елью, когда сложные сосняки постепенно превращаются в смешанные елово-широколиственные леса. Согласно В. С. Порфирьеву, дальше всего эти процессы продвинулись на верхней террасе, где произошло полное выпадение сосны, и сформировались липняки с елью. В настоящее время разнонаправленные климатогенные и антропогенные сукцессии ярче всего проявляются в полосе экотона между неморальными и бореальными комплексами.

Для изучения динамических явлений всё шире привлекаются данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ). Основная цель настоящей работы – исследование возможности детектирования и оценки эндогенных процессов, проходящих в лесном покрове, по данным космосъемки.

Космоснимки обеспечивают широкий охват территории, обладают высоким разрешением. Регулярность получения снимков позволяет наблюдать за текущим состоянием лесных биогеоценозов, выявлять закономерности изменений, прогнозировать дальнейшее развитие и обеспечить проведение целевых природоохранных мероприятий. Космические методы исследований базируются на анализе характерных признаков растительности – спектральной отражательной способности, её различиях для разных длин волн. Для работы со спектральной информацией, получаемой с помощью космосъемки, используют «индексные» изображения. На основе комбинации значений яркости в определенных каналах, несущих информацию для выделения исследу-

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: obuntova@gmail.com, smukhara@gmail.com, gshaykhu@gmail.com

емого объекта, и расчёта по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название «вегетационные индексы» (Черепанов, 2011). Для большей части вегетационных индексов расчёт основан на красной (0,62–0,75 мкм) и ближней инфракрасной (0,75–1,3 мкм) зонах спектра, как двух наиболее стабильных участках кривой спектральной отражательной способности растений. Говоря о вегетационных индексах, зачастую подразумевают индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Этот индекс использует контраст характеристик двух каналов – поглощения пигментом хлорофилла в красном канале и высокой отражательной способности растительной биомассы в инфракрасном канале (NIR) (Clements, 1916).

Материалы и методика

В качестве данных наземного изучения лесной растительности были взяты материалы государственного учёта лесного фонда Раифского участка Волжско-Камского заповедника лесоустройств 1993 и 2013 гг. Данные определяют 20-летний временной интервал для оценки динамических процессов в растительном покрове.

Материалы учёта лесного фонда (поквартальные схемы и таксационные данные) были переведены из форматов печатного издания и планшетов в единый геоинформационный формат и представлены в виде электронных векторных картографических слоёв и атрибутивных таблиц (рис. 1). В качестве наиболее значимых таксационных показателей были выбраны и введены для каждого пространственного объекта карты (т. е. лесотаксационного выдела) данные о формуле древостоя и запасе сырой древесины ($\text{м}^3/\text{га}$).

Для дистанционной оценки изменений в лесном покрове были выбраны снимки спутников Landsat 5 (TM) и Landsat 7 (ETM+). Из архива открытых данных Landsat отбирались парные снимки с географической привязкой к Раифскому участку заповедника, близкие по времени к датам проведения лесоустройства и отвечающие требованиям дешифрирования: приближенные по сезону, без облачности, без сбойных участков на исследуемой территории. Было сформировано 3 пары снимков разных лет, но полученных примерно в один фенологический период (таб. 1).

Выявление изменений в лесном покрове с использованием пар спутниковых изображений проводилось методами группы Change Detection: «вычитанием», методом главных компонент (PCA) и методом многоканального обнаружения изменений (MAD) (Song et al., 2001; Lillesand et al., 2004). Для реализации методов была создана программа на языке R, которая позволяет загружать каждую пару снимков



Рис. 1. Карты лесотаксационных выделов в 1993 и 2013 гг.

Таблица 1

Даты пар анализируемых снимков Landsat

1 пара	22 июня 1987 г.	21 июня 2010 г.
2 пара	12 июня 1995 г.	8 июня 2014 г.
3 пара	31 августа 1995 г.	6 сентября 2009 г.

и их метаданные, пересчитывать значения Digital Numbers в значения коэффициентов отражения с использованием метаданных снимков, вычислять значения NDVI в каждом пикселе снимков, применять маску облаков, строить регрессию первого растра на второй (для удаления возможного влияния фенологической составляющей) и последовательно применять каждый из трех методов Change Detection («вычитание», PCA и MAD).

Для первых двух методов в каждом пикселе изображения результаты пересчитывались в вероятность изменения с использованием формулы:

$$p = 2 \times 0.5 - F \frac{r - m_r}{s_r},$$

где r – результат вычитания (для первого метода) или вторая главная компонента (для второго метода); m_r – среднее значение результата; s_r – среднее квадратическое отклонение; F – функция нормального распределения.

Для многоканального метода вероятность изменения в пикселе определялась с помощью функции распределения χ^2 :

$$p = \chi^2 \frac{n}{i=1} \frac{MAD_i}{s_i},$$

где n – число каналов; MAD_i – i -й компонент метода; s_i – среднее квадратические отклонения.

Результаты и их обсуждение

Наиболее пригодной для интерпретации оказалась вторая пара снимков. На картах, отображающих результаты детектирования, отчетливо видны высокие значения вероятности изменений на границе не-

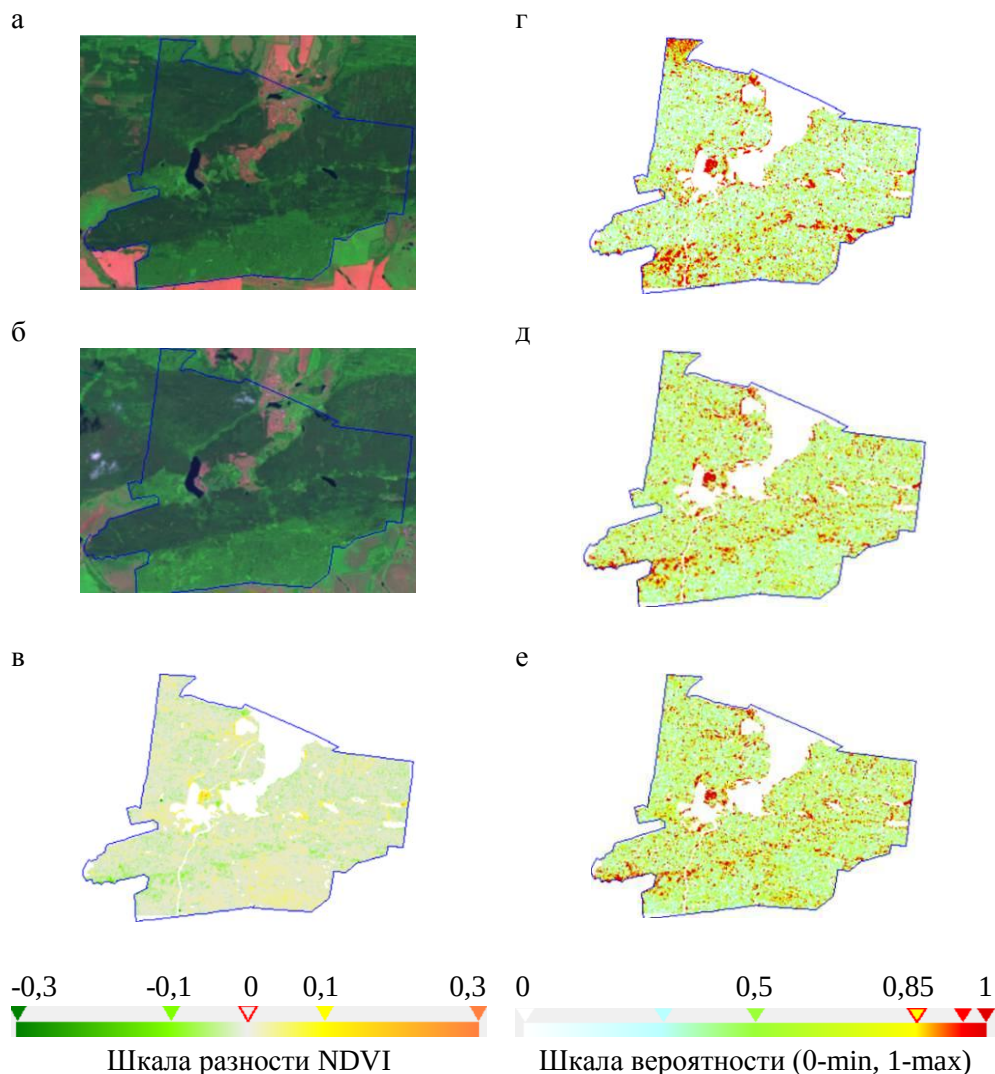


Рис. 2. Результаты детектирования изменений в лесном покрове по данным Landsat от 12.06.1995 г. и 08.06.2014 г. (а – RGB-синтез снимка от 12.06.1995 г.; б – RGB-синтез снимка от 08.06.2014 г.; в – разность NDVI; г – вероятность изменений по методу MAD; д – вероятность изменений по методу PCA; е – вероятность изменений по методу «вычитание»).

моральных и бореальных комплексов (рис. 2, г–е). При этом отрицательные значения разности NDVI между более ранним и поздним снимками указывают на увеличение значений вегетационного индекса в выделах, находящихся на этой границе (рис. 2, в). Наземные данные подтверждают наличие и направленность изменений. В таблице 2 приведены описания выделов, находящихся в экотоне между неморальными и бореальными комплексами (кв. кв. 43, 44, 53, 55, 56, 64, 74, 75 и др.). Формула древостоя выделов изменилась в сторону увеличения доли липы, уменьшения доли ели, старовозрастных сосен, берёзы и осины.

Таблица 2

Формула древостоя выделов, находящихся в экотоне между неморальными и бореальными комплексами по данным лесоустройства 1993 и 2013 гг.

Лесоустройство 1993 г.		Лесоустройство 2013 г.	
id выдела	формула древостоя	id выдела	формула древостоя
75004	5С1Е4Б	75003	4С2Е2ЛП1Б1ЛП+КЛ
75005	0,5С0,5Е8,5Б0,5ЛП	75007	5ЛП1КЛ1Я1ЛП1Б1С+Е 1
74006	1С0,5Е7,5Б0,5ЛП0,5В	74006	5Б2ЛП3С (1 ярус) 6ЛП2КЛ2ЛП (2 ярус)
64003	8С1Е1ЛП	64002	6С1Е2ЛП1Б
64004	8С1Е1ЛП	64003	5С1Е3ЛП1Б
53003	0,5Е3Б3ОС3,5ЛП	53002	8ЛП2Е
43023	7С3Е	43021	10С+Е+ЛП
44007	9С1Е	44006	5ЛП2Б1Е2С
55004	5С2Е1Б1ЛП	55003	4С1Е5ЛП+Б
55010	2С4Е3,5Е0,5ЛП	55010	6ЛП2ЛП1Б1С+Е
128018	4С1Е4Б1ЛП	128016	6ЛП3С1Е+Б
56003	2С6Е1Б1ЛП	56003	6ЛП1ЛП1Б2С+Е

Для третьей пары снимков (31.08.1995 г. – 6.09.2009 г.) метод РСА даёт высокие значения вероятности изменений на участке, выделенном рамкой на рисунке 3. Примечательно, что эти изменения регистрирует только сентябрьская пара снимков, поэтому в качестве их объяснения, в первую очередь, приходится учитывать влияние сезонных фенологических явлений. На второй паре снимков (12.06.1995 г. – 08.06.2014 г.) область также выявляется, однако не так ясно (рис. 2). С другой стороны, здесь, согласно данным наземного учета, также усилилось участие липы за счёт снижения участия берёзы и ели, произошло полное исчезновения дуба (табл. 3).

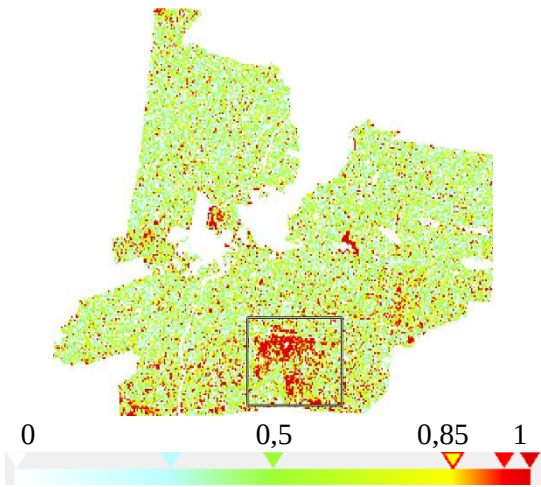


Рис. 3. Участок с высокой вероятностью изменений, детектируемый методом РСА по третьей паре снимков.

Таблица 3

Формула древостоя выделов на участке с высокой вероятностью изменений
(к рисунку 3)

Лесоустройство 1993 г.		Лесоустройство 2013 г.	
id выдела	формула древостоя	id выдела	формула древостоя
65008	0,5Е0,5В9ЛП	65013	6ЛП4ЛП+Б+Е
65015	10ЛП	65018	10ЛП+Е
66001	1Е9ЛП1В	66001	10ЛП+Б+Е
66002	1Е0,5В8ЛП0,5В	66002	10ЛП+Е+Б
66005	1Е0,5Д8ЛП0,5В	66006	9ЛП1Е
67001	2Е1В7ЛП	67001	8ЛП2Е+Б
79013	1Е0,5Д8ЛП0,5В	79013	8ЛП1ЛП1Е+Д+Б

По результатам обработки всех трёх пар снимков прослеживаются заметные изменения в кв. кв. 74, 75 и 85 (рис. 4), расположенных вблизи юго-западной опушки леса. Причину, согласно данным лесоустройства, можно искать в смене берёзы липой.

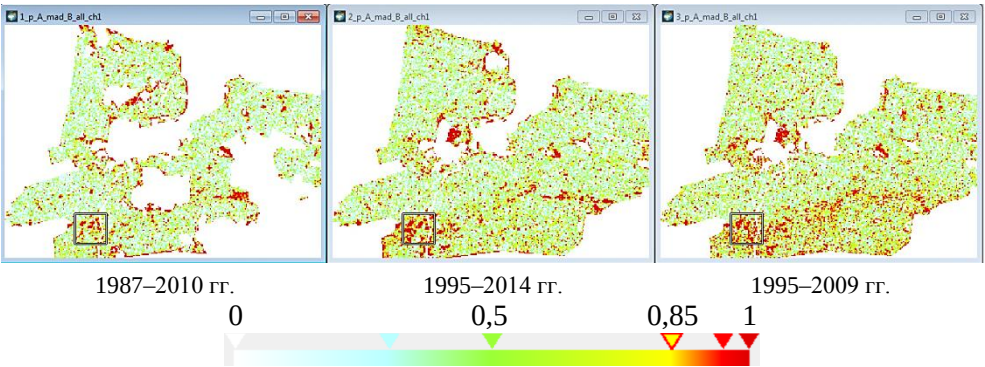


Рис. 4. Изменения, детектируемые методом MAD в юго-западных кварталах.

Все методы обнаруживают заметные изменения в районе поселка Садовый, вызванные антропогенным воздействием. Также, по результатам обработки второй пары снимков, распознаются изменения на линиях гидросети Раифы – р. Сер-Булак, озёра Линево и Раифское (рис. 5), что очевидно можно связать с изменением гидрологического режима территории (возможно, в связи с деятельностью реинтродуцированного в заповеднике бобра).

Для количественной оценки согласия результатов детектирования и наземных данных была сформирована многомерная выборка, где для каждого пикселя исследуемой территории собрана информация о вероятностях изменений, полученных методами Change Detection, и оценка прироста сырой древесной биомассы на единицу площади за период с 1993 по 2013 гг. В качестве меры согласия рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Результаты приведены в таблице 4.

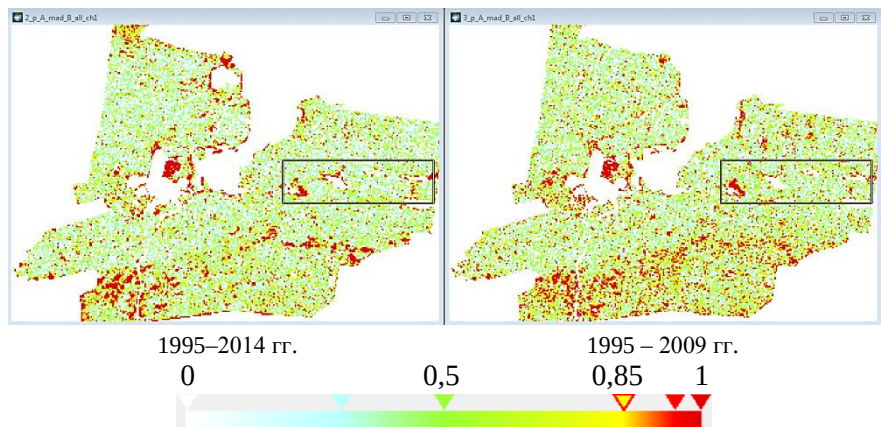


Рис. 5. Изменения, детектируемые методом MAD, на линии гидросети.

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа между вероятностями изменений в лесном покрове по парам снимков и приростом запаса сырой древесины (уровень значимости $<0,05$)

Метод \ снимки	Первая пара	Вторая пара	Третья пара
Метод «вычитания»	0,02	0,04	0,02
Метод PCA	0,05	0,06	0,02
Метод MAD	0,03	0,05	0,02

Вероятности изменений, полученные для анализируемых пар снимков, показывают слабую, но значимую положительную корреляцию с приростом запаса сырой древесины.

Заключение

В результате анализа дистанционных данных выявлены участки, где за двадцатилетний период с высокой степенью вероятности произошли изменения в растительном покрове. Большинство таких участков сконцентрировано в динамичном экотоне между полосой неморальных и комплексом бореальных сообществ. Сопоставление с данными наземного учета выявило слабую, но значимую положительную корреляцию с приростом запаса древесной массы на единицу площади.

В ходе работы было установлено, что наиболее подходящими для выявления межгодовых изменений лесного покрова являются космоснимки, полученные в начале июня – в пик вегетационного периода. В конце вегетационного периода спектральные характеристики липы и берёзы, а также сосны довольно схожи, что мешает детектированию тех изменений, которые были обнаружены по более ранним парам снимков в экотоне между неморальными и бореальными лесами Раифского участка заповедника.

Литература

ПОРФИРЬЕВ В. С. Растительность Раифы // Тр. Волж.-Камск. гос. зап-ка. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968. С. 62–70.

ЧЕРЕПАНОВ А. С. Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. № 2. URL: http://geomatika.ru/archives/2011_02.html (дата обращения: 02.2015).

CLEMENTS F. E. Plant succession: an analysis of the development of vegetation // Publ. Carnegie Inst. 1916. P. 140–143.

LILLESAND T. M., KLEFER R. W., CHIPMAN J. W. Remote sensing and image interpretation// New York. 2004. P. 485–537

SONG C., WOODCOCK C. E., SETO K. C., LENNEY M. P. & MACOMBER S. A. Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? // Remote Sensing of Environment. 2001. Vol. 75. P. 231–232.

Фауна разноусых чешуекрылых (Lepidoptera, Heterocera) из группы Macrolepidoptera Волжско-Камского заповедника

Н. Г. Петров,¹ А. Ю. Матов,² Н. В. Шулаев^{1,3}

PETROV N. G., MATOV A. Y., SHULAEV N. V. FAUNA HETEROCERA (LEPIDOPTERA)
MACROLEPIDOPTERA IN VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE

During 1995–2016 177 Heterocera species from 153 sorts and 13 families were resisted on the territory of the Volzhsko-Kamsky Reserve.

Чешуекрылые насекомые – одна из крупнейших по числу видов систематических групп членистоногих. Причём подавляющее большинство видов приходится на группу разноусых, или ночных чешуекрылых (Heterocera). Имея высокое разнообразие и высокую численность, данная группа играет важную роль в биогеоценозах. Среди Heterocera имеются редкие виды, нуждающиеся в особой охране, и вредители сельского и лесного хозяйств. Целью нашей работы была инвентаризация фауны разноусых чешуекрылых из группы Macrolepidoptera Волжско-Камского биосферного заповедника. Стоит отметить, что ранее данная группа не была предметом целенаправленного исследования. На территории заповедника 67 видов было отмечено сотрудниками Московского лесотехнического института, которые проводили комплексное исследование энтомофауны в 1978 г. (Отчет..., 1979).

Сбор материала осуществлялся при помощи светоловушки на стационарных точках в Раифском (кв. 86) и Саралинском (кв. 61) участках заповедника в течение вегетационных сезонов 2009–2016 гг.; разовые учёты светоловушкой проводились в кв. 136 Раифского (14.09.2015) и в кв. 54 Саралинского (9.07.2014) участков. Также в 1995–2016 гг. сборы материала проводились при помощи энтомологического сачка на учетных маршрутах.

Всего на территории заповедника нами было зарегистрировано 177 видов разноусых чешуекрылых из 153 родов и 13 семейств (табл. 1, 2). По числу видов преобладают семейства совок (Noctuidae) и пядениц (Geometridae), на которые приходится 33,3 и 22,6 % соответственно от всей выявленной фауны. Данная картина закономерна, поскольку по числу видов упомянутые семейства являются самыми многочисленными из Macrolepidoptera России (Каталог..., 2008). Из редких видов следует отметить *Lemonia dumi* из небольшого семейства осенних шелкопрядов и занесённого в Красную книгу Республики Татарстан *Eudia*

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет;

² Зоологический институт РАН;

³ ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail:

ravonia, который последний раз регистрировался в окрестностях Раифского участка заповедника более 20 лет назад.

Всего в Раифском участке нами было выявлено 149 видов, в Саралинском – 121 вид (индекс общности Чекановского-Сьеренсена равен 0,66). Фауна разноусых чешуекрылых заповедника требует дальнейшего изучения, особенно на территории Саралы. По нашим оценкам, на территории заповедника из группы *Macrolepidoptera* может обитать около 250 видов. Видовое разнообразие разноусых чешуекрылых в Раифском участке должно быть выше, поскольку его территория характеризуется большим разнообразием биотопов.

Из 67 видов *Heterocera*, указанных для заповедника сотрудниками Московского лесотехнического института, обитание 21 вида нашими исследованиями не подтверждается, и мы не включили их в список.

Таблица 1

Систематический состав разноусых чешуекрылых
Волжско-Камского заповедника

№ п/п	Семейства	Число	
		родов	видов
1	Cossidae	4	4 (2)
2	Sesiidae	2	2 (1)
3	Drepanidae	10	10 (9)
4	Lasiocampidae	9	9 (6)
5	Lemoniidae	1	1 (1)
6	Endromidae	1	1
7	Saturniidae	2	2 (1)
8	Sphingidae	7	10 (5)
9	Notodontidae	17	21 (20)
10	Lymantriidae	5	6 (2)
11	Arctiidae	11	12 (7)
12	Noctuidae	48	59 (48)
13	Geometridae	36	40 (31)
Всего		153	177 (133)

Прим. В скобках число видов, новых для фауны заповедника.

Таблица 2

Видовой состав разноусых чешуекрылых
Волжско-Камского заповедника

№	Вид	Раифа	Сарала
Семейство древооточцы – Cossidae			
1	<i>Acossus terebra</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)		+
2	<i>Cossus cossus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
3	<i>Zeuzera pyrina</i> (Linnaeus, 1761)*	+	
4	<i>Phragmataecia castaneae</i> (Hübner, 1790)*		+
Семейство стеклянницы – Sesiidae			
5	<i>Sesia apiformis</i> (Clerck, 1759)		+
6	<i>Synanthedon scoliaeformis</i> (Borkhausen, 1789)*		+

Продолжение таблицы 2

№	Вид	Раифа	Сарала
Семейство серпокрылки – Drepanidae			
7	<i>Achlya flavicornis</i> (Linnaeus, 1758)*	+	
8	<i>Cilix glaucata</i> (Scopoli, 1763)*	+	+
9	<i>Drepana falcatoria</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
10	<i>Falcaria lacertinaria</i> (Linnaeus, 1758)*		+
11	<i>Habrosyne pyritoides</i> (Hufnagel, 1766)*	+	+
12	<i>Sabra harpagula</i> (Esper, 1786)*	+	+
13	<i>Tethea ocularis</i> (Linnaeus, 1767)*	+	+
14	<i>Tetheella fluctuosa</i> (Hübner, 1803)*	+	
15	<i>Thyatira batis</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
16	<i>Watsonalla binaria</i> (Hufnagel, 1767)*	+	+
Семейство коконопряды – Lasiocampidae			
17	<i>Dendrolimus pini</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
18	<i>Euthrix potatoria</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
19	<i>Gastropacha populifolia</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	+
20	<i>G. quercifolia</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
21	<i>Macrothylacia rubi</i> (Linnaeus, 1758)*	+	
22	<i>Malacosoma neustria</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
23	<i>Odonestis pruni</i> (Linnaeus, 1758)*		+
24	<i>Phyllodesma tremulifolium</i> (Hübner, 1810)*	+	
25	<i>Poecilocampa populi</i> (Linnaeus, 1758)*		+
Семейство осенние шелкопряды – Lemoniidae			
26	<i>Lemonia dumi</i> (Linnaeus, 1761)*	+	
Семейство березовые шелкопряды – Endromidae			
27	<i>Endromis versicolora</i> , (Linnaeus, 1758)	+	
Семейство сатурнии – Saturniidae			
28	<i>Agria tau</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
29	<i>Eudia pavonia</i> (Linnaeus, 1758)*	+	
Семейство бражники – Sphingidae			
30	<i>Deilephila elpenor</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
31	<i>D. porcellus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
32	<i>Hyles gallii</i> (Rottemburg, 1775)*	+	+
33	<i>Hemaris fuciformis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
34	<i>H. tityus</i> (Linnaeus, 1758)*		+
35	<i>Laothoe amurensis</i> (Staudinger, 1879)*	+	
36	<i>L. populi</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
37	<i>Mimas tiliae</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
38	<i>Smerinthus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
39	<i>Sphinx pinastri</i> Linnaeus, 1758	+	+
Семейство хохлатки – Notodontidae			
40	<i>Cerura vinula</i> (Linnaeus, 1758)*		+
41	<i>Clostera anachoreta</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*		+
42	<i>Clostera anastomosis</i> (Linnaeus, 1758)*		+
43	<i>Clostera curtula</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
44	<i>Clostera pigra</i> (Hufnagel, 1766)*	+	
45	<i>Drymonia dodonaea</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	
46	<i>D. ruficornis</i> (Hufnagel, 1766)*	+	
47	<i>Furcula bicuspis</i> (Borkhausen, 1790)*	+	+
48	<i>Furcula furcula</i> (Clerck, 1759)*		+

Продолжение таблицы 2

№	Вид	Раифа	Сарала
49	<i>Leucodonta bicoloria</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	+
50	<i>Notodonta dromedarius</i> (Linnaeus, 1767)*	+	+
51	<i>N. torva</i> (Hübner, 1803)*	+	+
52	<i>N. tritophus</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	+
53	<i>N. ziczac</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
54	<i>Odontosia carmelita</i> (Esper, 1799)*		+
55	<i>Pheosia gnoma</i> (Fabricius, 1777)*	+	+
56	<i>Phalera bucephala</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
57	<i>Pterostoma palpina</i> (Clerck, 1759)*	+	+
58	<i>Ptilodon capucina</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
59	<i>Ptilophora plumigera</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*		+
60	<i>Stauropus fagi</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
Семейство волнянки – Lymantriidae			
61	<i>Arctornis l-nigrum</i> (Müller, 1764)*	+	+
62	<i>Euproctis chrysorrhoea</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
63	<i>Euproctis similis</i> (Fuessly, 1775)		+
64	<i>Leucoma salicis</i> (Linnaeus, 1758)	+	
65	<i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
66	<i>L. monacha</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
Семейство медведицы – Arctiidae			
67	<i>Arctia caja</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
68	<i>Coscinia cribraria</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
69	<i>Diacrisia sannio</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
70	<i>Epicalia villica</i> (Linnaeus, 1758)		+
71	<i>Hyphoraia aulica</i> (Linnaeus, 1758)*		+
72	<i>Parasemia plantaginis</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
73	<i>Pericallia matronula</i> (Linnaeus, 1758)*		+
74	<i>Phragmatobia fuliginosa</i> (Linnaeus, 1758)*	+	
75	<i>Spilarctia luteum</i> (Hufnagel, 1766)	+	+
76	<i>Spilosoma lubricipeda</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
77	<i>S. urticae</i> (Esper, 1789)	+	+
78	<i>Spiris striata</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
Семейство совки – Noctuidae			
79	<i>Pseudoips prasinana</i> (Linnaeus, 1758)*	+	
80	<i>Autographa gamma</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
81	<i>A. jota</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
82	<i>A. megacephala</i> ([Schiffermüller], 1775)*	+	
83	<i>A. pulchrina</i> (Haworth, 1809)*	+	
84	<i>Abrostola tripartita</i> (Hufnagel, 1766)*	+	
85	<i>Acronicta leporina</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
86	<i>Actinotia polyodon</i> (Clerck, 1759)	+	
87	<i>Agrotis exclamationis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
88	<i>A. segetum</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)*		+
89	<i>Allophyas oxyacanthae</i> (Linnaeus, 1758)*		+
90	<i>Amphipyra berbera</i> (Rungs, 1949)*	+	+
91	<i>Anorthoa munda</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	
92	<i>Axylia putris</i> (Linnaeus, 1761)*	+	+
93	<i>Blepharita amica</i> (Treitschke, 1825)*		+
94	<i>Brachionycha nubeculosa</i> (Esper, 1785)*	+	

Продолжение таблицы 2

№	Вид	Раифа	Сарала
95	<i>Calophasia lunula</i> (Hufnagel, 1766)*	+	+
96	<i>Calyptra thalictri</i> (Borkhausen, 1790)*	+	
97	<i>Caradrina morpheus</i> (Hufnagel, 1766)*	+	+
98	<i>Catocala fraxini</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
99	<i>C. fulminea</i> (Scopoli, 1763)*	+	+
100	<i>C. nupta</i> (Linnaeus, 1767)*		+
101	<i>Cerastis leucographa</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	+
102	<i>Conistra rubiginea</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)*	+	
103	<i>Cucullia fraudatrix</i> Eversmann, 1837*		+
104	<i>C. umbratica</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
105	<i>Diachrysia chrysis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
106	<i>D. chryson</i> (Esper, 1789)*	+	
107	<i>Diarsia mendica</i> (Fabricius, 1775)*	+	
108	<i>Emmelia trabealis</i> (Scopoli, 1763)	+	+
109	<i>Eucarta amethystina</i> (Hübner, [1803])*	+	
110	<i>Euclidia glyphica</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
111	<i>E. mi</i> (Clerck, 1759)	+	+
112	<i>Eugraphe sigma</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)	+	+
113	<i>Euplexia lucipara</i> (Linnaeus, 1758)*		+
114	<i>Eupsilia transversa</i> (Hufnagel, 1766)*	+	+
115	<i>Eurois occultus</i> (Linnaeus, 1758)	+	
116	<i>Griposia aprilina</i> (Linnaeus, 1758)*		+
117	<i>Heliothis virescens</i> (Hufnagel, 1766)*	+	+
118	<i>Hypena proboscidalis</i> (Linnaeus, 1758)	+	
119	<i>Lacanobia thalassina</i> (Hufnagel, 1766)*	+	+
120	<i>Lamprotes c-aureum</i> (Knoch, 1781)*	+	+
121	<i>Macdunnoughia confusa</i> (Stephens, 1850)*	+	+
122	<i>Melanchra persicariae</i> (Linnaeus, 1761)*	+	
123	<i>Mniotype satura</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)*		+
124	<i>Mythimna conigera</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	
125	<i>M. pallens</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
126	<i>Noctua fimbriata</i> (Schreber, 1759)*		+
127	<i>Panolis flammea</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	
128	<i>Polychrysia moneta</i> (Fabricius, 1787)*	+	+
129	<i>Pyrrhia exprimens</i> (Walker, 1857)*	+	+
130	<i>Scoliopteryx libatrix</i> (Linnaeus, 1758)*		+
131	<i>Sideridis reticulatus</i> (Goeze, 1781)*	+	
132	<i>Syngrapha microgamma</i> (Hübner, [1823])*	+	+
133	<i>Trachea atriplicis</i> (Linnaeus, 1758)*	+	
134	<i>Tyta luctuosa</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)*	+	+
135	<i>Xanthia togata</i> (Esper, 1788)*	+	+
136	<i>Xestia c-nigrum</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
137	<i>X. ditrapezium</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	+
Семейство пяденицы – Geometridae			
138	<i>Abraxas grossulariatus</i> (Linnaeus, 1758)*	+	
139	<i>Abraxas sylvatus</i> (Scopoli, 1763)*	+	
140	<i>Angerona prunaria</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
141	<i>Aplocera praeformata</i> (Hübner, 1826)*	+	
142	<i>Archiearis parthenias</i> (Linnaeus, 1761)	+	+

Продолжение таблицы 2

№	Вид	Раифа	Сарала
143	<i>Biston betularius</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
144	<i>Bupalus piniarius</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
145	<i>Camptogramma bilineatum</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
146	<i>Cepphis advenaria</i> (Hübner, 1790)*	+	
147	<i>Chiasmia clathrata</i> (Linnaeus, 1758)	+	
148	<i>Comibaena bajularia</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*		
149	<i>Cyclophora albipunctata</i> (Hufnagel, 1767)*	+	
150	<i>Epirrhoe hastulata</i> (Hübner, 1790)*	+	+
151	<i>E. alternata</i> (Müller, 1764)*	+	+
152	<i>Electrophaes corylata</i> (Thunberg, 1792)*	+	
153	<i>Epione repandaria</i> (Hufnagel, 1767)*	+	
154	<i>Eulithis pyropata</i> (Hübner, 1809)*	+	
155	<i>Geometra papilionaria</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
156	<i>Hemithea aestivaria</i> (Hübner, 1789)*	+	+
157	<i>Hypomecis punctinalis</i> (Scopoli, 1763)*	+	
158	<i>Idaea serpentata</i> (Hufnagel, 1767)*	+	
159	<i>Jodis putata</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
160	<i>Lomaspolis opis</i> (Butler, 1878)*	+	
161	<i>Lythria rotaria</i> (Fabricius, 1798)*	+	
162	<i>Macaria alternata</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	
163	<i>Odezia atrata</i> (Linnaeus, 1758)	+	
164	<i>Opisthograptis luteolata</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
165	<i>Ourapteryx sambucaria</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
166	<i>Parectropis similaria</i> (Hufnagel, 1767)*	+	
167	<i>Plagodis dolabraria</i> (Linnaeus, 1767)*	+	+
168	<i>Plemyria rubiginata</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	
169	<i>Pseudopanthera macularia</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
170	<i>Rhodostrophia vibicaria</i> (Clerck, 1759)*	+	
171	<i>Scopula immorata</i> (Linnaeus, 1758)*	+	+
172	<i>Scotopteryx moeniata</i> (Scopoli, 1763)*	+	
173	<i>Siona lineata</i> (Scopoli, 1763)	+	
174	<i>Timandra comae</i> A. Schmidt, (1931)*	+	
175	<i>Xanthorhoe montanata</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)*	+	
176	<i>X. ferrugata</i> (Clerck, 1759)*	+	
177	<i>X. quadrifasciata</i> (Clerck, 1759)*	+	
Всего		149	121

Прим.:* – новые виды для фауны заповедника.

Литература

КАТАЛОГ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA) РОССИИ / Под ред. С. Ю. Синёва. СПб., М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 424 с.

СПИСОК ВИДОВ НАСЕКОМЫХ, ОБНАРУЖЕННЫХ В ВКГЗ в 1978 г. (Приложение 1) // Отчёт по теме «Разработка системы лесозащитных мероприятий для государственных заповедников Главохоты РСФСР» / Руководитель Е. Г. Мозолевская. М., 1979. 190 с. (Московский лесотехнический институт) (Рукопись).

Биоразнообразие и структура сообществ почвенной мезофауны Волжско-Камского заповедника

Т. А. Гордиенко, Р. А. Суходольская, Д. Н. Вавилов¹

GORDIENKO T. A., SUKHODOLSKAYA R. A., VAVILOV D. N.
BIODIVERSITY AND COMMUNITY STRUCTURE OF SOIL MESOFAUNA
IN VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

The article provides results of six year investigations of soil invertebrates fauna in Raifa and Sarala parts of Volzhsko-Kamsky Reserve. Linden forests in both areas significantly differ in the abundance and trophic structure of soil macrofauna, including earthworms fauna. Clear differences haven't been identified between the associations of pine forests. At the same time, discriminant analysis revealed differences between mesofauna in the above mentioned habitats. Results of investigation showed significant increase in the abundance of soil macrofauna in the reserve, as well as changes in the structure and species composition of individual taxonomic groups over the past 50 years.

Почва – один из главных и сложных компонентов биосферы. Глобальной функцией почвы является обеспечение существования жизни на Земле. Ещё древнегреческий врач Гиппократ отмечал, что почва и другие факторы окружающей среды влияют на здоровье человека (Brevik, Sauer, 2015). В результате длительного почвообразовательного процесса в почве развивается её основное свойство – плодородие. Основную роль в этом играют почвенные беспозвоночные, которые считаются одним из факторов стабильности лесных экосистем. На их долю приходится значительная часть трансформируемой энергии в экосистеме (Neher, 1999).

Сохранение биологического разнообразия является приоритетным направлением исследований экологов в России и за рубежом (Trube, 2010). Особую важность эта задача приобретает на особо охраняемых природных территориях. Ранее исследования почвенной фауны Волжско-Камского заповедника проводилось только в его Раифском участке (Алейникова и др., 1979), а биоразнообразие изучали лишь в пределах одного семейства – Carabidae (Жеребцов, 1978).

Целью настоящей работы является оценка пространственно-временной неоднородности сообществ почвенной мезофауны в обоих участках заповедника – Раифском и Саралинском, с охватом как хвойных, так и лиственных биотопов, а также оценка биоразнообразия доминирующих групп мезофауны – дождевых червей (Lumbricina) и жуков-щелкунов (Elateridae).

¹ Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан;
E-mail: t_a_gordienko2015@mail.ru

Материалы и методика

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник состоит из двух участков – Раифского и Саралинского, расположенных в разных ландшафтных зонах. Первый входит в Западно-Казанский низменный район с восточноевропейскими сосновыми и широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолистых и светло-серых лесных почвах подтаёжной подзоны бореальной ландшафтной зоны. Второй участок находится в Волго-Мешинском возвышенном районе с восточноевропейскими сосново-широколиственными (с преобладанием осинников и березняков) и сосновыми частично остепнёнными лесами на дерново-подзолистых, тёмно-серых лесных почвах в широколиственно-лесной подзоне суббореальной северной семигумидной ландшафтной зоны (Ермолаев и др., 2007). Согласно физико-географическому районированию Среднего Поволжья А. В. Ступишина (1964), Раифский участок заповедника лежит в провинции южной тайги и смешанных лесов Вятско-Камской возвышенности (южная тайга Западного Предкамья), Саралинский – в лесостепной провинции Низменного Заволжья (лесостепь Западного Предкамья). Площадь заповедника составляет чуть более 10 тыс. га и большая её часть покрыта лесом.

Материал собирали в 2010–2016 гг. (рис. 1, 2). В Раифском участке пробы отбирали в сосняках кв. кв. 25, 47, 63, 67а (154) и в липняках в кв. кв. 50а (151), 80, 81, 84, 86 и 131; в Саралинском участке – в сосняках кв. кв. 24 и 42 и в липняках кв. кв. 24, 54 и 55 в течение последних трёх лет.

Учеты численности почвообитающих беспозвоночных мезофауны проводили стандартными почвенно-зоологическими методами: почвенные пробы на площадках $0,0625 \text{ м}^2$ (по 16 проб) на глубине 0–15 см отбирались в весенний и осенний периоды. В Раифском участке было отобрано 288 проб, в Саралинском – 416. Беспозвоночных определяли до уровня семейства, дождевых червей и жуков-щелкунов – до вида. Биомассу мезофауны учитывали в 2015 г.; животных взвешивали в фиксированном виде. Расчёт экономической стоимости почвенной мезофауны проводили по расчётной формуле (Гордиенко, Сабанцев, 2014), основанной на методике В. Н. Большакова с соавторами (1998). Статистическую обработку материала проводили в ПП Excel, Statistica–7, использовали одномерный и многомерный анализ (Боровиков, 2003).

