

Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 5, 2019

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Петрозаводск
2019

Главный редактор
А. Ф. ТИТОВ, член-корр. РАН, д. б. н., проф.

Редакционный совет

А. М. АСХАБОВ, академик РАН, д. г.-м. н., проф.; О. Н. БАХМЕТ (зам. главного редактора), член-корр. РАН, д. б. н.; А. В. ВОРОНИН, д. т. н., проф.; И. В. ДРОБЫШЕВ, доктор биологии (Швеция – Канада); Э. В. ИВАНТЕР, член-корр. РАН, д. б. н., проф.; Х. ЙООСТЕН, доктор биологии, проф. (Германия); А. С. ИСАЕВ, академик РАН, д. б. н., проф.; А. М. КРЫШЕНЬ, д. б. н.; Е. В. КУДРЯШОВА, д. флс. н., проф.; О. Л. КУЗНЕЦОВ, д. б. н.; В. В. МАЗАЛОВ, д. ф.-м. н., проф.; Н. Н. НЕМОВА, член-корр. РАН, д. б. н., проф.; О. ОВАСКАЙНЕН, доктор математики, проф. (Финляндия); О. Н. ПУГАЧЕВ, академик РАН, д. б. н.; С. А. СУББОТИН, доктор биологии (США); Д. А. СУБЕТТО, д. г. н.; Н. Н. ФИЛАТОВ, член-корр. РАН, д. г. н., проф.; Т. Э. ХАНГ, доктор географии (Эстония); П. ХЁЛЬТТЯ, доктор геологии, проф. (Финляндия); К. ШАЕВСКИЙ, доктор математики, проф. (Польша); В. В. ЩИПЦОВ, д. г.-м. н., проф.

Редакционная коллегия серии «Экологические исследования»

К. С. БОБКОВА, д. б. н., проф.; В. В. ВАПИРОВ, д. х. н.; А. Е. ВЕСЕЛОВ, д. б. н., проф.; А. Н. ГРОМЦЕВ, д. с.-х. н.; П. И. ДАНИЛОВ, д. б. н., проф.; Н. В. ИЛЬМАСТ (зам. отв. редактора), д. б. н., доцент; Н. М. КАЛИНКИНА, д. б. н.; А. М. КРЫШЕНЬ, д. б. н.; О. Л. КУЗНЕЦОВ (отв. редактор), д. б. н.; В. А. МАСЛОБОЕВ, д. т. н., проф.; Е. Н. РАСПУТИНА (отв. секретарь), к. б. н.; С. А. СВЕТОВ, д. г.-м. н., проф.; К. Ф. ТИРРОНЕН, к. б. н.; В. Т. ЯРМИШКО, д. б. н., проф.

Издается с января 2009 г.

Адрес редакции: 185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
Тел. (8142)762018; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru

Электронная полнотекстовая версия: <http://transactions.krc.karelia.ru>; <http://journals.krc.karelia.ru>

© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2019
© Институт биологии КарНЦ РАН, 2019
© Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, 2019
© Институт леса КарНЦ РАН, 2019

Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences

TRANSACTIONS

**of the KARELIAN RESEARCH CENTRE
of the RUSSIAN ACADEMY of SCIENCES**

No. 5, 2019

ECOLOGICAL STUDIES

Petrozavodsk
2019

Editor-in-Chief

A. F. TITOV, RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.), Prof.

Editorial Council

A. M. ASKHABOV, RAS Academician, DSc (Geol.-Miner.), Prof.; O. N. BAKHMET (Deputy Editor-in-Chief), RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.); I. V. DROBYSHEV, PhD (Biol.) (Sweden – Canada); N. N. FILATOV, RAS Corr. Fellow, DSc (Geog.), Prof.; T. E. HANG, PhD (Geog.) (Estonia); P. HÖLTTÄ, PhD (Geol.), Prof. (Finland); A. S. ISAEV, RAS Academician, DSc (Biol.), Prof.; E. V. IVANTER, RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.), Prof.; H. JOOSTEN, Dr. (Biol.), Prof. (Germany); A. M. KRYSHEN', DSc (Biol.); E. V. KUDRYASHOVA, DSc (Phil.), Prof.; O. L. KUZNETSOV, DSc (Biol.); V. V. MAZALOV, DSc (Phys.-Math.), Prof.; N. N. NEMOVA, RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.), Prof.; O. OVASKAINEN, PhD (Math.), Prof. (Finland); O. N. PUGACHYOV, RAS Academician, DSc (Biol.); V. V. SHCHIPTSOV, DSc (Geol.-Miner.), Prof.; S. A. SUBBOTIN, PhD (Biol.) (USA); D. A. SUBETTO, DSc (Geog.); K. SZAJEWSKI, PhD (Math.), Prof. (Poland); A. V. VORONIN, DSc (Tech.), Prof.

Editorial Board of the «Ecological Studies» Series

K. S. BOBKOVA, DSc (Biol.), Prof.; P. I. DANILOV, DSc (Biol.), Prof.; A. N. GROMTSEV, DSc (Agr.); N. V. ILMAST (Deputy Editor-in-Charge), DSc (Biol.), Assistant Prof.; N. M. KALINKINA, DSc (Biol.); A. M. KRYSHEN', DSc (Biol.); O. L. KUZNETSOV (Editor-in-Charge), DSc (Biol.); V. A. MASLOBOEV, DSc (Tech.), Prof.; E. N. RASPUTINA (Executive Secretary), PhD (Biol.); S. A. SVETOV, DSc (Geol.-Miner.), Prof.; K. F. TIRRONEN, PhD (Biol.); V. V. VAPIROV, DSc (Chem.); A. E. VESELOV, DSc (Biol.), Prof.; V. T. YARMISHKO, DSc (Biol.), Prof.

Published since January 2009

Monthly

Editorial Office address: 11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

Tel. (8142)762018; fax (8142)769600

E-mail: trudy@krc.karelia.ru

Full-text electronic version: <http://transactions.krc.karelia.ru>; <http://journals.krc.karelia.ru>

© Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, 2019

© Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, 2019

© Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, 2019

© Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, 2019

УДК 630*2

ПРОИЗВОДНЫЕ ЛЕСА НА ЗАПАДЕ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РОССИИ: ПОНЯТИЯ, ПРОИСХОЖДЕНИЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ

А. Н. Громцев

Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Производными называются леса, возникшие на месте коренных под воздействием различных антропогенных факторов. На западе таежной зоны России (Мурманская и Ленинградская области, Республика Карелия и сопредельные территории Архангельской и Вологодской областей) они доминируют на подавляющей части площади этого региона. Производные леса (ПЛ) образовались в прошлом и формируются в настоящее время после: 1) сплошных концентрированных рубок (широко практиковавшихся с 30-х по 60-е годы XX века); 2) сплошных широко- и узколесосечных рубок (современный способ лесозаготовок); 3) несплошных, главным образом выборочных, рубок самой различной интенсивности, в том числе современных (ведутся на протяжении 3–4 последних столетий); 4) подсечно-огневой обработки лесных земель (широко применялась на протяжении нескольких столетий вплоть до конца XIX века); 5) пожаров антропогенного происхождения; 6) «отчуждения» лесных земель под постоянно действующие аграрные угодья и их последующего забрасывания; 7) гидролесомелиорации (широкомасштабные работы были произведены в 60–80-е годы и полностью прекращены к середине 90-х годов XX века) и др. Работа основана на почти 40-летнем опыте исследований лесов, находящихся на самых разных стадиях спонтанных (в массивах коренных лесов) и антропогенных сукцессий. Они были проведены практически во всех типах географического ландшафта, выделенных в Карелии и на сопредельных территориях. Внимание сосредоточено на обобщении методической части исследований. Критически проанализирован понятийный аппарат, используемый по отношению к ПЛ. Показано, что они могут быть самого различного происхождения и поколений (поколений). В комплексе проанализированы методические возможности идентификации ПЛ. Выделены три основные группы методов: 1) дистанционные; 2) анализ архивных, фондовых, современных статистических данных; 3) натурные. Они расположены в порядке использования на условно необследованной территории. Практически все эти группы методов применяются в разной последовательности, степени и соотношении, исходя из поставленных задач, площади объекта, необходимой детальности и уже имеющегося объема экспериментальных материалов. Оценены их эффективность и достаточность для выявления происхождения, структуры и динамики ПЛ. Утверждается, что наиболее полная и достоверная идентификация таких лесов достигается только при использовании всего комплекса описанных методов и методических приемов.

К л ю ч е в ы е с л о в а: производные леса; рубки; антропогенные сукцессии; происхождение и идентификация лесов.

A. N. Gromtsev. SECONDARY FORESTS IN THE WEST OF THE RUSSIAN BOREAL ZONE: CONCEPTS, GENESIS, IDENTIFICATION

Secondary forests are those that have replaced primary ones as a result of various human impacts. In the west of the Russian boreal zone (Murmansk and Leningrad Regions,

Republic of Karelia and adjacent parts of the Arkhangelsk and Vologda Regions), they predominate in most of the territory. Secondary forests (SF) have formed in the past and continue forming upon: 1) extensive clear cutting (practiced widely from the 1930's until the 1960's); 2) wide- and narrow-strip clear cutting (currently practiced method); 3) partial cutting, mainly selective cutting of various removal rates, including ongoing cutting (practiced over the past 3–4 centuries); 4) slash burning in forest land (practiced widely for several centuries late into the 19th c.); 5) anthropogenic forest fires; 6) transfer of forest land for permanent agricultural crops and their abandonment afterwards; 7) forest drainage (implemented on a large scope in the 1960's-80's and terminated entirely by the mid-1990's), etc. This paper is based on nearly 40 years of experience in the study of forests through the full range of stages of spontaneous (in primary forests) and anthropogenic successions. Surveys covered almost all types of geographical landscapes distinguished for Karelia and adjacent areas. The focus is on the summary of the research methodology. The concepts and definitions applied to SF are critically analyzed. The diversity of possible SF origins and generations is demonstrated. The set of methods for SF identification is analyzed. Three major categories of methods are distinguished: 1) remote sensing; 2) analysis of archival and contemporary statistical data; 3) *in situ* surveys. They are arranged in the order of application to an 'unstudied' area. Practically all these categories of methods are used in various sequences, extents and ratios, depending on the task, size of the study area, required level of detail, and previously available experimental background. Their efficiency and sufficiency for identification of the genesis, structure and dynamics of SF were evaluated. It is argued that a most complete and reliable identification of such forests is possible only with the application of the entire set of the methods and approaches described.

Keywords: secondary forests; fellings; anthropogenic successions; forest genesis and identification.

Введение

В настоящее время продолжается, по сути, тотальная антропогенная трансформация лесной среды в европейской части таежной зоны России в результате: 1) сплошных концентрированных рубок (широко практиковавшихся с 30-х по 60-е годы XX века); 2) сплошных широко- и узколесосечных рубок (современный способ лесозаготовок); 3) несплошных, главным образом выборочных, рубок самой различной интенсивности, в том числе современных (ведутся на протяжении 3–4 последних столетий); 4) подсечно-огневой обработки лесных земель (широко применялась на протяжении нескольких столетий вплоть до конца XIX века); 5) пожаров антропогенного происхождения; 6) «отчуждения» лесных земель под постоянно действующие аграрные угодья, промышленные объекты, транспортную и энергетическую инфраструктуру и др.; 7) гидrolесомелиорации (широкомасштабные работы были произведены в 60–80-е годы и полностью прекращены к середине 90-х годов XX века); 8) других (подсочка леса, промышленное загрязнение, рекреационные нагрузки). Впрочем, решающим фактором, определяющим структуру и динамику современных лесов региона, были и остаются рубки (различные виды сплошных, несплошных и ухода).