Результаты и их обсуждение

Средняя численность почвообитающих беспозвоночных мезофауны в сосновых лесах варьирует в небольших пределах – в 2,5 раза, в липняках колебания обилия значительные – в 6,9 раза (рис. 3). В сообществе педобионтов доминируют сходные группы в разных соотношениях: в сосняках преобладают насекомые (28–78 %), меньше хищные

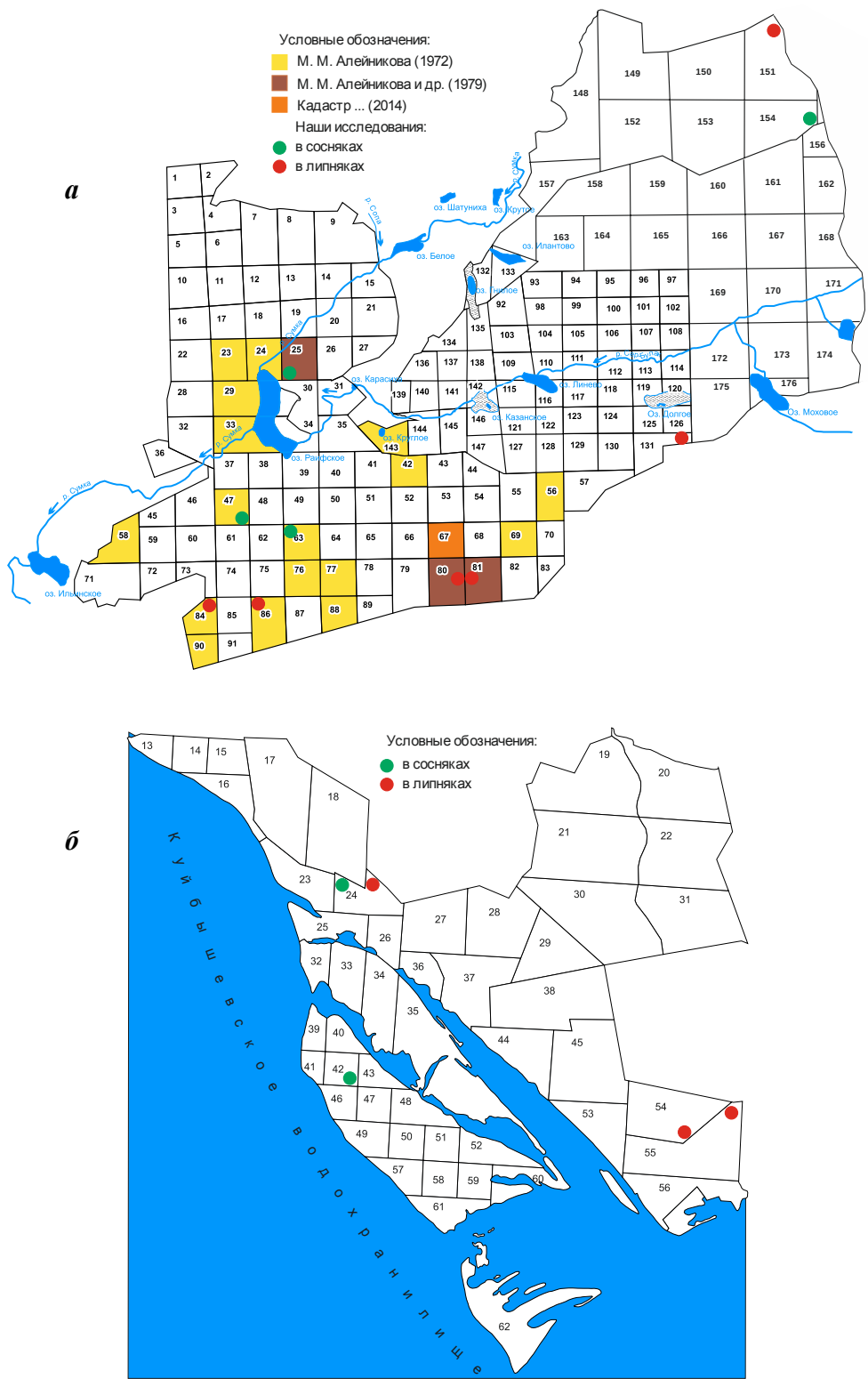


Рис. 1. Карты-схемы мест изучения почвенной мезофауны в Раифском (а) и Саралинском (б) участках Волжско-Камского заповедника.

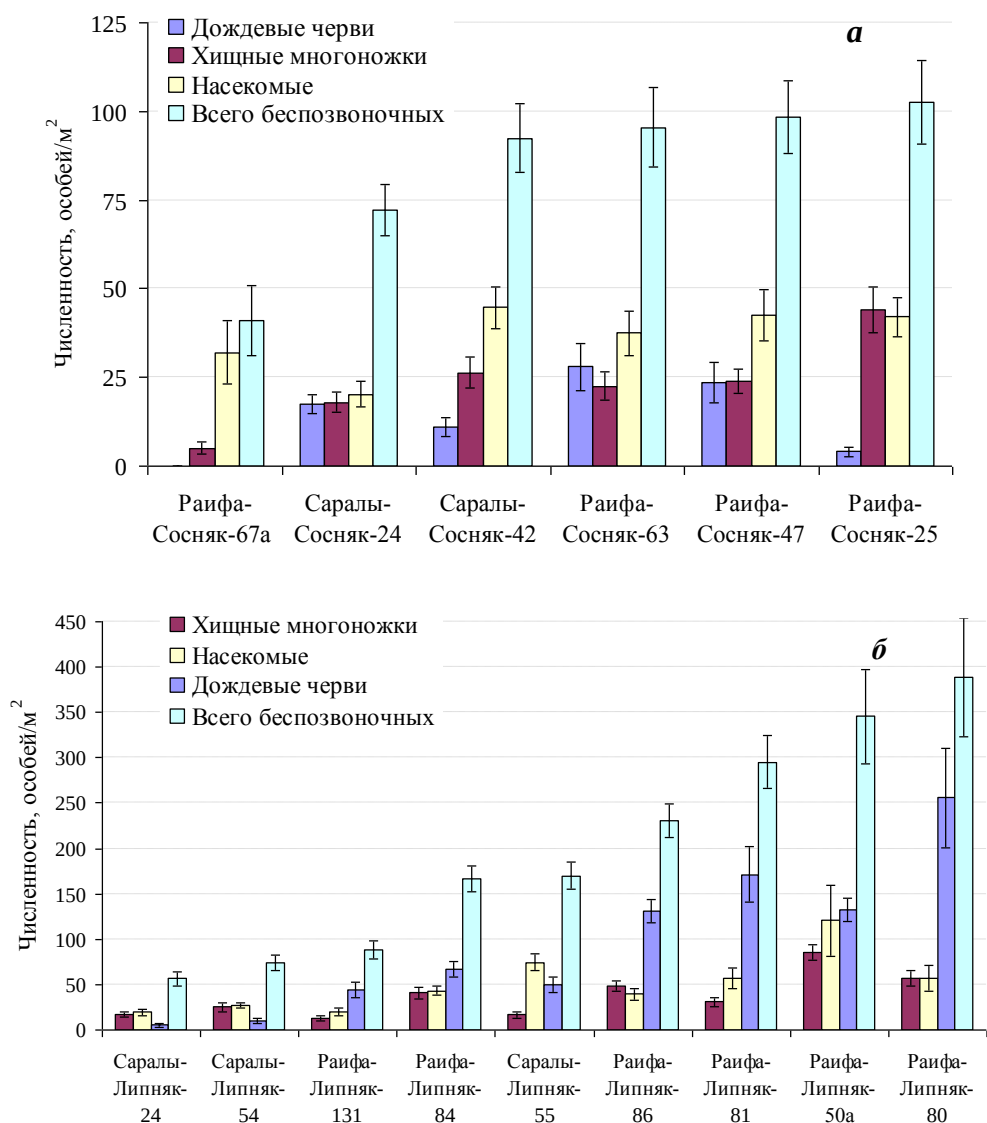


Рис. 3. Численность почвенных беспозвоночных в сосновых (а) и липовых (б) лесах заповедника.

многоножки (12,2–42,9 %) и дождевые черви (0–29,3 %); в липняках доминировали дождевые черви (8,9–65,8 %), многоножки (9,7–33,9 %) и насекомые (14,7–43,8 %). Наибольшее обилие мезофауны отмечено в липняках Раифского участка, наименьшее – в сосняке кв. 67а Раифского участка и в липняке кв. 24 Саралинского участка. Высокая численность мезофауны в липняках подтаёжной подзоны обеспечивается за счёт высокого обилия дождевых червей и многоножек, в меньшей степени насекомых (рис. 3).

Доля сапрофагов в сообществах почвенной мезофауны в липняках Раифского участка выше, по сравнению с Саралинским участком – 46,4–61,2 % и 23,2–34,4% соответственно, тогда как доля хищников ни-

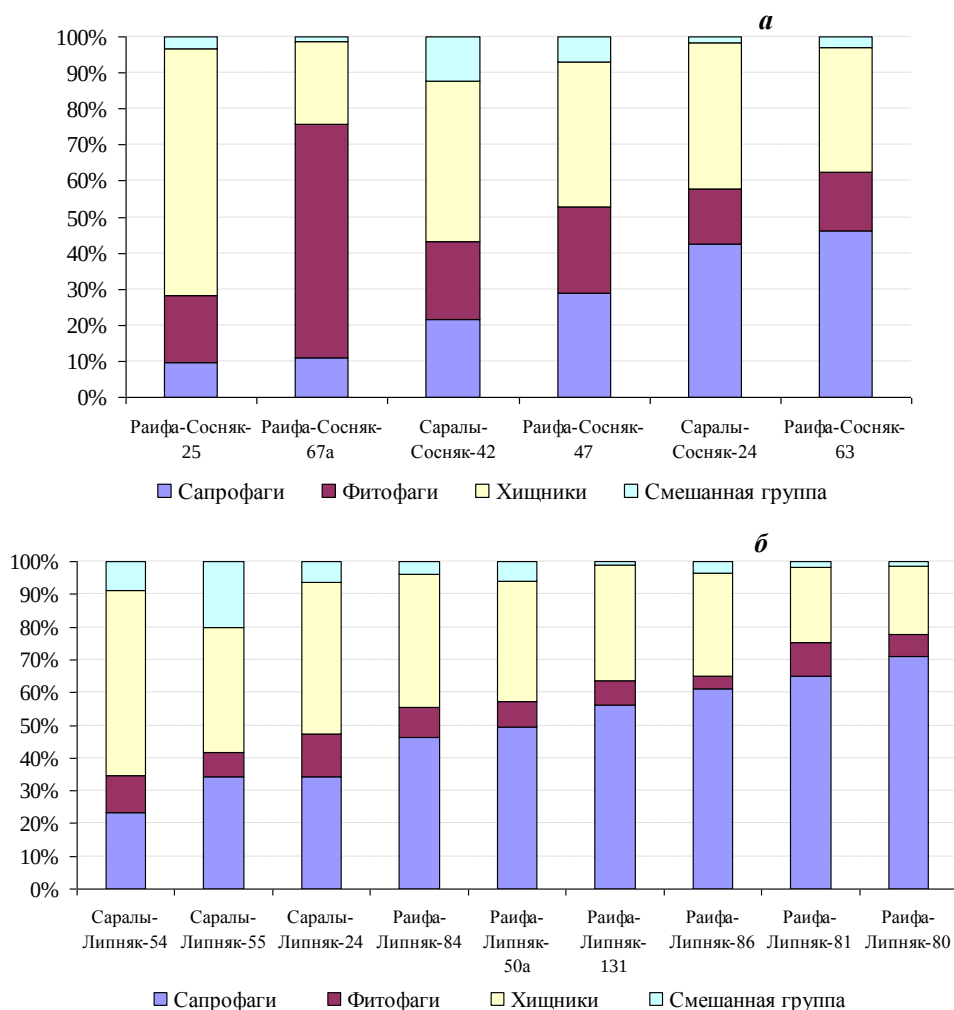


Рис. 4. Соотношение трофических групп почвенных беспозвоночных в сосновых (а) и липовых (б) лесах заповедника.

же – 31,7–40,7 % и 38,2–56,7 % соответственно. Снижение роли хищной группы педобионтов характерно и для сосновых лесов Раифского участка – 23,2–40,1 %, против 40,5–44,4 % в Саралинском участке. Фитофаги, среди которых преобладают насекомые, в разных типах леса составляют различную долю: в раифских подтаёжных сосняках их численность выше, по сравнению с саралинскими сосняками широколиственно-лесной подзоны – 16,2–64,6 % и 15,2– 21,7 % соответственно; в липняках наблюдается обратная тенденция – 3,7–9 % и 7,4–13 % соответственно (рис. 4).

Биомасса мезофауны несколько ниже в Саралинском участке, по сравнению с Раифским; при этом основными доминантами по биомассе являются дождевые черви (в сосняках – 48,7–62,7 % и 61,3 %, в липняках – 18,6–69,3 % и 87,1 % соответственно) и насекомые (в сосняках – 22,3–42,4 % и 33,2 %, в липняках – 23,2–42,5 % и 8,9 % соответствен-

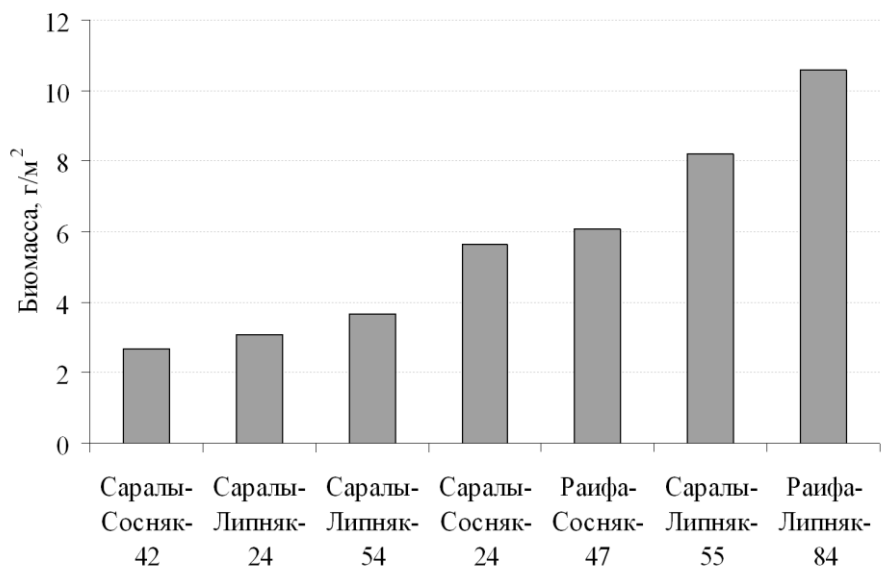


Рис. 5. Результаты учёта биомассы почвенных беспозвоночных в заповеднике.

но), представленные в сосновых лесах в основном личинками щелкунов и хрущей, а в липовых – имаго и личинками хищных жуков – жу-желиц и стафилинид. Таким образом, соотношение доминирующих групп мезофауны по биомассе в липняках отличается в зональном аспекте: в подтаёжной подзоне преобладают дождевые черви, при этом роль насекомых значительно уменьшается (рис. 5).

Многомерный анализ с предикторами тип биотопа и участок показал, что фитоценозы и участки заповедника по составу и обилию почвенной мезофауны статистически значимо различаются (Wilks' Lambda: 0,40416 approx. F (87,1341)=5,4519 p<0,0000) (табл. 1, рис. 6). Наибольший вклад в дискриминацию вносят дождевые черви, пауки, кивсяки, литобииды, тараканы, клопы, стафилиниды, чернотелки, хру-

Таблица 1

Квадрат расстояния Махаланобиса между центроидами разных биотопов заповедника по таксономической структуре и обилию педобионтов

	Раифа липняки	Раифа сосняки	Саралы сосняки	Саралы липняки
Раифа липняки	0	5,05	4,71	4,39
Раифа сосняки	5,05	0	1,48	1,49
Саралы сосняки	4,71	1,48	0	1,09
Саралы липняки	4,39	1,49	1,09	0

Прим. Жирным шрифтом выделены значения при уровне значимости p<0,001.

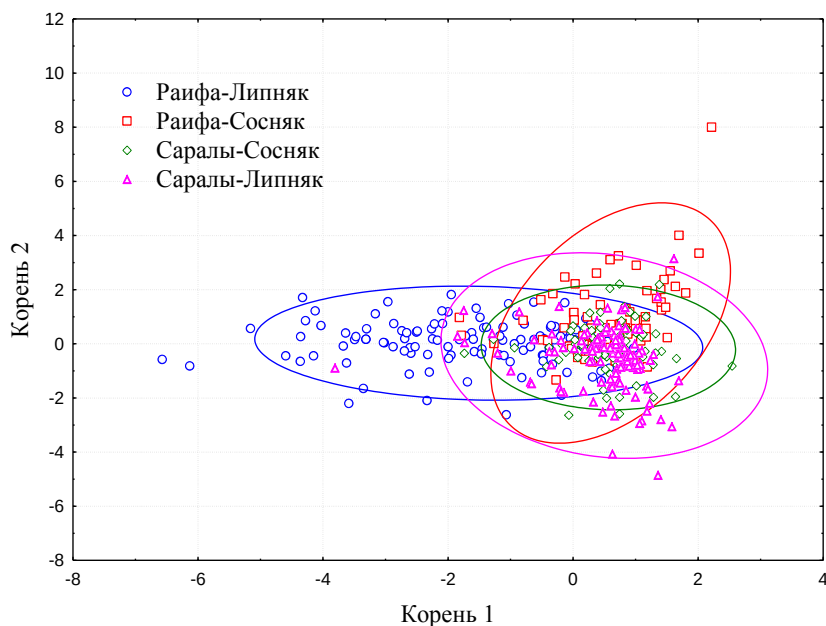


Рис. 6. Ординация таксономической структуры и обилия почвенных беспозвоночных в плоскости двух дискриминантных осей.

щи и жуки-щелкуны. Наибольшие различия структуры и населения педобионтов отмечены между сосняками и липняками Раифского участка и между липняками обоих участков заповедника (табл. 1); больше сходства между сосняками разных участков заповедника, между сосняками и липняками Саралинского участка.

По данным В. М. Емеца (2014), в сосняках Воронежского заповедника плотность педобионтов варьирует в пределах 32,7–75,7 особей/м², что несколько ниже показателей Волжско-Камского заповедника. Обилие почвенной мезофауны в пойменной дубраве в заповеднике «Большая Кокшага» республики Марий Эл очень высокое – до 325 особей/м², при этом абсолютными доминантами по численности и биомассе выступали дождевые черви – 79,4 и 97,4 % соответственно. В сосняке зеленомошно-брусничном этого заповедника численность почвенной мезофауны сопоставима со средними значениями численности мезофауны сосняков Раифы (Вавилов, Гордиенко, 2015).

По нашим данным, средняя численность педобионтов в сосняках Волжско-Камского заповедника сопоставима с максимальными значениями их численности в сосняках Западного Предкамья Татарстана; сопоставимые значения получены и при сравнении биомассы (Кадастр..., 2014). Численность педобионтов в липняках заповедника сопоставима с кадастровыми данными по Западному Предкамью, тогда как биомасса – ниже, что было обусловлено преобладанием в почвенной мезофауне заповедника мелких видов дождевых червей и неполовозрелых особей.

Дождевые черви. На территории Волжско-Камского заповедника зарегистрировано 9 видов дождевых червей: в Раифском участке обнаружено 7 видов (70 % от известных в подтаёжной подзоне), 6 из которых ранее были отмечены А. Богдановым (2003); в Саралинском участке выявлено 6 видов (85,7 % видового состава широколиственно-лесной подзоны) (табл. 2). Согласно литературным данным, в подтаёжных лесах Западного Предкамья Татарстана обитает 10 видов дождевых червей, из них 6 видов в сосняках и 7 видов в липняках (Кадастр..., 2014). В лесах широколиственно-лесной подзоны Западного Предкамья зарегистрировано 7 видов люмбрицид: в сосняках – 1 вид, в липняках – 6 видов. По данным Кадастра почвообитающих беспозвоночных (2014), численность люмбрицид в сосновых фитоценозах Западного Предкамья низкая (в подтаёжной подзоне – 3,6 особи/м², в широколиственно-лесной – 3 особи/м²), в липовых фитоценозах она на порядок выше (45,4 и 37,3 особи/м² соответственно). Согласно нашим результатам, обилие дождевых червей в заповеднике выше средних показателей, приведённых по подзонам в Кадастре (2014), за исключением липняков широколиственно-лесной подзоны (табл. 2).

В сообществе люмбрицид липняков Раифского участка доминируют пашенный червь – *A. caliginosa*, почвенно-подстилочный *L. rubellus*.

Таблица 2

Видовой состав и обилие (особей/м²) дождевых червей в заповеднике

№	Вид	Раифа		Саралы	
		липня- ки, n=6	сосня- ки, n=6	липня- ки, n=6	сосня- ки, n=6
1	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	15,0	0	2,0	1,0
2	<i>A. c. trapezoides</i>	0	0,2	0	0
3	<i>A. rosea</i>	0	0	0,2	0
4	<i>L. rubellus</i>	10,0	0	0	0
5	<i>Octolasion lacteum</i>	0,3	0	0	0
6	<i>Dendrobaena octaedra</i>	6,3	5,5	4,8	2,9
7	<i>Dendrodrilus rubidus tenuis</i>	0	0	0,4	0,1
8	<i>Eisenia nordenskioldi</i>	2,5	2,5	0,6	3,9
9	<i>Eisenia uralensis</i>	0,5	0	1,8	0
	Неполовозрелые особи	42,7	7,2	20,0	6,9
	Неопределенные особи	0	0,2	0,2	0
	Всего люмбрицид	77,3	15,5	30,0	14,7
	Фиксированный вес, г	24,270	2,107	3,828	3,237
	Количество видов	6	3	6	4
	Виды, питающиеся подстилкой	18,8	8,0	5,8	6,9
	Собственно-почвенные	15,8	0,2	4,0	1,0

lus и подстилочный *D. octaedra*; в сосняках – *D. octaedra* и почвенно-подстилочный *E. nordenskioldi*. В липняках и сосняках Саралинского участка преобладают сходные виды дождевых червей – *A. caliginosa* и *D. octaedra*, в липовых фитоценозах также многочислен *E. uralensis*, в сосновых фитоценозах доминирует *E. nordenskioldi*.

Наибольшее видовое разнообразие дождевых червей отмечено в липняках Раифского и Саралинского участков – по 6 видов; индекс Шеннона соответственно равен 1,34 и 1,44 (табл. 3). В сосняках зарегистрировано 3 и 4 вида соответственно, из которых 2 общих. Два участка имеют четыре сходных вида люмбрицид. Индекс видового сходства Жаккара сообществ дождевых червей липняков двух участков имеет среднее значение 0,50; сходство сосняков по этому показателю ниже – 0,40. Сходную тенденцию продемонстрировал коэффициент видового сходства Серенсена – 0,67 и 0,57 соответственно. Наиболее выровненными являются сообщества люмбрицид в липняках Раифы (индекс доминирования самый низкий – 0,34), наименее выровненными – сообщества дождевых червей сосняков этого участка.

Наибольшее обилие люмбрицид отмечено в липняках Раифского участка – средняя плотность 77,3 особи/м², что в два раза выше таковой в Саралинском участке – 30 особей/м². Сосняки обоих участков по обилию червей в целом практически не различаются – 15,5 и 14,7 особей/м² соответственно.

Биомасса люмбрицид в липняках Раифского участка на порядок выше таковой Саралинского; основной вклад в биомассу вносят мелкие виды дождевых червей и неполовозрелые особи (табл. 2).

Таблица 3

Индексы видового разнообразия и сходства дождевых червей
в разных биотопах заповедника

Индексы	Раифа		Саралы	
	липня- ки	сосня- ки	липня- ки	сосня- ки
Индекс доминирования, D	0,34	0,75	0,63	0,68
Индекс Шеннона, H	1,34	0,66	1,44	1,00
Индекс Симпсона, 1-D	0,66	0,25	0,37	0,32
Индекс видового богатства, e ^H /S	0,64	0,64	0,70	0,68
Индекс разнообразия Менхиника	1,04	1,13	2,27	1,63
Индекс разнообразия Маргалефа	1,43	1,03	2,57	1,67
Индекс равномерности, equitability_J	0,75	0,60	0,80	0,72
Индекс альфа Фишера	2,15	1,99	19,95	5,25
Индекс Бергера-Паркера	0,45	0,71	0,57	0,50
Коэффициент сходства Жаккара, K _j	0,50	0,40		
Коэффициент сходства Серенсена, K _s	0,67	0,57		

Таблица 4

Квадрат расстояния Махаланобиса между центроидами разных биотопов заповедника по таксономической структуре и обилию дождевых червей

	Саралы сосняки	Саралы липняки	Раифа липняки	Раифа сосняки
Саралы сосняки	0	7,84	49,67	5,40
Саралы липняки	7,84	0	59,05	9,56
Раифа липняки	49,67*	59,05	0	59,73
Раифа сосняки	5,40	9,56	59,73	0

Прим. Жирным шрифтом выделены значения при уровне значимости $p < 0,001$.

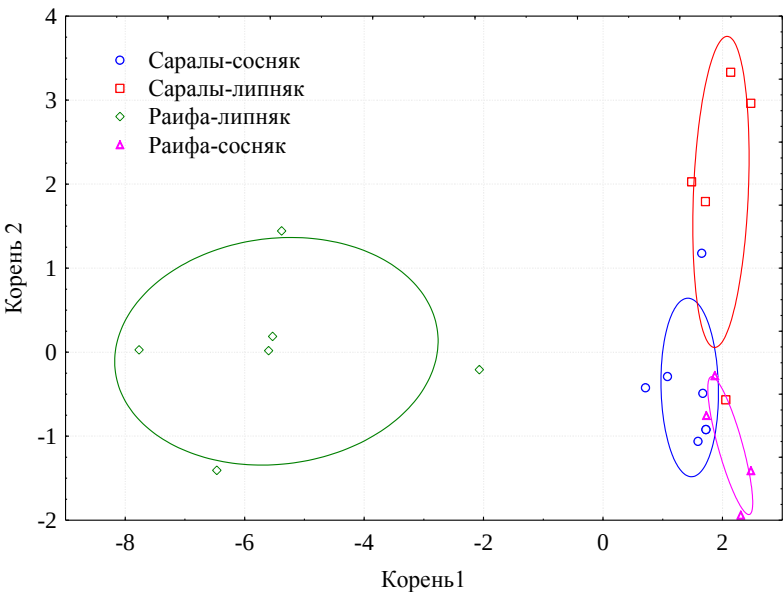


Рис. 7. Ординация таксономической структуры и обилия дождевых червей в разных биотопах заповедника в плоскости двух дискриминантных осей.

Дискриминация по типам биотопов и участкам заповедника сообществ дождевых червей прослеживается четко (Wilks' Lambda: 0,01849 approx. $F(27,35)=3,8611$ $p < 0,0001$). Наибольший вклад в дискриминацию вносят пашенный червь *A. caliginosa* и калькофильный влаголюбивый *O. lacteum*. Липняки двух участков отличаются обилием и составом дождевых червей (табл. 4, рис. 7). Подобных различий между сосняками не выявлено. В Раифском участке по данным показателям липняки и сосняки статистически значимо различаются. В Сараловском участке заповедника таких отличий не наблюдали. Таким образом, на видовой состав и численность дождевых червей влияет тип биотопа и пространственное расположение.

Жуки-щелкуны. Всего на территории заповедника выявлено 10 видов почвенных личинок щелкунов, из них 8 видов общие для обоих участков (табл. 5). Ещё два вида обнаружены в подстилочном ярусе.

Таким образом, видовой состав заповедника насчитывает 12 видов. Учитывая высокое разнообразие биотопов и эпизодичность исследования, мы полагаем, что это не окончательный список видов.

За время исследований в заповеднике было собрано 229 экземпляров личинок жуков-щелкунов. Доминирующими являются всеядные виды – *Selatosomus aeneus*, *Athous subfuscus*, *Dalopius marginatus*. Присутствие в почве растительноядных видов отмечено лишь в сосняках Раифы. Хищные виды жуков-щелкунов рода *Athous* тяготеют к ассоциациям лиственных лесов. Наибольшее видовое разнообразие щелкунов обнаружено в сосновом лесу на склоне Волги в кв. 24 – в почве выявлено 5 видов, еще один попал в почвенные ловушки.

Ранее для елово-широколиственного леса в Раифском участке указывалось 5 видов жуков-щелкунов (Алейникова и др., 1979). Нашими исследованиями в хвойных лесах Раифы обнаружено 6 видов, а в целом в данном участке заповедника выявлено 9 видов щелкунов. Столько же видов выявлено и в Саралинском участке.

На территории Татарстана зарегистрировано 33 вида жуков-щелкунов (Вавилов, Гордиенко, 2015). Можно предположить, что, даже с учётом недостаточной изученности фауны щелкунов заповедника, видовое разнообразие этой группы насекомых на заповедной территории низкое.

Таблица 5

Видовой состав и обилие (особей/м²) личинок жуков-щелкунов в заповеднике

№	Вид	Раифа		Саралы	
		липня- ки	сосня- ки	липня- ки	сосня- ки
1	<i>Agrypnus murinus</i> (L., 1758)	0,0	0,0	0,1	0
2	<i>Selatosomus aeneus</i> (L., 1758)	0,0	3,3	0,6	1
3	<i>Selatosomus cruciatus</i> (F., 1801)	1,0	0,0	0,3	0,2
4	<i>Athous haemorrhoidalis</i> (F., 1801)	0,3	0,0	0,3	0
5	<i>Athous vittatus</i> (F., 1792)	1,5	0,0	0,1	0,2
6	<i>Athous subfuscus</i> (Mull., 1764)	0,0	3,8	0,0	1,8
7	<i>Prosternon tessellatum</i> (L., 1758)	0,0	2,0	0,0	4,8
8	<i>Agriotes obscurus</i> (L., 1758)	0,0	0,3	0,0	0
9	<i>Dalopius marginatus</i> (L., 1758)	5,2	1,8	5,8	1,4
10	<i>Ectinus aterrimus</i> (L., 1761)	1,2	0,2	0,1	0
	Всего	9,2	11,5	7,3	9,4
	Количество видов	5	6	7	6

Таблица 6

Индексы видового разнообразия и сходства проволочников
в разных биотопах заповедника

Индексы	Раифа		Саралы	
	липня- ки	сосня- ки	липня- ки	сосня- ки
Количество таксонов	5	6	7	6
Обилие	8	9	5	7
Индекс доминирования, D	0,49	0,41	1,35	0,6
Индекс Шеннона, H	1,27	1,59	0,68	1,41
Индекс Симпсона, 1-D	0,51	0,59	0,35	0,4
Индекс видового богатства, e^H/S	0,71	0,81	0,28	0,68
Индекс разнообразия Менхиника	1,77	2	3,13	2,27
Индекс разнообразия Маргалефа	1,92	2,28	3,73	2,57
Индекс, $equitability_J$	0,79	0,89	0,35	0,79
Индекс альфа Фишера	5,71	7,87	0	20
Индекс Бергера-Паркера	0,63	0,33	1	0,57
Коэффициент сходства Жаккара, K_j	1,4	0,5		
Коэффициент сходства Серенсена, K_s	0,83	0,67		

По индексам разнообразия нельзя говорить о значительных отличиях в видовом составе проволочников в почвах однотипных биотопов. Коэффициенты сходства выше для лиственных лесов и ниже для сосняков (табл. 6).

Многомерный анализ выявил различия биотопов по составу и численности жуков-щелкунов (Wilks' Lambda: 0,02063 approx. $F(30,35)=3,2926$ $p < 0,0004$). Наибольший вклад в дискриминацию вносят малочисленные виды – *S. aeneus*, *A. subfuscus* и *A. obscurus*. Сильные отличия фауны и населения элатерид отмечены между разными фитоценозами Раифского участка (расстояние Махаланобиса 73,05 при уровне значимости $p=0,0001$) и между сосняками двух участков заповедника (29,62, при $p=0,0075$) (табл. 7, рис. 8).

Роль животных в экосистеме определяется в первую очередь их численностью, биомассой и характером питания. Поскольку уровень метаболизма у разных групп животных неодинаков, наиболее интегральным показателем их значимости в функционировании экосистемы является трансформируемая ими энергия (Ивлиев и др., 2004), которая может служить показателем экономической ценности биоресурсного компонента экосистемы. Используя методику В. Н. Большакова с соавторами (1998), нами разработана формула расчёта экономической стоимости сообществ почвообитающих беспозвоночных (Гордиенко, Сабанцев, 2014). Расчёты для заповедника показали, что наибо-

Таблица 7

Квадрат расстояния Махаланобиса между центроидами разных биотопов заповедника по фауне и населению жуков-щелкунов

	Раифа липняки	Раифа сосняки	Саралы липняки	Саралы сосняки
Раифа липняки	0	73,05	8,55	16,64
Раифа сосняки	73,05*	0	55,87	29,62
Саралы липняки	8,55	55,87	0	9,70
Саралы сосняки	16,64	29,62	9,70	0

Прим. Жирным шрифтом выделены значения при уровне значимости $p < 0,01$.

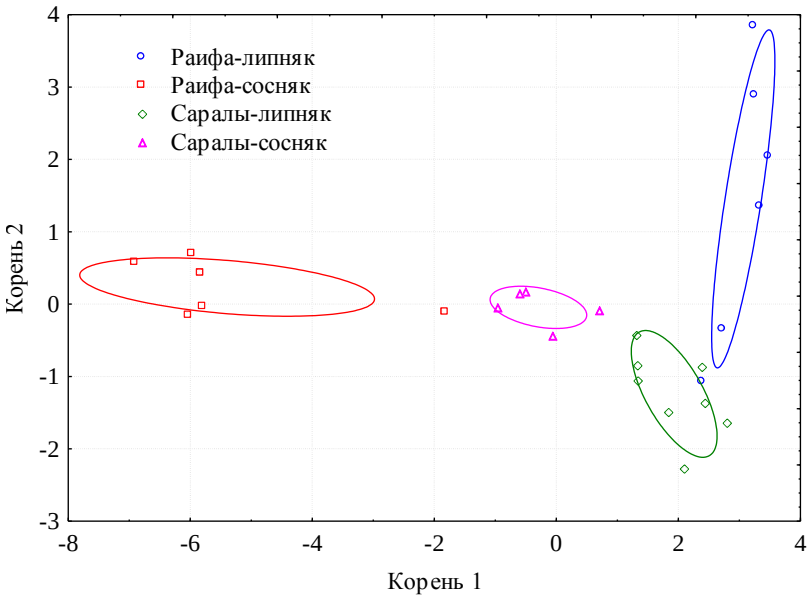


Рис. 8. Ординация таксономической структуры и обилия жуков-щелкунов в разных биотопах заповедника в плоскости двух дискриминантных осей.

льшей стоимостью обладает мезофауна липняка в кв. 84 Раифского и в кв. 56 Саралинского участков, за счёт высокой численности и биомассы дождевых червей, наименьшей – мезофауна липняка в кв. 24 и сосняка кв. 42 Саралинского участка (рис. 9).

Как показывают наши исследования, обилие педобионтов в разных участках леса может различаться значительно. Это может быть обусловлено различными факторами среды – особенностями рельефа, уровнем залегания грунтовых вод, мозаичностью почвенного покрова, динамикой климата и т.д., в т. ч. и биотическими факторами – в частности, роющей деятельностью кабана. На территории европейской части России кабаны являются наиболее мощными средообразователями

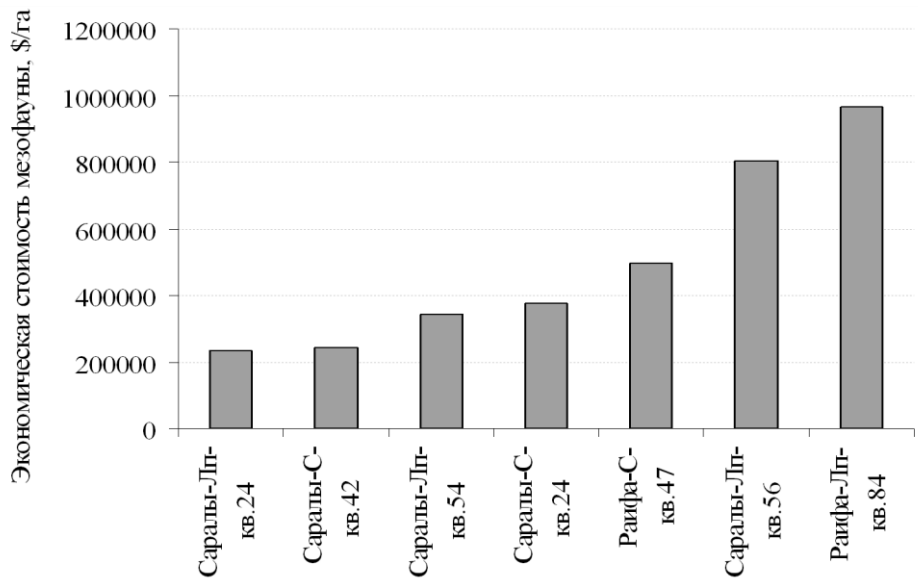


Рис. 9. Экономическая стоимость почвенной мезофауны заповедника.

лями среди роющих животных. В результате их активности нарушается верхний плодородный слой почвы, и обилие педобионтов может снижаться на 75 % (Пахомов, 2003). Снижение численности почвенной мезофауны в местах активной деятельности кабана отмечалось и нами (Гордиенко и др., 2013, 2016).

Места обитания кабана в Раифском участке в бесснежный период расположены, главным образом, в юго-восточной части заповедника и приурочены к старо-возрастным елово-широколиственным лесам (Горшков, 2006). Эти биотопы привлекают кабана наличием желудей, а также обилием беспозвоночных, обитающих в лесной подстилке. Весной и осенью 2016 г. нами были проведены учёты численности почвенной мезофауны в кв. кв. 80 и 81 (рис. 10). Весной в кв. 80 обилие пе-

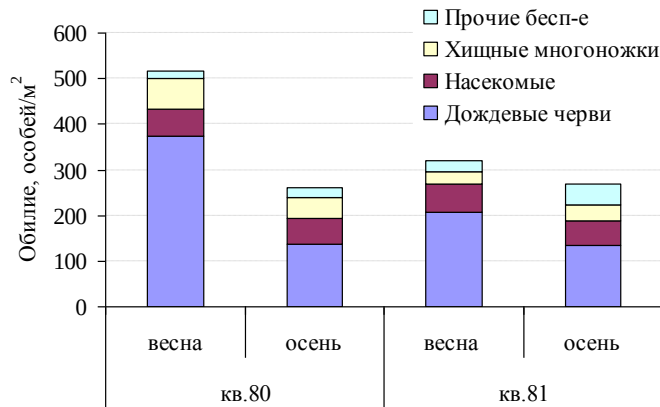
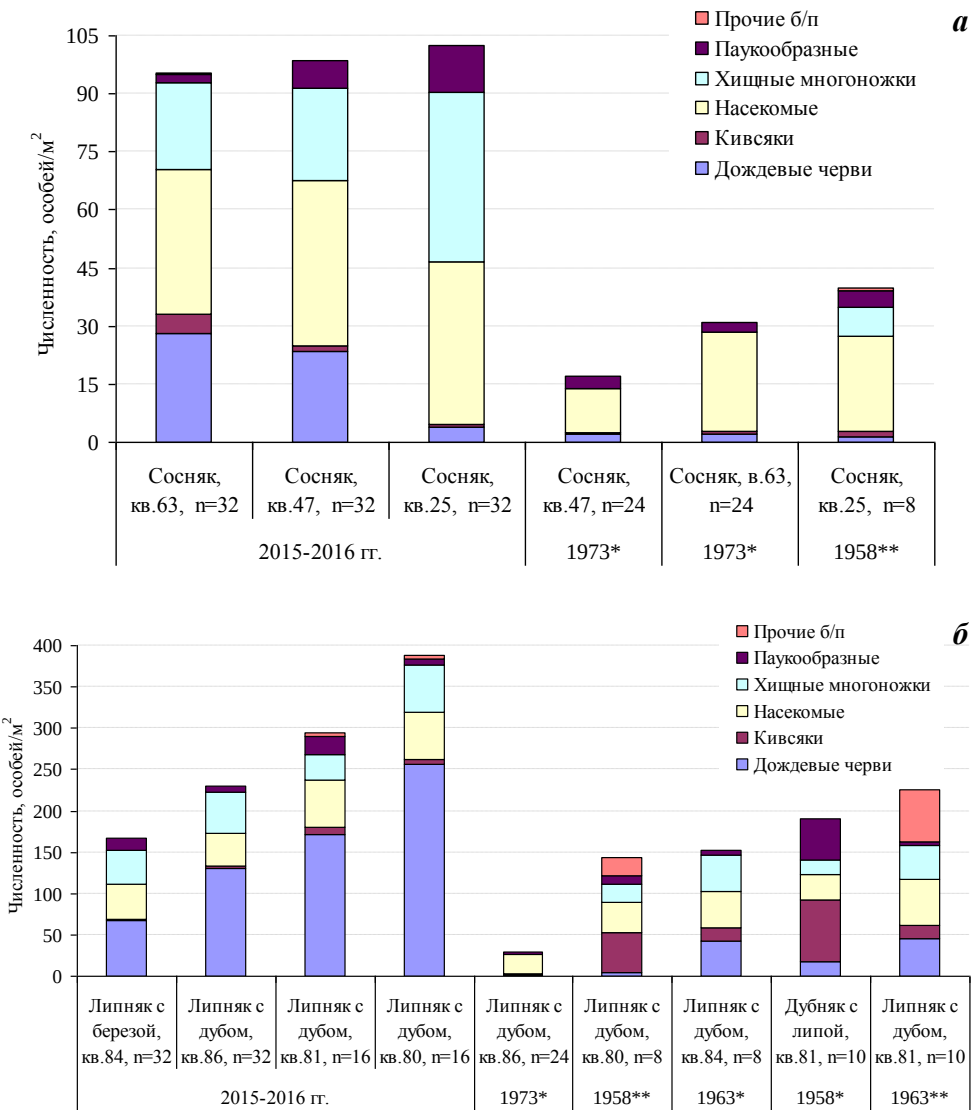


Рис. 10. Влияние роющей деятельности кабана на обилие почвообитающих беспозвоночных.