Лесной покров на западе европейской части таежной зоны России (в Мурманской и Ленинградской областях, Республике Карелия и на сопредельных территориях Архангельской и Вологодской областей) в основном уже сложен производными растительными группировками самого различного происхождения и на самых разных стадиях антропогенных сукцессий. Доля сохранившихся коренных лесов (и близких к ним хвойных высоковозрастных – более 100 лет) в пределах действующих и планируемых особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в самом ближайшем будущем в регионе составит приблизительно 10 %. Вне этих территорий они практически полностью будут вырублены в ближайшие 15–20 лет. Исключением станут самые низкопродуктивные древостои (в скальных и заболоченных местообитаниях) ввиду экономической нецелесообразности их промышленного освоения, а также большей частью леса защитного назначения – притундровые (представлены исключительно в Мурманской области) и в целом по региону водоохранные.

Априори можно утверждать, что производные леса (далее ПЛ) различного происхождения и генераций (поколений) не будут сходными по структуре и динамике, тем более в сравнении с коренными. После рубок изменяются лесорастительные качества местообитаний,

особенно после полной или частичной смены хвойных пород лиственными и формирования мягкогумусных почв. Это приводит к значительному повышению общей продуктивности и изменению строения фитоценозов (усложнению, особенно в смешанных по составу). Массивы ПЛ отличаются очень разнообразной территориальной компоновкой древостоев самого разного возраста, состава и занимаемой площади. В целом такие леса в сравнении с коренными значительно, а обычно даже кардинально отличаются по структуре флоры и фауны (в зависимости от типа местообитания и ландшафта). Очевидно, что с оборотом рубки в диапазоне 50–140 лет (устанавливаются по составу, классу бонитета и категории лесов) эти отличия будут только увеличиваться и становиться все более необратимыми. Никаких исследований производных типов лесных сообществ в этом отношении не проводилось.

Итак, объектами исследований являются ПЛ. В разных возрастных вариациях, на разных стадиях сукцессионных рядов и их различном смешении они в настоящее время абсолютно доминируют на подавляющей части региона (от пионерных растительных группировок на вырубках коренных лесов до ПЛ самых разных генераций и происхождения). Таким образом, производные типы лесных сообществ уже стали и навсегда останутся абсолютно доминирующими по площади, где будет производиться заготовка древесины и иная хозяйственная деятельность. В этой связи выявление современного состояния таких лесов и особенно закономерностей их долговременной динамики с периодическим «обновлением» (с возрастом рубки в среднем около 100 лет) представляется актуальным. При этом необходимо анализировать ситуацию в связи с различными исторически сложившимися сценариями и регламентированными в настоящее время планами хозяйственного освоения территории. Это позволяет обоснованно объяснить современное состояние лесных экосистем, происходящие процессы и их последствия, в том числе для прогнозирования будущих изменений.

Обзор исследований (из обширного проанализированного фонда выбрано и прокомментировано 69 источников) структуры и динамики таежных лесов в естественном состоянии в самых различных аспектах сделан в статье «Natural disturbance dynamics in the boreal forests of European Russia: a review» – «Естественная динамика нарушений в европейских бореальных лесах: обзор исследований в России» [Gromtsev, 2002]. Эти работы имеют ключевое значение для анализа закономерностей антропо-

генных изменений лесного покрова. Без знаний о структуре и спонтанной динамике коренных лесов невозможна идентификация ПЛ.

В целом для условий различных регионов европейской части таежной зоны России существуют тысячи публикаций фундаментального и прикладного характера, в которых рассматриваются самые разные аспекты структуры и динамики ПЛ, в том числе их типологии [Федорчук и др., 1981, 2005 и мн. др.]. В большинстве работ анализируются закономерности возобновления леса на вырубках [Побединский, 1973; Цветков, 2008 и мн. др.]. Не пытаюсь представить даже беглый обзор этих материалов, только отметим, что наши обобщения и заключения о происхождении и возможностях идентификации ПЛ основаны на почти 40-летнем опыте исследований лесов различного происхождения и находящихся на разных стадиях спонтанных (в массивах коренных лесов) и антропогенных сукцессий. Они были проведены практически во всех типах географического ландшафта, выделенных в Карелии и на сопредельных территориях. Все материалы и объем экспериментальных данных представлены в наших многочисленных публикациях, в том числе монографиях [Громцев, 1993, 2000, 2008 и др.], и в настоящей статье не приводятся. Основное внимание сосредотачивается на обобщении методической части исследований, в том числе со ссылками на наши публикации, что необходимо для понимания истории исследований ПЛ.

Понятия и происхождение производных лесов

Согласно «Лесной энциклопедии» [1986, с. 279], производными принято считать леса, «...измененные под влиянием хозяйственной деятельности человека и стихийных сил природы». Это наиболее емкое и собирательное понятие ПЛ (с учетом многих других определений), сформировавшееся на пике развития лесной типологии в СССР; капитальное обобщение материалов по этой теме сделано в монографии Л. П. Рысина [1982]. Следует отметить, что по результатам наших многолетних исследований в регионе коренными (в сравнении с производными) являются типы лесных сообществ, которые: 1) возникли естественным путем в послеледниковый период; 2) никогда не испытывали существенного антропогенного влияния (кроме незначительных выборочных рубок); 3) находятся в процессе спонтанного развития в режиме периодического воздействия естественных стихийных факторов – пожа-

ров, ветровалов и др.; 4) представляют мозаику лесных сообществ от пионерных растительных группировок на участках гарей и ветровалов до климаксовых сообществ, находящихся в состоянии устойчивого динамического равновесия (процессы прироста и отпада относительно уравновешены).

В этой связи вышеприведенная часть определения ПЛ из энциклопедии представляется не вполне соответствующей действительности, поскольку производными считаются леса, сформировавшиеся без всякого участия человека после пожаров (от молний) и ветровалов. И далее из энциклопедии: «...при этом существенно изменяется состав, строение, продуктивность древостоев, лесорастительные условия и другие признаки коренных лесов. Возникновению ПЛ способствуют сплошнолесосечные рубки, пожары, лесовосстановление, осушение, промышленное загрязнение среды и др.». Здесь необходимо подчеркнуть, что ПЛ в подавляющем большинстве появляются на месте рубок, а не рубки «способствуют» их возникновению. Кроме того, в контексте определения из энциклопедии следует иметь в виду пожары только антропогенного происхождения. Там же утверждается, что ПЛ «...способны возвращаться в первоначальное или близкое к нему состояние, т. е. превращаться в коренные леса в результате естественной смены древесных пород или хозяйственных мероприятий (лесовосстановление, рубки ухода, лесовосстановительные рубки). В зависимости от интенсивности и продолжительности процесса восстановления коренного леса ПЛ подразделяют на коротко-, длительно- и устойчиво-производные. В коротко-производных лесах этот процесс завершается на протяжении жизни одного поколения коренной лесообразующей породы, в длительно-производных – 2–3 поколений, в устойчиво-производных – более 3 поколений». Не останавливаясь на критике данных утверждений, заметим лишь, что восстановление лесных сообществ до состояния только внешне близкого к исходному в среднем занимает не менее нескольких столетий. При этом они последовательно проходят целый цикл сукцессионных стадий при различной частоте и интенсивности пожаров естественного происхождения (от молний) в разных типах географического ландшафта – от участков низовых 1–2 раза в столетие до тотальных (на обширных территориях) 1–2 раза в тысячелетие.

В английском языке существует около 10 терминов, так или иначе соответствующих понятию ПЛ: coppice, sprout, low – по-

слеговые; derivative, secondary – вторичные; second-growth – лес, сменивший коренной, вторичный; small-leaved – мелколистный; deciduous – лиственный [Англо-русский..., 1983] и другие. В научной литературе, в том числе русскоязычной, как правило, используется понятие «secondary forest» – вторичный лес. Вообще, употребление термина «вторичные» леса, на наш взгляд, не совсем корректно. В полной мере данное понятие можно отнести только к фитоценозам, формирующимся на вырубках коренных лесов. Однако в настоящее время на западе европейской части таежной зоны России в рубку на все более значительных площадях поступают производные древостои, которые возникли на вырубках этих «вторичных» лесов. Следуя данной логике, их нужно называть «третичными», а после следующей рубки «четвертичными» и т. д. В этой связи представляется более правильным (при возможности) указывать генерацию этих сообществ:

- производные I генерации (на месте рубки коренных),
- производные II генерации (на месте рубки производных I генерации),
- производные III генерации (на месте рубки производных II генерации) и т. д.

И это не словесная казуистика, поскольку только так можно обозначить последовательный и закономерный процесс замещения одних сообществ другими, а затем третьими и т. д. в ходе антропогенной динамики лесов. При невозможности установить генерацию древостоев возможно использование общего понятия – «производные».

Итак, необходимо выявление цепочек типов лесных сообществ от коренных до производных различных генераций, слагающих в настоящее время лесные массивы. Это позволяет не разрывать динамику состава фитоценоза с динамикой экотопа (эдафотопа) и изменение общей структуры лесного покрова ландшафта. Первое важно, поскольку сукцессии лесной растительности в определенном местообитании вызывают его адекватные изменения, которые влияют на дальнейший ход смен (состава, продуктивности и напочвенного покрова фитоценозов). Второе очевидно, поскольку изменение общей типологической структуры лесного массива (территориальной компоновки лесных фитоценозов различного состава) во многом будет определять и ход восстановительных процессов на вырубках и под пологом древостоев. Другими словами, эта компоновка обуславливает систему распространения семян различных лесообразующих пород.

Идентификация производных лесов

Существуют многочисленные публикации, в которых рассматриваются методы, методические приемы, технические средства анализа при изучении лесов на разных стадиях вторичных сукцессий [Александрова, 1964; Миркин, 1984; Федорчук и др., 2005; Ярмишко и др., 2009 и др.]. В данной статье внимание сосредотачивается не на вопросах изучения сукцессий лесной растительности вообще и в разных аспектах. Анализируется возможный методический арсенал для установления происхождения ПЛ и идентификации их генераций с практическими примерами его использования на западе таежной зоны России. Опыта подобных исследований, тем более на ландшафтной основе, в регионе нет.

Можно выделить их три основные группы методов, позволяющих идентифицировать ПЛ: 1) дистанционные; 2) анализ архивных, фондовых, современных статистических данных; 3) натурные. На нашем опыте попробуем оценить их эффективность, располагая условно – в порядке практического использования на необследованной территории. Конечно, практически все эти группы методов применяются в разной последовательности, степени и соотношении, исходя из поставленных задач, площади объекта, необходимой детальности и уже имеющегося объема экспериментальных материалов.

Дистанционное зондирование. В работе целесообразно использовать разновременные космические цифровые снимки сканеров различного разрешения (Landsat TM/ETM+, Spot, IRS и др.). Так, даже на неклассифицированных снимках четко видны массивы и различные по площади фрагменты высокополнотных хвойных лесов (темный фон). Впрочем, такой фон могут давать совершенно разные по происхождению леса от коренных до производных (с высоким участием в составе сосны и особенно ели). Кроме того, использование сканерных снимков без знания ландшафтных особенностей территории существенно ограничено. Так, лесной покров в сильнозаболоченных и скальных ландшафтах отличается сравнительно низкой полнотой (сомкнутостью) и может классифицироваться как «нарушенный» в результате рубок. В итоге крупные территории даже с абсолютно девственными лесами оказываются «неидентифицируемыми» – например, на побережье Белого моря в известном «Атласе малонарушенных лесных территорий России» [Аксенов и др., 2003]. Таким образом, неклассифицированные (по данным натурных

обследований) космические снимки, в том числе сделанные с использованием современных беспилотных аппаратов, позволяют лишь наметить потенциальный статус лесных массивов в самом широком диапазоне – по происхождению, возрасту, составу, масштабам и специфике хозяйственного освоения и т. д.

Для идентификации лесов необходимо использовать и аэрофотоснимки (черно-белые и спектрозональные, обычно М 1:10 000–1:15 000). Несмотря на то что оконтуривание таксационных выделов при лесоустройстве осуществляется при дешифрировании аэрофотоснимков, необходимо использовать эти первичные фотоматериалы по следующим причинам. Во-первых, таксационная характеристика выдела обычно в большей или меньшей степени усреднена (в зависимости от разряда и качества лесоустройства). Детальный анализ аэрофотоснимка позволяет вычленять участки с явно производными древостоями – лиственными, хвойно-лиственными, низкополнотными хвойными (пройденными интенсивными выборочными рубками в условиях зеленомошной группы типов местообитаний). Во-вторых, по снимку обычно можно обнаружить систему волоков, сформированных при проведении выборочных рубок 10–15 и более лет назад, мелкие фрагменты сельхозугодий и участков с доминированием лиственных пород, а также другие признаки антропогенного воздействия (в таксационных описаниях они никогда не фиксируются). В-третьих, использование снимка уже при натурном обследовании территории позволяет получить емкое и четкое представление о рельефе участка, степени заболоченности, территориальной компоновке и контурах древостоев разного состава и т. д. Даже при беглой натурной инвентаризации лесов их оконтуривание в этом отношении возможно только на основе дешифрирования аэрофотоснимка.

Анализ архивных, фондовых и современных статистических материалов. К ним относятся самые различные данные – исторические, лесоустроительные, научные и другие (как картографические, так и описательные). Для общего представления об участии ПЛ в строении современного лесного покрова необходимо использовать сводные данные лесоустройства на уровне субъекта Российской Федерации, центральных (площадью в несколько млн га) и участковых (в несколько сотен тыс. га) лесничеств. При этом в первую очередь следует проанализировать состав и возрастную структуру лесов.

Отдельным и «собирательным» направлением исследований является анализ исторически

сложившихся сценариев хозяйственного освоения территории с использованием всей совокупности данных, в итоге полученных с применением как выше-, так и нижеописанных методов. Он позволяет в целом представить масштабы и специфику процесса антропогенной трансформации лесного покрова. В условиях региона выделяется четыре основных сценария:

1) «Аграрный». Характеризуется тотальным сведением лесов в исторической ретроспективе, последующим полным или частичным забрасыванием и зарастанием древесной растительностью сельхозугодий и образованием в современный период агролесных комплексов. Такой сценарий наиболее типичен на средне- и южнотаежных озерно-ледниковых среднезаболоченных равнинах с преобладанием еловых местообитаний (вокруг крупных поселений). Здесь абсолютно доминируют ПЛ второй, третьей и последующих генераций на месте бывших сельхозугодий и различных рубок (сплошных и несплошных).

2) «Лесопромышленный». Отличается широкомасштабными сплошными рубками коренных лесов, развернувшимися со второй половины XX века. Отличается фронтальным распространением лесозаготовок с юга на север с шахматным примыканием лесосек (до 60-х годов XX века – без всякого примыкания при сплошных концентрированных рубках). Наиболее типичен в северотаежной подзоне региона. Абсолютно доминируют ПЛ первой генерации (на месте вырубок коренных лесов).

3) «Комбинированный». Выделяется в связи с формированием мозаичной структуры ландшафта после нескольких видов воздействия в различных пропорциях за длительный исторический период. Например, такой сценарий особенно ярко проявляется в условиях денудационно-тектонического грядового среднезаболоченного ландшафта с преобладанием сосновых местообитаний (западная часть Заонежского полуострова, Республика Карелия). История хозяйственного освоения территории здесь насчитывает многие столетия, и в итоге абсолютно доминируют ПЛ самого различного происхождения и генераций, в том числе на месте сплошных рубок на углежение (вокруг бывших горно-металлургических заводов) и на месте бывших подсек.

4) «Пригородный». В целом сочетает признаки первого и третьего сценария и прослеживается при очень долговременном (в исторической ретроспективе) освоении земель вокруг городов, в основном в пределах зеленых зон. Главной особенностью данного сценария

является наибольшая концентрация на этих территориях самых различных объектов антропогенного происхождения: а) земель аграрного назначения, в том числе на разных стадиях зарастания лесной растительностью; б) вырубок и ПЛ различного происхождения, генераций и возраста; в) осушенных болот; г) других категорий земель. Это определяет наивысшую степень фрагментации территории и ее наиболее интенсивное использование.

Итак, наибольшую ценность при идентификации ПЛ представляют архивные материалы лесоустройства. Они имеют принципиальное значение при выделении лесов по происхождению. Например, это сохранившиеся описания и планы лесных дач, датированные второй четвертью XIX века. Кстати, в России Олонецкая губерния была одной из четырех, где впервые началось систематическое лесоустройство. Эти рукописные, в том числе картографические материалы дают достаточно четкое представление о категориях земель, составе и возрасте лесов, местах дислокации рубок и территориальных особенностях освоения лесов в прошлом [Громцев, 1993, 2000, 2008 и др.]. Даже краткие качественные рукописные описания состояния лесов, например, Олонецкой губернии [Магор Ген, 1844 и др.] позволяют уверенно судить о происхождении современных лесов исходя из очень отдаленной ретроспективы и, соответственно, их современном статусе в плане определения этапа антропогенной динамики. Не менее ценными являются и более поздние лесоустроительные материалы – обзорные карты лесов до начала широкомасштабного промышленного освоения (например, Карелии 1958 г., М 1:500 000). По ним можно составить количественное и пространственное представление о составе, возрасте и во многом происхождении лесов как всего региона, так и его отдельных частей. На таких картах обозначены участки сплошных вырубок, гарей, молодняков различного возраста и другое. На планах лесонасаждений масштаба 1:50 000 нередко удастся идентифицировать даже крупные участки бывших подсек с высоковозрастными (в среднем более 60 лет) лиственными древостоями в массивах явно коренных лесов. Очень большую ценность представляют наиболее ранние карты-схемы лесов (лесных дач) второй четверти XIX века, особенно с их общей количественной характеристикой (с распределением по категориям земель, лесов по доминирующим породам и возрасту и др.). К материалам подобного рода относятся также планы лесонасаждений середины XX века. Так, в Центральном государственном архиве Республики Ка-

релия удалось обнаружить десятки таких карт с площадью лесных дач от нескольких до сотен тыс. га. Эти материалы были широко использованы в наших работах. Здесь следует иметь в виду, что для корректного сравнения лесов в прошлом и в настоящее время необходим тщательный анализ используемых лесоустроительных инструкций и соответствующий перерасчет данных. Это довольно трудоемкая процедура.

Вообще, анализ современных планов лесонасаждений и таксационных описаний имеет важное значение при процедуре предварительной идентификации лесов. При их использовании, не прибегая к натурным исследованиям, с очень большой долей вероятности можно выделять (по происхождению и характеристике) как отдельные фрагменты, так и массивы коренных и производных лесов. Анализ таксационных описаний и оконтуривание участков, перспективных для выявления лесов с заданными параметрами, может проводиться очень быстро и эффективно в автоматизированном режиме. В этом случае используется база данных лесоустройства, созданная по ГИС-технологии.

Впрочем, при детальном анализе таксационных описаний следует принимать во внимание по крайней мере четыре параметра структуры лесов (по степени их значимости): 1) возраст, 2) состав, 3) полноту, 4) территориальную сопряженность с другими категориями земель. Совершенно очевидно, что они весьма индикативны для определения степени антропогенной трансформации конкретного участка. Например, контакт участка с сельхозугодьем практически всегда означает, что в его пределах сформировался производный лес.

Натурные исследования. Они логически являются основными и завершающими этапами работы, когда производится непосредственное описание типов лесных сообществ. Даже при широком и комплексном использовании данных дистанционного зондирования, архивных, фондовых и современных статистических материалов можно получить лишь достаточно общее представление о происхождении, структуре и динамике ПЛ. По ним невозможно в достаточной мере судить о структуре, динамике и в целом «сукцессионном статусе» как отдельного типа лесного сообщества, так и их массивов.

Очевидным и безупречным в методическом плане является профилирование и описание лесных массивов в режиме различных антропогенных нарушений (на разных стадиях формирования). Обязательным условием является

определение их ландшафтной идентичности. Некорректно выявлять и оценивать ПЛ, например, в водно-ледниковом с абсолютным преобладанием сосновых местообитаний и моренном ландшафте с абсолютным преобладанием еловых местообитаний. Они несходны по всем лесорастительным параметрам и, как правило, происхождению и генерации на уровне как отдельного типа леса, так и их массивов. Наиболее простым и совершенным в методическом плане является закладка профилей в одном типе ландшафта в массивах как коренных, так и производных лесов на разных стадиях развития и их последующая сравнительная оценка. Такой подход был использован в наших исследованиях. Впрочем, к настоящему времени массивы коренных лесов на значительных площадях на западе таежной зоны России остались лишь в северотаежной подзоне, в основном в пределах действующих и планируемых ООПТ, а в средне- и южнотаежных подзонах уже практически полностью вырублены. Исключением являются лишь территории национальных парков «Водлозерский» и «Онежское поморье» с сопредельными участками, а также частично природного парка «Вепсский лес».

В этих условиях единственно возможным при идентификации ПЛ является применение метода «топо-экологических аналогов». Его суть заключается в том, что на профилях и при маршрутных обследованиях выявляются типичные фитоценозы (на наиболее характерных элементах мезоформ рельефа и почвах), принадлежащие к одному сукцессионному ряду – от коренных до производных различного происхождения, генераций и возраста. Опыт построения таких схем антропогенных сукцессионных рядов в местообитаниях коренных среднетаежных сосняков зеленомошных представлен в наших публикациях [Громцев, 1993, 2000, 2008 и других].