Прим.: * – по: Кадастр..., 2014; ** – по: М. М. Алейникова, 1972.

Рис. 11. Обилие почвенной мезофауны в сосняках (а) и липняках (б)
Раифы по данным количественных учётов разных лет.

добиионтов было высокое, за счёт дождевых червей и хищных многоножек, тогда как в кв. 81 оно было в 1,6 раза ниже. Осенью в кв. 80 были отмечены многочисленные порои кабана – до 90 % поверхности почвы; в кв. 81 пороев было значительно меньше (30–50 %). Из-за активной роющей деятельности кабана численность мезофауны в кв. 80 сократилась в 2 раза, тогда как в кв. 81 только в 1,2 раза. Численность дождевых червей в кв. 80 сократилась в 2,7 раза (с 374 до 138 особей/м²), хищных многоножек – в 1,5 раза (с 68 до 46 особей/м²); обилие насекомых осталось на прежнем уровне (58 и 56 особей/м²). В обоих кварталах обилие педобиионтов мезофауны в осенний период выравни-

лось, оставаясь достаточно высоким, по сравнению со средними значениями их численности в широколиственных лесах подтаёжной зоны Западного Предкамья Татарстана (Кадастр..., 2014). К осени изменилось соотношение экологических групп животных – доля сапрофагов (за счёт дождевых червей) в кв. 80 снизилась с 77,5 до 58 %, в кв. 81 – с 71,3 до 57,8 %, тогда как доля хищников возросла с 16,3 до 29,8 % и с 13,1 до 34,8 % соответственно.

Сравнение полученных нами данных по обилию почвенной мезофауны в Раифском участке заповедника с данными третьей четверти XX в. (Алейникова, 1972; Кадастр ..., 2014) показало значительное увеличение численности животных, особенно в сосновых лесах (рис. 11). Причиной этого, помимо влияния природных факторов, могут являться и различия в выборках собранного материала.

Литература

- АЛЕЙНИКОВА М. М. Почвенная фауна различных ландшафтов Среднего Поволжья // Почвенная фауна Среднего Поволжья. М.: Наука, 1964. С. 5–51.
- АЛЕЙНИКОВА М. М., ПОРФИРЬЕВ В. С., УТРОБИНА Н. М. Парцеллярная структура елово-широколиственных лесов востока европейской части СССР (Волжско-Камский заповедник). М.: Наука, 1979. 92 с.
- БОГДАНОВ А. В. Дождевые черви (Lumbricidae) некоторых биотопов Раифского участка Волжско-Камского заповедника / 2003. – <http://vkgz.ru/files/bogdanov.doc?PHPSESSID=f9782e4fbb565ea65885bb940f8ef50a>.
- БОЛЫШАКОВ В. Н., КОРЫТИН Н. С., КРЯЖИМСКИЙ Ф. В., ШИШКАРЕВ В. М. Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем // Экология. 1998. Вып. 5. С. 339–348.
- БОРОВИКОВ В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
- ВАВИЛОВ Д. Н., ГОРДИЕНКО Т. А. Видовой состав почвообитающих личинок жуков-щелкунов (Coleoptera, Elateridae) Республики Татарстан // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование: Мат. международ. науч.-практ. конф. Елабуга, 2015. С. 92–95.
- ВАВИЛОВ Д. Н., ГОРДИЕНКО Т. А. К изучению почвенной мезофауны заповедника «Большая Кокшага» // Тр. Казан. отд. Рус. энтомолог. общ-ва: Мат. докл. Чтений памяти проф. Э. А. Эверсманна, посвящ. 220-летию со дня его рождения. Вып. 3. Казань: ООО «Новое знание», 2014. 92 с.
- ВАВИЛОВ Д. Н., ГОРДИЕНКО Т. А. Почвенная мезофауна в заповедных лесах Среднего Поволжья // Лес, лесной сектор и экология: Мат. Всерос. науч.-практ. конф. Казань: Изд-во Казан. ГАУ, 2015. С. 19–24.
- ГОРДИЕНКО Т. А., САБАНЦЕВ Д. Н. Оценка экономической ценности почвенных беспозвоночных заказника «Степной» Республики Татарстан // Проблемы почвенной зоологии: Мат. XVII Всерос. совещ. по почв. зоологии, посвящ. 75-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Кривошукского. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2014. С. 76–78.
- ГОРДИЕНКО Т. А., САБАНЦЕВ Д. Н., ХАБИБУЛЛИНА Н. Р. Структура населения почвенной мезофауны Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование: Сб. мат. III Всерос. с международ. участием науч.-практ. конф. Елабуга: Изд-во Елабуж. ин-та К(П)ФУ, 2013. С. 126–128.
- ГОРДИЕНКО, Т. А., СУХОДОЛЬСКАЯ Р. А., ВАВИЛОВ Д. Н. Почвообитающие беспозвоночные мезофауны Волжско-Камского государственного заповедника // Вестник Оренбург. гос. педагог. ун-та. 2016. № 2(18). С. 1–9.

ГОРШКОВ Д. Ю. Особенности динамики численности кабана в Волжско-Камском заповеднике // Особенности функционирования особо охраняемых природных территорий, расположенных в густонаселенных районах. Казань, 2006. С. 64–68.

ЕМЕЦ В. М. Эпигеобионтная мезофауна как биоиндикатор состояния почвенных экосистем в сосняках Воронежского заповедника // Вестник Тамбов. ун-та. Серия Естеств. и техн. науки. 2014. № 5. С. 1276–1279.

ЕРМОЛАЕВ О. П., ИГОНИН М. Е., БУБНОВ А. Ю., ПАВЛОВА С. В. Ландшафты Республики Татарстан: региональный ландшафтно-экологический анализ. Казань: «Слово», 2007. 411 с.

ИВЛИЕВ В. Г., ШАФИГУЛЛИНА С. М., КОРЧАГИНА Т. А., БОЙКО В. А., БЕЛЯЕВ А. Н., ЗАМАЛЕТДИНОВ Р. И. Биоресурсы и их роль в энергетике наземных экосистем (Состояние вопроса и перспективы практической реализации) // Ресурсоэффективность и энергосбережение в современных условиях хозяйствования: Тр. IV международ. симпозиума. Казань, 2004. С. 550–555.

КАДАСТР СООБЩЕСТВ ПОЧВООБИТАЮЩИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ (МЕЗОФАУНА) ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН / А. К. Жеребцов, Т. И. Артемьева, Р. М. Сабилов и др. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. 308 с.

ПАХОМОВ А. Е. Формирование почвенной мезофауны под воздействием роющих млекопитающих в байрачных дубравах Присамарья // Vestnik zoologii. 2003. Suppl. 37(1). Р. 41–48.

СТУПИШИН В. М. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1964. 194 с.

BREVIK E. C., SAUER T. J. The past, present, and future of soils and human health studies // Soil. 2015. Vol. 1. P. 35–46.

NEHER D. A. Soil community composition and ecosystem processes. Comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems // Agroforestry Systems. 1999. Vol. 45. P. 159–185.

TRUBE A., DE TONI A., BENITO P., LAVELLE P., LAVELLE P., RUIZ N., VAN DER PUTTEN W. H., LABOUZE E., MUDGAL S. Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission. DG Environment, Europe, 2010.

Анализ температурного режима отдельного муравейника в Раифском лесу Волжско-Камского заповедника

Д. В. Тишин,¹ А. Р. Касимов,² Г. Р. Гараева,¹ Ш. Х. Заринов¹

TISHIN D. V., KASIMOV A. R., GARAEVA G. R., ZARIPOV S. K. ANALYSIS
OF TEMPERATURE INDIVIDUAL ANTHILL REGIME IN RAIFA FOREST
OF VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

The temperature regime of an anthill of *Formica rufa* in the Raifa part of the Volzhsko-Kamsky Reserve was studied by field measurements of temperature and modeling of a non-stationary heat equation. The analysis of daily and seasonal dynamics of the average temperatures of the anthill and the spatial distribution of temperature inside the anthill is given.

Температурный режим муравейников, регулируемый как внешними условиями, так и жизнедеятельностью муравьёв, оказывает ключевое влияние на многие процессы в муравьином сообществе. Годовая и суточная динамика температуры внутри муравейника определяется сезонными и суточными изменениями интенсивности солнечного нагрева, температурой, влажностью и скоростью ветра в окружающем воздухе, количеством осадков, поступающих на купол муравейника и испаряющихся с него, альбедо как самого купола, так и прилегающих к нему поверхностей, в частности, ламбертовскими углами отражающих–излучающих поверхностей близстоящих кустов, деревьев, топографических откосов, помимо других факторов. На тепловое состояние среды муравейника оказывают влияние и сами муравьи. В ряде публикаций (Длусский, 1967; Длусский, Букин, 1986; Kasimova et al., 2014; Горный и др., 2015) отмечается, что повышение температуры гнездового холмика рыжих лесных муравьёв, наряду с нагреванием поверхности гнездового купола за счёт солнечного излучения в дневное время, вызывается выделением метаболического тепла взрослыми муравьями и их расплодом, а также выделением тепла при окислении биомассы гнездового материала, осуществляемом микроорганизмами и культивируемыми колонией насекомыми. Муравьи регулируют также газо- и теплообмен внутренности гнезда с высоким содержанием CO₂ и прикупольной атмосферы за счёт периодического открытия–закрытия вентиляционных ходов купола. Несмотря на значительное число исследований, вопрос о вкладе различных процессов в формирование температурного режима муравейника остаётся дискуссионным и активно исследуется как мирмекологами, так и специалистами моделирующими теплоперенос (Rosengren et al., 1987; Kadochová, Frouz, 2013, 2014; Pohl, Nachtigall, 2015; Sorvari et al., 2016).

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: dtishin@rambler.ru

² Университет Султана Кабуса, Оман



Рис.1. Вид муравейника с измерительными устройствами.

В настоящей работе тепловой режим муравейника исследован на основе полевых измерений температуры и решения нестационарного уравнения теплопроводности для определения пространственного распределения температуры внутри муравейника в рамках простейшей математической модели кондуктивного теплопереноса.

Методика и результаты измерений

Для наблюдений был выбран муравейник *Formica rufa* вблизи оз. Круглое на территории Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. При помощи GPS навигатора Garmin 62s установлены точные координаты муравейника: 55°89'94"с.ш. 48°75'10"в.д. Были также измерены его геометрические параметры: периметр, высота и длины дуг (север–юг, запад–восток) муравейника.

Для измерений температуры муравейника выбраны 4 точки в направлениях север (С), юг (Ю), запад (З), восток (В) на расстоянии около 15 см от вершины купола муравейника. Для измерений температуры лесной подстилки на расстоянии 2 м от муравейника в направлениях С, Ю, З, В выбраны 4 точки, в которых стержень термopара MASTECH P3409A погружался в почву на глубину 5 см. Вместе с измерением температуры муравейника и почвы измерялась освещенность и солнечная радиация с помощью люксметра PCE-174 и пиранометра MP-200 (рис. 1).

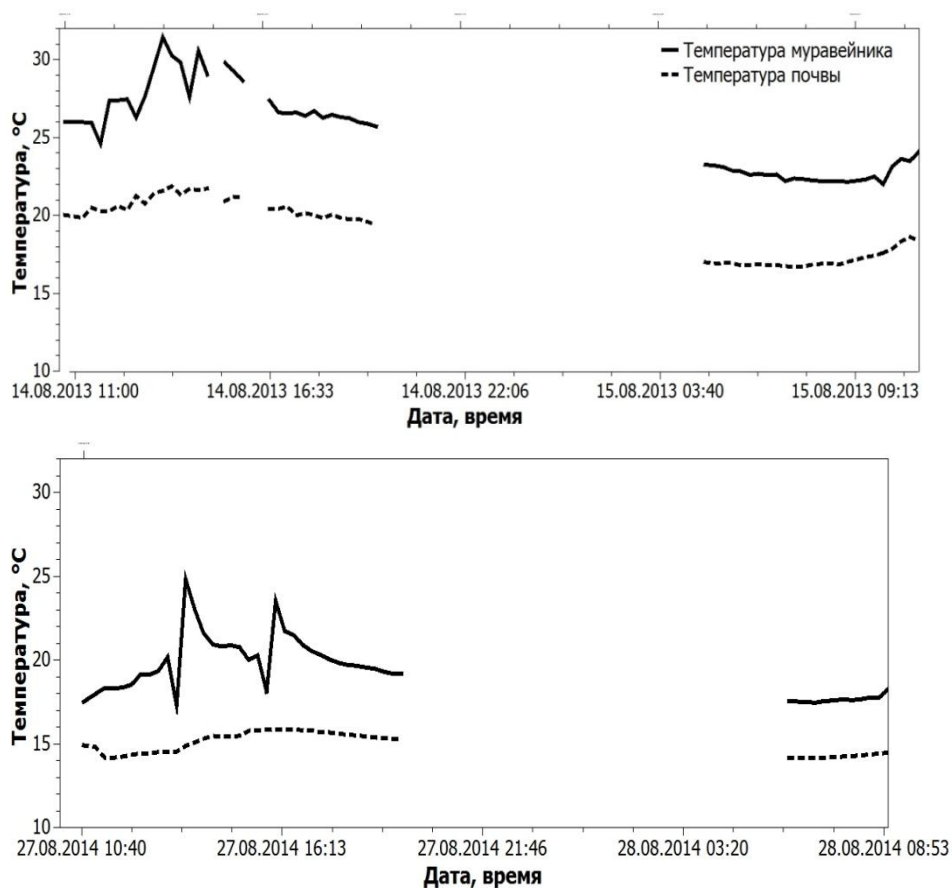


Рис. 2. Среднесуточные температуры в муравейнике и почве в 2013 и 2014 гг.

В 2013 г. измерения проводились с 11 часов 14 августа до 11 часов 15 августа. В 2014 г. измерения проводились с 11 часов 27 августа до 9 часов утра 28 августа. Интервал измерений в обоих случаях составил 15 минут. В ночное время измерения не проводились.

Наиболее высокие температуры муравейника были зарегистрированы в точке соответствующей южному склону муравейника. В целом во всех четырёх точках наблюдался близкий ход температуры. Зависимости осредненных температур муравейника и почвы в отдельных точках от времени в 2013 и 2014 гг. приведены на рисунке 2. Наблюдается характерная суточная динамика температуры, как муравейника, так и почвы. К полудню температура достигает своего максимума, затем постепенно идёт на убыль. Общая закономерность заключается в том, что в течение суток разница температур муравейника и почвы сохраняется на почти постоянном уровне – $\Delta T \sim 5-10^\circ \text{C}$.

В декабре 2013 г. в муравейнике были установлены регистраторы ТР-1 на глубинах 5 и 10 см в восьми точках по направлениям сторон света для наблюдения за сезонным ходом температуры. Интервал наблюдений составлял 120 минут. Наряду с измерением температуры в

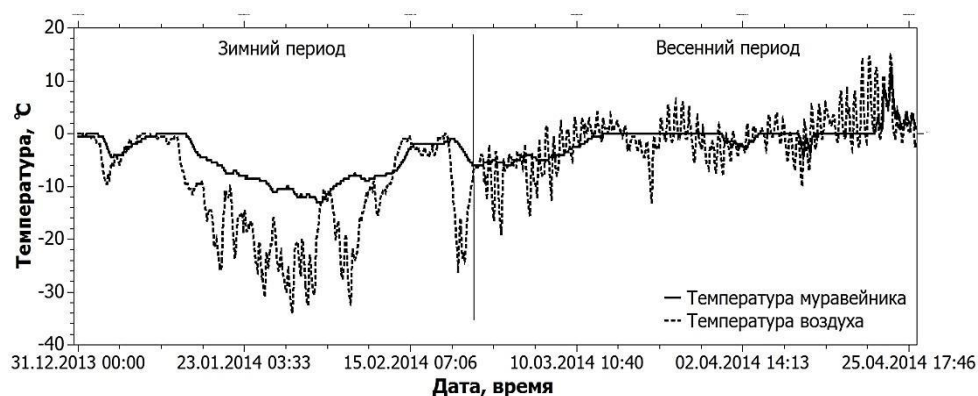


Рис 3. Сезонный ход температуры в муравейнике и температуры воздуха.

муравейнике, проводились измерения температуры воздуха до 27 апреля 2014 г. Полученные в восьми точках значения температуры усреднялись. Сезонный ход осредненной температуры в муравейнике и температуры воздуха в окрестности муравейника представлен на рисунке 3. В зимний период температуры воздуха и указанных точек в муравейнике были ниже нуля градусов. Для муравейника это объясняется местоположением выбранных точек измерений — достаточно близко к его поверхности, в области промерзания муравейника. Видно, что температура в муравейнике в течение всей зимы была выше, чем температура окружающего воздуха, но с середины февраля температуры муравейника и почвы сближаются, и температура воздуха колеблется, становясь то выше, то ниже температуры муравейника. С середины марта до конца апреля температура в муравейнике держится почти на постоянном уровне. Приведенные кривые $T(t)$ демонстрируют динамику процесса разогрева гнезда в весенний период. В конце апреля происходит резкое увеличение температуры внутри муравейника. Это явление называют весенним разогревом гнезда. Основной причиной такого разогрева гнезд рыжих лесных муравьев считают тепло, выделяемое самими муравьями (Длусский, 1975).

Математическая модель

Для прогнозирования динамики суточного температурного режима муравейника была использована простейшая математическая модель. Температурное поле в муравейнике и прилегающей почве определяется с помощью нестационарного уравнения кондуктивной теплопроводности с внутренним источником (Карслоу, Егер, 1964). Почвенный массив и муравейник рассматриваются как единая сплошная среда, тепловые свойства которой описываются эффективными коэффициентами теплопроводности λ и объемной теплоёмкости c . В общем случае зависимости $\lambda(\vec{r}, t)$ и $c(\vec{r}, t)$ от пространственных координат $\vec{r} = (x, y, z)$ и времени t определяются пространственным и времен-

ным ходом физических свойств почвы и, прежде всего, влажностью W ($0 \leq W \leq 1$) и плотностью ρ . Для многих видов почв известны эмпирические зависимости $\lambda(W, \rho)$ и $c(W, \rho)$. Величина коэффициента теплопроводности почвы находится между значениями коэффициентов теплопроводности почвенных частиц, почвенной влаги и газовой фазы в порах, поэтому с увеличением пористости она убывает. Это означает, что теплопроводность купола ниже, чем лесной подстилки. Тем не менее, в настоящей работе в первом приближении величины $\lambda(z, t)$ и $c(z, t)$ приняты постоянными.

В предположении об осесимметричном распределении температуры в муравейнике, запишем уравнение нестационарной теплопроводности в цилиндрической системе координате (R, Z) :

$$\frac{c\rho}{\lambda} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} R \frac{\partial T}{\partial R} + \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2} + f(R, Z, t), \quad (1)$$

где $T = T(R, Z, t)$ – превышение температуры над температурой почвы T_b на некоторой глубине H_b , f – источник тепла внутри муравейника. Выделим в плоскости симметрии расчётную область (рис. 4). Верхняя граница расчётной области $Z=H(R)$ совпадает с поверхностью муравейника и почвы, за нижнюю границу принята горизонтальная линия на постоянной глубине $Z=-H_b$. Поверхность муравейника аппроксимируем гауссовой кривой: $H(R) = H_a e^{-R^2/R_a^2}$, где H_a – высота муравейника, σ – дисперсия, R_a – ширина муравейника. Величина дисперсии подбирается так, чтобы $H(R_a) = 0.01H_a$. На границах расчётной области примем условия: $0 < R < R_a, Z = H(R) : T = T_a, t - T_b$; $R > R_a, Z = 0 : T = T_l, t - T_b$; $R = 3R_a, 0 > Z > -H_b : \partial T / \partial R = 0$; $0 < R < 3R_a, Z = -H_b : T = T_b$.

В качестве зависимостей температур T_a, t и T_l, t поверхности муравейника и почвы в граничных условиях приняты экспериментальные функции, аппроксимирующие зависимости измеренных температур от времени, приведённые на рис. 2 (2014 г.). Поставленная краевая

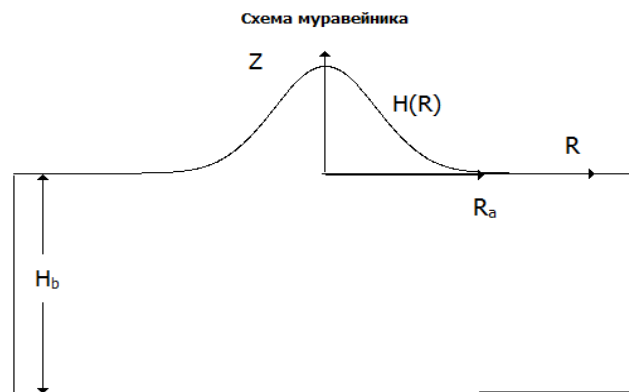


Рис. 4. Расчётная область.

задача для уравнения (1) в безразмерном виде в отсутствии внутренних источников тепла ($f = 0$) решалась в пакете ANSYS/FLUENT с помощью функции UDS (www.ansys.com). На рисунке 5 представлено распределение превышения осевой температуры над температурой почвы T_b в различные моменты безразмерного времени t ($t = tc\rho R_a/\lambda$). Видно, что по мере нагрева поверхности муравейника формируется тепловая волна, распространяющаяся вглубь. В начальные моменты времени ($t = 0.1, 0.2, 0.3$) наблюдается рост температуры с глубиной до момента ($t = 0.6$), когда температура поверхности начинает заметно уменьшаться. При $t = 1$, температура внутри муравейника оказывается немного выше температуры поверхности. Подобная динамика тепловой волны характерна для суточной динамики нагрева и остывания муравейника и почвы.

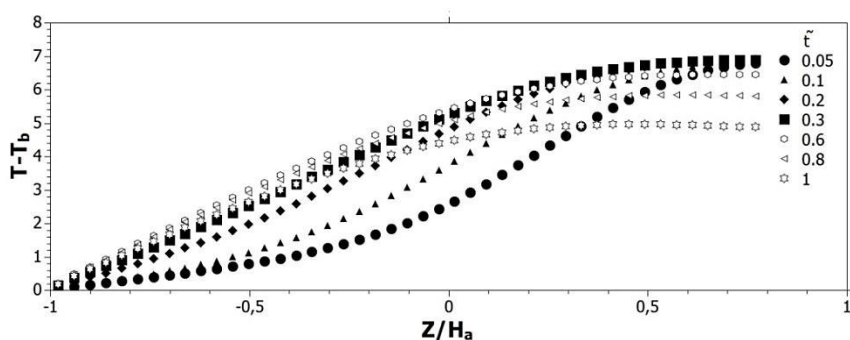


Рис. 5. Распределение температуры по глубине муравейника.

Результаты проведенных измерений суточного и сезонного температурного режима муравейника дают представление о динамике температур поверхности муравейника. Простейшая математическая модель теплопроводности муравейника и результаты расчетных исследований показывают, что внутри муравейника наблюдается характерная для горизонтальной слоистой почвы динамика распространения тепловой волны связанной с суточным циклом нагрева-охлаждения, с коллимацией тепловых линий тока, подобно распространению тепла в горизонтальную слоистую почву (Kasimova, Obnosov, 2013).

В дальнейшем планируется усложнить развитую модель для учета неоднородности коэффициентов теплопроводности λ и теплоемкости c муравейника и почвы, а также тепловых источников, связанных с активностью муравьев.

Литература

- Длусский Г. М. Муравьи рода Формика. М.: Наука, 1967. 236 с.
 Длусский Г. М. Весенний разогрев гнёзд у рыжих лесных муравьев (*Formica rufa* L., Hymenoptera, Formicidae) // Науч. докл. Высш. школы. Биол. науки. 1975. № 12. С. 23–28.
 Длусский Г. М., Букин А. П. Знакомьтесь: Муравьи! – М.: Агропромиздат, 1986. 223 с.

ГОРНЫЙ В. И., КИПЯТКОВ В. Е., ДУБОВИКОВ Д. А., КРИЦУК С. Г., ПЕТРОВ С. Д., ТРОНИН А. А. Применение инфракрасной тепловой съемки для изучения теплового баланса в гнездах муравьев *Formica aquilonia* Yarrow (Hymenoptera: Formicidae) // Кавказ. энтомолог. бюллетень. 2015. № 11(1). С. 99–110.

КАРСЛОУ Г., ЕГЕР Д. Теплопроводность твёрдых тел М.: Наука, 1964. 488 с.

KADOCHOVÁ Š., FROUZ J. Red wood ants *Formica polycetena* switch off active thermoregulation of the nest in autumn // Insectes sociaux. 2014. Vol. 61. Suppl. 3. P. 297–306.

KADOCHOVÁ, Š., FROUZ, J. Thermoregulation strategies in ants in comparison to other social insects, with a focus on red wood ants (*Formica rufa* group). 2013. F1000Research, 2.

KASIMOVA R., OBNOSOV Y. Topology of heat conduction in a solid slab subject to a nonuniform boundary condition: the Carslaw-Jaeger solution revisited // Australian and New Zealand J. Applied Math. 2013. Vol. 53. P. 307–319.

KASIMOVA R. G., TISHIN D., OBNOSOV Y. V., DLUSSKY G. M., BAKSHT F. B., KACIMOV A. R. Ant mound as an optimal shape in constructal design: Solar irradiation and circadian brood/fungi-warming sorties // J. of Theoret. Biology. 2014. Vol. 355. 1–12.

POHL G., NACHTIGALL W. Natural functions and processes as prototypes for buildings // Biomimetics for Architecture & Design. Springer, 2015. P. 53–130.

ROSENGREN R., FORTELIUS W., LINDSTRÖM K. AND LUTHER A. JANUARY. Phenology and causation of nest heating and thermoregulation in red wood ants of the *Formica rufa* group studied in coniferous forest habitats in southern Finland // Annales Zoologici Fennici. 1987. Vol. 24. P. 147–155.

SORVARI J., ELO R. A., HÄRKÖNEN S. K. Forest-built nest mounds of red wood ant *Formica aquilonia* are no good in clear fells // Applied Soil Ecology. 2016. Vol. 101. P. 101–106.

Морфологическое описание двух видов ужеобразных *Coronella austriaca* и *Natrix natrix* (Ophidia, Colubridae) Волжско-Камского заповедника

И. В. Петрова,¹ А. В. Павлов,² Л. А. Идрисова³

PETROVA I. V., PAVLOV A. V., IDRISOVA L. A. MORPHOLOGICAL DESCRIPTION
OF *CORONELLA AUSTRIACA* И *NATRIX NATRIX* (OPHIDIA, COLUBRIDAE)
IN VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

The article is devoted to the characteristic of the external morphology of grass and smooth snakes in Volzhshko-Kamsky Reserve. Values of general pholidosis features are presented for each species. One third of the smooth snake population of the Saralinskiy site is melanistic individuals that have a black or black-brown coloration. The reasons of it are discussed. Presumably, the distinct displaying of the melanism is determined genetically, and the phenomenon follows the Gloger's rule. Data on the color of the head and back side are presented for grass snake. Based on the configuration, shape and color of occipital patches, the ratio of *Natrix n. natrix* and *N. n. scutata* is considered.

Обыкновенная медянка *Coronella austriaca* Laurenti, 1768 и обыкновенный уж *Natrix natrix* Linnaeus, 1758 – представители ужеобразных с достаточно обширными ареалами в Западной и Центральной Евразии. Это единственные (наряду с обыкновенной гадюкой) широко распространенные виды змей в умеренном климатическом поясе России. Если уж является повсеместно обычным видом, то численность медянки всюду невысока, и её встречи всё чаще становятся событием.

В Волжско-Камском заповеднике оба вида змей являются обычными. Заповедник расположен в зоне интерградации «западной» и «восточной» форм обыкновенного ужа (*N. n. natrix* и *N. n. scutata*) и вблизи северо-восточной границы ареала медянки. На сравнительно небольшой территории заповедника (Раифский участок – 5921 га, Саралинский – 4170 га) представлены разнообразные растительные ассоциации – от подтаежных и широколиственно-лесных до остепенённых и открытых околородных. Территории заповедных участков, в условиях значительной для Волжско-Камском крае антропогенной нагрузки, являются рефугиумами для большинства видов герпетофауны, популяции которых здесь можно расценивать как географические изоляты. Все эти особенности накладывают определённый отпечаток на фауну, в том числе и на вынесенные в заглавие статьи виды.

¹ Проектный институт «Союзхимпромпроект» ФГБОУ высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; E-mail: avortepiv@gmail.com;

² ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: zilantelan@mail.ru;

³ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: liya.idrisova@yandex.ru

Различные аспекты биологии и экологии офидиофауны края затрагиваются в ряде работ (Гаранин, 1968; 1980; 1983; Аль-Завахра, 1992; Хайрутдинов, 2003; Цветков 2008; Павлов, Петрова, 2013 и др.). Особенности морфологии рептилий отражены частично лишь в некоторых из них (Аль-Завахра, 1992; 1997; Павлов, Петрова, 2013). Данная публикация направлена на восполнение этого пробела.

Материалы и методы

Материал собран в период с 2003 по 2016 гг. в пределах Раифского и Саралинского участков Волжско-Камского заповедника и на сопредельных территориях. Морфологическое описание змей сделано на основе фотофиксации пойманных экземпляров: каждая особь фотографировалась с брюшной и спинной сторон; отдельно фиксировалось нижняя, верхняя и обе латеральных проекции головы, а также окружность середины тела, с нанесенными красителем контрольными точками.

Перечень признаков включил: длину тела (*L.*); длину хвоста (*L.cd*); количество брюшных (*Ventr.*) и подхвостовых (*Scd*) щитков; количество верхнегубных (*Lab.*) и нижнегубных (*Sub.lab*) щитков; количество чешуй вокруг середины тела (*Sq.*).

Результаты и их обсуждение

ОБЫКНОВЕННАЯ МЕДЯНКА

Область распространения охватывает континентальные территории от северных областей Португалии и Испании, через всю Европу до 64° с.ш., на восток – до севера Малой Азии и Ирана. В Британии известна только на крайнем юге. В России граница ареала в высоких широтах проходит примерно по линии Тула – Йошкар-Ола – Ижевск; на юго-востоке заходит в Челябинскую область (Spellerberg, Phelps, 1977; Бакиев и др., 2004; Santos et al., 2008; Uetz et al., 2016).

В настоящее время вид объединяет три формы, из которых признаваемыми являются подвиды *Coronella austriaca austriaca* Laurenti, 1768 и *C. a. acutirostris* Malkmus, 1995; «итальянская» форма – *C. a. fitzingeri* Bonaparte, 1840 считается невалидной (Malkmus, 1995; Santos et al., 2008; Uetz et al., 2016). На территории бывшего СССР, в т.ч. в пределах Волжско-Камского края, обитает номинативный подвид – *C. a. austriaca* (Банников и др., 1977; Бакиев и др., 2004).

В целом для популяции вида на территории края характерны следующие признаки: *L.* – 630 мм; *L./L.cd.* – 3,8–4,4 самцы и 3,9–8,7 самки; *Sq.* – 19–20, обычно 19; *Ventr.* – 153–184 самцы и 165–199 самки; *Scd.* – 49–70 (самцы) и 28–71 (самки) пар; *Lab.* – 6–9, обычно 7–8 (Бакиев и др., 2004).

Волжск-Камский заповедник населяют змеи со следующими характеристиками: *L.* – 169–663 мм, обычно 504–584 мм (*n*=71);

L./L.cd. – ♂♂ 3,6–5,5 (n=33), ♀♀ 1,7–6,3 (n=37); *Sq.* – 18–20, обычно 19; *Ventr.* – 151–195, обычно 170–184 щитка (n=73); *S.cd.* – 41–64, обычно 48–55 пар щитков (n=76); *Lab.* всегда 7.

На протяжении всего ареала, в том числе и в центральной части Волжско-Камского края, встречаются различные цветовые морфы *C. a. austriaca* (Аль-Завахра, 1992; Najbar, 2006) – желтовато-бурая, серая, серо-бурая или серо-зелёная (реже красновато-бурая, медно-красная) и даже особи с абсолютно чёрной окраской верха тела. Опубликованы единичные описания чёрной медянки, относящиеся к территориям за пределами Волжско-Камского края, из них две находки сделаны на территории Англии (Boulenger, 1913; Pernetta, Reading, 2009) и одна в Испании (Hopkins, 1976). В Волжско-Камском крае известны единичные встречи медянок-меланистов (Хабибуллин, 2001; Бакиев и др., 2004). А. Р. Pernetta и С. J. Reading (2009) дают описание абсолютно чёрной медянки (верх тела и брюшная часть) с территории Великобритании.

Мы выделяем несколько градаций цвета спины медянки (в основу положена схема Х. Аль-Завахры (1992) с некоторыми изменениями); их соотношение для популяции Саралинского участка заповедника (n=65) показано на рисунке 1. Отметим, что чёрная пигментация характерна, главным образом, для дорзальной и латеральных поверхности, а на брюшной стороне, так или иначе, присутствуют светлые элементы рисунка; в особенности это касается окраски горла и нижней челюсти. У меланистов чёрные и тёмно-бурые цвета на вентральной поверхности тела замещают светло окрашенные элементы (рис. 2), характерные для особей с «традиционной» окраской (рис. 3).

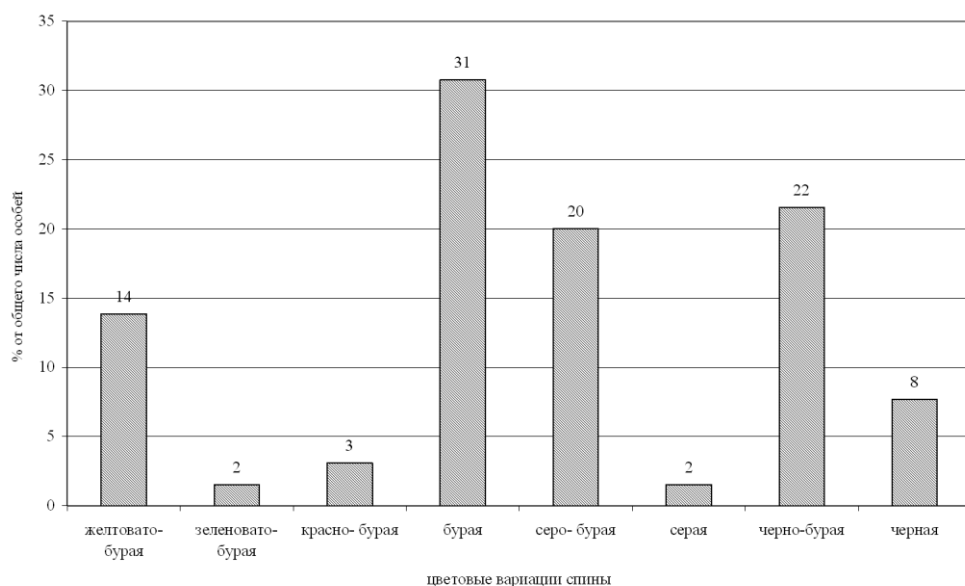


Рис. 1. Распределение цветовых форм спинной поверхности обыкновенной медянки.



Рис. 2. Меланистические формы обыкновенной медянки:
сверху вниз – чёрно-бурая, чёрная, серо-бурая;
слева – дорзальная, справа – вентральная сторона особи (Сарала).



Рис. 3. Светлые формы обыкновенной медянки:
сверху вниз – желтовато-бурая, оливковая, серая;
слева – дорзальная, справа – вентральная сторона особи (Сарала).

Явление меланизма *sensu lato* связано с проявлением тёмной пигментации (Majerus, 1998). Опираясь на это, особей чёрной и чёрно-бурой окраски саралинской популяции следует рассматривать как меланистов. Противопоставляя наши данные известному факту отсутствия массового проявления чёрной и тёмной окраски внешних покровов у медянки по ареалу в целом, можно утверждать, что одна треть змей саралинской популяции являются меланистами. Ситуацию с такой высокой долей медянок-меланистов следует рассматривать как качественно отличную от единичных проявлений меланизма в других частях ареала. Безусловно, это – уникальное явление, которому нет аналогов в известных популяциях вида.

Окраска животных – признак вариабельный, для которого, как и для всех признаков полигенной природы, характерно значительное варьирование под воздействием условий среды. Для мелких грызунов характерно изменение оттенка окраски вслед за изменением температуры и влажности (Емельянова, 2007). Для рептилий основной фон окраски тела определяется меланофорными реакциями и в широких пределах подвержен изменениям в зависимости от условий среды и физиологического состояния особей (Щербак, Голубев, 1986; Majerus, 1998).

Традиционные объяснения проявлений меланизма у рептилий в полной мере не являются удовлетворительными для популяции медянки из Саралинского участка заповедника. Не вдаваясь в подробности, приведём основные тезисы этих гипотез: 1. Термальный меланизм; 2. Генетически обусловленный «выщепляющийся предковый» меланизм; 3. Меланизм, обусловленный геохимическим фоном. В нашем случае наиболее подходящей является 1-ая гипотеза. Однако, чёрная окраска как термоадаптационная особенность животных, дающая различные преференции эктотермам, не вполне согласуется с географическим местонахождением популяции (внутри ареала вида) и климатом в месте слияния Волги и Камы. Мы допускаем, что в месте расположения ныне Саралинского участка и его ближайшего окружения – в поймах Волги и Камы ещё до их затопления Куйбышевского водохранилища – сформировались специфические условия, обусловленные повышенной влажностью и более выровненными температурами окружающей среды. Их сочетание позволяет говорить о применимости правила Глогера.

Константин Глогер в 1833 г. предложил первое экогеографическое правило о более частом проявлении чёрной окраски у птиц в тёплом и влажном климате. Позже оно было распространено и на млекопитающих. На наш взгляд, это правило справедливо и для отдельных видов рептилий. С этих позиций заметными становятся различия двух симпатрически распространенных видов – живородящей (*Zootoca vivipara*) и прыткой (*Lacerta agilis*) ящериц. Окраска этих двух видов (при всем её разнообразии) видоспецифична. Экология ящериц

так же показывает заметные различия в избрании местообитаний. Прыткая ящерица чаще заселяет сухие луговые, лесо-луговые, степные и остепненные биотопы. Живородящая ящерица встречается совместно с прыткой в луговых и опушечных биотопах и, единично, – в более сухих угодьях. Излюбленными местообитаниями «живородки» в умеренных и южных частях ареала являются увлажненные луга, берега водоёмов и т. п. В связи с последним, обращает на себя внимание более тёмная (чаще коричневая и тёмно-коричневая) окраска тела этой ящерицы, в некоторых популяциях с повышенной долей чёрно окрашенных особей. Для «сухололюбивой» прыткой ящерицы характерна серая или серо-зелёная пигментация, а особи меланисты известны по единичным находкам (Епланова, личн. сообщение; Пестов, личн. сообщение).

С другой стороны, высокая доля тёмноокрашенных особей в одной популяции может быть обусловлена естественно-историческими предпосылками, предположения о которых были высказаны еще И. С. Башкировым (1935), а также наследственными особенностями в условиях достаточно высокой численности популяции. Косвенным свидетельством в пользу наследственной обусловленности соотношения цветовых форм медянки Саралинского участка заповедника служат два обстоятельства: во-первых, доленое соотношение выделяемых цветовых морф; во-вторых, дискретный характер элементов рисунка в группах со смешанной (переходной) окраской. Независимо от природы этого явления, столь высокая частота проявлений меланизма определяется факторами, лежащими в основе правила Глогера – повышенная влажность и выровненный температурный режим. Таким образом, различия в экологии и цветовых формах этих видов могут рассматриваться как частный случай проявления указанного правила с вкладом наследственной детерминанты.

ОБЫКНОВЕННЫЙ УЖ

На территории обширного ареала вида выделяют до 15 подвидов (Банников и др., 1977; Щербак, Щербань, 1980; Kabisch, 1999; Guicking et al, 2006). В Волжско-Камском крае традиционно принимается наличие двух симпатричных подвидов: *Natrix natrix natrix* Linnaeus, 1758 и *N. n. scutata* Pallas, 1771 (Банников и др., 1977; Аль-Завахра, 1992; Бакиев и др., 2004). Статус последнего из них до сих пор остается неясным. Подвид выделяется по морфологическим признакам (Аль-Завахра, 1992; Морозенко, 2002; 2003; Павлов, Петрова, 2005; Чугуевская, 2006). Не вдаваясь в полемику о таксономическом статусе выделяемых внутривидовых подразделений обыкновенного ужа, мы остановимся на характеристиках основных морфологических признаков, цветовых вариаций спины и затылочных пятен, конфигурации затылочных пятен у змей с территории заповедника.

Для ряда общепринятых внешних морфологических признаков ужей в пределах Волжско-Камского края характерны следующие значения: *L.* – 1140 мм; *L./L.cd.* – 3,2–4,6 у самцов и 3,6–6,7 у самок; *Sq.* – 16–20, обычно 19; *Ventr.* – 150–214; *A.* – 1–5, обычно 1/1; *Scd.* – 48–82 пар; *Lab.* – 6–9, обычно 7 (Бакиев и др., 2004). В Волжско-Камском заповеднике: *L. max* – 1009 мм, обычно 451–641 мм ($n=552$); *L./L.cd.* – ♂♂ 2,6–6,3 ($n=278$), ♀♀ 3,1–12,1 ($n=209$); *Sq.* – 16–20, обычно 19; *Ventr.* – 142–187, обычно 170–175 ($n=553$); *Scd.* – 30–79 пар, обычно 58–69 ($n=513$); *Lab.* – 6–8, обычно 7.

Х. Аль-Завахра (1992) выделяет следующие варианты окраски спины: чёрная, почти чёрная, тёмно-оливковая, тёмно-серая, серая и оливковая. Окраска спины – важный признак для подвидовой дифференциации, способен изменяться с возрастом змей, а также частично зависящий от её физиологического статуса. В нашей выборке распределение цветовых вариантов ($n=213$) у половозрелых особей «перевешивает» в сторону тёмной окраски (рис. 4): сумма долей чёрных, тёмно-оливковых и тёмно-серых особей составляет 68,6 %.

Принимая за основу следующую градацию цветов затылочных пятен – ярко-оранжевое, жёлто-оранжевое, жёлтое, розовое, беловатое и пятно отсутствует (рис. 5), – можно видеть, что в нашей выборке ($n=305$) доминируют варианты отчетливо оранжевых оттенков: сумма особей с ярко-оранжевыми и жёлто-оранжевыми пятнами составляет 73,4 % (рис. 6).

По конфигурации и форме пятен ($n=186$) преобладают особи с разделёнными пятнами (55,9 %); на особи с почти разделёнными пятнами приходится 29 %, с полулунными – 3,8 %, со слабовывржен-

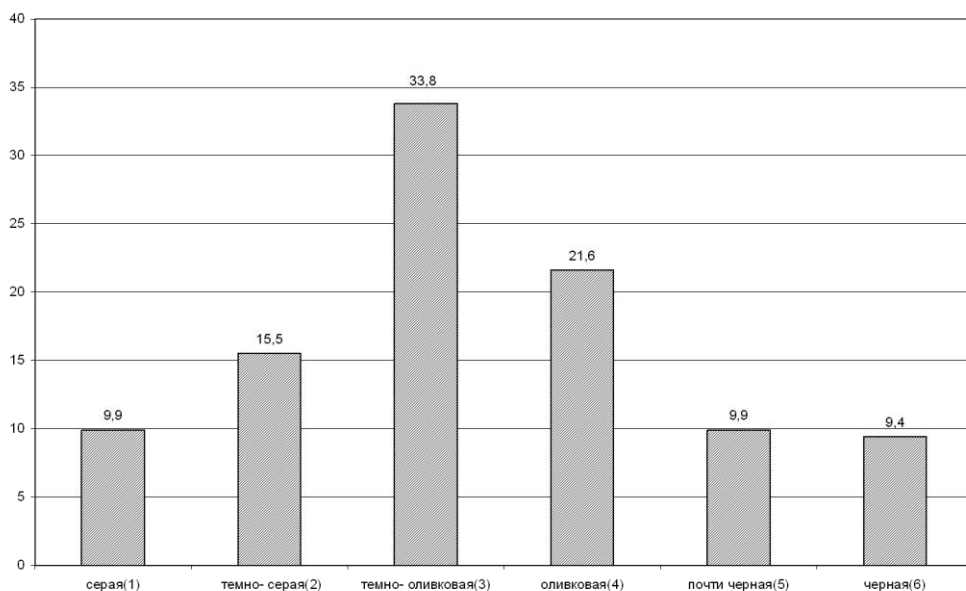


Рис. 4. Распределение цветовых форм спинной поверхности обыкновенного ужа.



Рис. 5. Варианты затылочных пятен обыкновенного ужа:
 а – разделённые, белые (Сарала); б – слитные полосовидные, жёлтые (Сарала);
 в – разделённые узкие, оранжевые (Раифа); г – разделённые дорзо-латераль-
 ные, оранжевые (Сарала); д – почти соединенные дорзо-латеральные, жёлто-
 оранжевые (Раифа); е – разделенные дорзо-латеральные, жёлтые (Раифа);
 ё – усеченные дорзо-латеральные, жёлтые (Сарала); ж – слабо выраженные
 (Сарала); з – без пятен (Сарала).

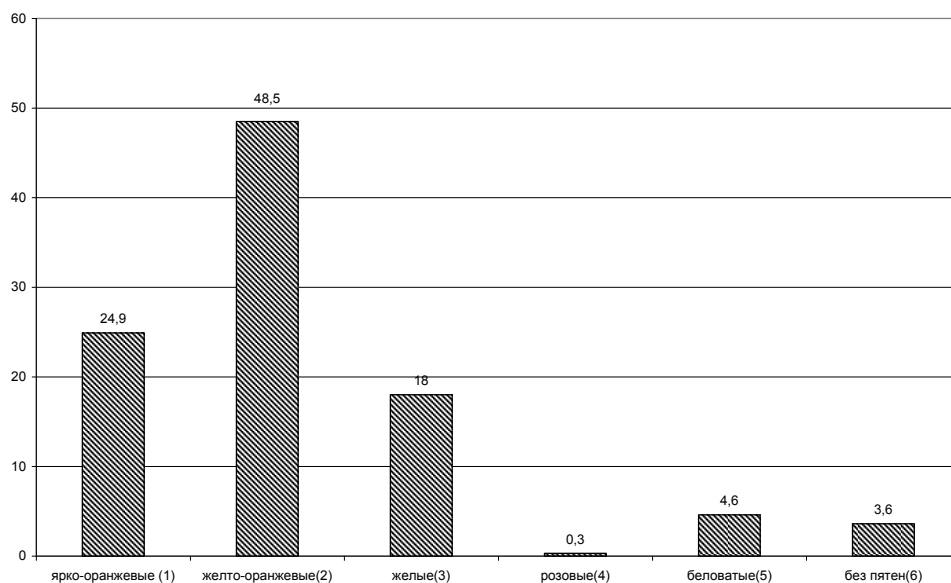


Рис. 6. Распределение основных типов окраски затылочных пятен обыкновенного ужа.

ными – 5,9 %, на особи без пятен – 0,5 %, с соединенными пятнами – 4,8 %.

На территории Саралинского участка заповедника выделяемые варианты окраски спины ужей распределены достаточно равномерно, с некоторым преобладанием доли особей оливковых оттенков, в окраске затылочных пятен доминируют оранжево-жёлтые тона и чаще всего встречаются особи с разделенными пятнами (табл. 1). Для популяции Раифского участка заповедника характерна более тёмная окраска особей, при этом долевые соотношения в окраске и форме затылочных пятен приближается к таковым Саралинского участка.

Как было установлено ранее (Бакиев и др., 2004), общая окраска дорзальной стороны тела обыкновенного ужа в Волжско-Камском крае является недостаточно надежным признаком для диагностики номинативной и восточной форм. В большей мере для этой цели служит комбинационное соотношение цвета, конфигурации и расположения затылочных пятен. По предварительному предположению хорошим индикатором формы *scutata* является наличие в популяции полностью тёмных (без затылочных пятен) змей. Опираясь на это, можно говорить о смешанном характере признаков в популяциях ужа как в Раифском, так и в Саралинском участках заповедника. При этом доля формы *scutata* в южном участке заповедника приближается к 90 %, тогда как в Раифской части она не превышает 80 %.

Полученные нами результаты отличаются от данных, приведённых в диссертации Х. Аль-Завахра (1992), которая проводила

Таблица 1

Соотношение признаков окраски обыкновенного ужа
в Волжско-Камском заповеднике, %

Признаки	Раифа	Сарала
Окраска спины		
<i>объём выборки</i>	72	94
серая	1,4	18,1
тёмно-серая	2,8	17,0
тёмно-оливковая	41,7	26,6
оливковая	25,0	22,3
почти чёрная	16,7	3,2
черная	12,5	12,8
Окраска затылочных пятен		
<i>объём выборки</i>	91	171
ярко-оранжевые	19,8	27,5
жёлто-оранжевые	58,2	36,8
жёлтые	16,5	23,4
розовые	1,1	0,0
беловатые	4,4	5,8
без пятен	0,0	6,4
Конфигурация затылочных пятен		
<i>объём выборки</i>	70	75
разделённые	52,9	65,3
почти соединённые	32,9	18,7
полулунные	7,1	0,0
слабо выраженные	4,3	9,3
без пятен	0,0	1,3
соединённые	2,9	5,3

исследования обыкновенного ужа в 1989–1992 гг. В диссертации (стр. 57) для Лаишевского района Республики Татарстан показано равное соотношение особей обеих форм (рис. 7). Заметим, что выборка ужей, собранных Х. Аль-Завахра в Лаишевском районе, относится к территории Саралинского участка заповедника и его окрестностей. В Раифский участок заповедника (Зеленодольский район РТ), согласно этому автору, доля формы *natrix* несколько превышает 50 % (поскольку конкретные цифры в тексте не указаны, мы визуально определили долю по представленной в диссертации диаграмме как 55–57 %) (рис. 7).

Таким образом, наши данные свидетельствуют о явном увеличении доли ужей восточной формы, как в северном, так и южном участках заповедника. Другим объяснением столь заметной разницы может служить некоторый субъективизм при оценке окраски животных. Вместе с тем, тенденция большей удельной доли *scutata* в Саралинском участке заповедника по сравнению с Раифским сохраняется на протяжении 20 лет.

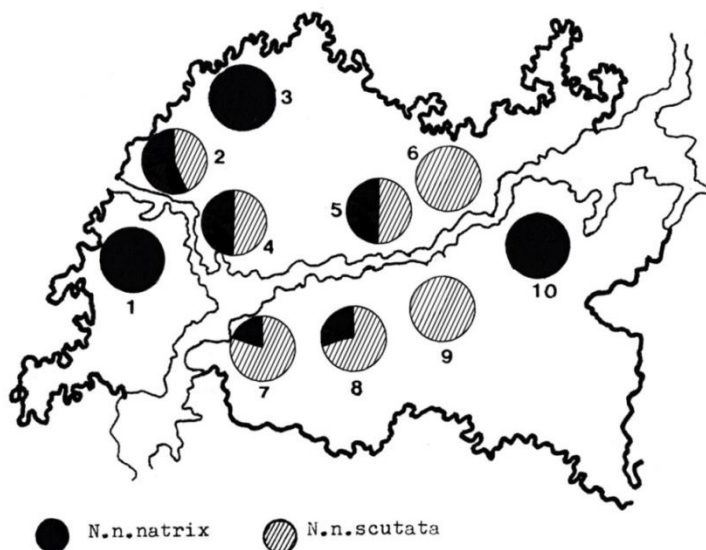


Рис. 7. Соотношение двух форм обыкновенного ужа в некоторых районах Республики Татарстан (по: Х. Аль-Завахра, 1992): 1 – Верхнеуслонский; 2 – [Зеленодольский] в оригинале – ошибочно Высокогорский; 3 – [Высокогорский] в оригинале – ошибочно Зеленодольский; 4 – Лаишевский; 5 – Мамадышский; 6 – Елабужский; 7 – Спасский; 8 – Алексеевский; 9 – Нижнекамский; 10. – Мензелинский.

Литература

- АЛЬ-ЗАВАХРА Х. Змеи Татарстана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 1992. 130 с.
- АЛЬ-ЗАВАХРА Х. К систематике ужа обыкновенного // Чтения памяти Виктора Алексеевича Попова. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1997. С. 20–24.
- АНАНЬЕВА Н. Б., ОРЛОВ Н. Л., ХАЛИКОВ Р. Г., ДАРЕВСКИЙ И. С., РЯБОВ С. А., БАРАБАНОВ А. В. Атлас пресмыкающихся Северной Евразии (таксономическое разнообразие, географическое распространение и природоохранный статус). СПб., 2004. 232 с.
- БАКИЕВ А. Г., ГАРАНИН В. И., ЛИТВИНОВ Н. А., ПАВЛОВ А. В., РАТНИКОВ В. Ю. Змеи Волжско-Камского края. Самара: Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2004. 192 с.
- БАННИКОВ А. Г., ДАРЕВСКИЙ И. С., РУСТАМОВ А. К. Земноводные и пресмыкающиеся СССР. М.: Изд-во «Мысль», 1971. 303 с.
- БАШКИРОВ И. Реликтовые элементы в фауне Жигулей // Бюл. Моск. общ-ва испыт. природы. Отд. биол. 1935. Т. 44. Вып. 5. С. 240–245.
- ГАРАНИН В. И. К герпетологическим исследованиям в Волжско-Камском государственном заповеднике // Мат. итог. науч. сессии, посвящ. работам, выполн. в зап-ке. Казань, 1968. С. 65–66.
- ГАРАНИН В. И. К вопросу о месте амфибий и рептилий в лесных экосистемах // Волжско-Камский государственный заповедник: Тез. докл. итог. науч. сессии, посвящ. 20-летию зап-ка. Казань, 1980. С. 73–76.
- ГАРАНИН В. И. Земноводные и пресмыкающиеся Волжско-Камского края. М.: Наука, 1983. 176 с.
- ЕМЕЛЬЯНОВА А. А. О некоторых аспектах физиолого-биохимических процессов, обуславливающих изменчивость признаков окраски меха европейской рыжей полевки // Вестник Тверск. ун-та. Сер.: Биол. и экология. 2007. Вып. 5. С. 93–100.
- МОРОЗЕНКО Н. В., ЗАВЬЯЛОВ Е. В., ШЛЯХТИН Г. В., ЕЛИСЕЕВ Д. В., ТАБАЧИШИНА И. Е. Степень межпопуляционных различий обыкновенного ужа (*Natrix natrix*) в

Нижнем Поволжье на основе многомерного анализа признаков фolidоза // Поволжск. эколог. журн. 2002. № 3. С. 288–292.

МОРОЗЕНКО Н. В. Эколого–морфологическая структура и фенетический анализ популяций обыкновенного ужа (*Serpentes, Colubridae, Natrix natrix*) Нижнего Поволжья: Автореф. дис... канд. биол. наук. Саратов, 2003. 19 с.

ПАВЛОВ А.В., ПЕТРОВА И. В. О двух видах ужеобразных (*Colubridae*) Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного заповедника // Актуальные проблемы герпетологии и токсинологии. Тольятти, 2005. Вып. 8. С. 135–143.

ПАВЛОВ А. В., ПЕТРОВА И. В. Об уникальной популяции медянки обыкновенной (*Coronella austriaca*) Волжско-Камского заповедника // Роль и задачи особо охраняемых природных территорий в современной России: Сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 2013. С. 122–127.

ХАБИБУЛЛИН В. Ф. Фауна пресмыкающихся Республики Башкортостан. Уфа: Изд-во Башкирск. ун-та, 2001. 128 с.

ХАЙРУТДИНОВ И. З. Некоторые новые данные по герпетофауне Раифского участка Волжско-Камского государственного природного заповедника // Современная герпетология. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2003. Т. 2. С. 158–159.

ЦВЕТКОВ С. А. Влияние антропогенных факторов на сообщество наземных позвоночных животных Саралинского участка Волжско-Камского заповедника // Уч. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2008. Т. 150. Кн. 4. С. 241–251.

ЩЕРБАК Н. Н., ГОЛУБЕВ М. Л. Гекконы фауны СССР и сопредельных стран. Киев: Наук. думка, 1986. 231 с.

ЩЕРБАК Н. Н., ЩЕРБАНЬ М. И. Земноводные и пресмыкающиеся Украинских Карпат. Киев: Наук. думка, 1980. 268 с.

ЧУГУЕВСКАЯ Н. М. Ужи (*Serpentes, Colubridae, Natrix*) Волжского бассейна: экология и охрана: Автореф. дис... канд. биол. наук. Тольятти, 2005. 19 с.

BOULENGER G. A. The snakes of Europe. London: Methusen and Co. Ltd., 1913. 270 p.

GUICKING D., LAWSON R., JOGER U. and WINK M. Evolution and phylogeny of the genus *Natrix* (*Serpentes: Colubridae*) // Biol. J. of the Linnean Society. 2006. Vol. 87. P. 127–143.

HOPKINS P. W. A melanistic Spanish smooth snake (*Coronella a. austriaca*) // Doñana Acta Vertebr. 1976. Suppl. 3. P. 93–96.

KABISCH K. *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) – Ringelnatter // Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 3/IIA: Schlangen II. Wiebelsheim: Aula-Verlag, 1999. P. 513–580.

MAJERUS M. E. N. Melanism: Evolution in Action. Oxford University press, 1998. 338 p.

MALKMUS R. *Coronella austriaca acutirostris* subsp. nov. aus dem Nordwesten der Iberischen Halbinsel (*Reptilia: Serpentes: Colubridae*) // Zool. Abh. (Dresden). 1995. Vol. 48. Suppl. 3. P. 265–278.

NAJBAR B. The occurrence and the characteristics of *Coronella austriaca austriaca* (Laurenti, 1768) (*Serpentes: Colubridae*) in western Poland // Acta zoological cracoviensia. 2006. Vol. 49A (1–2). P.33–40.

PERNETTA A. P., READING C. J. Observation of two melanistic smooth snakes (*Coronella austriaca*) from Dorset, United Kingdom // Acta Herpetologica. 2009. Vol. 4. Suppl. 1. P. 109–112.

SANTOS X. ROCA J., PLEGUEZUELOS M., DONIARE D. Carranza Biogeography and evolution of the Smooth snake *Coronella austriaca* (*Serpentes: Colubridae*) in the Iberian Peninsula: evidence for Messinian refuges and Pleistocenic range expansions // Amphibia–Reptilia. 2008. Vol. 29. P. 35–47.

SPELLERBERG J. F., PHELPS T. E. Biology, general ecology and behaviour of the snake, *Coronella austriaca* Laurenti // Biol. J. of the Linnean Society. 1977. Vol. 9. Is. 2. P. 133–164.

UETZ, P., FREED, P. AND JIRÍ HOŠEK (eds.). The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, accessed at October 25, 2016.

Девииции в фолидозе змей на территории Волжско-Камского заповедника

Л. А. Идрисова, А. А. Фурман¹

IDRISOVA L. A., FURMAN A. A. DEVIATIONS IN PHOLIDOSIS OF SNAKES FROM
VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

The article considers deviations of pholidosis in two species of snakes – the grass snake and the adder: segmentation, not full segmentation, fusion, reduction and displacement of scales. 23 types of deviations were observed in grass snake and 14 types were noted in adder. Deviations are more frequent in adder. Some quantitative indices differ among samples of grass snake.

Количество, размер, форма и расположение определенных щитков – фолидоз – у представителей одного вида рептилий обычно сходны. Иногда происходят такие изменения чешуйчатого покрова, которые для рептилий обычно нехарактерны: щиток может разделиться на две и более частей, или остаться не полностью разделенным; рядом со щитками нормального размера может появиться дополнительный мелкий щиток; разные щитки могут полностью сливаться друг с другом. Такие изменения фолидоза называют девиациями (иногда – отклонениями, вариациями щиткования).

Единой системы классификации девиаций фолидоза у рептилий до настоящего времени не существует, имеются лишь отдельные сведения по некоторым видам (Жуков, 1992; Gautschi et al., 2002; Чирикова, 2005; Коржов и др., 2006; Галицын, 2014 и др.). Очевидна потребность в составлении профилей девиаций для конкретных видов и популяций, изучении распределения их частот в пределах ареалов.

Девиации фолидоза удобно использовать при визуальном мечении. Рептилии, имеющие такие особенности, обычно легко узнаются при повторной поимке. Девиации иногда рассматривают как локальное разнообразие форм, характерное для отдельных популяций и регионов (Галицын, 2014).

Материалы и методика

Материал для исследования собран в 2011–2015 гг. на территории Раифского (далее – Раифа) и Саралинского (далее – Сарала) участков Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Исследовано два вида: обыкновенная гадюка (*Pelias berus* Linnaeus, 1758) и обыкновенный уж (*Natrix natrix* Linnaeus, 1758). Всего отловлено 226 экземпляров змей – 10 особей гадюки и 216 особей

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет;
E-mail: liya.idrisova@yandex.ru, ant.furman@yandex.ru

ужа. Одна самка гадюки оказалась беременной, её содержали в лаборатории до рождения потомства (7 особей). После обработки змеи были выпущены в местах отлова. Беременную самку содержали в террариуме, оборудованном укрытием с влажным субстратом и поилкой. Обогрев осуществлялся термощнуром.

У обыкновенного ужа девиации отмечали по следующим признакам: *internasalia* – межносовые щитки; *prefrontalia* – предлобные щитки; *frontal* – лобный щиток; *parietalia* – теменные щитки; *supraocular* – надглазничные щитки; *labrum* – верхнегубные щитки; *sublabrum* – нижнегубные щитки; *loreal* – скуловые щитки; *nasalia* – носовые щитки; *preocularia* – предглазничные щитки; *postocularia* – заглазничные щитки; *temporal_I* – височные щитки в первом ряду; *temporal_{II}* – височные щитки во втором ряду; *squamae caudalis* – подхвостовые щитки; *ventralis* – брюшные щитки.

У обыкновенной гадюки девиации отмечали по следующим признакам: *apical* – апикальные щитки; *prefrontalia* – предлобные щитки; *frontal* – лобный щиток; *parietalia* – теменные щитки; *supraocular* – надглазничные щитки; *intraocularia* – лобнонадглазничные щитки; *intermaxillaris* – межчелюстной щиток; *nasorostral* – носочелюстные щитки; *nasalia* – носовые щитки; *postocularia* – заглазничные щитки; *squamae caudalis* – подхвостовые щитки; *ventralis* – брюшные щитки.

Для количественной характеристики девиаций использовали следующие показатели: встречаемость особей с девиациями; общий спектр девиаций – число разных вариантов девиаций у всех особей в выборке; индивидуальный спектр девиаций – число разных вариантов девиаций у одной особи.

Для проверки наличия различий в частотах встречаемости девиаций использовали критерий χ^2 .

Результаты и их обсуждение

В фолидозе обыкновенного ужа отмечено 23 различных типа девиаций. Наблюдается сегментация межносового (1,9 % особей) (рис. 1, а), предглазничного (0,9 %) (рис. 1, j), верхнегубного (1,4 %) (рис. 1, h), нижнегубного (0,5 %) (рис. 1, i), подхвостовых (1,9 %) (рис. 1, v) щитков. Также отмечена сегментация брюшных щитков: на 2 части (3,7 %) (рис. 1, г), на 3 части (1,9 %) (рис. 1, s), сегмент слева или справа (11,6 %) (рис. 1, р) и посередине (0,5 %) (рис. 1, q). Иногда щитки не полностью сегментированы, на них имеются борозды: лобном (1,9 %) (рис. 1, b), теменном (0,5 %) (рис. 1, c), верхнегубном (0,5 %) (рис. 1, k), брюшных (3,2 %) (рис. 1, u). Соседние щитки могут сливаться в один. Отмечено слияние скулового щитка с предглазничным (6,9 %) (рис. 1, l), скулового с носовым (6,9 %) (рис. 1, m), скулового с предлобным (0,5 %) (рис. 1, o), височных щитков из второго ряда со следующими за ними мелкими чешуйками (0,5 %) (рис. 1, d), височного из первого ряда с теменным (0,5 %) (рис. 1, e), теменного со следующими за ним чешуй-

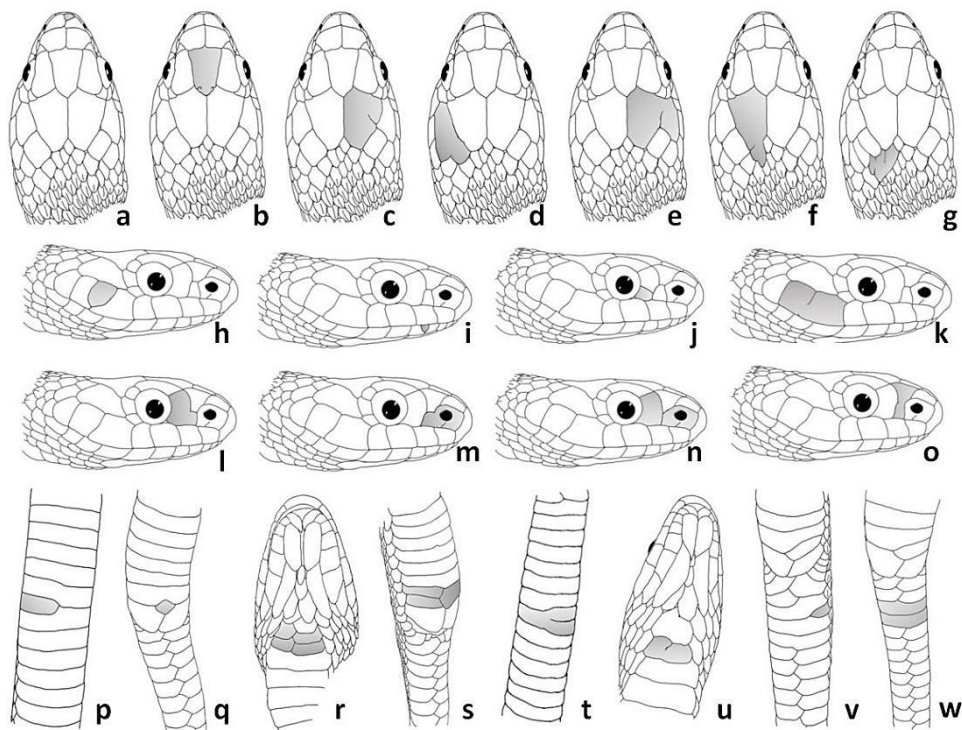


Рис. 1. Девиации фолидоза обыкновенного ужа.

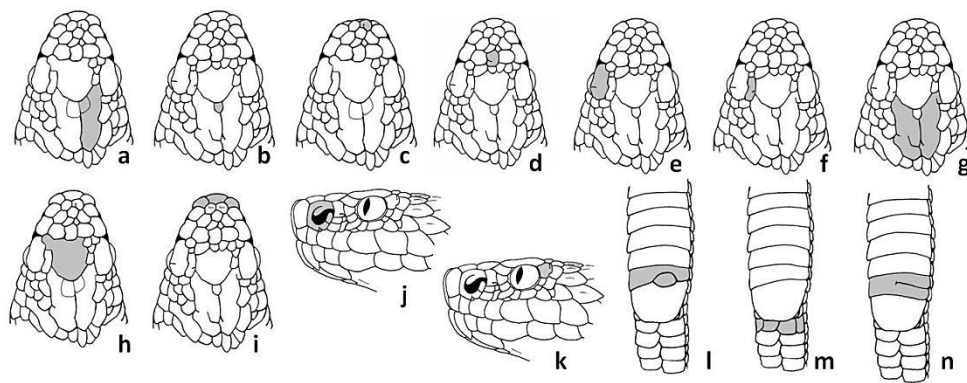


Рис 2. Девиации фолидоза обыкновенной гадюки.

ками (0,5 %) (рис. 1, f), слияние мелких чешуй за теменными щитками (6 %) (рис. 1, g), слияние брюшных щитков (0,5 %) (рис. 1, t), подхвостовых щитков (4,2 %) (рис. 1, w). В некоторых случаях наблюдается редукция (исчезновение) скулового щитка (6,9 %) (рис. 1, n), при этом предглазничный и носовой щитки увеличены в размерах.

У обыкновенной гадюки отмечено 14 видов девиаций фолидоза. Наблюдается сегментация теменных (17,6 % особей) (рис. 2, a), брюшных (11,8 %) (рис. 2, l), подхвостовых (5,9 %) (рис. 2, m) щитков, также

отмечен дополнительный мелкий сегмент, лежащий не в области теменного щитка, а на границе между двумя щитками (5,9 %) (рис. 2, b). Встречается неполная сегментация носового (94,1 %) (рис. 2, j), апикального (5,9 %) (рис. 2, c), предлобного (5,9 %) (рис. 2, d), надглазничного (11,8 %) (рис. 2, e), лобнонадглазничного (11,8 %) (рис. 2, f), теменного (64,7 %) (рис. 2, g), заглазничного (11,8 %) (рис. 2, k), брюшного (5,9 %) (рис. 2, n) щитков. В отдельных случаях лобный щиток сливается с лобнонадглазничным (5,9 %) (рис. 2, h). У некоторых особей межчелюстной и носочелюстные щитки сдвинуты вверх и вклиниваются между апикальными (47 %) (рис. 2, i).

Следует отметить, что сегментация носового щитка встречается практически у всех особей обыкновенной гадюки. Здесь возникает вопрос, что считать нормой – цельный или сегментированный щиток? Однако малый объем выборки не позволяет пока делать каких-либо выводов.

Интересно, что сдвиг межчелюстного и носочелюстных щитков отмечен лишь у одной самки и её потомства. Все семь детенышей (5 живых и 2 мертворожденных) имели данное отклонение.

Отклонения в щитковании встречаются у 45,4 % особей обыкновенного ужа. Частота встречаемости особей с девиациями несколько выше в раифской выборке (табл. 1), но статистически эти различия не подтверждаются ($\chi^2=1,1$; $p=0,289$). Среди гадюк девиации обнаружены у всех особей.

Индивидуальный спектр девиаций в объединенной выборке ужей в среднем составил 0,65. У гадюки среднее значение индивидуального спектра выше – 3,2; максимальное число разных типов девиаций, одновременно встречающихся у одной особи, – 7 (у ужа – 4). Различия в количественных показателях девиаций ужа и гадюки могут быть обусловлены строением пилеуса. Пилеус гадюки включает большое количество мелких щитков, у ужа щитки крупные и их меньше. Чем больше щитков, тем больше разнообразие девиаций.

Значения индивидуальных спектров девиаций в раифской и саралинской выборках обыкновенного ужа сходны (табл. 1). Значения обще-

Таблица 1

Количественные характеристики встречаемости девиаций фолидоза

Показатели	Обыкновенная гадюка		Обыкновенный уж			
			Раифа		Сарала	
	п	%	п	%	п	%
Встречаемость особей с девиациями	17	100	25	52	73	43,5
Общий спектр девиаций	14		12		20	
Индивидуальный спектр девиаций	3,2		0,7		0,6	
$M / \min-max$	1–7		0–4		0–4	

Прим. Объемы выборок: обыкновенная гадюка – $n=17$; обыкновенный уж: Раифа – $n=48$, Сарала – $n=168$.

го спектра девиаций больше в саралинской выборке. Возможно это специфика популяции, однако точно утверждать это нельзя – раифская выборка меньше, в ней могут быть представлены не все типы девиаций.

Трудно сказать, может ли наличие девиаций фолидоза как-то повлиять на жизнедеятельность рептилии. Известно, что у змей девиации брюшных щитков часто наблюдаются совместно с другими отклонениями, такими как аномалии скелета (Osgood, 1978; Löwenborg et al., 2011). Отдельные исследователи отмечают, что особи, имеющие сегментированные брюшные щитки, обладают худшими двигательными способностями (Löwenborg et al., 2011) и репродуктивными возможностями (Shine et al., 2005). Тем не менее, вопрос адаптивной значимости девиаций фолидоза пока остается открытым.

Заключение

У исследованных видов рептилий можно выделить следующие группы девиаций: сегментация, неполная сегментация, слияние, редукция и сдвиг щитков. У обыкновенного ужа наиболее часто встречающимися являются девиации брюшных щитков, скуловых щитков и чешуй в задневисочной области, у обыкновенной гадюки – девиации носовых, теменных, межчелюстного и носочелюстных щитков.

Обнаружены некоторые интересные факты: различие в спектрах девиаций выборок обыкновенного ужа, высокая частота встречаемости девиаций носового щитка у гадюки, сходство девиаций фолидоза самки и её потомства. Эти феномены пока трудно объяснить, очевидна потребность в дальнейших исследованиях.

Литература

Галицын Д. И. Девиации в фолидозе уральских популяций прыткой ящерицы (*Lacerta agilis*, Linnaeus, 1758) // Аномалии и патологии амфибий и рептилий: методология, эволюционное значение, возможность оценки здоровья среды: Мат. международ. шк.-конф., Екатеринбург, 23–23 сент. 2013 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. С. 52–58.

ЖУКОВ В. П. Изменчивость щиткования у узорчатого полоза (*Elaphe dione*) на Самарской Луке // Бюлл. Самарская Лука. 1992. № 3. С. 191–193.

КОРЖОВ М. В., КЛИМОВ А. С., ХИЦОВА Л. Н., НОВОСЕЛОВ Е. В. Особенности рисунка кожных покровов и щиткования дорзальной поверхности головы веретеницы ломкой (*Anguis fragilis*) юго-западной части Усманского бора (Воронежская обл.) // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии: Сб. науч. тр. Вып. № 9. Тольятти: РАН, Самар. науч. центр, Ин-т экологии Волжск. бассейна, 2006. С. 81–87.

ЧИРИКОВА М. А. Изменчивость фолидоза головы, преанальной области и конечностей у трех видов рода *Eremias* (Reptilia, Lacertidae) в Казахстане и прилегающих регионах // Матеріали Першо конференції Українського Герпетологічного Товариства. Киев: Зоомузей ННПМ НАН України, 2005. С. 186–189.

GAUTSCHI B., WIDMER A., JOSHI J., KOELLA J. C. Increased frequency of scale anomalies and loss of genetic variation in serially bottlenecked populations of the dice snake, *Natrix tessellate* // Conserv. Genetics. 2002. Vol. 3. P. 235–245

LÖWENBORG K., SHINE R., HAGMAN M. Fitness disadvantages to disrupted embryogenesis impose selection against suboptimal nest-site choice by female grass snakes, *Natrix natrix* (Colubridae) // J. of Evolut. Biology. 2011. Vol. 24. P. 177–183.

OSGOOD D. W. Effects of temperature on the development of meristic characters in *Natrix fasciata* // Copeia. 1978. № 1. P. 33–47.

SHINE R., LANGKILD T., WALL M., MASON R. T. The fitness correlates of scalation asymmetry in garter snakes *Thamnophis sirtalis parietalis* // Funct. Ecology. 2005. Vol. 19. P. 306–314.

Предварительные итоги применения видеокамеры для изучения биологии гнездования орлана-белохвоста – *Haliaeetus albicilla* (L.)

***А. С. Аюпов,¹ Р. Х. Бекмансуров,² Е. В. Прохоров,¹
А. С. Сарваров,¹ М. С. Носов¹***

AYPOV A. S., BEKMANSUROV R. H., PROHOROV E. V., SARVAROV A. S., NOSOV M. S.

PRELIMINARY RESULTS OF VIDEO-CAMERA USING FOR WHITE-TAIL EAGLE –
HALIAEETUS ALBICILLA (L.) BIOLOGY INVESTIGATION

On the basis of the video camera record from the white-tail eagle nest in the Sarala part of Volzhsko-Kamsky Reserve, the main periods of bird activity are described.

Годовой жизненный цикл птиц включает несколько взаимосвязанных периодов, среди которых значительное место занимает гнездование. Изучение биологии размножения орлана-белохвоста представляет большую сложность, что, в первую очередь, связано с крайней осторожностью этих птиц. Нередки случаи оставления кладок на начальной стадии насиживания вследствие беспокойства птиц. Кроме того, расположение гнезд, как правило, на высоких деревьях (до 20–30 м) осложняет проведение скрытного наблюдения даже с использованием хороших оптических приборов. Вместе с тем, взаимоотношения взрослых птиц и птенцов, а также птенцов между собой находятся в ряду причин, определяющих динамику численности хищных птиц.

Материалы и методика

Наблюдения за гнездовой жизнью орлана-белохвоста в Волжско-Камском заповеднике были предприняты в 2014 г. на территории Саралинского участка. Для этого в октябре 2013 г. в непосредственной близости от ежегодно занимаемого птицами гнезда в кв. 54 была установлена видеокамера НТВ 2017 (3,6) модификации IP-2,4 МРiх, которая с помощью электрического кабеля передавала изображение на записывающее устройство с указанием даты и времени суток. Провести видеонаблюдения в 2014 г. не удалось – насиживающая яйца птица перекусила электрический кабель. При устранении неполадки 6 марта орланы оставили гнездо, в котором было уже 2 яйца. Отметим, что после этого птицы держались в районе гнезда до начала августа.

В 2015 г. пара орланов встречалась в кв. 54; птицы садились на гнездо, но к размножению не приступили.

В 2016 г. видеокамера была включена 9 февраля. Видеонаблюдения за птицами велись от начала подготовки ими гнезда до вылета

¹ ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: vkz@mail.ru

² ФГБУ «Национальный парк «Нижняя Кама»; rinur@yandex.ru

птенцов на протяжении 5,5 месяцев, однако получить за это время непрерывный видеоряд по техническим причинам не удалось. Это не позволяет определить бюджет времени по отдельным элементам поведения птиц за весь гнездовой период. Тем не менее, полученный материал даёт возможность описать основные этапы гнездовой жизни орланов.

Результаты и их обсуждение

Подготовка гнезда к откладке яиц. 9 февраля гнездо находилось под снежной шапкой. К этому времени в его центральную часть (лоток) орланы уже натаскали сухие стебли злаков и тонкие сосновые ветки. 17 февраля снег в лотке был птицами взрыхлён; по периметру гнезда следов птиц не наблюдалось (рис. 1). Активность орланов началась с рассвета и прекращалась с заходом солнца. На первых этапах подготовки гнезда птицы появлялись у гнезда изредка. В его обустройстве в равной степени принимали участие оба партнера (рис. 2). Принесённые в гнездо стебли злаков и тонкие ветки орланы сначала утапывали в снег, затем вытаскивали их на поверхность клювом, постоянно передвигаясь по лотку и разрыхляя снежно-растительную массу. Большую часть проведённого на гнезде времени птицы вели себя пассивно, как бы охраняя гнездо и демонстрируя другим орланам его занятость. В этот период происходило спаривание птиц. По мере повышения температуры воздуха продолжительность пребывания птиц на гнезде возрастала: птицы обновляли гнездо; самка чаще присаживалась в лоток, прогревая его, периодически поднимаясь и переворачивая гнездовую подстилку. Обустройство гнезда продолжалось и во время насиживания яиц; обновление гнездовой подстилки не прекращалось и с появлением птенцов.