Главные признаки производных древостоев по данным натурного обследования

1. Возраст. Является ключевым признаком ПЛ. Можно с уверенностью утверждать, что подавляющая часть древостоев в возрасте менее 100–140 лет являются производными (различного происхождения и генераций). Однако при этом следует учесть, что массивы коренных лесов во многом сложены участками леса такого и даже меньшего возраста. Они сформировались на сплошных гарях естественного происхождения (после пожаров от молний). Например, в заповеднике «Костомукшский» они занимают примерно 1/3 покрытой лесом

площади. Отдельную категорию представляют высоковозрастные (более 100 лет) еловые ПЛ, сформировавшиеся из сохраненного при рубке подроста или II яруса ели. Они отличаются ярко выраженным периодом с минимальным приростом в первые десятилетия существования.

2. Состав. Участие в составе 3–4 и более единиц лиственных пород свидетельствует об антропогенном происхождении древостоев 100–120-летнего и меньшего возраста. После рубки в зависимости от типа ландшафта и типа местообитания происходит полное или частичное замещение хвойных пород лиственными. Коренные сообщества со значительным участием березы и осины редки в связи с тем, что к этому возрасту уже успевает завершиться процесс смены или отпада недолговечных лиственных пород. Впрочем, зафиксированы отдельные участки чистых по составу осинников в возрасте 130 лет.

3. Территориальная компоновка и окружение древостоев. Необходимо учитывать и окружение высоковозрастных древостоев, даже с полным доминированием хвойных пород, внешне напоминающих коренные. Близость долговременных сухопутных, особенно вокруг старинных поселений, и водных путей (сплавных водотоков) транспорта древесины позволяет с высокой достоверностью судить об антропогенном происхождении этих лесов. Так, в национальном парке «Водлозерский» было вырублено и к 1885 году по р. Илекса сплавлено до 200 тыс. м³ первоклассного соснового леса. Между тем в настоящее время это один из самых труднодоступных и обширных массивов тайги на западе России. Однако уже полтора века назад здесь практиковались интенсивные выборочные рубки сосны.

4. Полнота. Модальная полнота коренных древостоев в условиях зеленомошной группы типов леса обычно не менее 0,7. Меньшая полнота, как правило, указывает на то, что они были пройдены выборочными рубками в прошлом, в том числе неоднократно. Их интенсивность и приблизительную давность можно определить по сохранившимся пням. Следует отметить, что сосновые пни, особенно обгоревшие и с тонкослойной просмоленной древесиной, не разрушаются на протяжении многих десятилетий, в то время как еловые практически разрушаются в течение 20–30 лет и не идентифицируются.

В целом внешние признаки ПЛ могут быть сходными и даже идентичными, однако они могут быть различного происхождения и самых разных генераций. Их установление является наиболее сложным в методическом отношении

и в зависимости от разных обстоятельств. Это может вносить элемент гипотезы при их выявлении.

Происхождение и генерации ПЛ по данным натурного обследования

1. Первая генерация на месте сплошных рубок. Определяется наиболее легко при фронтальном продвижении лесосек в массивы коренных лесов. В этом случае рядом с ПЛ почти всегда есть «стена» коренного леса. Однако эта ситуация характерна только для большей части северотаежной подзоны, где широкомасштабное промышленное использование лесов началось лишь около полувека назад. В итоге эта первая генерация ПЛ находится в среднем возрастном диапазоне от 10 до 50 лет. Опыт выявления таких лесов в северотаежной подзоне Республики Карелия представлен в наших публикациях [Громцев и др., 2011; Громцев, 2015 и др.]. Средне- и южнотаежная подзоны в целом отличаются длительной историей хозяйственного освоения территории, и лесной покров представляет мозаику лесов самого различного происхождения, генераций и возраста. В этой связи определить поколение высоковозрастных ПЛ возможно только с использованием архивных картографических данных различной давности на конкретные и различные по площади участки. Эти данные дают достоверную информацию о том, что такие леса возникли на месте коренных с определенными характеристиками. Они должны подтверждать их естественное происхождение, в первую очередь это абсолютное преобладание хвойных древостоев в возрасте многим более 100 лет. Ситуация упрощается на территориях без поселений и дорог к 50-м годам XX века. Здесь широкомасштабные сплошные рубки начались в массивах коренных лесов. Они четко идентифицируются на карте лесов Карелии 1958 года, например, на юге Прионежского района Республики Карелия (на границе с Ленинградской областью). Рубки обширного массива коренных лесов начались здесь лишь с начала 50-х годов XX века, когда в центре этого массива был создан лесопункт «Нюда» на берегу одноименной речки (61°16'43" с. ш., 34°13'25" в. д.). За 20 лет его существования все древостои, кроме самых низкопродуктивных, в радиусе 25 км были вырублены, и в 1968 году лесопункт прекратил свое существование. В результате эта территория покрыта ПЛ исключительно первой генерации в возрастном диапазоне от 40 до почти 70 лет, и в настоящее время вырубаются лиственные и хвойно-лиственные древостои,

в том числе со вторым ярусом ели. На их месте формируются леса второй генерации.

2. Вторая генерация на месте сплошных рубок лесов первой генерации. Широко распространены в средне- и южнотаежной подзонах региона. Их идентификация производится достаточно просто по учету возраста и состава вырубленных древостоев (см. выше общие признаки ПЛ): 1) по сохранившимся, еще не разложившимся пням спустя 2–3 десятилетия после рубки непосредственно на месте бывших вырубок (в этом случае выявляются леса в возрасте в среднем не более 30 лет); 2) по соседним участкам леса в сходных топоэкологических условиях (древостои в среднем более 40 лет). Однако следует иметь в виду, что это могут быть ПЛ не второй, а третьей и последующих генераций.

3. Третья и последующие генерации на месте сплошных рубок предшествующих генераций. Их идентификация только при натурных обследованиях «гипотетична». Минимизировать элементы гипотезы может только использование всего собранного объема информации, в первую очередь об истории освоения лесов на конкретной территории. Для более четкого объяснения возможностей идентификации ПЛ таких генераций приведем конкретный пример.

В центральной части среднетаежной подзоны Республики Карелия в районе заповедника «Кивач» на площади примерно 100 тыс. га к настоящему времени образовался мозаичный массив ПЛ, сложенный древостоями самого разного состава и возраста. Про состояние лесов ядровой части района (в пределах Мунозерской лесной дачи – 22 тыс. га) в первой половине XIX века губернский лесничий написал: «Большими пожарами и множеством подсек дошли до весьма худого состояния, лесов осталось только для удовлетворения крестьян». Здесь же, в селе Кончезеро, в период с 1706 по 1905 годы действовал крупный металлургический завод. В радиусе приблизительно 10–15 км вокруг него повсеместно проводились неоднократные сплошные рубки и выжиг древесного угля для выплавки чугуна и меди. В разное время на заводе выплавляли до 230–570 пудов меди и 18–25 тыс. пудов чугуна и чугунных изделий (в среднем около 200 тыс. кг металла в год). На выплавку килограмма металла требовалось около 1 кубометра угля (в этот показатель включены различные потери в процессе от заготовки древесины до выхода металла). Таким образом, всего в год требовалось до 200 тыс. м³ угля, а древесины с учетом выхода угля (1/3) около полумиллиона кубоме-

тров. Расчеты показывают, что при среднем запаса древесины 200 м³/га нужно было вырубать до 2–3 тыс. га в год. Таким образом, за 100 лет вокруг завода рубки производились на площади до 300 тыс. га, а примерно через 100 лет в лесах накапливался достаточный запас стволовой древесины и они были готовы для очередной рубки. При этом в расчет не приняты подсеки и промышленные рубки, в том числе современные.

В итоге на конкретной обширной территории произошла грандиозная и необратимая трансформация естественной структуры лесного покрова и сформировался массив ПЛ второй и третьей генераций. Места рубок на углежение выявляются просто – по угольным ямам – воронкообразным округлым впадинам рельефа диаметром 15–20 м с мощным слоем угля под подстилкой. Их давность и по крайней мере вторую генерацию ПЛ можно определить по максимальному возрасту деревьев непосредственно по периферии ям. Эти деревья могли появиться только спустя несколько лет после прекращения процедуры углежения. Учитывая время начала деятельности завода (начало XXVIII века) и сплошные рубки в XX веке, можно уверенно утверждать, что на многих участках к настоящему времени сформировались леса разного возраста уже третьей генерации. Так, по данным лесоустройства (на 1848 г.), крупные по площади территории к югу не только от Кончезерского, но и от Александровского металлургического завода (г. Петрозаводск) уже в первой половине XIX века были покрыты лесами с господством лиственных пород с обозначением мест «куранных работ». В настоящее время, в том числе в последнее десятилетие, леса на данных территориях подвергаются очередным сплошным рубкам. Очевидно и то, что на некоторых участках вблизи сел, появившихся в середине второго тысячелетия, формируются ПЛ уже четвертого поколения, то есть за столь длительный период хозяйственного освоения территории древостои четырежды вырубались и восстанавливались.

4. Генерации на месте бывших сельхозугодий (подсек). В средне- и южнотаежных подзонах подсеки были распространены повсеместно (на наиболее плодородных почвах), причем на некоторых участках разрабатывались неоднократно. Они идентифицируются по грядкам камней, собранных при разработке подсек, на участках с ПЛ любого возраста и состава. Следует иметь в виду, что эти грядки обычно малозаметны. За более чем вековой период после забрасывания подсеки они покрываются мохово-кустарничковым напочвенным

покровом (система такого земледелия полностью прекратила свое существование в самом начале XX века). Подсечные участки на незавалуненных почвах определяются по «окультуренному» слою в верхних горизонтах и полному отсутствию признаков оподзоливания. Наиболее ярким признаком подсечного происхождения ПЛ является присутствие под лесной подстилкой и в верхних почвенных горизонтах неразложившихся углей, часто крупных, поскольку сжигалась стволовая древесина. Однако следует иметь в виду, что это также могут быть и следы различных по интенсивности пожаров как естественного, так и антропогенного происхождения.

5. Генерации на месте бывших сельхозугодий и сплошных рубок. Наиболее сложная для идентификации категория ПЛ. В районах с длительным хозяйственным освоением (на протяжении нескольких столетий) леса несколько раз подвергались рубкам и восстанавливались, в том числе вырубались древостой на месте бывших подсек. Можно лишь весьма приблизительно судить о происхождении и генерации таких лесов при анализе всей совокупности материалов, собранных с использованием полного комплекса вышеописанных методов и методических приемов.

Отдельную категорию представляют ПЛ на осушенных землях – облесенных и открытых болотах. Следует отметить, что только в Республике Карелия гидролесомелиоративные работы были проведены на площади свыше 700 тыс. га. К концу XX века на западе таежной зоны России такие работы были полностью прекращены, и очевидно, что в ближайшие десятилетия они не возобновятся. Идентификация ПЛ на мелиорированных землях предельно проста (по осушительной сети). По этой теме существует обширная специальная литература, поэтому в настоящей статье леса подобного происхождения не рассматриваются. Кроме того, ПЛ формируются и на месте заброшенных карьеров, но на фоне региона они занимают ничтожные площади. По существу, это первичные сукцессии растительных сообществ на вновь образовавшихся субстратах (обнаженной поверхности четвертичных отложений).

Заключение

Производные типы лесных сообществ на западе таежной зоны России уже стали и навсегда останутся абсолютно доминирующими по площади, где будет производиться заготовка древесины и иная хозяйственная деятельность. Эти сообщества при условии спонтанно-

го развития, в том числе естественного пожарного режима, в среднем лишь через несколько столетий после рубки по внешним признакам приблизятся к коренным. В работе сделана попытка обобщить методический опыт выявления происхождения и генераций ПЛ, в том числе на конкретных примерах. Очевидно, что предложенный методический арсенал не является исчерпывающим (в статье опущено описание ряда технических приемов методик). Более того, в некоторой части этот арсенал неполный, дискуссионный и требует совершенствования. Наибольшую проблему представляет идентификация ПЛ второй и последующих генераций. Свести элемент гипотезы в этих исследованиях может только использование всего комплекса вышеописанных методов и методических приемов. При этом особую и непреходящую ценность представляют различные материалы, характеризующие современные леса в как можно более отдаленной исторической ретроспективе (с начала освоения коренных таежных лесов).

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

Литература

- Аксенов Д. Е., Добрынин Д. В., Дубинин М. Ю. и др. Атлас малонарушенных лесных территорий России. М.: МСОЭС, 2003. 187 с.
- Александрова В. Д. Изучение смен растительного покрова // Полевая геоботаника / Ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагин. М.; Л.: АН СССР, 1964. Т. 3. С. 300–447.
- Англо-русский лесотехнический словарь. М.: Русский язык, 1983. 672 с.
- Громцев А. Н. Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных сосновых лесов Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1993. 160 с.
- Громцев А. Н. Ландшафтная экология таежных лесов: теоретические и прикладные аспекты. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 144 с.
- Громцев А. Н. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 238 с.
- Громцев А. Н. Коренные и производные леса на разных стадиях сукцессий // Леса и их многоцелевое использование на северо-западе европейской части таежной зоны России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 36–43.
- Громцев А. Н., Петров Н. В., Туонен А. В., Карпин В. А. Структура и динамика коренных и производных лесов центральной части Западно-Карельской возвышенности // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 2. С. 119–126.

Громцев А. Н., Карпин В. А., Левина М. С., Петров Н. В., Туюнен А. В. Исторически сложившиеся сценарии лесопользования // Леса и их многоцелевое использование на северо-западе европейской части таежной зоны России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 36–43.

Лесная энциклопедия: В 2 т. / Гл. ред. Г. И. Воробьев. М.: Сов. энцикл., 1986. Т. 2. 631 с.

Магор Ген. Статистическое описание Олонецкой губернии в лесном отношении. Ч. 2. Петрозаводский уезд. 1844. ЦГА Республики Карелия. Ф. 33, оп. 21, д. 16/17.

Миркин Б. М. Антропогенная динамика растительности // Итоги науки и техники. Ботаника. 1984. Т. 5. С. 139–231.

Побединский А. В. Рубки и лесовозобновление в таежной зоне. М.: Лесная пром-ть, 1973. 200 с.

Рысин Л. П. Лесная типология в СССР. М.: Наука, 1982. 216 с.

Федорчук В. Н., Мельницкая Г. Б., Захаров Е. В. Определение типов производных лесов: методические указания. Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. 47 с.

Федорчук В. Н., Нешатаев В. Ю., Кузнецова М. Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России: типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб.: СПбНИИЛХ, 2005. 382 с.

Цветков В. Ф. Лесовозобновление: природа, закономерности, оценка, прогноз. Архангельск: АГТУ, 2008. 212 с.

Ярмишко В. Т., Баккал И. Ю., Борисова И. В., Горшков В. В., Катютин П. Н., Лянгузова И. В., Мазная Е. А., Старова Н. И., Ярмишко М. А. Динамика лесных сообществ северо-запада России. СПб.: ВВМ, 2009. 276 с.

Gromtsev A. N. Natural disturbance dynamics in the boreal forests of European Russia: a review // Silva Fennica. 2002. 36(1). P. 41–55.

Поступила в редакцию 20.08.2018

References

Aksenov D. E., Dobrynin D. V., Dubinin M. Yu. et al. Atlas malonarushennykh lesnykh territorii Rossii [Atlas of low-disturbed forest landscapes of Russia]. Moscow: MSoES, 2003. 187 p.

Aleksandrova V. D. Izuchenie smen rastitel'nogo pokrova [Study of vegetation fluctuation]. *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany]. Eds. E. M. Lavrenko, A. A. Korchagin. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1964. Vol. 3. P. 300–447.

Anglo-russkii lesotekhnicheskii slovar' [English-Russian forest dictionary]. Moscow: Russkii yazyk, 1983. 672 p.

Fedorchuk V. N., Mel'nitskaya G. B., Zakharov E. V. Opredelenie tipov proizvodnykh lesov: metodicheskie ukazaniya [Definition of derived forests types: guidelines]. Leningrad, 1981. 47 p.

Fedorchuk V. N., Neshataev V. Yu., Kuznetsova M. L. Lesnye ekosistemy severo-zapadnykh raionov Rossii: Tipologiya, dinamika, khozyaistvennye osobennosti [Forest ecosystems of the north-western regions of Russia: Typology, dynamics, economic features]. St. Petersburg, 2005. 382 p.

Gromtsev A. N. Landshaftnye zakonomernosti struktury i dinamiki srednetaezhnykh sosnovykh lesov Karelii [Landscape regularities of the structure and dynamics of the middle taiga pine forests of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1993. 160 p.

Gromtsev A. N. Landshaftnaya ekologiya taezhnykh lesov: teoreticheskie i prikladnye aspekty [Landscape ecology of taiga forests: Theoretical and applied aspects]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2000. 144 p.

Gromtsev A. N. Osnovy landshaftnoi ekologii evropeiskikh taezhnykh lesov Rossii [Fundamentals of landscape ecology of European taiga forests in Russia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2008. 238 p.

Gromtsev A. N. Korennye i proizvodnye lesa na raznykh stadiyakh suksessii [Primary and derivative forests at different stages of succession]. *Lesa i ikh mnogotselevoe ispol'zovanie na severo-zapade evropeiskoi chasti taezhnoi zony Rossii* [Forests and their multi-purpose

use in the northwest of the European part of the taiga zone in Russia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2015. P. 36–43.

Gromtsev A. N., Petrov N. V., Tuyunen A. V., Karpin V. A. Struktura i dinamika korennykh i proizvodnykh lesov tsentral'noi chasti Zapadno-Karel'skoi vozvysheynosti [Structure and dynamics of primary and derived forests in the central part of the West Karelian Upland]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2011. No. 2. P. 119–126.

Gromtsev A. N., Karpin V. A., Levina M. S., Petrov N. V., Tuyunen A. V. Istoricheski slozhivshiesya stsenarii lesopol'zovaniya [Historically formed scenarios of forest management]. *Lesa i ikh mnogotselevoe ispol'zovanie na severo-zapade evropeiskoi chasti taezhnoi zony Rossii* [Forests and their multi-purpose use in the northwest of the European part of the taiga zone in Russia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2015. P. 36–43.

Lesnaya entsiklopediya [Forest encyclopedia]: In 2 vol. Ed. G. I. Vorob'ev. Moscow: Sov. entsikl., 1986. 631 p.

Magor Gen. Statisticheskoe opisanie Olonetskoii gubernii v lesnom otnoshenii. Ch. 2. Petrozavodskii uезд. 1844 [Statistical description of the Olonets province in the forest relation. Part 2. Petrozavodsk district. 1844]. Central State Archive of the Republic of Karelia. Fund 33, inventory. 21, documents 16/17.

Mirkin B. M. Antropogennaya dinamika rastitel'nosti [Anthropogenic dynamics of vegetation]. *Itogi nauki i tekhniki. Botanika* [Results of Sci. and Tech. Series Botany]. 1984. Vol. 5. P. 139–231.

Pobedinskii A. V. Rubki i lesovozobnovlenie v taezhnoi zone [Felling and reforestation in the taiga zone]. Moscow: Lesnaya prom-t', 1973. 200 p.

Rysin L. P. Lesnaya tipologiya v SSSR [Forest typology in the USSR]. Moscow: Nauka, 1982. 216 p.

Tsvetkov V. F. Lesovozobnovlenie: priroda, zakonomernosti, otsenka, prognoz [Forest regeneration: nature, regularities, estimation, forecast]. Arkhangel'sk: AGTU, 2008. 212 p.

Yarmishko V. T., Bakka I. Yu., Borisova I. V., Gorshkov V. V., Katyutin P. N., Lyanguzova I. V., Maznaya E. A., Starova N. I., Yarmishko M. A. Dinamika lesnykh soobshchestv severo-zapada Rossii [Dynamics of forest communities in the northwest of Russia]. St. Petersburg, 2009. 276 p.

Gromtsev A. N. Natural disturbance dynamics in the boreal forests of European Russia: a review. *Silva Fennica*. 2002. 36(1). P. 41–55.

Received August 20, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Громцев Андрей Николаевич

заведующий лаб. ландшафтной экологии и охраны
лесных экосистем, д. с.-х. н.
Институт леса Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: gromtsev@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 768160

CONTRIBUTOR:

Gromtsev, Andrey

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: gromtsev@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 768160

УДК 599.4 (1–924.14/.16)

ИЗУЧЕНИЕ ФАУНЫ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (MAMMALIA, CHIROPTERA) В ЗЕЛЕНОМ ПОЯСЕ ФЕННОСКАНДИИ

В. В. Белкин¹, В. А. Илюха¹, Е. А. Хижкин^{1,2}, Ф. В. Федоров¹,
А. Е. Якимова¹

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

² Петрозаводский государственный университет, Россия

Статья посвящена наименее изученной систематической группе млекопитающих Зеленого пояса Фенноскандии (ЗПФ) и Карелии в целом – рукокрылым (Chiroptera, Vespertilionidae). Цель исследований – определение статуса видов в процессе их инвентаризации традиционными и современными методами исследований. Впервые для ЗПФ дается комплексная оценка видового состава, относительного обилия (%) и относительной численности (экз./км маршрута) летучих мышей в период гибернации и летней активности. Мониторинг зимних подземных убежищ проведен в 2009–2018 гг., в т. ч. в бывших военных бетонных сооружениях и штольнях по разработке полезных ископаемых. Среди них самая крупная из описанных в Карелии – Рускеала, где зимует до 25 летучих мышей пяти видов: северный кожанок *Eptesicus nilssonii* Keyserling, Blasius, 1839; ночницы Брандта *Myotis brandtii* Eversmann, 1845; усатая *M. mystacinus* Kuhl, 1817; водяная *M. daubentonii* Kuhl, 1817 и бурый ушан *Plecotus auritus* Linnaeus, 1758. Из них доминирует северный кожанок: относительное обилие – 65,8 %. Прослежена история зимовки рукокрылых в Горном парке «Рускеала» в связи с реконструкцией штольни. Показаны изменения условий обитания летучих мышей и их последствия для разнообразия, численности видов и особенностей их экологии на зимовке. В летний период с использованием статического ультразвукового детектора Song Meter SM2 Bat+ (США) и программного обеспечения Kaleidoscope Pro (ver. 3.1.1) на автомобильных маршрутах и на контрольных точках в широтном направлении кроме отмеченных зимующих видов зарегистрированы рыжая вечерница *Nyctalus noctula* Schreber, 1774, двухцветный кожан *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758, ночницы Наттерера *M. nattereri* Kuhl, 1817 и прудовая *M. dasycneme* Boie, 1825. Летние учеты проведены до 66°23' с. ш., и в них также преобладал северный кожанок – относительное обилие 52,4 %, относительная численность 0,238 экз./км маршрута. Показаны высокая встречаемость рукокрылых на водоемах ЗПФ (69,2 %) и ее особенности у отдельных видов на водоемах различных категорий. Первая инвентаризация рукокрылых на ООПТ Зеленого пояса Фенноскандии значительно расширила список видов летучих мышей этих территорий. В целом исследования показали абсолютное доминирование северного кожанка в сообществах летучих мышей, как на зимовках, так и в период летней активности. Определены северные границы регистрации видов, в т. ч. перелетных, что меняет прежние представления об их распространении в регионе.