Насиживание, выклев птенцов. Зафиксировать откладку первого яйца не удалось. Первый птенец вылупился в ночь с 1 на 2 апреля. Принимая во внимание, что насиживание у *H. albicilla* длится 37–40 дней (Рябицев, 2001), первое яйцо должно было быть отложено в последней декаде февраля. Полная кладка состояла из трёх яиц.

С 26 марта до появления первого птенца (2 апреля) яйца в основном насиживала самка (79,2 % всего времени) (рис. 3). Самец подменял её только в утренние часы. В наиболее тёплое время дня птицы на 1–3 минуты покидали гнездо (рис. 4). Насиживающая птица плотно сидела на яйцах, но регулярно 1–3 раза в час поднималась, ворошила подстилку и переворачивала яйца. Во время ночного снегопада птица не двигалась и её полностью покрывал снег (рис. 5). Утром, когда снег начинал таять, она сидя отряхивалась и стала подниматься только после того, когда снег вокруг неё растаял полностью.

Второй птенец вылупился утром 3 апреля, третий – в середине дня 6 апреля. В первые сутки птенцы были пассивны, и родители их только обогревали, а кормление начали на вторые сутки. Самка сначала

ла отрывала и давала птенцам кусочки головы принесённой самцом рыбы, затем внутренние органы и только потом кормила птенцов мягкими тканями. При этом большие куски она поедала сама.

Когда второму птенцу исполнилось два дня, и он стал держать туловище и шею вертикально, начались его «ссоры» с первым птенцом. Инициатором конфликтов всегда был старший птенец. Это происходило как до, так и в процессе кормления (рис. 6).

По данным В. Б. Мастерова и М. С. Романова (2014), у белоплечего орлана (*H. pelagicus*) в первые 3–4 недели развития птенцов старший птенец доминирует в конфликтных ситуациях, что может привести к травмированию и даже смерти слабого собрата; когда в гнезде находятся три птенца, то до вылета доживают два или один. В 2013–2016 гг. в Саралинском участке Волжско-Камского заповедника и на прилегающих территориях, из 10–12 ежегодно осматриваемых в ходе кольцевания слётков орлана-белохвоста гнёзд, только в одном было зафиксировано три хорошо развитых птенца. По нашим наблюдениям размер выводка у *H. albicilla* преимущественно определяется запасами кормов и их доступностью.

Корм для птенцов – главным образом рыбу – приносил самец, тогда как кормила птенцов самка. В первую очередь она давала пищу более активному – старшему птенцу. В это время второй птенец просил корм и получал свою долю только после того, как первый птенец насыщался. Остатки рыбы самка поедала сама, нередко оставляя хвостовую часть. Часто в гнезде накапливалось до 3–4 недоеденных рыб, которые позже поедались самкой, изредка самцом.

Третий птенец был очень слабый, он ни разу не поднял голову во время кормёжки старших птенцов. Когда старшие птенцы активно тянулись за кормом, третий птенец оставался лежать позади их. 9 апреля он перестал подавать признаки жизни и на следующий день был втоптан в подстилку активными птенцами.

Первые 10 дней родители не оставляли птенцов без присмотра. Обогревала и кормила птенцов в основном самка (81,4 % всего времени) (рис. 7). На время, когда взрослые птицы в гнезде отсутствовали, приходится 0,2 %. После появления птенцов самец сменял самку один раз в день в утренние часы.

Рост и развитие птенцов. В первые сутки жизни птенцы были пассивны и родители их не кормили. На вторые сутки они начинали поднимать головы и принимать корм. На третьи сутки птенцы уже сидели, хотя и неуверенно, поднимали головы с раскрытым клювом и просили корм. На четвёртые сутки птенцы стали держаться значительно увереннее и активнее выпрашивали корм, взмахивая крыльями. Когда самка отщипывала для них от рыбы кусочки (затрачивая на это по 10–20 секунд), голодные птенцы клевали друг друга. Такие конфликты угасли через неделю. На 10 день птенцы пытались ползать на цевках по лотку гнезда. С 12 дня они ползали периодически, в перерывах от-

дышали или спали, всегда рядом друг с другом. При этом поверхность лотка становилась всё более плоской, а сам лоток несколько увеличился в размере. С 20 дня, при появлении взрослых птиц с добычей, птенцы быстро ползали к ним, помогая себе крыльями (рис. 8). Попытки птенцов встать на лапы отмечены на 29 день развития, а с 40–41 дня они достаточно уверенно начинали ходить по гнезду и часто махали крыльями. На 50–51 день птенцы в отсутствии родителей пытались поедать скопившиеся в гнезде остатки пищи.

С 1 июня (60–61 день развития птенцов) родители приносили корм и оставляли его в гнезде, и птенцы питались самостоятельно. Принесённую родителями рыбу один из птенцов хватал лапой или клювом и оттаскивал на край гнезда. Стоя на полусогнутых ногах, он на некоторое время застывал в позе угрозы, полу распутив крылья и наклонив голову с раскрытым клювом. Другой птенец совершал броски к добыче или тянулся к ней, но видя угрозу первого птенца, оставлял эти попытки, внимательно наблюдая, как тот поедает рыбу. По мере насыщения первого птенца, второй вновь пытался отнять добычу и, обычно, забирал её. Если взрослая птица, принеся корм, сразу не улетала, то птенцы часто делали угрожающие выпады в её сторону, иногда хватая клювом её оперение. Несмотря на то, что птенцы начали питаться самостоятельно, они продолжали выпрашивать корм у родителей. Если тот или иной птенец не реагировал на принесённый родителями корм, то взрослые птицы поедали добычу сами (рис. 9).

Обычно родители приносили в гнездо корм в ранние утренние часы, иногда до рассвета. Если они задерживались до 9–10 часов, как исключение до 11–12 часов, птенцы вели себя очень беспокойно. Взмахивая крыльями, они перемещались с одного края гнезда на другой, подняв головы, постоянно озирались. При этом птенцы часто ворошили подстилку лотка, а также искали пищу среди крупных веток по краю гнезда. Иногда они находили остатки пищи и пытались их проглотить. Однако потеревив свою находку, как правило, выбрасывали её. При этом оба птенца следили друг за другом; при обнаружении одним птенцом чего-то съедобного, второй устремлялся к нему, не проявляя при этом агрессии. Зачастую, когда птенцы были голодны, они начинали теревить отдельные ветки гнезда: один из них приподнимал ветку и начинал отщипывать от неё небольшие кусочки, второй птенец стоял рядом, иногда забирал эти кусочки из клюва первого и бросал.

После активного периода ожидания родителей с добычей, птенцы ложились в лоток, дремали, периодически поднимали головы и озирались; часто перемещаясь по лотку. В жаркую погоду они перемещались в затенённую часть гнезда. Иногда значительное время птенцы стояли на краю гнезда, дремали или чистили перья (в среднем по 3–5 минут).

На 79–80 день птенцы начали ненадолго покидать гнездо. Вначале, взмахивая крыльями, они перескакивали на расположенные рядом с

гнездом ветки, иногда исчезая из зоны обзора видеокамеры. В последующие дни время пребывания птенцов за пределами гнезда увеличивалось. На 89–90 день развития птенцы иногда стали ночевать на близлежащих деревьях. В это время родители продолжали приносить рыбу в гнездо (рис. 11). Как только один из них прилетал с добычей, слётки устремлялись в гнездо (рис. 12). Если они это делали не сразу, то взрослая птица начинала поедать добычу сама, а при появлении птенцов оставляла добычу и улетаала. На 102–103 день молодые птицы окончательно покинули гнездо, но родители продолжали кормить их.

Питание. Применение видеокамеры позволило установить видовой состав приносимой орланами добычи. Данные по питанию *H. albicilla* в период гнездования представлены в таблице 1.

Основу питания птенцов составляет рыба – 96,7 %. Среди принесенной в гнездо добычи преобладали лещ и серебряный карась. Следует отметить, что в год наблюдений лещ в значительной степени был заражён ремнецом (*Ligula intestinalis*). У серебряного карася на мелководьях Куйбышевского водохранилища с июля отмечалась повышенная гибель, что, вероятно, было вызвано высокой температурой воды и цветением сине-зелёных водорослей. Таким образом, орланы добывали легкодоступную пищу.

Из млекопитающих орланами добыты одна ондатра и одна домашняя кошка. В обоих случаях речь идёт о падали. Кошка была почти мумифицирована, без головы и внутренностей. Её останки несколько дней лежали в гнезде; птенцы лишь изредка теребили эти останки, но не ели. Через несколько дней их съела самка. При этом она несколько раз предлагала одному из птенцов кости и кусочки шкуры, один из которых тот проглотил.

В начале гнездования орланов Куйбышевское водохранилище ещё не освободилось ото льда, но самец приносил рыбу в достаточном количестве. В последние годы орланы сопровождают промысловые бригады рыбаков, которые подкармливают птиц. Орланы находятся рядом с рыбаками во время подъёма сетей, а также подлетают к рыбакам, когда те возвращаются с уловом на берег. К весне уровень водохранилища обычно падает и лёд оседает. При этом на мелководных участках во льду образуются трещины, к которым устремляется испытывающая кислородное голодание рыба. Эти трещины являются местом охоты орланов. Позднее птицы летают охотиться на впадающую в водохранилище р. Мёша, которая освобождается ото льда раньше водохранилища.

Самец приносил рыбу сидящей на гнезде самке ещё до восхода солнца. Впоследствии оба родителя также до восхода солнца или в ранние утренние часы приносили корм подросшим птенцам. За время наблюдений самые поздние прилёты родителей с кормом отмечены 2 июня в 12 час. 10 мин. и 14 июня в 11 час. 7 мин. Число прилетов взрослых с кормом в день от 2 до 6 (в среднем 3,2 прилётов).

Таблица 1

Рацион питания птенцов орлана-белохвоста
(выборка из периода с 1 апреля по 13 июля – общий видеоряд 28 дней)

Объект питания	n	%	Прим.
Ондатра <i>Ondatra zibethica</i>	1	1,1	Задняя часть с хвостом
Домашняя кошка <i>Felis catus</i>	1	1,1	Мумифицированная, без головы и внутренностей
Шилохвость <i>Anas acuta</i>	1	1,1	Только голова
Щука <i>Esox lucius</i>	1	1,1	
Судак <i>Stizostedion lucioperca</i>	8	8,9	
Берш <i>Stizostedion volgense</i>	5	5,6	
Окунь <i>Perca fluviatilis</i>	3	3,3	
Карась <i>Carassius auratus</i>	16	17,8	70 % – погибшая рыба
Плотва <i>Rutilus rutilus</i>	5	5,6	
Лещ <i>Abramis brama</i>	41	45,6	100 % – рыба заражённая <i>Ligula</i>
Синец <i>Abramis ballerus</i>	2	2,2	
Густера <i>Blicca bjoerkna</i>	1	1,1	
Чехонь <i>Pelecus cultratus</i>	1	1,1	
Сазан <i>Cyprinus carpio</i>	1	1,1	
Карповые <i>Cyprinidae</i> sp.	3	3,3	

В период, когда птенцов кормили оба родителя, число прилётов самки в гнездо составило 59,1 %. При этом она приносила свежую, порой ещё живую рыбу. Самец же приносил в гнездо погибшую рыбу, часто без головы и внутренностей. Лишь два раза он прилетал со свежим окунем и лещом.

Следует отметить, что все добытые птицами лещи были поражены ремнецом. При их поедании родители вытаскивали из полости рыбы паразитов и кусочками давали птенцам. Подростки птенцы при самостоятельном питании ремнецов оставляли в гнезде. Однако во время периодов голодания они находили этих подсохших паразитов и неохотно съедали.

У пойманных крупных экземпляров леща родители всегда сами съедали голову.

Таблица 2

Размеры и вес принесённой орланами в гнездо рыбы
(выборка из периода с 1 апреля по 13 июля – общий видеоряд 28 дней)

Объект питания	Длина, см	Вес, г	Прим.
Щука <i>Esox lucius</i>	48	640	
Судак <i>Stizostedion lucioperca</i>	<u>20–45</u> 30,6	<u>95–1113</u> 447	Крупные экз. были без головы и внутренностей
Берш <i>Stizostedion volgense</i>	<u>22–38</u> 27,5	<u>144–849</u> 344	
Окунь <i>Perca fluviatilis</i>	<u>19–22</u> 20	<u>120–190</u> 143	
Карась <i>Carassius auratus</i>	<u>18–28</u> 22,8	<u>285–500</u> 427	
Плотва <i>Rutilus rutilus</i>	21	215	
Лещ <i>Abramis brama</i>	<u>19–41</u> 28,6	<u>144–1492</u> 565	
Синец <i>Abramis ballerus</i>	<u>23–35</u> 28,6	<u>220–637</u> 394	
Густера <i>Blicca bjoerkna</i>	23	330	
Чехонь <i>Pelecus cultratus</i>	28	158	
Сазан <i>Cyprinus carpio</i>	42	1500	

Прим. В знаменателе среднее значение.

Использование видеокамеры позволило определить размеры и вес приносимой птенцам рыбы (табл. 2). За период наблюдений масса приносимого корма в сутки изменялась от 0,49 до 3,52 кг (в среднем 1,72 кг). При этом 35,3 % пришлось на мёртвую рыбу, а лещи, составляющие 45,6 % рациона питания, являлись заражёнными ремнецом.

Благодарности

Авторы выражают признательность старшему научному сотруднику ГосНИИОРХа М. А. Горшкову за методическую помощь в определении рыб, их размера и веса.

Литература

МАСТЕРОВ В. Б., РОМАНОВ М. С. Тихоокеанский орлан *Haliaeetus pelagicus*: экология, эволюция, охрана. М. Т-во науч. изд. КМК, 2014. 384 с.

РЯБИЦЕВ И. К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. 608 с.

Приложение



Рис. 1. Начало подготовки гнезда (17 II 2016).



Рис. 2. В обновлении гнезда участвуют оба партнера (17 II 2016).



Рис. 3. Яйца в основном насиживает самка (26 III 2016).



Рис. 4. Кладка из трёх яиц (27 III 2016).



Рис. 5. Первый птенец появился во время последнего снегопада (2 IV 2016).



Рис. 6. В начале развития птенцы часто конфликтуют (6 IV 2016).



Рис. 7. Самка прикрывает и согревает птенцов во время дождя (15 IV 2016).



Рис. 8. Птенцы активно ползают по гнезду (25 IV 2016).



Рис. 9. Насытившись, птенцы успокаиваются, тогда родители доедают корм (5 V 2016).



Рис. 10. Птенцы готовятся покинуть гнездо (3 VI 2016).



Рис. 11. Родители продолжают приносить корм в гнездо (7 VII 2016).



Рис. 12. Получив корм, слётки пытаются прогнать родителя (7 VII 2016).

УДК 502.4:598.279.23

О гнездовании орла-карлика – *Hieraetus pennatus* (Gmelin, 1788) в Волжско-Камском заповеднике

Р. Х. Бекмансуров¹

BEKMANSUROV R. H. NESTING OF *HIERAETUS PENNATUS* (GMELIN, 1788)
IN VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

On the territory of Volzhsko-Kamsky Reserve, the nesting of *Hieraetus pennatus* for the first time was found in 2009 in the south part of Sarali cluster (block 61). Here, the adult pair and young bird were recognized. In 2016 the inhabited nest was found in block 16. It was located on the old pine. The distance between the nest and Volga bank was 145 m. The nest was built on the tree branches, on the aboveground height – 22 m; the distance from the top of the tree – 7 m. The diameter of the nest – 0.8 m. On July, 26 two young birds were found in the nest and labeled. On the territory of Sarali cluster we know two points of *H. pennatus* nesting.

Орёл-карлик занесён в Красную книгу Республики Татарстан (Аськеев И., Аськеев О., 2006). До середины XX в. в Волжско-Камском крае он считался очень редким залётным видом; для территории современного Татарстана известно лишь одно упоминание об орле-карлике – для Бугульминско-Белебеевской возвышенности вид указывал М. А. Мензбир (1895; цит. по Григорьев и др., 1977).

С 1960-х гг. на востоке Европы наметилась тенденция к расширению ареала вида в северо-восточном направлении. В результате этого орёл-карлик расселился по всем регионам Среднего Поволжья (Яковлев и др., 2002; Бородин и др., 2003; Бакка, Киселёва, 2003; Корепов, 2006; Карякин, 2007; Исаков, Яковлев, 2013), в т. ч. и в Татарстане (Бекмансуров, 2015).

В конце 1990-х гг. были отмечены пары с брачным и гнездовым поведением в Верхнеуслонском, Камско-Устьинском и Лаишевском районах (Аськеев И., Аськеев О., 1999, 2006). В начале XXI в. была выявлена плотная гнездовая группировка вида (не менее 10 пар) на территории Тетюшского района в Щучьих горах (Корепов, 2006); 3 гнездовых участка были зафиксированы в Бавлинском и Бугульминском районах (Карякин, 2007) и 2 гнездовых участка – на правобережье р. Камы в Мамадышском и Елабужском районах (Николенко, Бекмансуров, 2006). За последние 10 лет дополнительно отмечено гнездование вида в Верхнеуслонском (1 пара), Лаишевском (1 пара), Пестречинском (1 пара), Рыбно-Слободском (1 пара), Тукаевском (1 пара) и Агрызском (1 пара) районах (О. В. Аськеев, личное сообщение; А. С. Аюпов, личное сообщение; наши данные). В 2015 г. жилое гнездо орла-карлика обнаружено в национальном парке «Нижняя Кама» (Бек-

¹ ФГБУ «Национальный парк «Нижняя Кама»; rinur@yandex.ru

мансуров, 2015). В 2016 г. взрослая птица с территориальным поведением отмечена в Камско-Устьинском районе на участке залесённого коренного берега р. Волги.

Таким образом, можно говорить, что к настоящему времени орёл-карлик освоил значительную часть территории республики. Его численность в Татарстане ещё в 2007 г. оценивалась в не менее 77 гнездящихся пар (Карякин, 2007), хотя М. В. Корепов (2006) только для Щучьих гор оценивал численность гнездящихся птиц в 10–20 пар.

Анализ биотопического распределения известных гнездовых участков орла-карлика показывает, что в Татарстане вид тяготеет к достаточно крупным по площади лесным массивам, расположенным вдоль рек. Вид гнездится как в широколиственных лесах, так и в борах и в производных от них смешанных лесах. Гнёзда строит на деревьях – сосна (*Pinus sylvestris*), дуб (*Quercus robur*), липа (*Tilia cordata*), тополь (*Populus nigra*), берёза (*Betula pendula*), – в развилке ствола или в основании боковых ветвей на расстоянии не более 300–500 м от опушки. Деревья с гнёздами обычно приурочены к уступам речных террас и склонам; большинство известных гнёзд ориентировано к реке. Возможно гнездование вида и в поймах рек, как это установлено в Мордовии (Спиридонов и др., 2014), Самарской области и Башкортостане. Учитывая значительную протяжённость лесов вдоль берегов Волги и Камы, можно предполагать, что современная численность вида в Татарстане гораздо выше той, которую в своё время указывал И. В. Карякин. Не исключено появление гнёзд орла-карлика в небольших островных лесах и колках.

Территория Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника в наибольшей степени отвечает стереотипу гнездования орла-карлика в прибрежных лесах. Впервые залётная птица отмечалась над Саралинским лесом в сентябре 1997 г. (Павлов, 2001). Непосредственно на территории Саралинского участка заповедника вид был отмечен 18 августа 2006 г.: одиночного орла наблюдали на береговой опушке соснового леса в кв. 39 (О. В. Аськеев и В. Г. Ивлиев, личное сообщение). В 2009 и 2010 гг. вид на территории заповедника гнезвился – в кв. 61 оба года в сентябре наблюдалась пара птиц со слётком. 20 сентября 2010 г. в этом же квартале был обнаружен полностью оперившийся мёртвый птенец, который, вероятно, выпал из гнезда. В 2011 г. орёл-карлик в заповеднике не отмечался. В первой декаде сентября 2012 г. в кв. 61 снова наблюдалась пара птиц со слётком (Аюпов, 2014). При этом само гнездо найти не удалось (рис. 1).

Жилое гнездо орла-карлика в Саралинском участке заповедника обнаружено 27 апреля 2016 г. в кв. 16, в ходе целенаправленных поисков гнёзд хищных птиц в береговой полосе Волги шириной от 100 до 350 м. Протяженность маршрута по побережью Волги составила примерно 6 км.

Обнаруженное гнездо располагалось на старой сосне в основании боковых ветвей. Гнездо было осмотрено в бинокль с земли. На поверхности гнезда имелась свежая хвоя сосны. Пара птиц на короткий миг появилась у гнезда и быстро скрылась. При этом характерных криков птицы не издавали. Одна из птиц была светлой морфы. Дерево с гнездом произрастает в средней части пологого склона на расстоянии 145 м от бровки берегового обрыва и 220 м от берега Волги.

В ходе маршрута на старых соснах обнаружены ещё 2 гнезда с аналогичным расположением и строением. Предположительно, они также могут быть постройками орла-карлика. Гнёзда определены как старые; птиц возле них не обнаружено. Расстояние от этих гнёзд до берега Волги 310 и 350 м, до жилого гнезда орлов-карликов – 1,4 и 2,1 км.

Прибрежная полоса Саралинского леса является территорией обитания других видов хищных птиц, прежде всего, орлана-белохвоста (*Haliaeetus albicilla*) и чёрного коршуна (*Milvus migrans*). В ходе нашего маршрута было обнаружено три жилых гнезда орланов-белохвостов и ещё 2 участка, где отмечены взрослые орланы. Расстояние от гнезда орлов-карликов до ближайшего обнаруженного гнезда орланов 1,1 км. Но скорее всего, поблизости находится ещё одно гнездо орланов, которое нам найти не удалось. Так, в 65 м от гнезда орлов-карликов был отмечен взрослый орлан-белохвост с территориальным поведением: птица вылетела с предполагаемого гнездового участка, чтобы увидеть «нарушителя» и скрылась из виду в том же направлении, откуда вылетела. Кроме того, в 230 м от гнезда орлов-карликов, вблизи обрыва, отмечена пара чеглоков (*Falco subbuteo*). Конфликтов между хищными видами птиц в тот день не наблюдалось.

Повторно жилое гнездо орла-карлика было осмотрено 26 июля. Взрослых птиц поблизости не отмечено. К гнезду был осуществлён подъём с помощью специального снаряжения. Оно располагалось на дереве в 22 м от земли и в 7 м от вершины. Диаметр гнезда 0,8 м, высота 0,7 м. В гнезде находились 2 полностью оперённых птенца (рис. 2). Фенология их развития совпадает с ранее осмотренными птенцами на гнезде в Мамадышском районе (Николенко, Бекмансуров, 2006). Птенцы были окольцованы. На левые лапы птицам надеты пластиковые кольца бело-зелёного цвета, что соответствует программе кольцевания птиц Российской сети изучения и охраны пернатых хищников (Бекмансуров и др., 2012). Номера колец С-29 и С-30. В гнезде также были обнаружены три погадки. Они содержали кости мелких воробьиных птиц, в т. ч. поползня (*Sitta europaea*).

Таким образом, на территории Саралинского участка заповедника в настоящее время известны два участка, где достоверно гнездится орёл-карлик (рис. 1). Береговая полоса пригодная для гнездования вида в заповеднике составляет порядка 30 км. Учитывая, что подробно было осмотрено только около 20 % этой полосы и было обнаружено два

гнезда идентичных гнезду с птенцами, численность орла-карлика в заповеднике можно предположительно оценить в 2–5 пар.

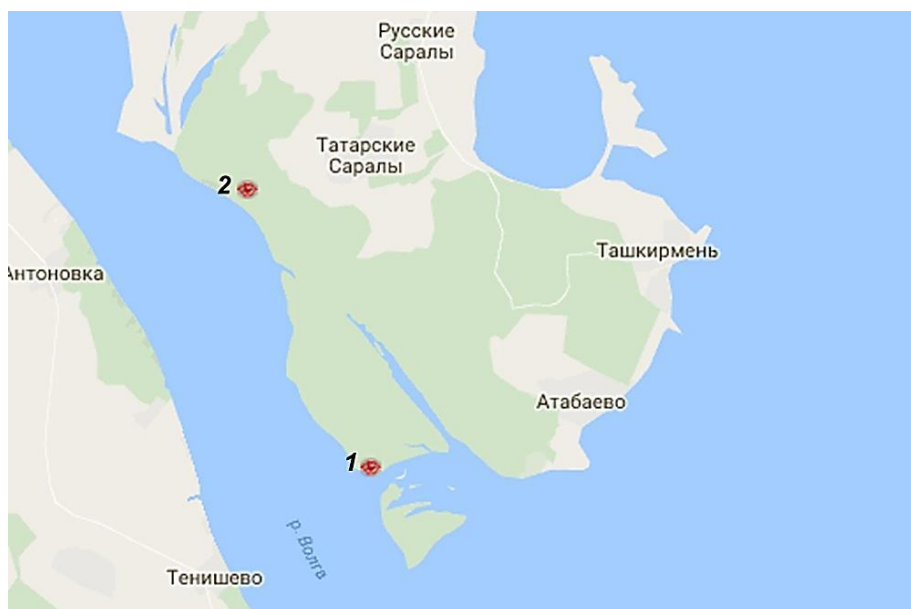


Рис.1. Гнездовые участки орла-карлика на территории заповедника, обнаруженные: 1 – в 2009 и 2 – в 2016 гг.



Рис. 2. Птенцы орла-карлика в гнезде.

Литература

- АСЬКЕЕВ И. В., АСЬКЕЕВ О. В. Орнитофауна Республики Татарстан (конспект современного состояния). Казань, 1999. 123 с.
- АСЬКЕЕВ И. В., АСЬКЕЕВ О. В. Орёл-карлик // Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы) / Изд. 2. Казань: Изд-во «Идел-Пресс», 2006. С. 78–79.
- АЮПОВ А. С. Динамика фауны и населения птиц на территории Волжско-Камского заповедника. Казань, 2014. 128 с.
- БАККА С. В., КИСЕЛЁВА Н. Ю. Орёл-карлик // Красная книга Нижегородской области. Т. 1. Животные. Нижн. Новгород, 2003. С. 93–94.
- БЕКМАНСУРОВ Р. Х., КАРЯКИН И. В., КОВАЛЕНКО А. В., КАРПОВ А. Г., ВАЖОВ С. В., ШАШКИН М. М., ЛЕВАШКИН А. П. Программа цветного мечения хищных птиц Российской сети изучения и охраны пернатых хищников (RRRCN): результаты 2012 года и перспективы // Пернатые хищники и их охрана. 2012. № 25. С. 38–55.
- БЕКМАНСУРОВ Р. Х. Новая находка гнездящейся пары орлов-карликов в национальном парке «Нижняя Кама» в 2015 году, Республика Татарстан, Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2015. № 30. С. 115–117.
- БОРОДИН О. В., БАРАБАШИН Т. О., САЛТЫКОВ А. В. Расселение орла-карлика в Среднем Поволжье // Мат. IV конф. по хищным птицам Северной Евразии. Пенза, 2003. С. 153–155.
- ГРИГОРЬЕВ Н. Д., ПОПОВ В. А., ПОПОВ Ю. К. Отряд соколообразные (дневные хищные птицы) Falconiformes // Птицы Волжско-Камского края. Неворобьиные. М.: Наука, 1977. С. 76–117.
- ИСАКОВ Г. Н., ЯКОВЛЕВ А. А. Орёл-карлик в Чувашии // Охрана птиц в России: проблемы и перспективы. Москва – Махачкала, 2013. С. 84–86.
- КАРЯКИН И. В. Орёл-карлик в Поволжье, на Урале и в Сибири, Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2007. № 9. С. 27–62.
- КОРЕПОВ М. В. Новые данные о гнездовании орла-карлика и орлана-белохвоста в урочище «Щучьи горы», Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2006. № 7. С. 67–69.
- НИКОЛЕНКО Э. Г., БЕКМАНСУРОВ Р. Х. Новые находки орла-карлика на гнездовании в Татарстане // Пернатые хищники и их охрана. 2006. № 6. С. 65–66.
- ПАВЛОВ Ю. И. Птицы Волжско-Камского заповедника // Птицы заповедников и национальных парков Ассоциации «Средняя Волга» (аннотированные списки видов). Рязань: Узоречье, 2001. С. 143–160 (Тр. Окского биосфер. природ. зап-ка. Вып. 21).
- СПИРИДОНОВ С. Н., ЛАПШИН А. С., ГРИШУТКИН Г. Ф. Орёл-карлик в Мордовии, Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2014. № 28. С. 63–68.
- ЯКОВЛЕВ В. А., БОЧЕНКОВ С. А., ЯКОВЛЕВ А. А. Новые данные по распространению и биологии орла-карлика *Hieraetus pennatus* в Европейской части России // Рус. орнитолог. журн. 2002. Экспресс-выпуск 182. С. 330–332.

УДК: 502.4:574.3:599.322.3

Ресурсы территориальной группировки европейского бобра (*Castor fiber* L.) Раифского участка Волжско-Камского заповедника

Ю. А. Горшков¹

GORSHKOV Y. A. RESOURCES OF EUROPEAN BEAVER (*CASTOR FIBER* L.) POPULATION
IN THE RAIFA PART OF VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE

The data on resource dynamics and habitat forming activity of European beaver from its reintroduction (1996) on the territory of Raifa part of Volzhsko-Kamsky Reserve are presented. The expected increase of beaver subpopulation is substantiated.

Предпосылки и результаты реинтродукции европейского бобра (*Castor fiber* L.) в Раифском участке Волжско-Камского заповедника были достаточно полно освещены в литературе (Gorshkov et al., 1999, 2001, 2002; Gorshkov Y., Gorshkov D, 2011). Исследования фокусировались на изучении пространственной структуры территориальной группировки, кормового поведения, роли бобровых плотин в осаждении твёрдого стока, влияния бобра на видовой состав и население птиц.

Заслуживает внимания дипломная работа выпускника Казанского университета Н. Г. Назарова «Оценка воздействия деятельности речного бобра (*Castor fiber* L.) на сообщества Раифского участка ВКГПБЗ методом фитоиндикации» (2011). Автором были выявлены статистически значимые изменения факторов среды под воздействием деятельности бобра. В частности установлено, что изменились режимы увлажнения (увеличение на 3 ступени), кислотности почв (увеличение на 1 ступень), богатства почв азотом (уменьшение на 1 ступень), солевого режима почв (увеличение на 1 ступень) и освещенности (увеличение на 1 ступень). Кроме того, отмечено увеличение доли групп водных, водно-болотных и болотных видов растений и экспансивный характер изменения их активности. У рудеральных видов наблюдался угасающий характер изменения активности.

Сохранение бореальных сообществ Раифского участка заповедника формулировалась как одна из задач реинтродукции бобра. Н. Г. Назаров достаточно убедительно проиллюстрировал положительную роль средообразующей деятельности бобра в увеличении увлажнения местообитаний и, следовательно, в сохранении бореальных сообществ Раифы.

На этом фоне сведения о ресурсах территориальной группировки бобра Раифского участка заповедника ранее не публиковались.

¹ ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: vkz-boss@mail.ru

Материалы и методика исследований

В период масштабных работ по восстановлению популяций бобра в СССР методики его учёта разрабатывали и апробировали наиболее квалифицированные сотрудники заповедников. Методы учета постоянно совершенствовались и детализировались и нередко становились излишне сложными и трудоёмкими. Со временем предложенные принципы мало изменились и с некоторой модернизацией сохранились до настоящего времени. Первый этап включает подсчёт количества поселений бобра. Бобровое поселение это площадь, занятая бобровой семьей или одиночным зверем, на которой имеются следы его деятельности в виде жилищ, плотин, каналов, погрызов, троп. Между соседними поселениями, как правило, имеется хорошо выраженная «буферная зона», в пределах которой практически отсутствуют перечисленные выше следы жизнедеятельности бобра. Результаты учёта поселений картировались. На втором этапе определялась численность зверей в каждом поселении. В практике существует несколько подходов оценки этого показателя – статистический метод (Хлебович, 1938; Методические указания..., 1986), учёт «мощности» поселения (Лавров, 1952), эколого-статистический метод (Поярков, 1953).

После реинтродукции бобра в Раифском участке заповедника проводился учёт его поселений на водотоках и замкнутых водоёмах. Численность животных в поселениях оценивалась глазомерно по следам деятельности (по «мощности» поселения) (Лавров, 1952).

В 2014 и 2015 гг. численность бобра в поселении мы определяли на основании количества зафиксированных погрызов, сделанных в текущем году (Методические указания..., 1976; Временная инструкция..., 1959) и экспертной оценки, которая включала также определение объёмов изъятой древесины, и другие следы жизнедеятельности зверей, такие как разветвлённость троп, количество убежищ, наличие молодняка. Наличие в поселении молодняка определяли по следам от зубов, оставленных на срезах. Ширина борозды у взрослых животных значительно превосходит таковую, оставленную сеголетками. Учёты проводили в ноябре в период замерзания водоёмов и выпадения снега. Следы, оставленные учётчиком на снегу, служили своеобразной меткой, свидетельствующей о том, что данный бобровый погрыз, уже был ранее зафиксирован. Это помогло избежать повторного измерения диаметра одного и того же растения. На этапе учёта погрызов проводили замеры их диаметра с помощью рулетки с точностью до 0,5 см. Всего было зафиксировано 5235 бобровых погрызов.

Для определения объёма изъятой древесно-кустарниковой растительности использовали формулу объёма конуса:

$$V = \pi R^2 h / 3,$$

где R – радиус срезанного растения, h – его высота.

Для погрызов древесных растений, имеющих диаметр от 2 до 4 см, для подстановки в формулу использовали высоту равную 2 м, а при диаметре от 4,5 до 7,5 см – 3 м. Объем поваленных бобром деревьев с диаметром, превышающим 7,5 см, высчитывали по таблицам определения объема дерева через диаметр ствола (Лесная таксация..., 1990).

В процессе работы были обследованы долины рек Сумка, Сер-Булак и все замкнутые водоёмы Раифского участка заповедника.

Результаты и их обсуждение

В процессе реинтродукции бобра в Раифский участок заповедника в период 1996–2000 гг. была выпущена 21 особь (1996 г. – 6 особей; 1997 г. – 7; 1999 – 3; 2000 – 5). Зверей выпускали в озёра Линёво (9 особей), Раифское (3 особи), Илантово (2 особи) и в реку Сумка (2 особи). Появление первого приплода было зафиксировано в 1999 г.

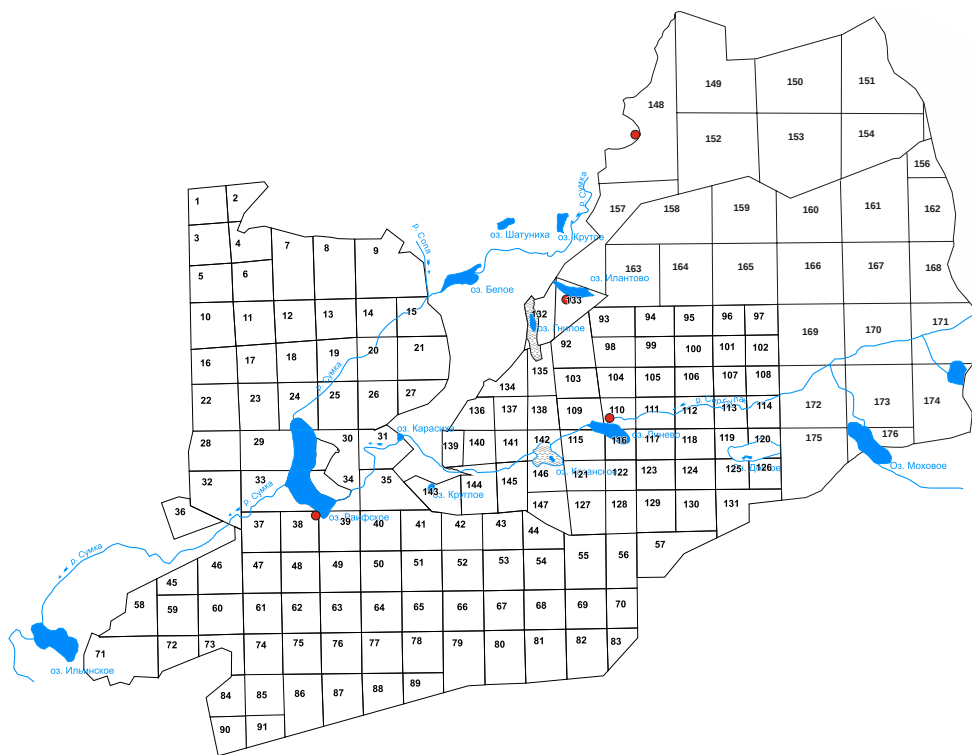


Рис. 1. Карта-схема точек выпуска бобра в Раифском участке заповедника в 1996–2000 гг.

Учётные работы, проведенные в 2004–2005 гг., свидетельствовали о наличии 10 поселений (3-х в долине р. Сумка и 7-и в долине р. Сер-Булак). Наиболее интенсивно в этот период заселялась долина р. Сер-Булак. Здесь образовалось 5 новых поселений, тогда как в долине р. Сумка лишь два.

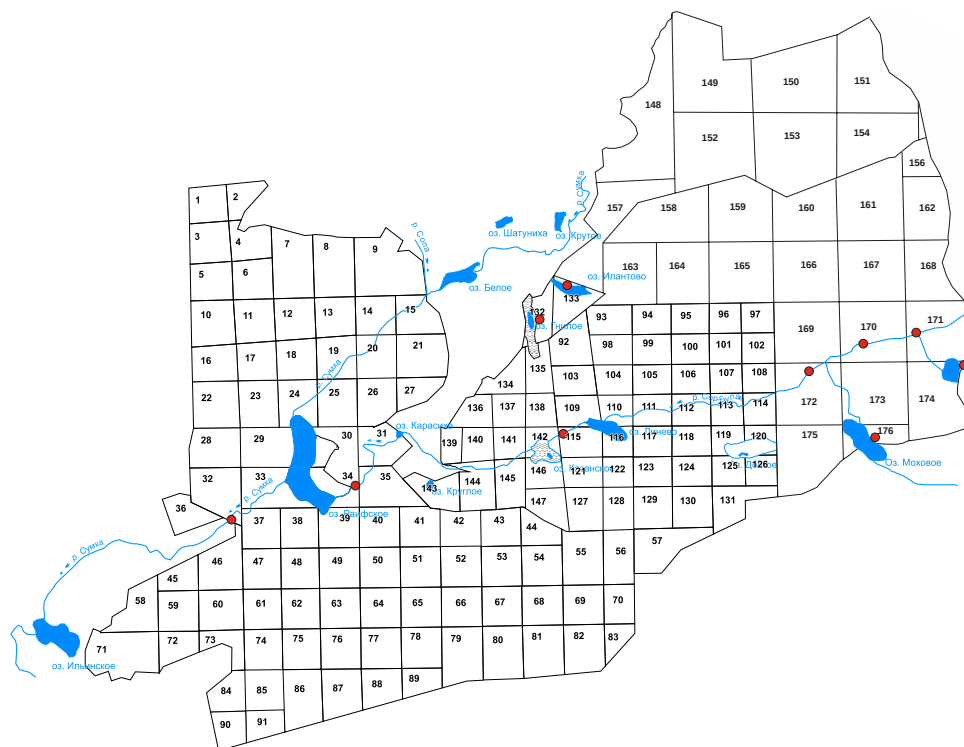


Рис. 2. Карта-схема размещения поселений бобра в 2004–2005 гг.