Ключевые слова: рукокрылые; видовой состав; распространение; относительная численность; относительное обилие; антропогенное влияние.

V. V. Belkin, V. A. Ilyukha, E. A. Khizhkin, F. V. Fyodorov, A. E. Yakimova.
STUDIES OF THE BAT FAUNA (MAMMALIA, CHIROPTERA) IN THE GREEN
BELT OF FENNOSCANDIA

The article deals with the least-studied taxonomic group of mammals in the Green Belt of Fennoscandia (GBF) and Karelia as a whole – bats (Chiroptera, Vespertilionidae). The aim was to determine the status of species in the process of their inventory using traditional and modern research methods. For the first time, an integrated assessment of the species composition, relative abundance (%) and relative numbers (ind./km of the route) of bats during the hibernation period and summer activity is given for GBF. Underground hibernacula (mines and former military concrete bunkers) were monitored in 2009–2018 years. Up to 25 bats of 5 species overwinter in the largest hibernaculum described for Karelia (Ruskeala) – the northern bat *Eptesicus nilssonii* Keyserling, Blasius, 1839, Brandt's bat *Myotis brandtii* Eversmann, 1845, whiskered bat *M. mystacinus* Kuhl, 1817, Daubenton's bat *M. daubentonii* Kuhl, 1817, and brown long-eared bat *Plecotus auritus* Linnaeus, 1758. The northern bat dominated, with a relative abundance of 65.8 %. The history of bats hibernating in the Ruskeala Mining Park in connection with the reconstruction of the gallery was traced. Changes in the habitat conditions for bats and their consequences for the diversity, species numbers and hibernation ecology are shown. In summer, in addition to the species recorded at hibernacula, car transect and control point surveys using the Song Meter SM2 Bat+ (USA) static ultrasound detector and Kaleidoscope Pro software (ver. 3.1.1) detected common noctule *Nyctalus noctula* Schreber, 1774, parti-coloured bat *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758, Natterer's bat *M. nattereri* Kuhl, 1817, and pond bat *M. Dasycneme* Boie, 1825. The summer censuses reached up to 66°23'N, and the northern bat also dominated the records, with 52.4 % relative abundance, and 0.238 ind./km route relative numbers. The high prevalence of bats at waterbodies in GBF (69.2 %) and its species-specific features at waterbodies of various categories are shown. The first inventory of bats in protected areas within GBF has significantly expanded the list of bat species known in these territories. In general, studies have shown the northern bat predominated in the bat communities both at hibernacula and during the summer period. The northernmost records of species, including migrants, have been updated, modifying the previous ideas about their distribution in the region.

Key words: bats; species composition; distribution; relative number; relative abundance; human impact.

Введение

Большинство сведений о летучих мышах Карелии связано с их случайными встречами [Бианки, 1916; Исаков, 1939; Строганов, 1949; Кузякин, 1950; Марвин, 1959; Зимин, Ивантер, 1969], и лишь отдельные работы [Стрелков, 1958; Лыкова, Коросов, 1995; Богдарина, 2004; Чистяков, Богдарина, 2010] основаны на ограниченных учетных материалах в Южной Карелии. Закономерно, что на территории республики этими авторами отмечены лишь северный кожанок (до 66° с. ш.), водяная ночница (до 62° с. ш.), ночницы условной группы Брандта/усатая и бурый ушан (до 63° с. ш.). Еще более скудные сведения имеются по территории Зеленого пояса Фенноскандии, которые ограничились летними учетами на о. Валаам [Богдарина, 2004] и единственным зимним учетом в штольне Рускеала [Чистяков, Богдарина, 2010]. В результате среди зимующих видов отмечены только северный кожанок и водяная ночница, а летом кроме них – бурый ушан, рыжая вечерница и прудовая ночница.

Слабая изученность рукокрылых на севере европейской части России – в Мурманской и Архангельской областях, в Республике Карелия [Богдарина, Стрелков, 2003], сопряженная с особыми трудностями работы в ночное время летом и в подземных убежищах в период гибернации летучих мышей [Michaelson et al., 2013], явилась отправной точкой для изучения этой систематической группы животных зоологами и физиологами животных ИБ КарНЦ РАН [Белкин и др., 2015, 2018; Uzenbaeva et al., 2015; Antonova et al., 2017; Kizhina et al., 2018]. Именно с территории ЗПФ и были начаты наши исследования по определению статуса гладконосых летучих мышей Карелии с использованием традиционных и современных методов исследований, чему и посвящена эта работа.

Материалы и методы

В 2009–2018 гг. на территории Зеленого пояса Фенноскандии обследовано четыре зимних подземных убежища рукокрылых. Са-

мая крупная зимовка в Рускеала (61°57' с. ш., 30°35' в. д.), которая находится на территории туристического Горного парка «Рускеала» с Большим Мраморным каньоном – памятником культурного (горно-индустриального) наследия Республики Карелия [Хижкин и др., 2018], посещалась от 1 до 3 раз в год с перерывом в 2013, 2014 и 2017 гг. Всего обнаружено 117 летучих мышей пяти видов. Погибшими найдены 5 экз. В подземном убежище Лахденпохья (61°32' с. ш., 30°12' в. д.), вырубленном в скале и имеющем несколько залов и комнат общей площадью около 530 м², бетонную обшивку стен и потолка с нишами вдоль естественной горной породы, за пять зимних сезонов найдена 21 летучая мышь двух видов. В двух остальных подземных убежищах – Питкяранта (61°34' с. ш., 31°30' в. д., длина штольни всего 10 м) и Ляскеля (61°45' с. ш., 31°01' в. д., площадь коридора и зала более 70 м²) – учет проведен в 2016 г. и рукокрылые не обнаружены.

Протяженность летних ночных автомобильных маршрутов на восьми стандартных учетных трансектах составила 320 км. Всего зарегистрировано 145 летучих мышей шести видов. На контрольных точках, в т. ч. на территориях ООПТ, отработано 115 учетных часов, зарегистрировано 6 видов летучих мышей. В процессе автомобильных маршрутных учетов проведена регистрация рукокрылых на 62 водоемах: 14 озерах, 33 реках, 7 ручьях и 4 ламбах. Учено 65 летучих мышей семи видов.

Микроклиматические показатели в штольнях определялись в 2015–2018 гг. при каждом их посещении.

Мониторинг зимних подземных убежищ (искусственные пещеры и бывшие военные бетонные сооружения) проведен в Зеленом поясе Фенноскандии в подзоне средней тайги. Обследованные убежища находятся в Лахденпохском, Сортавальском и Питкярантском районах РК. Поиск летучих мышей проводили методом сплошного визуального осмотра зимовок 1–3 раза в течение периода гибернации (сентябрь–апрель), определяли видовую принадлежность, пол и численность рукокрылых, сопоставляли их изменения, которые учитывали при определении общих сезонных показателей. В последующем вычисляли относительное обилие (долю каждого вида от общего числа зарегистрированных животных, %) [Стрелков, Ильин, 1990]. Также регистрировали локализацию летучих мышей на внутренних поверхностях зимовок, использование ими микроубежищ (трещины, шпур, предметы антропогенного происхождения – прибитые доски, электрокабель и др.). Одновременно учитывали всех погибших животных.

Для характеристики микроклимата зимних убежищ летучих мышей в период гибернации (температура, влажность и скорость движения воздуха) использовали портативный анемометр с крыльчаткой, сенсором влажности и температуры Testo 410-2 (Германия). Излучаемую температуру внутренних поверхностей убежищ (пол, потолок, стены на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м) и температуру поверхности тела самих летучих мышей измеряли тепловизором Testo 875-1i с предустановленной опцией Super Resolution. Полученные после съемки электронные термограммы обрабатывали с использованием программного обеспечения Testo IRSoft (ver. 4.0).

Летний учет рукокрылых выполнен в Зеленом поясе Фенноскандии в широтном направлении от 61°10' до 66°23' с. ш. Учеты проводились во второй половине июля – первой половине августа 2016 и 2018 гг. Видовое разнообразие, распространение и относительное обилие (%) рукокрылых определяли на отдельных контрольных точках на стоянках и на ночных автомобильных маршрутах при скорости машины около 40 км/ч по лесным дорогам, берегам водоемов, сельскохозяйственным угодьям, населенным пунктам в течение всей ночи (рис. 1). Учет летучих мышей на контрольных точках проводили в автоматическом режиме в течение всей ночи, устанавливая детектор за 1 час до захода солнца и снимая через 2 часа после его восхода. Каждый ночной автомобильный маршрут начинался с учета на трансекте протяженностью 40 км и затем продолжался до восхода солнца. Учет начинали через 45 минут после захода солнца [Russ et al., 2003; Jones et al., 2013], что позволило кроме перечисленных показателей определить и относительную численность рукокрылых (экз./км маршрута) на 40-километровых трансектах. На учетах применяли статический ультразвуковой детектор Song Meter SM2 Bat+ с всенаправленным выносным микрофоном, устанавливаемым над крышей машины. Видовая идентификация осуществлялась в автоматическом режиме с помощью программного обеспечения Kaleidoscope Pro (ver. 3.1.1). Использовали классификатор для Финляндии, что при низком разнообразии летучих мышей в нашем регионе повышает точность идентификации видов, которая, по мнению многих специалистов, пока еще недостаточно надежна и результаты которой следует принимать с осторожностью [Russo, Voigt, 2016; Rydell et al., 2017]. Разделение ночниц Брандта и усатой не проводилось в связи с одинаковой характеристикой издаваемых ими сигналов. Программа позволяет опреде-

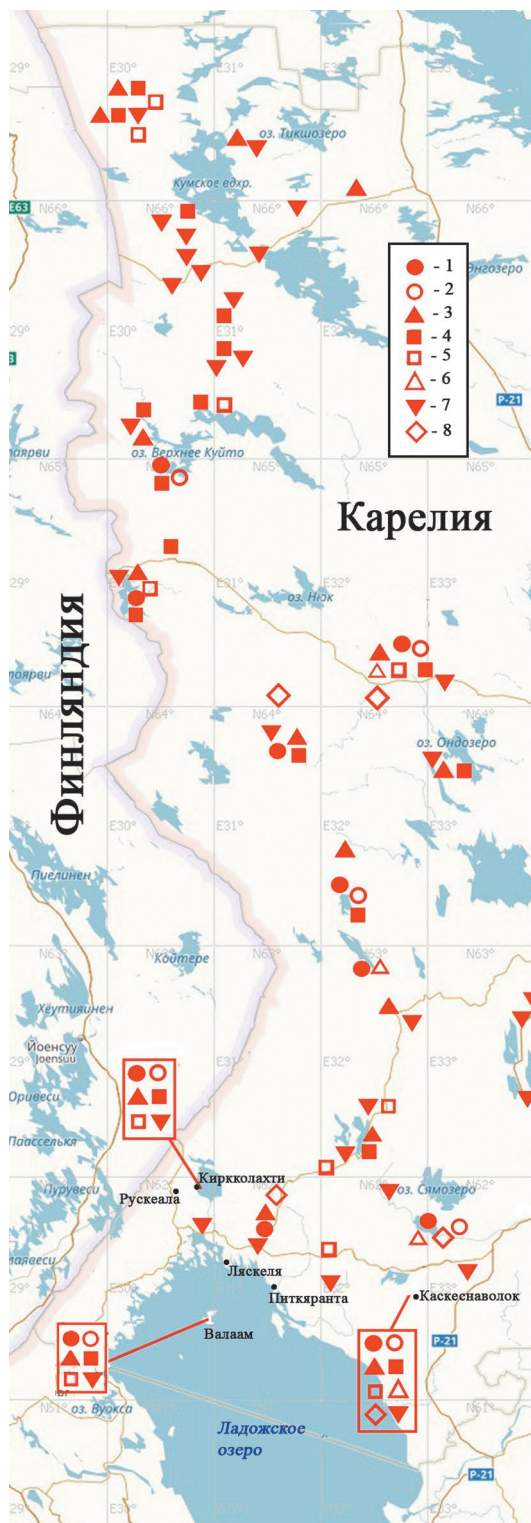


Рис. 1. Регистрация рукокрылых в Зеленом поясе Фенноскандии: 1 – водяная ночница; 2 – прудовая ночница; 3 – бурый ушан; 4 – рыжая вечерница; 5 – двухцветный кожан; 6 – ночница Наттерера; 7 – северный кожанок; 8 – ночницы Брандта/усатая

Fig. 1. The distribution of bats in the Green Belt of Fennoscandia: 1 – Daubenton's bat; 2 – Pond bat; 3 – Brown long-eared bat; 4 – Common noctule; 5 – Particoloured bat; 6 – Natterer's bat; 7 – Northern bat; 8 – Brandt's /Whiskered bat

лять долю безальтернативной идентификации видов с использованием серии сигналов от 3 до нескольких десятков, а также разделение отдельных файлов эхолокации по реальному времени их регистрации, что облегчает выделение отдельных особей. Временной разрыв между файлами составлял, как правило, от 1 до 60 минут. Учитывая скорость движения автомобиля (10–11 м/с), все сигналы одного вида за промежуток времени менее 10 секунд идентифицировались как принадлежащие одной особи. Такой подход минимизирует влияние одной летучей мыши, летающей вокруг детектора, на результаты учета [Miller, 2001]. Учет рукокрылых на водоемах в процессе автомобильных учетов проводили с мостов над всеми пересекаемыми по маршруту реками и ручьями в течение 5–10 минут, в зависимости от ширины реки [Siivonen, Wermundsen, 2008; Celuch et al., 2016]. Такие же учеты делали по берегам озер и ламб, находившихся в непосредственной близости (5–20 м) от маршрута. На их основе определяли встречаемость рукокрылых – % водоемов с зарегистрированными видами. Проведено выборочное сравнение результатов обработки видовой идентификации рыжей вечерницы по программам Kaleidoscope и Bat-Classify (U. K., ver. 2014-07-15).

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что штольня в окрестностях г. Питкяранта имела температуру стен от $-2,0$ до $0,5$ °C, потолка – $0,4$ – $0,8$ °C и низкую влажность воздуха (45,5–61,9 %). Она непригодна для зимовки ночниц, но ее может заселять северный кожанок. Подземное сооружение в окрестностях пос. Ляскеля еще более холодное (от $-4,5$ до $-5,7$ °C), чем предыдущее. Влажность воздуха – 64,5–68,9 %. Закономерно, что в таких суровых условиях зимующие летучие мыши не обнаружены.

В бывшем бомбоубежище в окрестностях г. Лахденпохья на протяжении пяти лет учитывали по 2–7 северных кожанков и единственного бурого ушана. В. Ю. Кусакиной в 2002–2003 гг. также были найдены лишь три северных кожанка и один бурый ушан [Белкин и др., 2015]. Низкая влажность помещений и практическое отсутствие микрокрытий на бетонных поверхностях помещений определили отсутствие здесь ночниц. Относительное обилие северного кожанка составило 92,0 %, бурого ушана – 8,0 %. К сожалению, это хорошо сохранившееся и легкодоступное подземелье в последние годы было переоборудовано в туристический объект

Таблица 1. Видовой состав, численность (экз.) и относительное обилие (%) летучих мышей в штольне Рускеала

Table 1. Species composition, number (ind.) and relative abundance (%) of bats in the Ruskeala gallery

Виды Species	Численность Number						Относительное обилие* Relative abundance*
	2010	2011	2012	2015	2016	2018	
Северный кожанок <i>Eptesicus nilssonii</i>	20	19	17	3	10	6	65,8
Водяная ночница <i>Myotis daubentonii</i>			1	4	1	2	8,5
Ночница Брандта <i>M. brandtii</i>	2	2		5	3	2	12,0
Усатая ночница <i>M. mystacinus</i>				1	1		1,7
Ночница Брандта/усатая <i>M. brandtii</i> / <i>M. mystacinus</i>	1	4	1				5,1
Бурый ушан <i>Plecotus auritus</i>				1	2	1	4,3
Ночницы, ближе не определенные <i>Myotis sp.</i>			1	1			2,6
Всего Total	23	25	20	15	17	11	

Примечание. С учетом 6 экз. (2 северных кожанка, 2 водяных ночницы, 1 бурый ушан, 1 ночница, ближе не определенная), отмеченных при частичном обследовании штольни в годы, не попавшие в учеты.

Note. Including 6 animals (2 northern bats, 2 Daubenton's bats, 1 brown long-eared bat, 1 *Myotis sp.*), accounted during a partial inspection of the gallery in the years that were not included in the records.

и полностью потеряло свое значение как место зимовки летучих мышей.

Наиболее интересным и лучше других исследованным подземным сооружением ЗПФ является штольня Рускеала. Зимние учеты летучих мышей, проведенные здесь, можно разделить на два этапа: до проведения реконструкции штольни (2010–2012 гг.) и после нее (2015–2018 гг.). В первый период отмечена высокая влажность воздуха, но неоднородная (от –4,3 до 5,7 °C) температура воздуха и внутренних поверхностей штольни. Наблюдалось обледенение стен, образование ледяных сталактитов и сталагмитов. В то же время в штольне была низкая продуваемость, большое количество шпуров и микроукрытий. Вход в нее был ограничен решетками, она редко посещалась людьми, и фактор беспокойства был минимальным. Все это определило самую высокую численность летучих мышей (до 25 экз.) среди известных пещер Карелии и явное доминирование на зимовках северного кожанка (табл. 1) – вида с наиболее высокой экологической валентностью. Но даже для него такие условия, вероятно, были не совсем комфортными, т. к. именно в этот период зарегистрирована его смертность на зимовках – 5,4 %. У более теплолюбивых ночниц она была еще выше – 16,7 %. В Челябинской обл. в штольне с еще более низкими показателями температу-

ры воздуха и субстрата смертность северного кожанка составила 9,2 % [Девятова, 2016].

После начала реконструкции штольни в 2014 году условия обитания рукокрылых изменились: длина штольни увеличилась почти на 100 м, были расширены и выровнены боковые стены и потолок, удалена часть шпуров и микроукрытий в старой части штольни, прорублен второй (сквозной) вход с теплым тамбуром (при этом старый вход остался открытым), проложен туннельный проход к затопленному залу с открытым потолком, появился второй ярус штольни с куполообразным залом, началось экскурсионное обслуживание. Микроклимат в отдельных частях штольни в зависимости от удаленности от нового или старого входа меняется в течение сезона гибернации летучих мышей (рис. 2). Это создает для них хорошие предпосылки для возможности выбора или смены места зимовки. В целом можно сказать, что после реконструкции штольни показатели температуры и влажности воздуха и температуры стен и потолка повысились и стали значительно более благоприятны для зимовки рукокрылых (табл. 2). Северный кожанок все так же зимовал открыто, а не в микроукрытиях, и переместился с потолка на стены и их стык с потолком (95,5 %), где более прохладно. Ночницы до и после реконструкции штольни предпочитали микроукрытия, но если в пер-

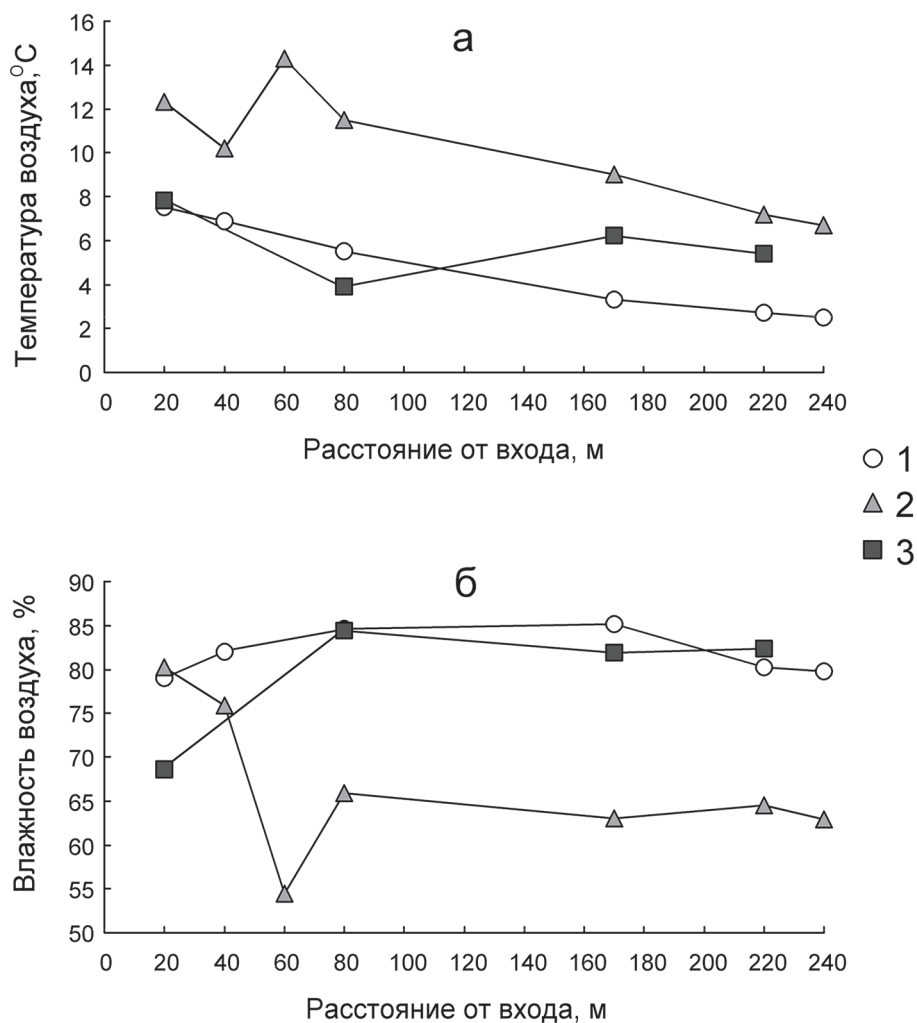


Рис. 2. Изменение температуры (а) и влажности (б) воздуха в штольне Рускеала в начале (1), в середине (2) и в конце (3) периода гибернации летучих мышей

Fig. 2. Changes of temperature (а) and humidity (б) in the Ruskeala gallery during start (1), middle (2) and end (3) period of bat's hibernation

вый период – многочисленные шпury на стенах (83,3 %), то во второй – щели на потолке и его стыке со стеной и под жгутами электрического кабеля (82,6 %). Локализация бурого ушана приходилась в основном на стык стен и потолка и микроукрытия (по 80,0 %). Все эти обстоятельства определили пределы температуры поверхности тела самих летучих мышей, которые на протяжении периода гибернации составили: северный кожанок – от 0 до 2,3 °C, ночницы от –0,9 до 3,5 °C, бурый ушан – от 0,4 до 3,4 °C.