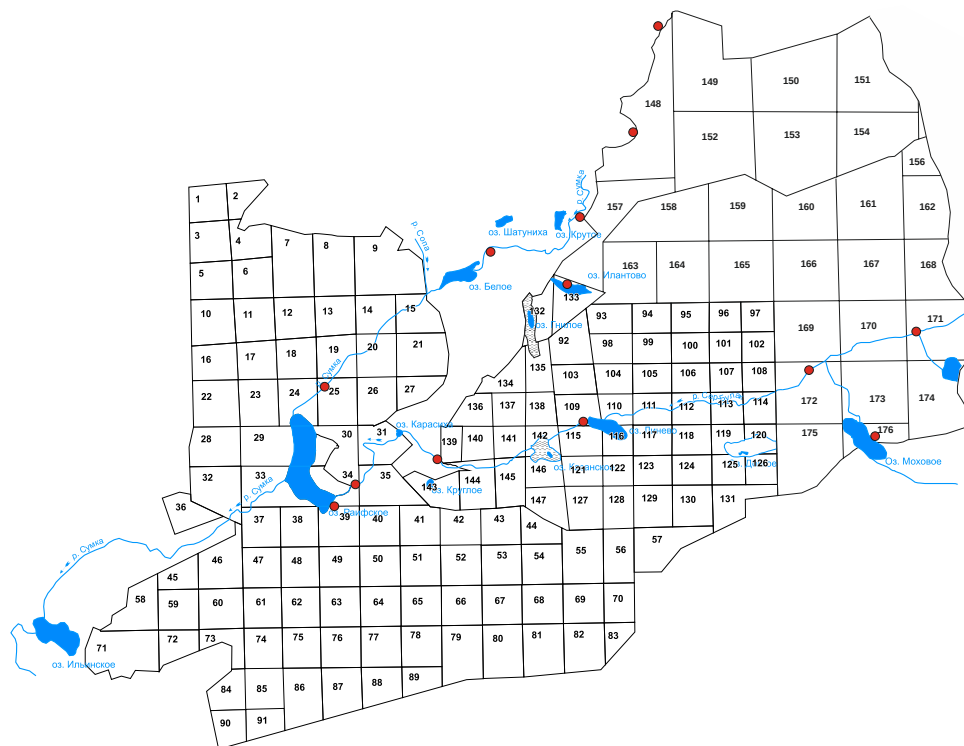


Рис. 3. Карта-схема размещения поселений бобра в 2014–2015 гг.

По прошествии десяти лет (в 2014–2015 гг.) общее количество поселений возросло до 13 (6 – в долине р. Сумка; 7 – в долине р. Сер-Булак), а пространственная структура претерпела некоторые изменения. Так, в этот период в бассейне р. Сумка образовалось пять новых поселений. В долине р. Сер-Булак количество поселений не увеличилось; при этом, по-видимому, некоторые бобровые семьи сменили участки обитания, вероятно в силу истощения кормовой базы. В долине р. Сумка расстояния между поселениями варьировали от 0,5 до 3,5 км (в среднем 1,9 км); на р. Сер-Булак – от 1 до 3 км (в среднем также 1,9 км).

Результаты сплошных учётов численности бобра, проведенных в 2004–2005 и в 2014–2015 гг., свидетельствуют об увеличении ресурсов с 37 до 57 особей (в 1,5 раза). Среднее количество животных в семье также возросло с 3,7 до 4,4 особей (в 1,2 раза) (табл. 1, 2). Увеличение численности бобра косвенно подтверждают данные о динамике изъятия древесной растительности (табл. 3).

В развитии бобровых популяций обычно выделяется три периода: 1. Формирование популяции характеризуется невысоким приростом и непродолжительностью во времени; 2. Бурный рост численности; 3. Стабилизация прироста и его снижение (Жарков, 1968). Г. Хартман приводит сведения о значительном снижении плотности населения бобра через 20–25 лет после его интродукции (Hartman, 1994, 2003). Другой особенностью динамики численности интродуцированных бобров является длительность нарастания численности до максимальных значений при выпуске небольших групп животных. Так, в Приокско-Тerrasном заповеднике было произведено два выпуска бобра в 1948 и 1955 г. по две пары и период роста популяции был весьма продолжительным – примерно 50 лет (Речной бобр..., 2012). Авторы указанной монографии считают, что население бобров Приокско-Тerrasного заповедника достигло климаксной стадии.

Таблица 1

Численность бобра в Раифском участке Волжско-Камского заповедника в 2004–2005 гг.

Наименование участка	Численность, экз.
оз. Илантово, кв. 133	2
оз. Гнилое, кв. 132	2
р. Сумка, кв. 32	4
оз. Торфяное, кв. 174	6
верхнее течение р. Сер-Булак, кв. 171	3
верхнее течение р. Сер-Булак, кв. 170	3
оз. Моховое, кв. 175	6
среднее течение р. Сер-Булак, кв. 172	5
р. Сер-Булак, пожарный водоём, кв. 115	2
устье р. Сер-Булак, кв. 34	4
итого	37

Таблица 2

Количество погрызов древесной растительности, объем изъятой древесины и численность бобра в Раифском участке Волжско-Камского заповедника в 2014–2015 гг.

Наименование участка	Количество погрызов, шт.	Объем изъятой древесины, куб. м	Численность по количеству погрызов, экз	Численность по интегральной экспертной оценке, экз.	Примечание
верхнее течение р. Сумка, кв. 148	55	11,1	1	4	Плотина l=4,5 м, h=0,8 м. Плотина l=8,7 м, h=1,7 м. Зафиксировано наличие молодняка.
р. Сумка, излучина, кв. 148	96	5,7	2	6	Плотина l=21,8 м, h=2,5 м. Зафиксировано наличие молодняка.
р. Сумка около оз. Крутое, кв. 157	149	0,9	3	3	Плотина l=6 м, h=1,4 м. Молодняк отсутствует.
оз. Илантово, кв. 133	265	0,2	4	3	Молодняк отсутствует.
«Чёрное болото» (охранная зона)	885	20,2	8	8	Хатка d=12 м, h=1,7 м. Хатка d=7,5 м, h=1,6 м. Зафиксировано наличие молодняка.
р. Сумка при впадении в оз. Раифское, кв. 25	35	29,7	1	2	Плотина l= 10,5 м, h=0,7 м. Молодняк отсутствует.
верхнее течение р. Сер-Булак, кв. 171	116	2,4	2	5	Плотина l= 4,3 м, h=1 м. Плотина l=2,9 м, h= 0,7 м. Хатка d=5 м, h=1,3 м. Зафиксированы следы молодняка.
оз. Моховое, кв. 175	161	4,4	3	6	Хатка d=4,6 м, h=1,6 м. Зафиксированы следы молодняка.
среднее течение р. Сер-Булак, кв. 172	23	19,5	1	5	Плотина l=18,3 м, h=0,6 м. Плотина l=6,6 м, l=0,6 м. Плотина l=29 м, h=29 м. Плотина l=5 м, h=0,7 м. Молодняк отсутствует.
оз. Линёво, кв. 109	19	8,3	1	3	Хатка d=4,9 м, h=2,8 м. Плотина l= 3,8 м; h=0,9 м. Молодняк отсутствует.
нижнее течение р. Сер-Булак, кв. 139	280	0,2	4	3	Хатка d=5,2 м, h=2,8 м. Молодняк отсутствует.

Продолжение таблицы 2

Наименование участка	Количество погрызов, шт.	Объем изъятый древесины, куб. м	Численность по количеству погрызов, экз	Численность по интегральной экспертной оценке, экз.	Примечание
устье р. Сер-Булак, кв. 34	187	0,1	3	4	Хатка d=3,2 м, h=0,9 м. Хатка d=9,5 м, h=1,5 м. Зафиксированы следы молодняка.
оз. Раифское, кв. 39	176	0,03	3	5	Хатка d=7 м, h=2,2 м. Зафиксированы следы молодняка.
итого	2447	102,7	36	57	12 плотин, 9 хаток. Молодняк отмечен в 7 поселениях.

Таблица 3

Динамика изъятия бобром древесно-кустарниковой растительности в 1997–2015 гг. в Раифском участке Волжско-Камского заповедника

Год	Объём изъятый древесно-кустарниковой растительности, куб. м
1997	4,0
1998	11,6
2002	40,0
2015	102,7

Основными характеристиками климаксной неэксплуатируемой популяции бобра являются соответствие плотности населения максимальной ёмкости угодий, отсутствие образования новых поселений, поскольку освоены все минимально пригодные местообитания, используются малопривлекательные корма (Muller-Schwarze, Schulte, 1999). М. Новак также считает, что изменения численности происходят только через изменение количества бобров в поселении, тогда как количество поселений в развитых популяциях относительно стабильно (Novak, 1987). Однако некоторые примеры долговременных наблюдений свидетельствуют о значительных флуктуациях числа поселений (Busher, 2001; Muller-Schwarze, Sun, 2003).

В Раифском участке Волжско-Камского заповедника реинтродукция бобра началась 20 лет назад. В течение 5 лет выпущена 21 особь. Результаты учетных работ свидетельствуют о продолжающемся увеличении числа поселений и росте поголовья. Следовательно, «раиф-



Рис. 4. Русловое поселение бобра
(бобровая плотина на р. Сумка).



Рис. 5. Поселение бобра на замкнутом водоёме
(хатка и запасы веточного корма на «Чёрном болоте»).

ская» популяция бобра к настоящему времени не достигла климаксной стадии, и существуют перспективы её дальнейшего роста. Неким косвенным признаком возможности роста «раифской» популяции бобра служит факт наличия неиспользуемых местообитаний. Так, в Центральном-Лесном заповеднике, где бобр был реинтродуцирован в 1937 г. расстояние между бобровыми поселениями составляет 1,2 км, в Рдейском заповеднике 1,5 км (реинтродукция начата в 1949 г.) (Завьялов 2015), тогда как в Раифском участке Волжско-Камского заповедника – 1,9 км. Кроме того, «раифские» бобры практически не используют второстепенные древесно-кустарниковые корма. Ива и берёза составляют 93 % в его рационе, что также свидетельствует об отсутствии признаков климаксной популяции.

Благодарности

Автор выражает благодарность студентам кафедры зоологии и общей экологии Казанского (Приволжского) федерального университета Ермаковой А. Н. и Сафиуллиной А. И. за помощь в сборе полевого материала.

Литература

ВРЕМЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО УЧЁТУ ЧИСЛЕННОСТИ РЕЧНОГО БОБРА / Состав. М. Н. Бородина, И. В. Жарков. М., 1959. 18 с.

ЖАРКОВ И. В. Структура и динамика населения млекопитающих на примере бобра: Докл. на соискание учёной степени докт. биол. наук по совокупности опублик. работ. Воронеж: Коммуна, 1968. 42 с. (Зоолог. ин-т АН СССР).

ЗАВЬЯЛОВ Н. А. Средообразующая деятельность бобра (*Castor fiber* L.) в Европейской части России // Тр. Гос. природ. зап-ка «Рдейский». Велик. Новгород, 2015. Вып. 3. 318 с.

ЛАВРОВ Л. С. Количественный учёт речных бобров методом выявления мощности поселений // Методы учета численности и географического распространения наземных позвоночных. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 148–155.

ЛЕСНАЯ ТАКСАЦИЯ. Методические указания к лабораторному практикуму с применением ЭВМ для студентов специальности лесное и садово-парковое хозяйство / Состав. П. М. Верхунов, А. В. Попова. Йошкар-Ола: Марийск. политех. ин-т, 1990. Ч. 1. 64 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО УЧЁТУ РЕЧНОГО БОБРА НА БОЛЬШИХ ТЕРРИТОРИЯХ / Состав. Б. П. Борисов. М., 1986. 20 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЗЕМНОМУ УЧЁТУ РЕЧНОГО БОБРА. М.: Колос, 1976. 19 с.

НАЗАРОВ Н. Г. Оценка воздействия деятельности речного бобра (*Castor fiber* L.) на сообщества Раифского участка ВКГПБЗ методом фитоиндикации: Диплом. раб. Казань, 2011. 78 с. (Казан. федерал. ун-т) (Рукопись).

ПОЯРКОВ В. С. Количественный учёт речных бобров // Воронеж. гос. зап-к: труды. Воронеж, 1976. Вып. 21. Т. 2. С. 54–60.

РЕЧНОЙ БОБР (*CASTOR FIBER* L.) КАК КЛЮЧЕВОЙ ВИД ЭКОСИСТЕМЫ МАЛОЙ РЕКИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БИОСФЕРНОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА) / Ред. Н. А. Завьялов, В. Г. Петросян. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2012. 150 с.

ХЛЕБОВИЧ В. К. Материалы по экологии речного бобра в условиях Воронежского заповедника // Воронеж. гос. зап-к: труды. – М., 1938. Вып. 1. С. 43–136.

BUSHER P. Long-term demographic patterns of unexploited beaver populations in the United States // Proceedings of the First Euro-American Beaver Congress / Ed. P. Busher

and Y. Gorshkov. Kazan: Transaction of Volga-Kama National Nature Zapovednik, 2001. P. 39–50.

GORSHKOV Y., EASTER-PILCHER A., PILCHER B., GORSHKOV D. Ecological restoration by harnessing the work of beaver // Beaver protection, management and utilization in Europe and North America. NY: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999. P. 67–76.

GORSHKOV Y., GORSHKOV D., EASTER-PILCHER A., PILCHER B. First results of beaver (*Castor fiber* L.) reintroduction in Volga-Kama Zapovednik (Russia) // Folia Zool. 2002. Vol. 51. Suppl. 1. P. 67–74.

GORSHKOV Y., GORSHKOV D., EASTER-PILCHER A., PILCHER B. Spatial structure of primary subpopulation of beavers in Volga-Kama Zapovednik // Proceedings of the First Euro-American Beaver Congress / Ed. P. Busher and Y. Gorshkov. Kazan: Transaction of Volga-Kama National Nature Zapovednik, 2001. P. 108–118.

GORSHKOV Y., GORSHKOV D. Radiotelemetry of reintroduced beavers in Volga-Kama National Nature Preserve // Restoring the European Beaver 50 Years of Experience. Pensoft Publishers, 2011. P. 127–139.

GORSHKOV D., GORSHKOV Y. Feeding strategy of beavers in Tatarstan Republic // Restoring the European Beaver 50 Years of Experience. Pensoft Publishers, 2011. P. 149–161.

HARTMAN G. Long-term population development of a reintroduced beaver (*Castor fiber*) population in Sweden // Conserv. Biol. 1994. Suppl. 8(3). P. 713–717.

MULLER-SCHWARZE D., SCHULTE B. Behavioral and ecological characteristics of a «climax» population of beaver (*Castor canadensis*) // Beaver Protection, Management and Utilization in Europe and North America. NY: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999. P. 161–177.

MULLER-SCHWARZE D., SUN L. The beaver. Natural History of a wetland engineer. NY: Cornell University Press, 2003. 192 p.

NOVAK M. Beaver // Wild fur bearer management and conservation in North America. Ontario: Ministry of Natural Resources, 1987. P. 283–312.

УДК 581.543 (470.41)

Сезонное развития природы Волжско-Камского заповедника

*Е. В. Чахирева*¹

CHAHIREVA E. V. NATURE SEASON DEVELOPMENT IN VOLZHSCO-KAMSKY RESERVE

On the basis of phenology data in seasonal cycle of Volzhsko-Kamsky Reserve (Raifa part) nature development, four seasons and 14 periods were marked out. It was determined that the climate change caused the displacement of spring and summer phenology phases to earlier dates and to later dates in autumn and beginning of winter.

Повышенный интерес к фенологии в последние десятилетия связан с проблемой глобального потепления климата. В Раифском участке Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника фенологические и метеорологические наблюдения ведутся с 1964 г. На протяжении всех лет наблюдений фиксируется тренд повышения среднегодовой температуры воздуха, что не могло не повлиять на сезонное развитие природы (Чахирева, 2015).

Цель настоящей работы – на основе обобщения фенологических материалов, полученных в ходе наблюдений за сезонными явлениями природы на территории Раифского участка заповедника в период 1981–2015 гг., охарактеризовать структуру годового цикла развития природы и многолетнюю динамику основных фенологических индикаторов.

Материалы и методы

В Волжско-Камском заповеднике в рамках программы «Летопись природы» ведётся «Календарь природы», содержащий характеристики годичного цикла развития различных компонентов заповедных экосистем (Летопись..., 1982–2016). Объекты для анализа отбирали в соответствии со следующими принципами: характерность для местных условий, доступность и простота наблюдений, индикационность, высокая стабильность повторяемости. В качестве абиотических компонентов рассмотрены метеорологические и гидрологические явления. Биотические компоненты в основном представлены объектами растительного мира – наиболее наглядными индикаторами сезонной динамики экосистем. На основе сравнения температурных данных метеостанции заповедника (среднесуточные, максимальные и минимальные температуры воздуха) и дат наступления фенологических явлений определены температурные границы и даты переходов климатических сезонов и подсезонов года и их фенологические индикаторы. Феноин-

¹ ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: vkz@mail.ru

дикаторы подбирались эмпирическим путем, из тех явлений, средние даты которых соответствуют датам температурных переломов. (Галахова, 1959; Буторина, Крутовская, 1975; Вопросы..., 1986). Проведено сравнение феноклиматических характеристик экосистем Раифского леса за периоды 1981–2000 и 2001–2015 гг.

Результаты и их обсуждение

В условиях умеренной лесной зоны, с её большей частью оптимальным увлажнением, особенности сезонного развития природы определяются количеством получаемого тепла. При этом следует принимать во внимание не среднесуточные температуры, являющиеся среднеарифметической величиной, а те конкретные границы, в которых протекает жизнь организмов – абсолютные суточные минимумы и максимумы температур.

В течение года непрерывное количественное нарастание или падение температур приводит к качественным перерывам, скачкам, которые определяют собой границы сезонов и подсезонов года. В силу всеобщей взаимосвязи явлений, изменения в годовом ходе температур затрагивают все стороны сезонного развития природы, и каждый период характеризуется рядом феноиндикаторов.

Характеристика климата заповедного участка приведена на климатограмме (рис. 1), построенной по методике Г. Вальтера (Фукарек и др., 1982). Она даёт картину умеренно континентального климата – кривая осадков проходит выше кривой температур, что свидетельствует об избытке влаги. Средние за период 2001–2015 гг. значения температуры воздуха и суммы осадков приведены в таблице 1.

Анализ температурного режима и фенологических явлений позволил установить границы 4 сезонов и 14 подсезонов года. Их климатические характеристики приведены в таблице 2. Границы подсезонов холодного времени года определяются преимущественно максимальными температурами воздуха, а тёплого времени – минимальными.

ЗИМА

Температурные границы сезона: переход максимальной температуры воздуха ниже 0°C – её переход выше 0°C . Фенологические границы: залегание снега – начало постоянных оттепелей. Сезон делится на 3 подсезона.

Первозимье. Первый период холодно-снежного времени. Его температурные границы: устойчивые переходы максимальной температуры воздуха ниже 0°C и ниже -5°C . Фенологические границы: образование устойчивого снежного покрова – ледостав на водоёмах. Средняя дата начала подсезона приходится на 22 ноября $\pm 8,0$; ранняя – на 1 ноября (1988 г.), поздняя – на 13 декабря (2009 г.).

Глубокая зима. Второй, основной этап зимы. Температурные границы: устойчивый переход максимальной температуры воздуха ни-

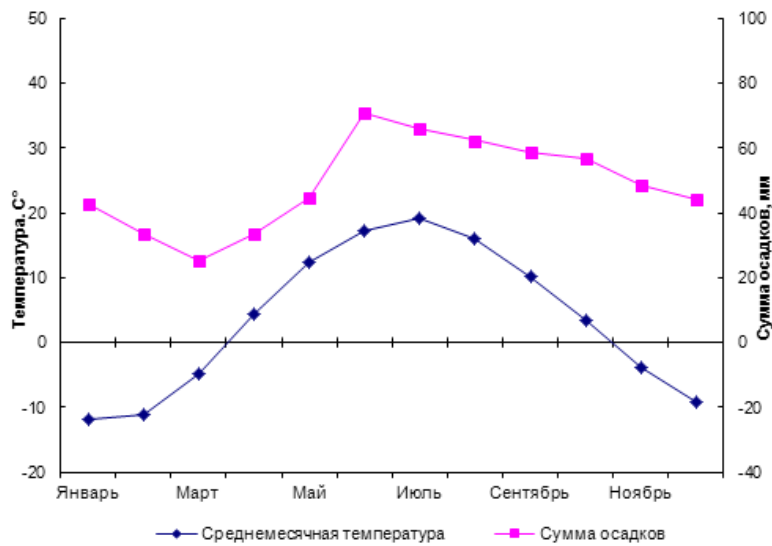


Рис. 1. Климатограмма Райфского участка заповедника за период 2001–2015 гг.

Таблица 1

Климатическая характеристика Райфского участка заповедника за период 2001–2015 гг.

Показатели	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Годовая
Средняя температура воздуха, °C	-10,6	-11,6	-3,8	4,5	13,6	17,3	19,9	17,6	11,6	4,4	-1,2	-8,0	4,0
Средняя сумма осадков, мм	46,3	36,9	33,1	30,6	44,1	68,8	65,5	54,8	57,4	53,2	45,8	42,0	598,5

же -5° С – её переход выше -5° С. Фенологические границы: ледостав на водоёмах – начало оттепелей (притаев). Основные процессы – интенсивное охлаждение воздуха и почвы, годовой минимум температуры, возрастание мощности снежного покрова и ледового покрова на водоёмах. Средняя дата начала подсезона – 9 декабря ± 9,2; ранняя – 7 ноября (1993 г.), поздняя – 4 января (1982 г.).

Предвесенье. Последний этап зимы, переходный к весне. Температурные границы: переход максимальной температуры воздуха выше -5° С и выше 0° С. Фенологические границы: первый притай – начало постоянных оттепелей. Основные процессы – резкое возрастание ра-

Таблица 2

Климатическая характеристика сезонов и подсезонов года

Периоды	Средняя температура воздуха			Количество осадков, мм	
	суточ-ная	макси-мальная	мини-мальная	сумма	за 1 день
Зима					
Первозимье	-6,6	-4,1	-9,1	31,3	1,7
Среднезимье	-11,3	-7,6	-14,5	103,7	1,4
Предвесенье	-6,8	-1,7	-11,5	20,8	1,2
Зима в целом	-9,8	-6,2	-13,2	152,3	1,4
Весна					
Снежная весна	-2,4	1,8	-6,3	24,7	1,5
Пёстрая весна	2,2	7,3	-1,9	18,3	1,0
Голая весна	7,1	13,8	1,4	10,6	1,0
Зелёная весна	11,2	18,4	5,6	28,3	1,2
Предлетье	14,8	21,6	9,2	20,5	1,3
Весна в целом	6,9	12,8	1,7	105,2	1,9
Лето					
Перволетье	17,7	23,7	11,9	34,7	1,9
Полное лето	20,1	26,0	14,3	114,6	2,0
Спад лета	14,9	20,6	10,2	42,8	2,7
Лето в целом	18,5	24,4	13,0	190,2	2,1
Осень					
Золотая осень	10,7	15,4	6,9	35,5	2,0
Глубокая осень	6,3	10,5	2,8	63,2	1,9
Предзимье	0,0	2,2	-2,2	51,7	1,8
Осень в целом	5,4	9,1	2,3	137,9	1,7

диации и вызванное этим весеннее оживление птиц (первая весенняя песня большой синицы, первая барабанная дробь большого пёстрого дятла). Средняя дата наступления предвесенья – 23 февраля $\pm 10,1$; ранняя – 19 января (1990 г.), поздняя – 14 марта (1983 г.).

ВЕСНА

Начало сезона – дата перехода максимальной температуры воздуха выше 0°C , конец – дата перехода минимальной температуры воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$. Весна делится на 5 подсезонов.

Снежная весна. Температурные и фенологические границы: устойчивый переход максимальной температуры воздуха выше 0°C (начало постоянных оттепелей) – переход максимальной температуры выше $+5^{\circ}\text{C}$. Основные процессы – снеготаяние, начало прилёта птиц. Средняя дата наступления весны – 12 марта $\pm 11,2$; ранняя – 6 февраля (2002 г.), поздняя – 4 апреля (2005 г.).

Пёстрая весна. Температурные границы подсезона: переход максимальной температуры воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$ – устойчивый переход

минимальной температуры выше 0°C . Фенологические границы: начало появления проталин в лесу – начало вегетации. Основные процессы – бурное снеготаяние, вскрытие водоёмов, пробуждение насекомых и впадающих в спячку зверей. Средняя дата начала подсезона – 28 марта $\pm 10,4$; ранняя – 11 марта (2014 г.), поздняя – 20 апреля (1998 г.).

Голая весна. Температурные границы подсезона: переходы минимальной температуры воздуха выше 0°C и выше $+5^{\circ}\text{C}$. Фенологические границы: начало сокодвижения у березы повислой – раскрытие у неё почек. Основные процессы – полное исчезновение снежного покрова, начало вегетации у летнезелёных видов растений, первые цветы, появление лягушек и змей. Средняя дата начала подсезона – 16 апреля $\pm 9,8$; ранняя – 1 апреля (1995 г.), поздняя – 3 мая (1998 г.).

Зелёная весна. Температурные границы: переход минимальной температуры выше $+5^{\circ}\text{C}$ – начало её переходов выше $+10^{\circ}\text{C}$. Фенологические границы: раскрытие почек у березы повислой – зацветание черемухи обыкновенной. Средняя дата наступления зелёной весны – 29 апреля $\pm 8,0$; ранняя – 12 апреля (1995 г.), поздняя – 11 мая (1997 г.).

Предлетье. Температурные границы: начало переходов и устойчивый переход минимальной температуры воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ (при этом суточные температуры начинают превышать $+15^{\circ}\text{C}$). Фенологические границы: зацветание черемухи – зацветание шиповника майского. Основные процессы – интенсивный рост побегов, цветение кустарников и трав, окончание прилёта птиц. Средняя дата начала подсезона – 22 мая $\pm 6,3$; ранняя – 7 мая (1982 г.), поздняя – 11 июня (2002 г.).

ЛЕТО

Температурные границы сезона: устойчивый переход минимальной температуры воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ – её переход ниже $+10^{\circ}\text{C}$. Лето – время наивысших температур и максимальной биологической активности. Сезон делится на 3 подсезона.

Перволетье. Температурные границы: устойчивый переход минимальной температуры воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ и её переход выше $+15^{\circ}\text{C}$. Фенологические границы: начало цветения шиповника – созревание ягод земляники лесной. Основные процессы – прекращение роста побегов текущего года, формирование почек будущего года, затухание пения птиц, появление их слётков, массовое появление слепней. Средняя дата наступления перволетия – 6 июня $\pm 5,2$; ранняя – 20 мая (1995 г.), поздняя – 22 июня (2003 г.).

Полное лето. Температурные границы подсезона: переходы минимальной температуры воздуха выше $+15^{\circ}\text{C}$ и ниже $+15^{\circ}\text{C}$. Фенологические границы: начало созревания плодов земляники – появление жёлтых «прядей» на березах. Основные процессы – максимальный прогрев воздуха и почвы, максимум биомассы, созревание плодов и семян. Средняя дата начала подсезона – 24 июня $\pm 4,7$; ранняя – 11 июня (1998 г.), поздняя – 10 июля (1993 г.).

Спад лета. Температурные границы: устойчивый переход минимальной температуры воздуха ниже $+15^{\circ}\text{C}$ – её переход ниже $+10^{\circ}\text{C}$. Фенологические границы: первые пятна осенней окраски листвы на деревьях – конец периода тёплых ночей. Средняя дата начала подсезона – 21 августа $\pm 5,5$; ранняя – 1 августа (2006 г.), поздняя – 2 сентября (1988 г.).

ОСЕНЬ

Температурные границы: устойчивый переход минимальной температуры воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$ – переход максимальной температуры ниже 0°C . Фенологические границы: начало осенней раскраски листьев – установление снежного покрова. Сезон делится на 3 подсезона.

Золотая осень. Температурные границы: устойчивый переход минимальной температуры воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Фенологические границы: начало созревания клюквы – полное пожелтение листвы у березы. Основные процессы – затухающая вегетация и увядание листвы, начало листопада, начало отлёта птиц. Средняя дата наступления золотой осени – 6 сентября $\pm 6,7$; ранняя – 19 августа (2002 г.), поздняя – 16 сентября (1992 г.).

Глубокая осень. Температурные границы: переход минимальной температуры воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и ниже 0°C . Фенологические границы: полное пожелтение листвы у березы – конец листопада большинства древесных пород. Основные процессы – постоянные заморозки на почве, листопад, массовый отлёт птиц. Средняя дата начала подсезона – 24 сентября $\pm 8,4$; ранняя – 17 сентября (1996 г.), поздняя – 8 октября (1997 г.).

Презимье. Температурные границы: переход минимальной температуры воздуха ниже 0°C – переход максимальной температуры воздуха ниже 0°C . Фенологические границы: окончание листопада – залегание снега на зиму. Основные процессы – окончание листопада, образование снежного покрова (временного), окончание отлёта птиц, залегание зверей в спячку. Средняя дата наступления предзимья – 27 октября $\pm 8,8$; ранняя – 6 октября (1987 г.), поздняя – 16 ноября (2004 г.).

Наиболее коротким фенологическим сезоном является осень – 20,4 % от продолжительности года, дольше длятся весна (23,2 %) и лето (25,1 %), а самым продолжительным сезоном является зима – 30,8 %. Продолжительность подсезонов года представлена в таблице 3.

Изменчивость продолжительности подсезонов оценена посредством расчёта стандартного отклонения. Наибольшей стабильностью характеризуется время с начала голой весны до полного лета. Наибольшая изменчивость характерна для продолжительности таких «пограничных» подсезонов, как первозимье, предвесенье, снежная и пёстрая весна, предзимье.

Таблица 3

Средняя продолжительность климатических подсезонов
в 2001–2015 гг.

Подсезоны	Средняя продолжительность и стандартное отклонение σ , дни
Первозимье	$17 \pm 12,3$
Глубокая зима	$78 \pm 10,4$
Предвесенье	$23 \pm 12,5$
Снежная весна	$20 \pm 13,6$
Пёстрая весна	$18 \pm 11,4$
Голая весна	$11 \pm 7,9$
Зелёная весна	$26 \pm 6,3$
Предлетье	$13 \pm 7,2$
Перволетье	$18 \pm 8,0$
Полное лето	$58 \pm 9,5$
Спад лета	$14 \pm 10,1$
Золотая осень	$25 \pm 10,9$
Глубокая осень	$26 \pm 8,8$
Предзимье	$24 \pm 11,5$

Даты начала подсезонов года наиболее стабильны для летних подсезонов. Весенние и осенние фенологические явления характеризуются нелинейностью процессов – ускорением и замедлением, что обусловлено повышенной изменчивостью в это время года температурного режима.

В целом весна отличается наибольшей интенсивностью протекающих процессов, что является характерным для континентального сектора европейской территории России.

Для оценки динамики фенологических процессов на территории заповедника было проведено сравнение средних сроков наступления фенологических явлений в периоды 1981–2000 и 2001–2015 гг. (табл. 4). Анализ фенологических данных показывает наличие выраженных тенденций в изменении сроков наступления сезонных явлений, находящихся в коррелятивной связи с современным климатическим трендом – глобальным потеплением климата. Средние сроки наступления весенних и летних явлений за период 2001–2015 гг., по сравнению с периодом 1981–2000 гг., достоверно смещены на более ранние даты, тогда как фенологические явления осени и начала зимы стали наступать позднее. Это нашло отражение и в изменении продолжительности сезонов года, за исключением весны: продолжительность лета увеличилась на 5 дней, продолжительность осени – на 3 дня, а продолжительность зимы сократилась на 8 дней (табл. 5). Соответственно увеличилась продолжительность безморозного и вегетационного периодов.

Таблица 4

Изменение средних сроков наступления фенологических явлений
в 1981–2000 и в 2001–2015 гг.

Температурный критерий	Феноиндикаторы	Средняя дата		Сдвиг, дни
		1981-2000	2001-2015	
Первозимье				
Устойчивый переход максимальной t воздуха ниже 0° С		18.11	27.11	+9
	Установление постоянного снежного покрова	06.11	16.11	+10
	Ледостав на озере Раифское	15.11	22.11	+7
Глубокая зима				
Переход максимальной t воздуха ниже -5° С		11.12	09.12	-3
Предвесенье				
Переход максимальной t воздуха выше -5° С		23.02	23.02	0
	Первая капель (в морозный день)	19.02	23.02	+4
	Барабанная дробь большого пёстрого дятла	23.02	25.02	+2
Снежная весна				
Устойчивый переход максимальной t воздуха выше 0° С		16.03	12.03	-4
	Прилёт грачей	18.03	14.03	-4
	Первые проталины на полях	30.03	27.03	-3
Пёстрая весна				
Переход максимальной t воздуха выше +5° С		03.04	28.03	-6
	Первая песня зяблика	06.04	02.04	-4
	Первые проталины в лиственном лесу	11.04	06.04	-5
Голая весна				
Переход минимальной t воздуха выше 0° С		20.04	16.04	-4
	Начало сокодвижения у берёзы повислой	18.04	15.04	-3
	Первая встреча комаров-толкунцов	20.04	17.04	-3
	Зацветание лещины	22.04	18.04	-4
	Очистка ото льда озера Раифское	26.04	23.04	-3

Продолжение таблицы 4

Температурный критерий	Феноиндикаторы	Средняя дата		Сдвиг, дни
		1981-2000	2001-2015	
Зелёная весна				
Переход минимальной t воздуха выше +5° С		30.04	29.04	-1
	Начало зеленения березы повислой	03.05	29.04	-4
	Первая встреча комаров–кусак	09.05	07.05	-2
	Начало цветения черёмухи	14.05	11.05	-3
	Зацветание черники	15.05	12.05	-3
Предлетье				
Переходы минимальных t воздуха выше +10° С		27.05	22.05	-5
	Первая встреча слепня	29.05	26.05	-3
	Зацветание рябины	27.05	23.05	-4
	Зацветание брусники	04.06	01.06	-3
Перволетье				
Устойчивый переход минимальной t воздуха выше +10°, суточной – выше +15° С		07.06	06.06	-1
	Зацветание шиповника майского	08.06	06.06	-2
	Зацветание иван-чая	23.06	19.06	-4
Полное лето				
Переход минимальной t воздуха выше +15° С		24.06	23.06	-1
	Первые зрелые ягоды у земляники лесной	23.06	21.06	-2
	Первые зрелые ягоды у черники	26.06	25.06	-1
	Зацветание липы мелколистной	03.07	02.07	-1
Спад лета				
Переход минимальной t воздуха ниже +15° С		19.08	21.08	+2
	Начало осенней раскраски листьев у березы	19.08	22.08	+3
	Первые зрелые ягоды у рябины	23.08	26.08	+3
	Первые зрелые ягоды у брусники	29.08	26.08	-3

Продолжение таблицы 4

Температурный критерий	Феноиндикаторы	Средняя дата		Сдвиг, дни
		1981-2000	2001-2015	
Золотая осень				
Устойчивый переход минимальной t воздуха ниже +10°, суточной – ниже +12° С		03.09	06.09	+3
	Начало листопада в лесу	13.09	14.09	+1
	Начало отлета журавлей	15.09	17.09	+2
Глубокая осень				
Переход минимальной t воздуха ниже +5° С		28.09	24.09	-4
	Полная осенняя раскраска листьев у березы	27.09	30.09	+3
Предзимье				
Переход минимальной t воздуха ниже 0° С		24.10	27.10	+3
	Конец листопада у березы	22.10	27.10	+5
	Первые забереги на озере Раифское	03.11	07.11	+4

Таблица 5

Изменение продолжительности сезонов года
в 1981-2000 и в 2001–2015 гг.

Сезоны года	Продолжительность сезонов года, дни	
	1981–2000 гг.	2001–2015 гг.
Зима	121	113
Весна	85	85
Лето	87	92
Осень	72	75

Литература

БУТОРИНА Т. Н., КРУТОВСКАЯ Е. А. Календарь природы заповедника «Столбы» // Вопросы экологии. Красноярск: Красноярск. книжн. изд-во, 1975. С. 77–179 (Тр. гос. зап-ка «Столбы». Вып. 10).

ВОПРОСЫ СОСТАВЛЕНИЯ КАЛЕНДАРЕЙ ПРИРОДЫ // Тр. гос. зап-ка «Столбы». Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1986. Вып. 14. С. 7–152.

ГАЛАХОВ Н. Н. Изучение структуры климатических сезонов года. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. 183 с.

ЗАЙЦЕВ Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

ЛЕТОПИСЬ ПРИРОДЫ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА. 1982–2016. (Рукопись).

ЧАХИРЕВА Е. В. К многолетней динамике сезонного развития *Betula pendula* Roth (Betulaceae) в Волжско-Камском заповеднике // Бот. замет. Казань, 2015. № 5. С. 12–14.

ФУКАРЕК Ф., МЮЛЛЕР Г., ШУСТЕР Р. Растительный мир Земли. М.: Мир, 1982. Т. 1. 136 с.

УДК: 502.4:574.42

**Основные тенденции развития лесных экосистем
на юге подтайжной зоны
(по данным экологического мониторинга
Волжско-Камского заповедника)**

О. В. Бакин, А. С. Аюпов, Ю. А. Горшков, В. Б. Иванов, А. В. Павлов¹

BAKIN O. V., AYUPOV A. S., GORSHKOV Y. A., IVANOV V. B., PAVLOV A. V. THE MAIN TENDENCIES OF FOREST ECOSYSTEMS DEVELOPMENT IN SOUTH PART OF SUBTAIGA ZONE (BASED ON THE VOLZHSKO-KAMSKY PESERVE ECOLOGICAL MONITORING DATA)

On the basis of data of ecological monitoring on the territory of Volzhsko-Kamsky Biosphere Reserve performed within the «Nature Cronicals» program, the main tendencies of development of subtaiga forest ecosystems on the south boundary of its distribution are discussed. Processes of forest nemoralization and biota boreal component decrease and disappearance, which go together with restorative successions characteristic for forest ecosystems in the conditions of protected area regime, are illustrated. Connection of subtaiga ecosystem nemoralization with landscape drying is suggested. The reasons for drying are forest demolition on large territories and the linear erosion development processes. All the above forms the basis for «natural zones shift to the north» effect. The influence of anthropogenic landscape drying on subtaiga biota overcomes the effect of global climate change.

Экологический мониторинг входит в число основных функций, выполняемых заповедниками Российской Федерации. Особую ценность имеют многолетние ряды наблюдений, которые ведутся в рамках программы «Летопись природы» (Филонов, Нухимовская, 1985). Они характеризуют долговременные изменения состояния заповедных природных комплексов и их отдельных компонентов.

Волжско-Камский заповедник, организованный в 1960 г., находится на востоке Русской равнины, на территории республики Татарстан, и состоит из двух участков: Раифского, площадью 5897 га, расположенного в 25 км к западу от Казани, и Саралинского, площадью 5480 га, расположенного в 60 км к югу от столицы республики. Хотя участки и находятся относительно близко друг к другу, они относятся к разным географическим зонам, поскольку изолиния коэффициента увлажнения равного 1 проходит между ними. Раифский участок относится к зоне темнохвойно-широколиственных (подтайжных) лесов, Саралинский – к зоне широколиственных лесов. Непосредственно оба участка лежат в долине Волги, что характеризует их ландшафты как интразональные. Песчаные и субпесчаные почвы обоих участков заняты различными типами сосняков. Легкосуглинистые почвы в Раифском участке заняты темнохвойно-широколиственными и производными от них широколиственными лесами, в Саралинском – широколиственными

¹ ФГБУ «Волжско-Камский государственный заповедник»; E-mail: vkz@mail.ru

ми, хотя известно, что в недалёком прошлом и здесь встречалась ель. Спецификой Раифского участка являются весьма распространённые здесь переходные сфагновые болота. В Саралинском участке к обращённым к Волге склонам высоких надпойменных террас приурочены лесостепные сообщества.

В Раифском участке (Раифе) охраняются подтаёжные экосистемы, находящиеся на южной границе распространения. Однако их сохранение сопряжено с большими трудностями – заповедный участок расположен в освоенном, густонаселённом регионе. Главной рекой участка является Сумка. Большая часть её водосборной территории за границами заповедника занята сельскохозяйственными угодьями, на которых получили развитие процессы плоскостной и линейной эрозии. Это привело к заилению и заносу расположенных на территории заповедника водоёмов, особенно проточных озёр. Так, площадь самого крупного озера – Раифского – с 1920 по 1995 гг. сократилась с 46 до 32 га, т. е. на 30 %; субаквальное положение заповедного участка в геохимическом ландшафте также способствует эвтрофикации водоёмов (Унковская и др., 2002). Развитие овражных систем на обезлесенных территориях ведёт к понижению базиса эрозии, в том числе и на заповедной территории.

Многолетняя динамика лесов Раифского участка, с их таёжным компонентом биоты, представляет особый интерес. К тому же, данная территория начала изучаться натуралистами задолго до организации на ней заповедника, что позволяет проанализировать особенности природных процессов за относительно длительный период времени.

Изменения климата и фенология биоты

Проблема глобального потепления климата считается острой экологической проблемой современности. В Раифском участке Волжско-Камского заповедника метеорологические и фенологические наблюдения ведутся с 1964 г. (рис. 1). На протяжении 50 лет (1964–2013 гг.) фиксируется общий тренд повышения среднегодовой температуры воздуха, прежде всего, за счёт повышения зимних температур. С 1988 г. минимальные значения среднегодовой температуры воздуха перестали опускаться ниже $+2,5^{\circ}\text{C}$ (в 1969 г. этот показатель составил $+0,2^{\circ}\text{C}$, в 1976 г. – $+0,9^{\circ}\text{C}$, в 1987 г. – $+1,5^{\circ}\text{C}$). Если за период 1964–1987 гг. средняя годовая температура воздуха составляла $+3,1^{\circ}\text{C}$, то за период 1988–2013 гг. – $+4,0^{\circ}\text{C}$, т. е. увеличилась на $0,9^{\circ}$, что не могло не повлиять на фенологию биоты.

В отношении изученных видов растений заповедника установлено, что потепление климата оказывает особенно сильное влияние на характеристики их весенних и осенних фенологических фаз, и меньше отражается на летних фенофазах. Так, у берёзы повислой (*Betula pendula*) в последние 25 лет, по сравнению с предыдущим 25-летьем, отмечается более раннее наступление фаз зеленения и цветения и сокра-

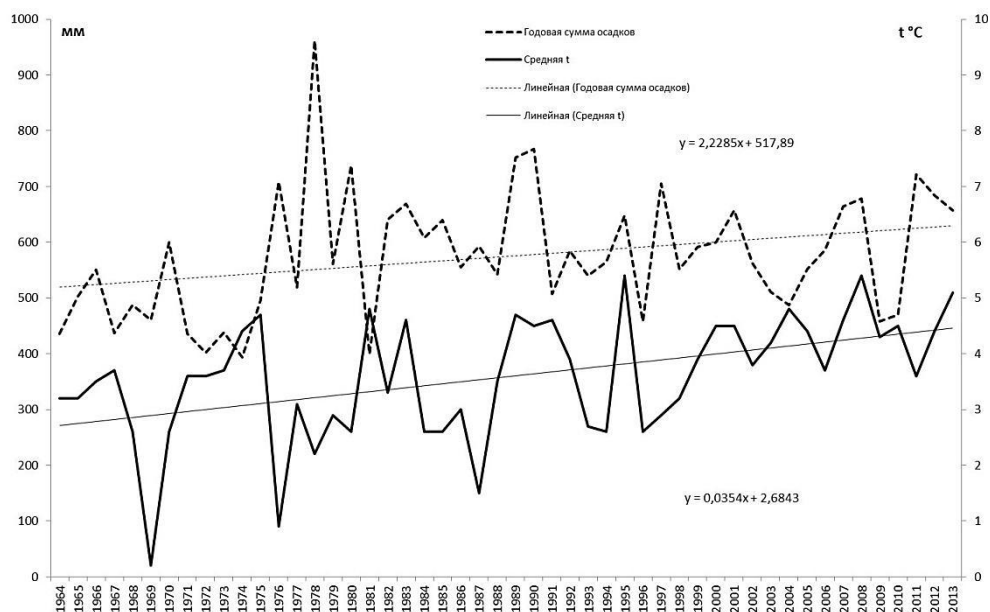


Рис. 1. Динамика годового количества выпавших осадков и среднегодовой температуры воздуха в Раифском участке заповедника в 1964–2013 гг.

шение продолжительности фазы зеленения. В более ранние сроки начинается созревание плодов. Даты полного созревания плодов и начала опадания плодов почти не изменились, но продолжительность созревания и опадания плодов увеличились на 4–5 дней. В более ранние сроки стали наблюдаться пожелтение листы и начало листопада, при этом продолжительность фазы пожелтения листьев и продолжительность листопада увеличились значительно – на 9–10 дней. Период вегетации берёзы увеличился в среднем на 4 дня (Чахирева, 2015).

Очевидно, что потепление климата, увеличение вегетационного периода должно сказываться на конкурентных отношениях между видами растений, в частности между их бореальными и неморальными формами. Это также должно влиять на жизненные циклы животных, прежде всего беспозвоночных.

Динамика растительного покрова

Наблюдения за структурой растительного покрова заповедника являются приоритетными. Они могут осуществляться в отношении всей территории при помощи дистанционных методов и на ключевых участках, путём закладки системы постоянных пробных площадей; периодические геоботанические описания этих площадей позволяют выявить экологические механизмы изменений растительного покрова. Современные дистанционные методы наблюдений за растительным покровом всё ещё не получили распространения в практике ООПТ. В «лесных заповедниках» в мониторинге растительности продолжают ши-

Таблица 1

Изменения площадей выделов Раифского леса
по преобладающим породам в 1925–2013 гг., %

Порода	1925 г.	1958 г.	2013 г.	Тенденция
Сосна	61,5	61,3	57,4	—
Ель	1,7	2,7	1,0	—
Липа	17,4	18,0	26,4	+
Дуб	6,1	3,0	0,5	—
Клён	0	0	0,1	+
Берёза	10,8	12,2	12,4	+
Осина	2,3	1,9	0,1	—
Ольха	0,2	0,9	2,1	+

роко использоваться материалы лесоустройств. Деревья являются эдификаторами лесных сообществ, поэтому мониторинг древостоев достаточно информативен.

Основными лесообразующими породам Раифского леса являются сосна (*Pinus sylvestris*), гибридогенная ель (*Picea fennica*), липа (*Tilia cordata*), дуб (*Quercus robur*), клён (*Acer platanoides*), берёзы повислая (*Betula pendula*) и пушистая (*B. pubescens*), осина (*Populus tremula*), ольхи клейкая (*Alnus glutinosa*) и серая (*A. incana*). Берёза и ольха в лесостроительных материалах не разделяются на виды. Однако можно отметить, что выделы, в которых преобладающей породой выступает берёза, преимущественно приходятся на *B. pendula*; второй вид берёзы образует насаждения на заболоченных участках, имеющих небольшую общую площадь. Выделы, в которых преобладающей породой является ольха, приходятся на *A. glutinosa*, за исключением современных аллювиальных наносов, откладываемых р. Сумкой на входе в оз. Раифское; этот конус выноса аллювия – единственный экотоп занятый *A. incana*, его площадью можно пренебречь.

В таблице 1 проведены доли площадей выделов, занятых той или иной преобладающей породой по материалам первого (1925 г.) и последнего (2013 г.) лесоустройств, а также лесоустройства 1958 г. – последнего перед организацией заповедника. Подсчёты проводились в пределах территории занятой Раифской лесной дачей в 1925 г., и имеющей площадь 2611, 5 га. Сравнение площадей выделов по преобладающим породам разных лесоустройств показывает снижение участия в древостоях Раифы сосны, ели, дуба и осины и увеличение доли липы, клёна, берёзы и ольхи.

Снижение доли сосняков за 87 лет на 4,1 % представляется закономерным и соответствует экогенетической сукцессии. Смена сосны липой и елью в лесах подтверждается учётами древостоев на постоянных пробных площадях (рис. 2; здесь диаметры стволов в известной мере соответствуют возрасту деревьев). Возобновление светолюбивой сосны возможно только на первых этапах лесной сукцессии. Своим широким распространением в Раифе эта порода обязана пожарам, наибо-

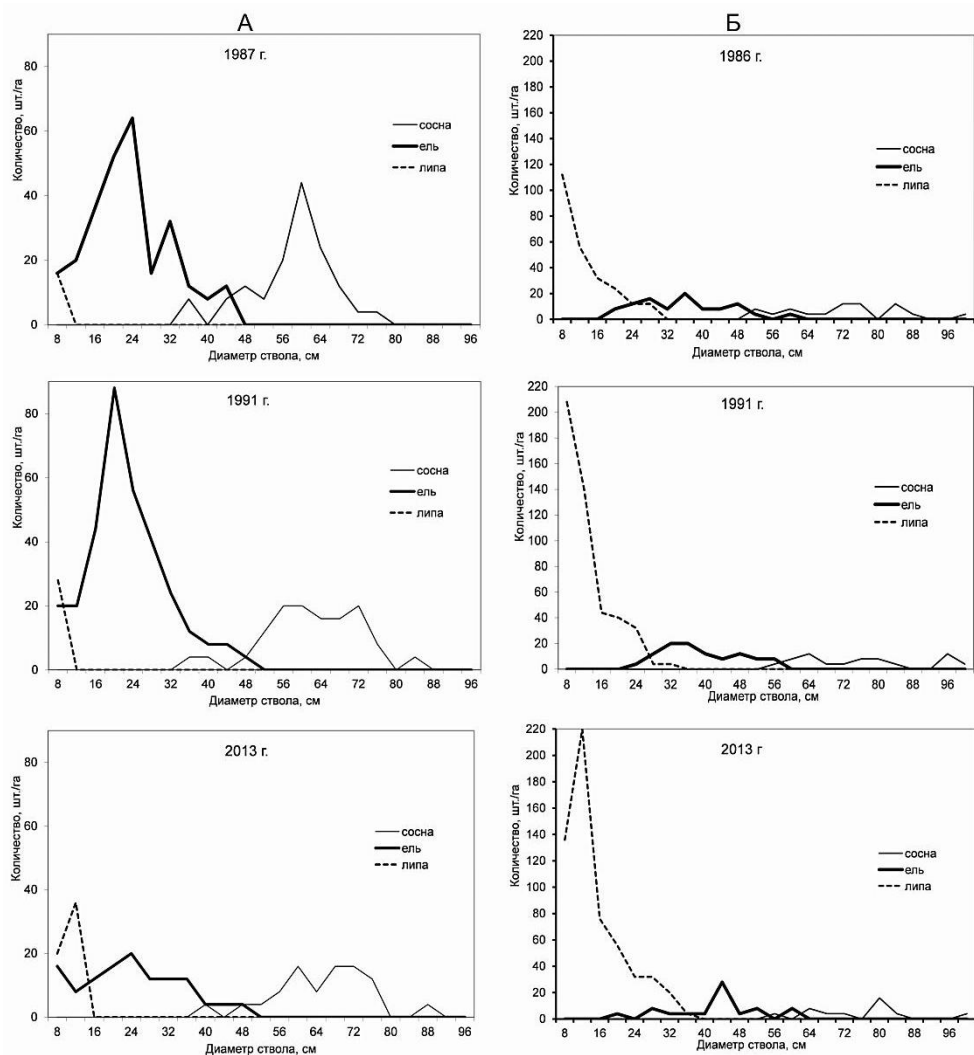


Рис. 2. Распределение древостоя по ступеням диаметра стволов в сосняке кисличнике с елью, кв. 39 (А) и в сосняке сложном, кв. 31 (Б).

лее крупные из которых датируются 1718, 1743, 1755, 1787, 1855, 1867, 1899 и 1921 гг. (Чистяков, 1931). В настоящее время участки благоприятные для возобновления сосны имеют совсем небольшие площади и представляют собой сухие песчаные дюны, с покровом из *Polytrichum piliferum* и лишайников рода *Cladonia*, и открытые сфагновые болота.

Увеличение в Раифе площадей с господством ели в 1925–1958 гг. связано с восстановлением её популяции после пожара 1921 г. Со второй половины XX в. наблюдается сокращение лесных выделов, в которых ель формирует первый ярус. Раифская популяция ели находится на южной границе ареала вида, что ослабляет её экологическую устойчивость. В настоящее время в полосе сосновых лесов ель имеет обильный подрост, но деревья выходящие в первый ярус подвергаются усыханию. На относительно возвышенных участках рельефа периодически

наблюдается усыхание насаждений ели и более молодого возраста (рис. 2 А). Должно быть с возрастом эта порода начинает испытывать недостаток в почвенной влаге. Изучавший в 1884 г. Раифский лес С. И. Коржинский (1888) писал о зеленомошных ельниках, как о коренном типе растительности. Полоса широколиственных лесов в верхней части склонов долины р. Сер-Булак (притока р. Сумки) в прошлом также была областью распространения темнохвойных пород – почвенная микрофауна, в частности фауна панцирных клещей, здесь ещё в большой степени сохраняет таёжный характер (Алейникова и др., 1979). С XX в. наблюдается отступление ели и сопровождающей её пихты (*Abies sibirica*) вниз по склонам долины. Описанное поведение ели позволяет отнести сокращение её популяции на счёт понижения общего базиса эрозии, которое, по нашему мнению, происходит в результате роста оврагов на прилегающих к заповеднику сельскохозяйственных территориях и русловой эрозии водотоков непосредственно на территории заповедника.

Интенсивно в лесах Раифы возрастает роль липы, площадь липняков за 87 лет увеличилась на 9 %. Возможно, что в прошлом распространение липы сдерживалось человеком. Эта порода имела большое хозяйственное значение (лыко, различные изделия из липовой древесины). Известно, что в XIX в. крестьяне с. Большие Ключи специализировались на изготовление сундуков на продажу (носили прозвище «сундучники») и брали липу в Раифском лесу. В настоящее время липа вытесняет как дуб, так и хвойные (рис. 2). Вытеснение липой дуба мы связываем с нарушением структуры широколиственных лесов прошлыми рубками. В основе вытеснения липняками хвойных сообществ, судя по всему, лежит процесс повышения плодородия почв. Этот процесс характеризуется высокой скоростью, что, по-видимому, обусловлено литологией надпойменных террас: для хорошо промываемых легких грунтов характерна ускоренная аккумуляция в верхней части профиля илистых частиц физической глины, ведущая к увеличению влажности, накоплению оснований и гумуса в горизонтах A_0 и A_1 . В почвах елово-липовых насаждений Раифы выявлено наложение дернового процесса на подзолообразовательный (Алейникова и др., 1979). Смена более олиготрофных бореальных видов растений эвтрофными неморальными видами в ходе их межвидовой конкуренции первоначально проявляется в травостое (рис. 3). Развитие неморального широколиственного сообщества блокирует возобновление хвойных пород. В ходе экспансии липы происходит смена сообществ. Так, например, сосняк кисличный с елью в кв. 39 постепенно превращается в сосняк сложный, а сосняк сложный в кв. 31 – в липняк снытевый с елью и сосной (рис. 2).

Непосредственным фактором снижающим участие дуба в лесах Раифы является его периодическое вымерзание. По данным лесоустройств, динамика площадей с господством дуба в пределах Раифской лесной дачи 1925 г. следующая: в 1925 г. дуб преобладал на 115,5



Рис. 3. Валеж в липняке пролесниковом с елью – последнее прибежище бореальных трав *Oxalis acetosella* и *Dryopteris carthusiana*.

га, в 1935 – на 142,4 га, в 1948 – на 121,2 га, в 1958 – на 59,1 га, в 1968 – на 56,2 га, в 1979 – на 79,6 га, в 1993 – на 22,0 га и в 2013 г. – на 13,5 га. Таким образом, площади дубрав увеличивались до зимы 1940/41 гг., когда дуб подвергся массовому вымерзанию (Морохин, 1948). Стабилизация состояния его популяции произошла к началу 1970-х гг. В это время площади дубрав начали расти, когда зимой 1979/80 гг. дуб подвергся ещё более сильному вымерзанию. Основной причиной современной деградации популяции дуба в заповеднике является его слабое возобновление. В полосе широколиственных лесов оно затруднено порослевым характером насаждений липы, создающим для проростков дуба неприемлемый световой режим. Даже самые старые липняки Раифы, 170–200-летнего возраста (кв. кв. 80, 81), имеют порослевое происхождение, являются производными рубок леса. Очевидно, что раифская популяция дуба в своё время формировалась и развивалась при иной структуре лесного фитоценоза.

Появление выделов с преобладанием клёна связано с господством этой породы на ряде участков распада старых дубовых насаждений. Клён характеризуется наиболее массовым подростом, но никогда не играл большой роли в сложении древостоев. Взрослые деревья клёна в прошлом также подвергались вымерзанию, как и дуб.

Относительно широкое распространение берёзы повислой на территории заповедника обусловлено прошлыми рубками леса. Увеличение площади березняков связано с зарастанием открытых территорий. В условиях заповедника оно происходит за счёт зарастания лугов, которые перестали обкашиваться с начала 1990-х гг.

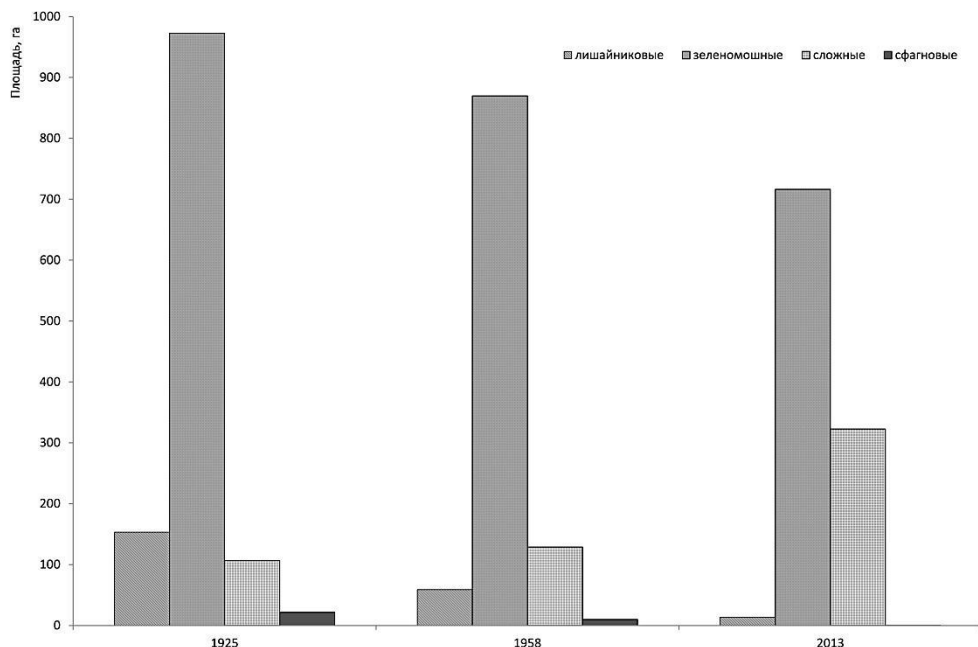


Рис. 4. Динамика площадей под разными группами сосняков в 1925–2013 гг.

Снижение площади осинников на территории заповедника представляется закономерным, так как осина является временной породой и выпадает в ходе восстановительных сукцессий. В отличие от берёзы, насаждения которой также носят временный характер, осина в Раифе характеризуется коротким жизненным циклом: уже примерно к 40 годам она бывает сильно поражена трутовыми грибами (в частности, *Phellinus tremulae*) и начинает выпадать.

Увеличение площадей ольшаников в Раифе связано с заилением и заносом водоёмов.

Таким образом, в развитие лесного покрова Раифского участка заповедника можно выделить два основных процесса: восстановительные сукцессии, обусловленные заповедным режимом территории, и неморализация лесов. На рисунке 4 представлена динамика площадей под разными группами сосняков в 1925–2013 гг. Сокращение площади сосняков лишайниковой группы является естественным процессом. Этот тип сообщества – первое лесное звено в постпирогенной сукцессии. Лишайниковые сосняки, по мере естественного увеличения богатства почв, сменяются сосняками зеленомошной группы. Сокращение площадей зеленомошных сосняков происходит в основном за счёт их смены сосняками сложными в ходе экспансии липы. Как нам представляется, этот процесс значительно ускорен понижением влажности почв под зеленомошными сосняками. Понижение влажности улучшает режим аэрации почв, что ведёт к усилению процессов её минерализации, повышению трофности. О понижении влажности заповедной территории свидетельствует и исчезновение к концу XX в. сфагновой груп-



Рис. 5. «Круги» *Chelidonium majus* по периметру кроны ели.

пы сосняков, о широком распространении которых в Раифе в конце XIX в. писал С. И. Коржинский (1888).

Следует заметить, что в Раифе последние 50 лет фиксируется увеличение количества выпадающих осадков (рис. 1). По-видимому, из-за общего понижения базиса эрозии, это не очень сильно влияет на основную часть растительного покрова или способствует иссушению территории путём увеличения интенсивности процессов линейной эрозии.

Судя по скорости сокращения бореального компонента в растительном покрове заповедника, роль понижения базиса эрозии в процессе неморализации лесов превосходит роль в этом процессе глобального потепления климата.

Говоря о повышении трофности почв в процессе их гумификации в изначально относительно сухих экотопах и в процессе улучшения их аэрации в изначально переувлажнённых экотопах, нельзя не упомянуть о ещё одном возможном факторе повышения почвенного плодородия – загрязнение территории соединениями азота через атмосферу. В Раифе часто можно наблюдать, что по периметру крон елей правильные круги в напочвенном покрове образует чистотел (*Chelidonium majus*) – индикатор повышенного поступления в почву соединений азота (рис. 5). Его приуроченность к елям очевидно связана с тем, что эта вечнозелёная порода с густой кроной способна перехватывать наибольшее количество выпадающих осадков, включая зимний период.

По данным станции Росгидромета «Вязовые», расположенной в 20 км к юго-западу от Раифы (по направлению господствующих ветров), с 1958 по 1983 гг. среднее годовое количество выпадающего с атмосферными осадками аммонийного азота составляло 587 кг/км², нитрат-

ов – 464 кг/км², с 1984 по 1999 гг. – аммонийного азота – 666 кг/км², зато нитратов – 1993 кг/км². Следует заметить, что зафиксировать повышенные концентрации аммонийного азота и нитратов в почве практически невозможно, при поступлении они сразу усваиваются растениями (Отчёт..., 2001). В целом количество соединений азота выпадающего с осадками на территорию европейской части России на порядок больше, чем на территорию Западной Сибири. На основании этого делается вывод, что основной вклад в загрязнение вносит трансграничный (атлантический) атмосферный перенос и ведущим источником загрязнения атмосферы соединениями азота является сельское хозяйство стран Западной Европы (Государственный доклад..., 1996).

Динамика биологического разнообразия

Помимо обязательной для заповедников регистрации появления на их территориях новых видов растений и животных, в заповедниках осуществляется мониторинг видового богатства конкретных / локальных флор и фаун, отдельных систематических групп организмов посредством их периодической инвентаризации. Также на территории заповедников проводятся учёты численности отдельных групп биоты. Наиболее длинные ряды данных имеются, как правило, в отношении сосудистых растений и позвоночных животных. Первые работы инвентаризационного характера на территории современного Раифского участка заповедника были выполнены в конце XIX – первой четверти XX вв. и касались сосудистых растений (Коржинский, 1888, Гордягин, 1931), мхов (Крылов, 1904) и птиц (Першаков, 1926).

Последующие инвентаризации показали, что изменения во флоре заповедника определяются описанными выше экологическими процессами – восстановительными сукцессиями и неморализацией лесов. В ходе зарастания лесом открытых участков, увеличения сомкнутости древостоев происходит выпадение из состава флоры светолюбивых видов растений, в том числе видов луговой группы. С сокращением площадей лишайниковых сосняков, с территории заповедника на территорию прилегающего лесхоза, с его разреженными в результате рубок насаждениями, «вытесняются» популяции светолюбивых растений-псаммофитов (*Jasione montana*, *Hylotelephium maximum* и др.) и насекомых (в частности, *Parnassius apollo*). В ходе восстановительных сукцессий из состава флоры выпадают другие слабоконкурентные виды, например, представители семейства орхидных. На территории Раифского леса считаются исчезнувшими треть известных в первой половине XX в. видов: венерин башмачок (*Cypripedium calceolus*), поллопесник зелёный (*Coeloglossum viride*), ятрышник обожжённый (*Orchis ustulata*), калипсо луковичная (*Calypso bulbosa*), пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra*), кокушник длиннорогий (*Gymnadenia conopsea*). Здесь нужно отметить, что исчезновение ряда видов растений обусловлено небольшой площадью заповедника, на

которой не может быть представлен весь набор звеньев сукцессионной системы, последовательно, но спонтанно возникающих местообитаний, необходимых для того или иного вида. Сокращение числа экологических ниш и биологического разнообразия удел многих ООПТ с малой площадью, островным характером и режимом пассивной охраны. Выпадение из состава флоры некоторых видов орхидей связано с неморализацией лесов. Это, прежде всего, относится к калипсо.

С иссушением территории заповедника и неморализацией лесов связано сокращение числа местонахождений многих других бореальных видов растений. В первой трети XX в. А. Я. Гордягин (1931, с. 245) писал: «в участках *Pin. hylocomiosa* около самого монастыря в девятых годах были обыкновенны *Goodyera repens*, *Moneses uniflora* и *Linnaea*; есть они в этих участках и теперь, но их уже приходится разыскивать. Число местонахождений *Ptilium crista castr.* в напочвенном покрове таких участков несомненно сократилось по сравнению с девятнадцатыми годами, и вообще моховой покров стал как-будто менее мощным и пышным; а в двадцатых годах посреди лета в нём во многих местах наблюдалось отмирание дерновинок *Hylocom. proliferum*, *Dicr. undul.* и даже *Pleurozium Schreberi*... Очень вероятно, что причиной гибели мхов были засушливые лета последнего периода; но очень возможно, что их влияние усугублялось ещё и обильным отаптыванием мохового ковра множеством занимающихся в Раифе студентов...».

Упомянутую А. Я. Гордягиным одноцветку крупноцветковую (*M. uniflora*), как и известного в его время орлячка сибирского (*Diplazium sibiricum*), в XXI в. в Раифе уже найти не удаётся. Очень редкими стали гудайра ползучая (*Goodyera repens*) и линнея северная (*Linnaea borealis*); к числу исчезающих или резко сократившихся в численности видов в настоящее время относятся плаун-баранец (*Huperzia selago*), плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum*), звездчатка длиннолистная (*Stellaria longifolia*), все четыре вида грушанок (*Pyrola*), осока плевельная (*Carex loliaceae*) и др. После организации заповедника, отмеченный А. Я. Гордягиным фактор рекреационной нагрузки на бореальные сообщества снизился. При этом сохраняющаяся тенденция исчезновения таёжных форм подчёркивает ведущую роль в отрицательной динамике фактора нарушения гидрологического режима территории.

Результаты инвентаризации бриофлоры Раифы также показали, что за последние полвека наиболее значительное сокращение видового состава произошло среди эпискильных мхов, так или иначе связанных с еловыми и пихтовыми насаждениями, а также среди болотных видов; относительно эвтрофные наземные лесные виды стали встречаться чаще (Ignatov et al., 2005).

Многолетняя динамика позвоночных животных, в особенности такой мобильной группы как птицы, определяется бóльшим числом факторов. Так, по данным периодических инвентаризаций авифауны, виды прекратившие гнездиться на территории современного Раифского

Таблица 2

Тренды численности фоновых видов птиц
Раифского леса в 1958–2013 гг.

Характеристика изменения численности	Количество видов по периодам					
	1958–1975 гг.		2004–2013 гг.		1958–2013 гг.	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Рост	5	9	13	24	13	23
Снижение	15	27	13	24	8	15
Без изменений или тренд недостоверен	35	64	27	52	34	62

участка заповедника могут быть подразделены на четыре группы: виды, прекратившие гнездиться в связи с зарастанием открытых участков – тетерев (*Lyrurus tetrix*), лесной жаворонок (*Lullula arborea*), дубровник (*Emberiza aureola*); виды, прекратившие гнездиться в связи с деградацией водоёмов и заболоченных участков – чёмга (*Podiceps cristatus*)*, шилохвость (*Anas acuta*)*, скопа (*Pandion haliaetus*)*, лысуха (*Fulica atra*)*, журавль (*Grus grus*), малый зуёк (*Charadrius dubius*); виды, прекратившие гнездиться в связи с деградацией ельников: юрок (*Fringilla montifringilla*); виды, сокращение численности которых наблюдается на всём протяжении их ареала – лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*)*, чёрный аист (*Ciconia nigra*)*, сапсан (*Falco peregrinus*)*, змеяд (*Circaetus gallicus*)*, большой подорлик (*Aquila clanga*), могильник (*A. heliaca*), филин (*Bubo bubo*); виды помеченные звёздочкой (*) перестали гнездиться в Раифе ещё до организации заповедника.

В таблице 2 представлены результаты анализа трендов численности фоновых видов птиц по данным маршрутных учётов в гнездовой период в 1958–1975 и 2004–2013 гг. Тренды численности определены с помощью линейной регрессии, ошибка аппроксимации оценивалась по коэффициенту корреляции обилия вида с последовательностью лет, достоверными считаются тренды с $r=0,45$ и выше (Аюпов, 2014). Разрыв в учётах связан с нередкой для заповедников проблемой преемственности работающих в заповеднике специалистов.

Виды, у которых тренд численности отсутствует или статистически недостоверен, что свидетельствует о низких темпах трансформации их среды обитания, составляют 62 %. Например, в зелёной зоне г. Казани этот показатель может составлять менее 10 % (Ивлиев, 2011). Виды со снижающейся численностью могут быть подразделены на шесть групп: виды сокращающие численность в связи с зарастанием открытых участков – сарыч (*Buteo buteo*); виды сокращающие численность в связи с деградацией водоёмов и заболоченных участков – кулик-перевозчик (*Actitis hypoleucos*); виды сокращающие численность в связи с деградацией ельников: хохлатая синица (*Parus cristatus*), снегирь (*Pyrrhula pyrrhula*); виды сокращающие численность в связи с деградацией дубрав: клинтух (*Columba oenas*); виды, сокращение чис-

ленности которых наблюдается на всём протяжении их ареала – горлица (*Streptopelia turtur*); виды, причины сокращения численности у которых назвать затруднительно – вяхирь (*Columba palumbus*), вертишейка (*Jynx torquilla*).

Обогащение авифауны заповедника происходит за счёт неморальных и лесостепных форм. Так, с конца 1950-х гг. в Раифе стали гнездиться зелёный дятел (*Picus viridis*) и мухоловка-белошейка (*Muscicapa albicollis*); с 1980-х гг. ежегодно фиксируется щурка (*Merops apiaster*). Место упомянутого лебедя-кликун, южная граница гнездового ареала которого в XX в. переместилась далеко на север, в авифауне заповедника занял лесостепной лебедь-шипун (*Cygnus olor*); впервые вид был зафиксирован в Саралинском участке заповедника в 1983 г., а на водоёмах Раифы – в 2010 г. Продвижение ряда южных форм на север продолжается, что, правда, лучше видно в Саралинском участке: так, 1997 г. здесь датируется первая встреча орла-карлика (*Aquila pennata*), а в 2009 г. обнаружено первое гнездо. Впрочем, продвижение на север лесостепных и степных видов животных более интенсивно происходит у беспозвоночных.

Увеличение численности ряда фоновых видов птиц Раифы обусловлено различными факторами. Так, увеличение численности певчего дрозда (*Turdus philomelos*) мы связываем с увеличением в ходе восстановительных сукцессий густоты подлеска – гнездовой станции вида; увеличение численности ворона (*Corvus corax*) связывается с занятием им экологической ниши исчезнувших видов крупных дневных хищных птиц и т. д. С реакклиматизацией в 1990-х гг. на территории Раифы бобра (*Castor fiber*) и появлением здесь бобровых прудов (Gorshkov et al., 2002; Горшков Ю., Горшков Д., 2012) связано увеличение численности ряда околотовных видов – серой цапли (*Ardea cinerea*), орлана-белохвоста (*Haliaeetus albicilla*), кряквы (*Anas platyrhynchos*), чирка-свистунка (*A. crecca*), кулика-черныша (*Tringa ochropus*). Здесь нельзя не отметить, что в 2015 г. впервые с 1930-х гг. на территории Раифы отмечена выдра (*Lutra lutra*).

Таким образом, с сокращением площади хвойных насаждений Раифы мы можем в настоящее время связать сокращение и исчезновение популяций всего трёх таёжных видов – хохлатой синицы, снегиря и юрка, но с продолжением процесса неморализации лесов число таких видов может увеличиться.

Среди млекопитающих сокращение численности и выпадение видов из фауны заповедника относится в основном к таёжным формам. На рисунке 6 приведены данные учётов численности зайца-беляка (*Lepus timidus*). Хотя динамика численности этого вида очевидно и имеет циклический характер, общий тренд свидетельствует о сокращении популяции. С 1970-х гг. в заповеднике перестала встречаться летяга (*Pteromys volaus*). К числу исчезающих видов относятся сибирские фаунистические элементы – средняя бурозубка (*Sorex caecutiens*) и крас-

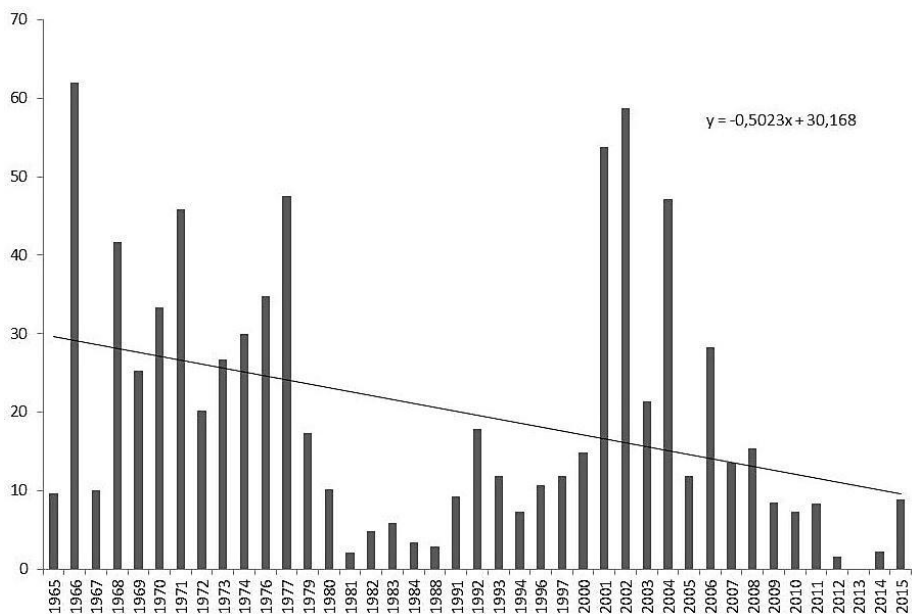


Рис. 6. Динамика относительной численности зайца-беляка в Раифском лесу в 1965–2015 гг., число следов на 10 км маршрута.

ная полёвка (*Clethrionomys rutilus*); первый вид почти перестал попадаться в стационарные учётные ловчие траншеи с начала 1950-х гг., второй – в 1980-е гг.

Заключение

В развитии подтаёжных экосистем Раифский участок Волжско-Камского заповедника, наряду с восстановительными сукцессиями, фиксируется процесс неморализации, который представляет собой вытеснение эвтрофными неморальными видами растений более олиготрофных бореальных видов. Прежде всего, это проявляется в замещении еловых насаждений липняками. С изменением растительного покрова меняется и связанная с ним фауна. Представляется, что основной причиной неморализации подтаёжных экосистем является уменьшением увлажнения заповедного участка из-за роста оврагов на прилегающих к нему обезлесенных территориях.

Процесс неморализации лесов характерен для всей подтаёжной зоны Волжско-Камского края, характеризующейся обширными обезлесенными пространствами, на которых получили развитие процессы линейной эрозии. Возможно, скорость понижения базиса эрозии на плакорах ниже, чем на надпойменных террасах рек, в связи с более тяжёлым механическим составом грунтов. С другой стороны, лесные массивы подверженные эксплуатации, в том числе и на плакорах, обогащаются соединениями азота в результате проводимых здесь рубок. Роль в неморализации загрязнения территории соединениями азота через атмосферу требует специального изучения.

Антропогенное иссушение ландшафтов на юге лесной зоны лежит в основе явления «смещения природных зон на север» и, по-видимому, превосходит по своему значению для естественных экосистем глобальное потепление климата.

Литература

АЛЕЙНИКОВА М. М., ПОРФИРЬЕВ В. С., УТРОБИНА Н. М. Парцеллярная структура елово-широколиственных лесов востока европейской части СССР (Волжско-Камский заповедник). М.: Наука, 1979. 92 с.

АЮПОВ А. С. Динамика фауны и населения птиц на территории Волжско-Камского заповедника. Казань, 2014. 128 с.

ГОРДЯГИН А. Я. О флоре Раифской лесной дачи // Журн. Рус. бот. общ-ва. 1931. Т. 16. Вып. 2–3. С. 227–249.

ГОРШКОВ Ю. А., ГОРШКОВ Д. Ю. Опыт сохранения биологического разнообразия в условиях Большого Волжско-Камского биосферного резервата // Уч. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2012. Т. 154. Кн. 2. С. 182–189.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД. О СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 1995 ГОДУ. М., 1996. 456 с.

ИВЛИЕВ В. Г. Многолетняя динамика численности гнездящихся птиц в зелёной зоне г. Казани // Современные аспекты сохранения биоразнообразия и пользования природными ресурсами: Мат. Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2011. Вып. 1. С. 43–49.

КОРЖИНСКИЙ С. Северная граница чернозёмно-степной области восточной половины Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении. 1. Введение. Ботанико-географический очерк Казанской губернии // Тр. Общ-ва естествоиспыт. при Импер. Казан. ун-те. 1888. Т. 18. Вып. 5. С. 1–256.

КРЫЛОВ П. Н. Список листовых мхов, собранных в Казанской губернии в 1882 и 1883 гг. С. Коржинским и П. Крыловым и определённых В. Ф. Бротерусом // Тр. Общ-ва естествоиспыт. при Импер. Казан. ун-те. 1904. Т. 39. Вып. 2. С. 1–21.

МОРОХИН Д. И. Подмерзание древесных пород Раифского дендросада и дубовых и липовых древостоев Раифского лесничества Татарской АССР во время зимы 1941–1942 гг. // Тр. по лесн. хоз-ву. Казань, 1948. Вып. 8. С. 3–22.

ОТЧЁТ НИОКР ФЦП «ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРИРОДНЫХ ЗАПОВЕДНИКОВ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ» ПО ТЕМЕ: ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА / Отв. исполнитель: О. В. Бакин. Садовый, 2001. 25 с. (рукопись).

ПЕРШАКОВ А. А. Видовой список летних птиц Раифа // Изв. Казан. ин-та сельск. хоз-ва и лесоводства. 1926. Вып. 6. С. 50–66.

УНКОВСКАЯ Е. Н., МИНГАЗОВА Н. М., ПАВЛОВА Л. Р. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика водоёмов Раифы // Тр. Волжск.-Камск. гос. природ. зап-ка. Казань, 2002. Вып. 5. С. 9–36.

ФИЛОНОВ К. П., НУХИМОВСКАЯ Ю. Д. Летопись природы в заповедниках СССР. Методическое пособие. М.: Наука, 1985. 144 с.

ЧАХИРЕВА Е. В. К многолетней динамике сезонного развития *Betula pendula* Roth (Betulaceae) в Волжско-Камском заповеднике // Бот. замет. Казань, 2015. № 5. С. 12–14.

ЧИСТЯКОВ А. Д. Генезис сосновых насаждений Раифской дачи Раифского учебно-опытного лесничества // Изв. Казан. лесотехн. ин-та. 1931. № 1. С. 135–155.

GORSHKOV Y. A., GORSHKOV D. Y., EASTER-PILCHER A. L., PILCHER B. K. First results of beaver (*Castor fiber*) reintroduction in Volga-Kama National Nature Zapovednik (Russia) // Folia Zool. 2002. Vol. 51. Suppl. 1. P. 67–74.

IGNATOV M. S., IGNATOVA E. A., KONSTANTINOVA N. A. Bryophyte flora of the Volzhsko-Kamskiy nature reserve (Tatarstan, European Russia) // Arctoa. 2005. Vol. 14. P. 49–66.

**Опыт оценки экосистемных услуг
по показателям видового разнообразия и продуктивности
на примере экосистем Раифского участка
Волжско-Камского биосферного заповедника**

И. С. Сауткин, Т. В. Рогова¹

SAUTKIN I. S., ROGOVA T. V. THE EXPERIENCE OF ECOSYSTEM SERVICES EVALUATION
USING INDICATORS OF SPECIES DIVERSITY AND PRODUCTION ON THE EXAMPLE
OF RAIFA PART OF VOLZHSCO-KAMSKY BIOSPHERE RESERVE FOREST ECOSYSTEMS

The article is devoted to the practical experience ecosystem services (ES) evaluation using indicators of species diversity and production on the example of Raifa part of Volzhsko-Kamsky National Nature Biosphere Reserve forest ecosystems. For ES costs assessment together with an expert knowledge were used the data on species diversity and ecological coenotic species composition of evaluated ecosystems. The method for determining the correcting coefficient based on the list of vascular plants was proposed. The method can be recommended for environmental and economic assessment of species diversity of forest areas.

Биологическое разнообразие – основа жизни на Земле, а экосистемные услуги, которые оно обеспечивает, являются источником средств к существованию и залогом благополучия для людей во всем мире (Torfer, 2000). Охрана биоразнообразия и предотвращение дальнейшей его утраты – необходимая инвестиция в будущее, как человечества, так и всей планеты.

Конвенция о биологическом разнообразии (CBD: <https://www.cbd.int/convention/text/default.shtml>) признаёт, что биологическое разнообразие относится не только к живым организмам и их экосистемам, но и к людям, их потребностям в продовольственной обеспеченности, лекарствах, свежем воздухе и воде, жилье, чистой и здоровой пригодной для жизни окружающей среде. В программах и инициативах Конвенции экономика экосистем и биоразнообразия входит в число ключевых направлений, призванных обеспечить реальные практические механизмы сохранения биоразнообразия в качестве одного из главных факторов устойчивого развития (Brouwer et al., 2013). Это привело к переходу в национальной и международной политике от изучения отдельных элементов окружающей среды к комплексному подходу, основанному на представлении о единстве экосистемы (Jacobs et al., 2014; ТЕЕВ, 2010). Понимание взаимообусловленности компонентов экосистемы и протекающих в ней процессов определяет связи и оценку баланса между различными услугами, что позволяет экосистемному подходу выявить области, которые обеспечивают мно-

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет; E-mail: Tatiana.Rogova@kpfu.ru

гочисленные выгоды и блага (Costanza et al., 1997; Haines-Young et al., 2010; Braat et al., 2012; de Groot et al., 2012). Появление концепции экосистемных услуг дало возможность не только охарактеризовать функции экосистем с позиции их вклада в благополучие человека, но и сделало возможным проведение экономической оценки обеспечиваемых экосистемами услуг (МЕА, 2005). Простота концепции, её способность раскрывать сущность экосистемных товаров и услуг, а также их взаимосвязь с деятельностью человека обеспечили её быстрый успех (Vihervaara et al., 2010). С самого начала эта концепция была междисциплинарной; совместное использование экологических, экономических и социологических подходов позволили оценить услуги с точки зрения политических и социальных норм, а также доступности ресурсов населению (МЕА, 2005). Материалы МЕА узаконили подходы к оценке экосистемных услуг и их типизацию.

Следующим важным шагом развития и практического использования концепции экосистемных услуг стало утверждение глобальной инициативы ТЕЕВ (ТЕЕВ, 2010). Данная инициатива базируется на трёх ключевых принципах:

- 1) признание ценности экосистем, ландшафтов, биоразнообразия;
- 2) выражение этой ценности (как рыночной, так и нерыночной) в экономических категориях;
- 3) выработка механизмов учёта услуг и благ, предоставляемых экосистемами, в планировании хозяйственной деятельности.

В настоящее время практический учет экосистемных услуг ведётся во многих странах. Лидерами являются страны Евросоюза, для многих из которых были выполнены оценки экосистемных услуг на национальном уровне (Maes et al., 2012; Brouwer et al., 2013). Оценка экосистемных услуг заинтересованными сторонами становится одним из основных политических инструментов (Lamarque, 2011).

Целью настоящей работы является определение и оценка экосистемных услуг с применением показателей видового разнообразия и первичной продукции на примере лесных экосистем Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

Материалы и методы

Исследование проводилось на территории 16 кварталов Раифского участка Волжско-Камского заповедника (кв. кв. 25, 26, 39, 40, 41, 42, 56, 57, 62, 63, 66, 75, 76, 83, 87, 88). Используя информационную систему «Флора» (Vegetation Database of Tatarstan: <http://www.givd.info/ID/EU-RU-011>), были определены 295 точек геоботанических описаний, принадлежащих исследуемым кварталам. Для каждой точки, с помощью модуля анализа видового разнообразия (МАВР), были получены данные о видовом разнообразии и эколого-ценотической структуре флоры. В исследовании использовались данные по группам лесных, луго-

вых и рудеральных видов. Основываясь на данных геоботанических описаний, были охарактеризованы три наиболее часто встречающиеся на исследованной территории лесные формации: сосновая, берёзовая и липовая. Для каждой формации были установлены занимаемая площадь, видовой состав, эколого-ценотическая структура и запасы древесины. Дополнительно использовались полевые данные 2012–2013 гг. по 12 пробным площадям. На каждой площади проводился учёт древостоя, подлеска и травостоя. При описании древостоя отмечались следующие параметры: вид, ярус, диаметр ствола, высота, санитарно-гигиеническое состояние дерева. При камеральной обработке рассчитан запас древесины в стволе. По полевым данным и данным таксационных описаний (на 01.01.2014 г.), для каждого квартала и принадлежащим к нему точкам был установлен состав древостоя, а также запасы древесины. С помощью пакета для статистической обработки информации «R» был проведён корреляционный анализ, с целью установления наличия или отсутствия связей между составом древостоя, долями видов (лесных, луговых и рудеральных), запасами на 1 м² по таксационным и полевым данным. Были рассчитаны коэффициенты множественной корреляции, корреляции Пирсона и ранговой корреляции Спирмена. По результатам корреляционного анализа сделаны выводы о наличии или отсутствии связей между исследуемыми показателями. Используя данные стоимостных оценок вклада экосистемных услуг природных сухопутных ландшафтов России, опубликованных в Пятом национальном докладе «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» (Пятый национальный доклад..., 2015), была произведена удельная денежная оценка экосистемных услуг на исследуемой территории Раифского участка заповедника. Рассчитывался вклад экосистемных услуг по сохранению биоразнообразия через средние показатели удельных затрат на территориальную охрану природы (в заповедниках в среднем – 90–100 руб. на 1 га в год).

Результаты и их обсуждение

На территории обследованных кварталов было зафиксировано 413 видов сосудистых растений, относящихся к 235 родам и 78 семействам, что составляет 25,7 % от всей флоры Республики Татарстан. Если учитывать только аборигенные виды, то их количество уменьшится до 390, что составит 94,4 % от первоначального их числа. Господствующая роль среди них принадлежит покрытосеменным растениям (Magnoliophyta) – 389 видов, что составляет 94,2 % от общего числа видов. Отделы плаунов (Lycopodiophyta), хвощей (Equisetophyta), папоротников (Polypodiophyta), голосеменных (Pinophyta) представлены всего 24 видами – 5,8 %. По фитоценотической приуроченности растения исследованной территории разделяются на эколого-ценотические группы. На исследуемой территории отмечено 28 видов растений, занесенных в Красную книгу Республики Татарстан (2006).

Таблица 1

Лесные формации исследуемых участков Раифского леса

Формация	Площадь, га	Количество видов	Виды Красной книги РТ	Запасы древесины по таксационным данным, м ³ /га
Сосновая (сосняки с елью, елью и липой, берёзой, берёзой и елью)	153,1	312	19	21000
Берёзовая (березняки с липой, липой и елью)	75,6	268	13	7500
Липовая (липняки с елью и липняки с дубом)	70,6	227	8	7200

В пределах обследованных кварталов были охарактеризованы экосистемы на уровне лесных формаций. По составу древостоя исследуемые кварталы принадлежат к следующим лесным формациям (табл. 1).

Были определены доли встречающихся лесных, луговых и рудеральных видов в каждой рассматриваемой формации (рис. 1). К лесным видам были отнесены бореальные, неморальные, бореально-неморальные и боровые виды. К луговым – собственно луговые и лесолуговые виды. В группу рудеральных видов вошли, помимо рудеральных, также и культурные виды. В прочие были включены следующие группы видов: верхово-болотные, влажно-луговые, водно-болотные, водные, гигрофитные, лугово-степные, низинно-болотные, остепненно-

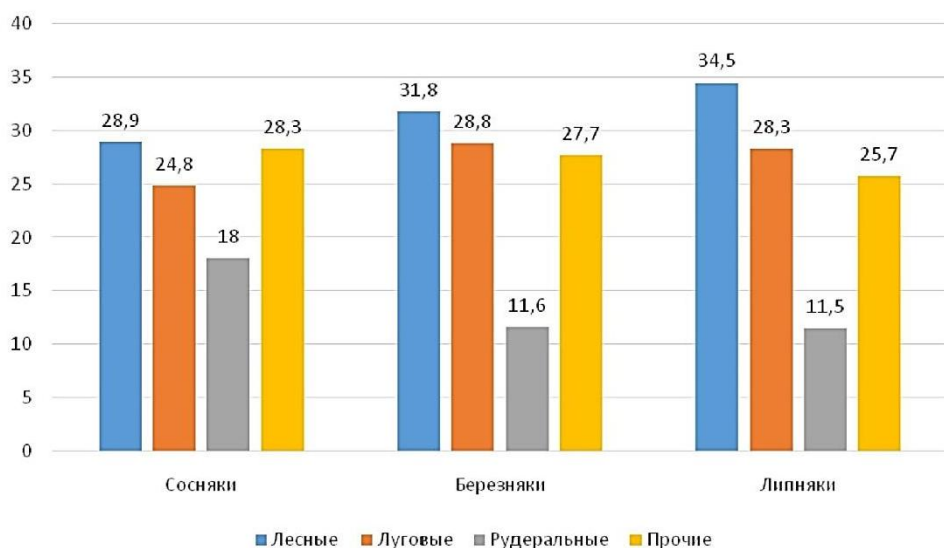


Рис 1. Доли видов по эколого-ценотическим группам, встречающихся в рассматриваемых формациях заповедника.

Таблица 2

Коэффициент общности рассматриваемых формаций

Сравниваемые формации	Коэффициент общности
Сосновая и берёзовая	0,74
Сосновая и липовая	0,67
Берёзовая и липовая	0,74

луговые, приречные, степные, суходольно-луговые, солонцевато-луговые и каменисто-степные.

Для каждой формации был вычислен коэффициент общности (КО) видового состава по формуле Серенсена–Чекановского:

$$КО = \frac{2c}{a+b}, \text{ где}$$

a – число видов в одном сообществе; b – число видов в другом сообществе; c – число общих видов.

Результаты вычислений представлены в таблице 2.

Корреляционный анализ проводился для трёх выборок, соответствующих охарактеризованным лесным формациям. Целью анализа являлось выявление связей между показателями биоразнообразия (доли видов, состав древостоя) и продукцией экосистем (запасы древесины). В большинстве случаев корреляционный анализ не выявил устойчивых зависимостей. Только для формации сосновых лесов отмечается слабая отрицательная корреляция (-0,2) запасов древесины с долей лесных видов.

Отдельно проводился корреляционный анализ для совокупной выборки, состоящей из 295 точек. Целью анализа являлось выявление связей между показателями биоразнообразия (состав древостоя) и продукцией экосистем (запасы древесины по полевым данным и данным таксации). Обнаружена сильная положительная корреляция между составом древостоя и запасами древесины по таксационным данным, коэффициент множественной корреляции = 0,73. Полученные данные означают, что чем более продуктивная порода доминирует в древостое, тем больше запасы древесины. Также наблюдается статистически значимая корреляционная связь (с надежностью 95 %) между запасами древесины по таксационным и полевым данным; коэффициент корреляции Пирсона = 0,57, коэффициент ранговой корреляции Спирмена = 0,7. Статистически значимая корреляционная связь, наблюдаемая между запасом древесины по таксационным данным и запасом древесины по полевым данным, позволяет сделать вывод о достоверности используемых в исследовании данных. Также из данных анализа следует, что таксационные данные отдельных выделов оказались в несколько раз занижены по сравнению с полевыми данными (таб. 3).

Таблица 3

Запасы древесины: таксационные и полевые данные

№ квартала	№ выдела	Таксационные данные (запас на 1 м ² , м ³)	Полевые данные (запас на 1 м ² , м ³)
25	7	0,04	0,12
26	1	0,04	0,12
39	10	0,05	0,17
40	17	0,03	0,12
41	24	0,03	0,14
42	12	0,05	0,23
56	5	0,01	0,08
57	8	0,02	0,07
66	1	0,03	0,13
75	11	0,02	0,20
76	7	0,03	0,12
83	3	0,02	0,06
83	3	0,02	0,09
87	17	0,02	0,10
88	7	0,03	0,10

На исследуемой территории Раифского участка заповедника для каждого выдела проводилась комплексная оценка экосистемных услуг, по результатам оценки рассчитывалась сумма услуг в денежном выражении. Минимальное значение суммы всех оказываемых услуг – 763 руб. на выдел в год, максимальное значение – 95425 руб. на выдел в год; среднее значение – 8794 руб. на выдел в год.

Оценка экосистемных услуг по сохранению биоразнообразия проводилась для каждой из трёх выборок. Выборки соответствовали охарактеризованным лесным формациям: сосновая, берёзовая и липовая. Стоимость оказываемых услуг по формациям, с учётом их площадей, составляет: для формации сосновых лесов – 13262 руб. в год, для формации берёзовых лесов – 7115,5 руб. в год, для формации липовых лесов – 6175 руб. в год. Экспертная стоимость (95 руб./га в год) не учитывает видовой и эколого-ценотический состав исследуемых площадей и, соответственно, при этом не оценивается вклад видového разнообразия в оценку экосистемных услуг. Было сделано предположение, что детальный учёт присутствия редких и охраняемых видов с одной стороны и наличие рудеральных видов с другой стороны, существенно повлияет на результаты оценки экосистемных услуг. С целью получить более достоверные оценки было решено ввести поправочные коэффициенты.

Расчёт коэффициента выглядит следующим образом. Основываясь на данных эколого-ценотического состава, были использованы зна-

Таблица 4

Коэффициент редкости

Статус	Коэффициент
1 (Cr) – находящийся под угрозой исчезновения вид	1
2 (En) – сокращающий численность вид	0,8
3 (Vu) – редкий вид	0,6
4 (DD) – неопределенный по статусу вид	0,4

чения долей встречающихся лесных и рудеральных видов. Вклад редких видов рассчитывался на основе данных по категориям охраняемых видов растений, встречающихся на исследуемой территории. В соответствии с категорией редкости, каждому редкому виду был присвоен соответствующий коэффициент (табл. 4).

Окончательный вариант поправочного коэффициента выглядит следующим образом:

$$ПК = Э + Д1 - Д2 + 0,4 * K_4 + 0,6 * K_3 + 0,8 * K_2 + 1 * K_1,$$

где ПК – поправочный коэффициент; Э – коэффициент экспертной стоимости (=1); Д1 – доля лесных видов; Д2 – доля рудеральных видов; 0,4 – коэффициент для категории редкости 4; 0,6 – коэффициент для категории редкости 3; 0,8 – коэффициент для категории редкости 2; 1 – коэффициент для категории редкости 1; К – количество редких видов, соответствующее категории редкости.

Результаты расчёта стоимости одного гектара, с учётом поправочного коэффициента, представлены в таблице 5.

Применяя поправочный коэффициент, были произведены расчёты стоимости экосистемных услуг по сохранению биоразнообразия по формациям с учетом их площадей. Для формации сосновых лесов стоимость экосистемных услуг по сохранению биоразнообразия с учетом структуры видового состава составила 22442 руб. в год, для формации березовых лесов – 14005 руб. в год, а для формации липовых лесов – 10958 руб. в год. После введения поправочных коэффициентов, стоимость экосистемных услуг оказалась выше по сравнению с данными Пятого Национального доклада. На увеличение стоимости экосистемных услуг в большей мере повлияло включение в оценку редких и охраняемых видов. Для ряда исследуемых точек стоимость предоставляемых услуг выросла в 3 раза.

Таблица 5

Стоимость 1 га с учётом поправочного коэффициента

Формация	Стоимость 1 га (с поправочным коэффициентом), руб./га в год		
	Минимум	Максимум	Среднее
Сосняки	98	336	177
Березняки	89	291	160
Липняки	98	229	162

Заключение

В ходе исследования была определена структура флоры исследуемой территории Раифского участка Волжско-Камского заповедника. Было зафиксировано 413 видов сосудистых растений, относящихся к 235 родам и 78 семействам. Растения исследованной территории разделяются на 22 эколого-ценотические группы. Доля лесных видов составляет 29,2 %, в их числе бореальные, бореально-неморальные, неморальные и боровые виды. Доля рудеральных видов, в том числе и культурных, – 14,5 %. Несмотря на заповедный режим, лесные экосистемы Раифского участка, в результате прошлых и современных антропогенных воздействий, в своём составе имеют высокую долю рудеральных видов, что снижает стоимость оказываемых экосистемных услуг.

Биоресурсная функция экосистемных услуг лесов, оцениваемая через определение запасов древесины, возможна на основе использования данных государственной лесной таксации. Наличие сильной корреляционной связи (0,75) между таксационными данными по запасам и результатами полевых исследований, говорит о достоверности полученных данных. На исследуемых участках заповедника установлен статистически достоверный факт занижения запасов древесины по данным таксации.

Учёт видового состава на обследованной территории позволил провести более объективную оценку оказываемых экосистемных услуг. Предложенный поправочный коэффициент включает данные о доле лесных и редких, охраняемых видов, повышающих, и рудеральных видов, понижающих качество оказываемых экосистемных услуг. Применение поправочного коэффициента позволило получить более высокие значения стоимости экосистемных услуг по сохранению биоразнообразия. В дальнейшем применение использованного метода поправочных коэффициентов может быть рекомендован для использования в практике эколого-экономической оценки видового разнообразия лесных территорий.

Литература

- BRAAT L. C., DE GROOT R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy // Ecosystem Services. 2012. Vol. 1. P. 4–15.
- BROUWER R., BRANDER L., KUIK O., PAPYRAKIS E., BATEMAN I. A synthesis of approaches to assess and value ecosystem services in the EU in the context of TEEB. Final Report, Univ. of Amsterdam, 2013, 144 p.
- COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S. GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEN S., O'NEILL R. V. O., PARUELO J., RASKIN R.G., SUTTON P. AND VAN DEN BELT M. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1997. Vol. 387. P. 253–260.
- DE GROOT R. S., WILSON M. A., BOUMANS R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services // Ecological Economics. 2002. Vol. 41. P. 393–408.

HAINES-YOUNG, R., POTSCHIN, M. The links between biodiversity, ecosystem services, and human well-being // *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. P. 110–139.

JACOBS S., DENDONCKER N., KEUNE H. *Ecosystem Services. Global Issues, Local Practices*, Elsevier, 2014. 411 p.

LAMARQUE P., QUETIER F. & LAVOREL S. The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management // *Comptes Rendus Biologies*, 2011. Vol. 334 (5–6). P. 441–449.

MAES J., HAUCK J., PARACCHINI M.-L., RATAMAKI Q., TERMANSEN M., PEREZ-SOBA M., BIDOGLIO G. A spatial assessment of ecosystem services in Europe: methods, case studies, and policy analysis – phase 2. Synthesis report. Ispra: Partnership for European Environmental Research, 2012.

MEA. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press, 2003. 266 p.

MEA. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. Vol. 1. Island Press, 2005. 919 p.

MEA. *Ecosystems and Human Well-being: Multiscale Assessments*. Vol. 4. Island Press, 2005. 389 p.

MEA. *Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses*. Vol. 3. Island Press, 2005. 623 p.

MEA. *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*. Vol. 2. Island Press, 2005. 561 p.

TEEB. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Progress Press, Malta, 2010. 39 p.

TEEB. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations* / Ed. Kumar P. Earthscan, 2010. 422 p.

THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CBD), <https://www.cbd.int/convention/text/default.shtml>

TOPFER K. Sustaining life on Earth. How the Convention on Biological Diversity promotes nature and human well-being // Secretariat of the Convention on Biological Diversity and the United Nations Environment Programme. 2000. 21 p.

VEGETATION DATABASE OF TATARSTAN, <http://www.givd.info/ID/EU-RU-011>

VIHERVAARA R., RONKA M., & WALLS M. Trends in ecosystem service research: early steps and current drivers // *Ambio*. 2010. Vol. 39(4). P. 314–324.

ПЯТЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ДОКЛАД «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015, 124 с.

ИСТОРИЯ

УДК 58 (092) – Эверсманн, Шубин

Исторические заметки

В. И. Гаранин¹

GARANIN V. I. HISTORICAL NOTES

Biographies of the professor Eduard Eversmann and first director of the Volzhsko-Kamsky Reserve Georgiy Shubin are presented. Professor Eversmann was the outstanding scientist-naturalist of the XIX century. For a long time he was working in Kazan Imperator University. He was the first scientist who investigated the nature of Subural Region and the ancestor of Kazan University zoology museum. «Natural History of Orenburg Region» is his main scientific production. Georgiy Shubin during the Second World War accomplished a several great heroic deed. He was the commander of the front intelligent service. After the War Shubin was working as the director of several Russian Natural Reserves (Pechoro-Ilicheskiy, Voronezhskiy, Volzhsko-Kamskiy, Mariyskiy).

1. Эдуард Александрович Эверсманн (1794–1860). За годы, прошедшие после юбилея Казанского университета (2004), когда были опубликованы биографии многих связанных с ним учёных, в т. ч. профессора Э. А. Эверсмана (Гаранин, 2001, 2002), стали известны другие публикации (Иванова, 1996; Ахмерова, 1997; Савельзон, 2000; Матвиевская, 2001; Руди, 2001) и неопубликованные по разным причинам работы о нём и его окружении, относящиеся к Волжско-Камскому краю, которые и использованы в этой статье.

Э. А. Эверсманн – один из крупнейших натуралистов XIX века, сравнимый по масштабам исследований с А. Гумбольдтом и П. С. Палласом, временами становится забытым учёным; потом его «вспоминают», о нем пишут и ... забывают снова. Первый такой многолетний период начался примерно с 1904 г., когда были опубликованы биографии учёных Казанского университета, в т. ч. первая биография Эверсмана, написанная М. Д. Рузским (1904). Первая Мировая и Гражданская войны, учитывая национальность Эверсмана, не способствовали воспоминаниям о нём. Первая книга об этом нашем учёном выходит в начале Второй Мировой войны (Гептнер, 1940). Однако здесь была использована информация о личных качествах Эверсмана, вызывающая сомнение. Великая Отечественная война также не способствовала воспоминаниям о профессоре немецкой национальности, хотя он почти 40 лет развивал науку в России (да и вся казанская зоология начинается с трёх профессоров-немцев – К. Ф. Фукс, А. И. Эйхвальд и Э. А. Эверсманн). В конце XX в. в России начинается новый период забвения великих учёных (причины этого периода известны), никак не полезный наукам, особенно истории. Однако в начале XXI в. интерес к деятелям

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет

прошедших веков (и не только к политикам) усиливается, как в «столицах», так и в провинции, особенно в отдельных регионах, в т. ч. в Волжско-Камском крае, охватывающем восток Европейской России. Это связывается, в частности, с юбилеями, в т. ч. с 200-летием Казанского университета, который до XX в. был самым восточным в России.

Семья и родственники Э. А. Эверсмманна оставили память о себе в России делами, начиная с его отца – **Августа Фридриха Александра фон Эверсмманна** (1759–1837?), – основателя и руководителя фабрики холодного оружия в Златоусте (1809–1817), оставившего там около 200 человек обученных русских мастеров. Женой Эверсмманна стала дочь уже покойного генерала, перешедшего с Суворовым через Альпы, друга семьи **Аксаковых** в Уфе, **Александра Павловича Мансурова – Софья Александровна**. Старший сын Э. А. и С. А. Эверсмманнов – **Николай** (1823–1901) окончил юридический и медицинский факультеты (последний – в Гейдельбергском университете), работал врачом в Оренбурге, позднее всю жизнь прожил в Уфе. Он завещал передать свою усадьбу под постройку в Уфе реального училища, что и было сделано. Из его детей данные о сыне **Владимире** (1855 г. рождения) не найдены. Дочь – **Надежда** (1849–1920), по мужу – **Хасабова**, окончила в Уфе гимназию, училась в Казанском университете, преподавала математику в родной гимназии; занималась благотворительностью. Единственная дочь Эверсмманнов – **Евгения** (1826–?), кроме домашнего образования, окончила Казанскую Мариинскую женскую гимназию, владела русским, немецким, французским языками. В 18 лет была выдана замуж за **Александра Афанасьевича Толмачева** – председателя Пермской казённой палаты, статского советника. В Перми Евгения принимала участие в организации народных библиотек, литературно-музыкальных вечеров, в открытии женской гимназии и воскресных школ. Она вызвала недовольство почитателей домостроевских устоев и цензуры публичным чтением стихотворения А. С. Пушкина «Египетские ночи» и уехала за границу. В Лондоне встречалась с **А. И. Герценом** и князем **П. В. Долгоруковым**. В Пермь Евгения не вернулась, поступив приказчицей в Москве в книжную лавку **Н. А. Серно-Соловьевича**, соратника Н. Г. Чернышевского и А. И. Герцена. Через эту лавку распространялась нелегальная революционная литература. Е. Э. Толмачева была, вероятно, агентом Герцена и находилась под надзором полиции до 1917 г. Второй сын Эверсмманнов – **Василий** (1827–?) стал военным, был войсковым старшиной, адъютантом командира Отдельного Оренбургского корпуса Оренбургского и Самарского генерал-губернатора, зав. Оренбургским пограничным краем генерал-адъютанта, генерал-лейтенанта **А. А. Катенина** (1858), затем подполковником, управляющим войсковым башкирским конным рассадником (1865). Выйдя в 1896 г. в отставку, В. Э. Эверсмманн работал земским начальником 13 участка (с. Спасское Оренбургской губ. – имение Эверсмманнов). Третий сын – **Александр** (1831–?), родившийся

в Казани, окончил со степенью кандидата естественных наук физмат Казанского университета, был коллежским секретарем Канцелярии казанского военного губернатора (1854–1857), ушёл в отставку по здоровью. Магистр математики (1857), астроном-наблюдатель Казанского университета (1859). С 1866 г. – в Оренбургской губернии: земский начальник 1-го участка пос. Верхнеозёрное Гирьяльской волости Стерлитамакского уезда, член губернского комитета присяжных (Уфа, 1904). Действительный член Оренбургского отдела Российского географического общества. Сын Александра **Василий** окончил курс юрфака Петербургского университета. Дочь **Вера** закончила Оренбургскую гимназию с золотой медалью, вышла замуж за **А. И. Базилева** – известного в Уфе учёного-агронома. Четвертый сын Э. А. Эверсманны – **Михаил** (1840–?) учился с перерывом на юрфаке Казанского университета (1856–1857, 1858–1862), был мировым посредником Оренбургского уезда (1865–1874), чиновником для особых поручений при Саратовском губернаторе (1877–1879); когда губернатор **М. Н. Галкин-Врасский** стал начальником Главного тюремного управления, М. Э. Эверсманн становится инспектором VI, затем V класса этого управления (1879–1893), действительным статским советником. Его сын (и внук Э. А. Эверсманны) **Михаил Михайлович** был земским начальником 2-го участка в Орске (1895–1899), с 1905 г. – Оренбургским вице-губернатором (в чине статского советника и придворном звании камер-юнкера), позднее – почётным мировым судьёй Оренбургского уезда (1908–1910).

Первый биограф Э. А. Эверсманны – **М. Д. Рузский** охарактеризовал его деятельность кратко: «Ни один учёный, после Палласа, не сделал так много, как он, для познания природы востока Европейской России и арало-каспийской низменности». В то же время, могила Эверсманны в г. Казани на Арском кладбище утеряна, а памятной (мемориальной) доски нет ни на его доме (который сохранился), ни на главном корпусе университета, где он проработал треть века.

Столетию со дня рождения Э. А. Эверсманны было посвящено заседание Общества естествоиспытателей при Казанском университете (совместно с Татарским филиалом ВГО) 26 декабря 1960 г. После вступительного слова профессора **В. Л. Вагина** были заслушаны доклады **И. Н. Александрова** «Э. А. Эверсманн – географ и путешественник» и **В. А. Попова** «Работы Э. А. Эверсманны в области фауны наземных позвоночных Волжско-Камского края». По мнению В. А. Попова, имя Эверсманны должно быть высечено золотыми буквами на стенах Казанского университета вместе с П. С. Палласом. Это – зоолог первого класса, мирового масштаба. Его региональные работы выдвинули территорию Уральской области по изученности вперед среди других в России. Наше отношение к Эверсманну определяется 6-ю положениями:

1. Эверсманн начинал свои исследования, практически не имея предшественников. Состояние изученности животного мира было в то

время очень невысоко;

2. Эверсманн, как и духовный отец современной экологии К. Ф. Рулье, считал, что нельзя дать описание всей страны без региональных описаний. Он посвятил свою жизнь Уральскому региону;

3. Эверсманн базировался только на своих материалах, не используя чужих. Поэтому ряд положений его по широте и наблюдательности до сих пор сохранили свою ценность;

4. Эверсманн был учёным широкого кругозора, подходил к предмету своего изучения экологически. Взаимосвязь между организмом и средой он учитывал первым в нашем крае;

5. Эверсманн подчёркивал необходимость связи науки и практики, хозяйства, например, в речи 1839 г. (Актная речь) о пользе наук;

6. Эверсманн принял русское подданство в 1840 г. Он был по-немецки точен и добропорядочен в своих делах и работах, ежегодно устраивал «каникулярные поездки», т. е. полевые работы. Работы его чрезвычайно точны и пунктуальны.

Млекопитающим Эверсманн уделил 2-й том «Естественной истории Оренбургского края». Красочны очерки по отдельным животным; например, «белка – обезьяна в наших лесах». Таксономические единицы мельче вида во времена Эверсманна не были уточнены, поэтому некоторые установленные им виды теперь укрупнены. Но его подвиды всегда имели экологическое содержание. В числе 112 описанных им видов (млекопитающих) и все домашние животные.

По птицам Эверсманн дал 3-й том – 600 страниц с описанием 330 видов по системе Аристотеля. Но для нас ценен не его систематический критерий, а его фактический материал (им собранный). Эверсманн был превосходным коллекционером (собрал до 1000 шкурок птиц).

Эверсманн не занимался рыбами и амфибиями, но «уважал» рептилий. Он описал два вида ящериц и дал прекрасную монографию по ящерицам (России) с двумя новыми видами (ящерицы луговая и горная). С точки зрения фаунистической Эверсманн явился краеугольным камнем в изучении местного края.

Эверсманн был родоначальником Зоологического музея в Казанском университете. Благодаря его дружбе с Мусиным-Пушкиным (попечитель Казанского учебного округа), музей ежегодно получал до 1000 рублей. До сих пор музей живёт процентами на то, что собрал Эверсманн у нас и привез из-за границы. Казанский университет обязан Эверсманну и своей научной деятельностью и музеем.

Доцент **А. Н. Колесников**, занимавшийся историей университета, отметил, что Эверсманн в своей речи 1839 г. дал основы биологической борьбы с вредителями посредством других животных. Эверсманн был близок с **Н. И. Лобачевским**. Он уделял много места связи между явлениями; он не отрицал возможности эволюции.

Профессор **В. Л. Вагин** предложил войти с ходатайством о прис-

военин Зоологическому музею КГУ имени Э. А. Эверсмманна. Можно заметить, что предложение Вагина удалось осуществить в 2003 г., когда Совет факультета подтвердил, а Совет университета принял это предложение, и с октября 2003 г. Зоологический музей Казанского университета носит имя Э. А. Эверсмманна.

Литература

АХМЕРОВА Ф. Д. Российский род – Эверсмманны // Башкирский край. Уфа, 1997. Вып. 7. С. 94–109.

ГАВЛЮК Э. В., РУДИ В. Н. Зоологические исследования Э. А. Эверсмманна на Южном Урале // Животный мир Южного Урала и Северного Прикаспия: Тез. докл. и мат. III регион. конфер. Оренбург: Изд-во ОренбГПИ, 1995. С. 3–5.

ГАРАНИН В. И. Эдуард Александрович Эверсмманн. 1794–1860. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2001. 24 с.

ГАРАНИН В. И. Жизнь и деятельность Э. А. Эверсмманна. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2002. 64 с.

ГАРАНИН В. И. Эверсмманн и Зоологический музей Казанского университета // Животный мир Южного Урала и Северного Прикаспия: Тез. докл. и мат. III регион. конфер. Оренбург: Изд-во ОренбГПИ, 1995. С. 5–7.

ГЕПТНЕР В. Г. Эдуард Александрович Эверсмманн (Eduard Friedrich Eversmann). Зоолог и путешественник (1794–1960). М.: Изд-во МОИП, 1940. 79 с.

ИВАНОВА Г. О. Э. Эверсмманн и С. Т. Аксаков. Судьбы потомков Э. Эверсмманна // Башкирский край. Уфа, 1996. Вып. 6. С. 151–155.

МАТВИЕВСКАЯ Г. П. Э. А. Эверсмманн и Оренбургский край // Эверсмманн Э. Естественная история Оренбургского края. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2001. С. 13–50.

РУДИ В. Н. Э. А. Эверсмманн – основоположник экологического направления в зоологии // Эверсмманн Э. Естественная история Оренбургского края. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2001. С. 51–74.

РУЗСКИЙ М. Д. Эверсманн Эдуард Александрович // Биограф. Словарь проф. и препод. Импер. Казан. ун-та (1804–1904) в двух частях. Ч. Первая / Под ред. Н. П. Загоскина. Казань, 1904. С. 533–543.

САВЕЛЬЗОН В. Оренбургская история в лицах. 50 портретов на фоне эпохи. Оренбург, 2000. С. 60–64.

2. Георгий Георгиевич Шубин (3.12.1912–5.4.1973) родился в г. Вятка (Киров), с 12 лет – охотник, позднее участвовал в биологических экспедициях, в т. ч. в Кольской экспедиции. Был наблюдателем в Лапландском заповеднике, к которому относится то ли легенда, то ли действительный случай схватки с медведем. Будто-бы медведь обхватил его лапами, прижав ружье, которое у Шубина было в руках, и начал зубами «обрабатывать» голову. Счёт шёл на секунды. Шубину удалось нажать на курок ружья, дуло которого находилось у подбородка медведя. Потом он шёл, истекая кровью, до базы. Уточнить этот рассказ пока не удалось.

Г. Г. Шубин поступил на звероохотоведческий факультет Всесоюзного зоотехнического института пушно-сырьевого хозяйства. Ездил по стране и за границу, в т. ч. был в Центральной Азии, где ловил архаров, в Турции, где добывал дельфинов, в Норвегии, откуда привёз для акклиматизации бобров, в Финляндии.

С началом Великой Отечественной войны призван районным воен-

коматом г. Чкаловск Горьковской области, с июля 1941 г. – в Сталинской добровольческой студенческой дивизии. Призывники строили укрепления в районе Брянска, и попали в окружение, из которого вышли, благодаря Шубину, «не потеряв ни одного человека».

Воевал Г. Г. Шубин на фронтах: Брянском (15 июля 1941 г. – февраль 1942 г.), был ранен в первый раз 3 ноября 1941 г. (позднее – ещё дважды); Калининском (?); Западном (июль – октябрь 1943 г.); Первом Прибалтийском (3 ноября 1943 – 1944 гг.); Третьем Белорусском (с февраля 1945 г.) в составе 348 стрелкового полка 51-й (позднее Краснознаменной ордена Суворова) стрелковой дивизии. Был снайпером-разведчиком, командиром отделения, командиром взвода пешей разведки (мл. сержант – мл. лейтенант), командиром роты пешей разведки (лейтенант – ст. лейтенант) дивизии (командир дивизии генерал-майор **А. Я. Хвостов**). Известный разведчик, доставивший десятки «языков» (Песков, 1975) при минимальных потерях с нашей стороны. Был под угрозой расстрела зимой 1944 г., когда 26 разведчиков под его руководством, проведя полтора месяца в тылах противника, пробились через линию фронта не в свою, а в соседнюю армию, и были арестованы одним бдительным капитаном, командиром батальона, принявшим небритых, грязных и оборванных разведчиков, не представивших документов, за власовцев. Капитан приказал им раздеться до белья и закрыл в холодном сарае до утра, когда они будут расстреляны. Шубину удалось убедить приставленного к сараю часового нарушить Устав, оставить место часового, чтобы дозвониться до их армии. Это удалось. Срочно прибывший начальник разведотдела 4-й Ударной армии объяснился с капитаном, заставил его вернуть Шубину отобранный капитаном трофейный браунинг и вывез разведчиков в свою армию. Шубин не удержался и на прощанье сказал комбату: «Ну, капитан, если будет следующая встреча, я с расстрелом до утра тянуть не буду». Георгий Георгиевич был награжден медалью «За отвагу» и орденом Красной Звезды (1943), орденами Славы 3-й степени, Отечественной войны 1-й степени (1944), Красного Знамени (март, апрель, июль 1944). Представлен к званию Героя Советского Союза.

После демобилизации из Советской армии он работал с 1946 г. на созданной в «Воентехфильме» Зообазе, построенной у г. Петушки Владимирской области, где содержались дикие животные, которые готовились для съёмок кинорежиссера **А. М. Згуриди**.

Позднее Шубин работает в заповедниках. Так, он был директором Печоро-Илычского заповедника (1950–1958), где помог (вместе с бывшим директором заповедника **В. П. Тепловым**) **Евгению Павловичу Кнорре** в организации первой в мире лосефермы (Якша, 1950) и лосепромышленного хозяйства (1956), затем был директором Воронежского заповедника (1958–1960), где занимался бобрами, с ноября 1960 г. он участвует в организации первого (и единственного в Татарстане) Волжско-Камского заповедника, созданного в виде двух участ-

ков в Раифском и Саралинском лесах, и является первым его директором (1960–1961).

Отсюда Шубин вновь перешёл на работу в Зообазу и был её начальником (1961–1969). Переход из заповедника был связан с предстоящим выходом на пенсию. Как известно, размер пенсии зависел от размеров получаемой заработной платы, а она была в заповедниках ниже, чем у директора Зообазы. Позднее Шубин работал в «Центрнаучфильме» в г. Петушки и участвовал дрессировщиком-дублером в 10 фильмах, снимавшихся известным режиссером А. М. Згуриди. Кинофильмы о животных вызывали большой интерес не только у детей. Александр Михайлович Згуриди (1904–1998) надолго пережил своего коллегу и первого директора зообазы. Георгий Георгиевич не выдержал «канцелярской» работы и отрыва от природы и снова вернулся на работу в заповедник, на этот раз – в Марийский, где и был директором до конца (1971–1973). Известно, что он был одним из составителей «Летописи природы» Марийского государственного заповедника за 1969–1972 гг. (с **Г. Т. Коршуновым, В. А. Крейером, Г. Д. Бодягиным и Ю. Н. Русовым**).

Умер Георгий Георгиевич Шубин на шестьдесят первом году жизни в г. Москве, похоронен на кладбище древнего погоста Крутец у с. Леоново Владимирской области.

Литература

- АЛЕКСЕЕВ В. Н. Вершина Шубина (1912–1973) / 3-е изд. Петушки, 2014. 210 с.
АЛЕКСЕЕВ В. Н., ШУБИНА Н. Г. Взвод пешей разведки / 3-е доп. изд. Орехово-Зуево, 2016. 226 с.
ЕФРЕМОВ П. Г., КОРНЕЕВ В. А., РУСОВ Ю. Н. Животный мир Марийской АССР. Наземные позвоночные. Йошкар-Ола, 1984. 127 с.
ПЕСКОВ В. Война и люди. 1970.
ПЕСКОВ В. Он был разведчиком // Охота и охот. хоз-во. 1985. № 3.

Научное издание

Общая редакция:
О. В. Бакин и Ю. А. Горшков

**Труды Волжско-Камского государственного природного
биосферного заповедника**

Выпуск 7

Подписано в печать 12.01.2017.
Заказ № 52. Формат 70х108 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman».
Тираж 150 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Фолиант»
420111, г. Казань, ул. Профсоюзная, 17в
Тел. +7 (843) 292-27-25
print-kzn.ru