Изменение микроклиматических показателей в штольне Рускеала привело к снижению численности северного кожанка на зимовках и его относительного обилия – с 82,4 до 44,0 %. В то же время появились новые виды – усатая ночница и бурый ушан, которые ранее здесь не регистрировались. Относительное обилие

ночниц возросло с 17,6 до 46,0 %, а бурого ушана составило 10,0 %. Смертность рукокрылых после реконструкции штольни не отмечена ни нами, ни сотрудниками Горного парка, что характеризует ее микроклиматические показатели как благоприятные для зимовки. Можно ожидать дальнейшего расширения списка зимующих здесь видов за счет прудовой ночницы и ночницы Наттерера, которые обитают в Ленинградской области и в Южной Финляндии [Siivonen, Sulkava, 1999; Siivonen, Wermundsen, 2003; Попов, Ковалев, 2010; Ковалев, Попов, 2011].

Летние учеты с ультразвуковым детектором показали, что северный кожанок – самый многочисленный и широко распространенный вид на территории Зеленого пояса Финно-скандии. Он отмечен во всех местах учетов до

Таблица 2. Изменение градиента температуры субстрата в штольне Рускеала в середине периода гибернации летучих мышей (съемка 25.01.2018 г.)

Table 2. Temperature gradient of the substrate in the Ruskeala gallery in the middle of the hibernation period of bats (25.01.2018)

Расстояние от нового входа в штольню к старому, м The distance from the new to the former entrance, m	Пол Ground	Стена Wall			Потолок, 2,0–2,5 м Ceiling, 2,0–2,5 m
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	
40	–1,0	–0,3	0	0,3	0,8
60	–0,5	–0,1	0,3	0,4	0,7
80	–0,5	–0,2	0,3	0,6	0,9
170	–0,2	–0,2	–0,1	0,2	0,3
220	–1,3	–0,9	–0,6	–0,5	0
240	–2,0	–1,6	–1,2	–1,2	–0,7

Таблица 3. Результаты учетов рукокрылых в Зеленом поясе Фенноскандии на стандартных автомобильных трансектах

Table 3. The bats recorded in the Green Belt of Fennoscandia on the standard accounting car-transects

Вид Species	Относительное обилие, % Relative abundance, %	Относительная численность, экз./км Relative number, ind./km
Северный кожанок <i>Eptesicus nilssonii</i>	52,4	0,238
Бурый ушан <i>Plecotus auritus</i>	6,2	0,028
Рыжая вечерница <i>Nyctalus noctula</i>	32,4	0,147
Двухцветный кожан <i>Vespertilio murinus</i>	6,9	0,031
Водяная ночница <i>Myotis daubentonii</i>	1,4	0,006
Прудовая ночница <i>M. dasycneme</i>	0,7	0,003
В целом Total	100,0	0,453

66°23' с. ш. Его относительное обилие – 52,4 %, относительная численность – 0,238 экз./км маршрута (табл. 3). Далее на север он отмечен как в Мурманской области [Семенов-Тянь-Шанский, 1982; Бойко 2014], так и в Финляндии и Норвегии до 70° с. ш. [Rydell et al., 1994; Mitchell-Jones et al., 1999; Siivonen, Sulkava, 1999].

Бурый ушан встречался сравнительно редко, но отмечен даже севернее территории НП «Паанаярви» (66°23' с. ш.). Он зарегистрирован в окрестностях д. Киркколахти (Сортавальский р-н), г. Суоярви и п. Суккозеро (Суоярвский р-н), г. Костомукша и в 40 км севернее п. Пяозерский (Лоухский р-н). В Мурманской области он известен по единственной встрече на широте 67°30' с. ш. [Кузякин, 1950]. В Финляндии этот вид зарегистрирован до широты 64°25' с. ш. [Siivonen, Wermundsen, 2008].

Водяная ночница попала в учеты на многих водоемах на маршруте в широтном направлении. Самая северная встреча, которая подтверждена и визуальными наблюдениями, – р. Сельвана (64°58' с. ш.). Также она зарегистриро-

вана в д. Киркколахти и в 20 км к юго-западу от г. Костомукша. Единичные регистрации водяной ночницы отмечены в долинах северных рек Финляндии на границе с Карелией (р. Оуланка) севернее 66° с. ш. и даже за полярным кругом [Siivonen, Wermundsen, 2008].

Ночницы условной группы Брандта/усатая регистрировались до 64°08' с. ш., но довольно редко. Усатая ночница встречается в Финляндии до 63° с. ш., ночница Брандта – до 64° с. ш. [Lehmann, 1983]. Регистрация ночниц Брандта/усатой с использованием ультразвукового детектора отмечена в Финляндии на широте 66°15'–66°22' с. ш. [Siivonen, Wermundsen, 2008].

Прудовая ночница встречается значительно реже, чем водяная, и, как и последующие виды, на зимовках в республике не отмечена. Самая северная точка регистрации вида – р. Кюреля (64°57' с. ш.), а в Северном Приладожье – д. Киркколахти. В Архангельской области она добыта на широте около 63°30' с. ш. [Марвин, Воловик, 1975].

Таблица 4. Встречаемость рукокрылых на водоемах Зеленого пояса Фенноскандии, % водоемов с зарегистрированными видами летучих мышей

Table 4. Occurrence of bats at water bodies of the Green Belt of Fennoscandia, % of the water bodies with registered bat species

Водоем Water bodies	Северный кожанок <i>Eptesicus nilssonii</i>	Бурый ушан <i>Plecotus auritus</i>	Рыжая вечерница <i>Nyctalus noctula</i>	Двухцветный кожан <i>Vespertilio murinus</i>	Водяная ночница <i>Myotis daubentonii</i>	Прудовая ночница <i>Myotis dasycneme</i>	Ночница Наттерера <i>Myotis nattereri</i>	В целом Total
Озера Lakes	21,1	21,1	31,6	21,1	10,5	10,5	–	73,7
Реки Streams	34,8	10,9	21,7	6,5	6,5	4,4	2,2	67,4
В целом Total	30,8	13,9	24,6	10,8	7,7	6,2	1,5	69,2

У рыжей вечерницы с продвижением на север, вопреки нашим ожиданиям, относительное обилие не уменьшается. Она зарегистрирована в окрестностях д. Киркколаhti, д. Войница (Калевальский р-н), г. Суоярви, г. Костомукша. Самое северное место регистрации вида – территория НП «Паанаярви» и прилегающие территории (66°23' с. ш.). Выборочная сравнительная обработка учетов рыжей вечерницы с использованием программ Kaleidoscope и BatClassify показала одинаковое безальтернативное определение вида, что может свидетельствовать о высокой степени достоверности регистрации рыжей вечерницы в высоких широтах.

Двухцветный кожан также регулярно и повсеместно встречается в учетах. Вид регистрируется до широты 66°23' с. ш., в т. ч. в окрестностях д. Киркколаhti, г. Суоярви, г. Костомукша. В Архангельской области двухцветный кожан встречен на широте 63° с. ш. [Богдарина, Стрелков, 2003], а в Швеции – даже за полярным кругом [Ryberg, 1947].

Ночница Наттерера зарегистрирована в нескольких местах Южной Карелии, а севернее всего – на р. Бола (62°55' с. ш.), в окрестностях п. Гимолы (Калевальский р-н). Вид встречается в Финляндии до 61°30' с. ш. [Siivonen, Wermdsen, 2008], в Швеции – до 63° с. ш. [Mitchell-Jones et al., 1999].

На западе Норвегии на широте 62° с. ш. зарегистрировано 10 видов рукокрылых, а также выводковые колонии *Eptesicus nilssonii*, *Myotis daubentonii*, *M. mystacinus*, *Plecotus pygmaeus* [Michaelsen, 2016].

Учет летучих мышей на различных водоемах Зеленого пояса Фенноскандии показал (табл. 4), что в целом встречаемость рукокрылых весьма велика (69,2 %), на озерах и реках она не отличается (73,7 и 67,4 % соответственно). Однако этот показатель на реках в два раза выше, чем на ручьях шириной до 5 метров (78,8

и 38,5 % соответственно), в основном за счет высокой встречаемости северного кожана. Наблюдаемые различия можно объяснить большей сомкнутостью крон деревьев над ручьями и меньшей выраженностью просвета их русла. Встречаемость всех видов, кроме северного кожана, значительно выше на озерах (в 1,5–3 раза), чем на реках. Вопреки нашим ожиданиям летучие мыши регистрировались над всеми обследованными лампами диаметром 100–200 м.

Летние учеты рукокрылых на ООПТ Зеленого пояса Фенноскандии показали, что в своеобразных природных условиях природного парка «Валаамский архипелаг», ГПЗ «Костомукшский» и НП «Паанаярви» зарегистрировано от 4 до 6 видов рукокрылых (табл. 5). Их относительное обилие в Костомукшском заповеднике с прилегающими территориями резервата «Метсола» вписывается в общую картину результатов учетов в ЗПФ и в целом по Карелии [Белкин и др., 2018]. На двух других территориях наблюдаются высокие показатели относительного обилия перелетных видов – рыжей вечерницы и двухцветного кожана. На о. Валаам в Ладожском озере такое соотношение видов вполне объяснимо, исходя из его географического положения, особенностей климата и природных условий [Кравченко, Лазарева, 1989; Верзилин и др., 1990], а в НП «Паанаярви» – пока не находит своего объяснения. Можно предположить, что определенную роль сыграло изменение некоторых климатических параметров в регионе. Для заповедника «Кивач» (62°17' с. ш., 33°15' в. д.), например, с 1970 года это выразилось в росте среднегодовой температуры воздуха на 1,4 °С, в увеличении продолжительности климатического лета на 23 дня и безморозного периода на поверхности почвы на 52 дня [Скорородова, Щербаков, 2011]. Такие изменения не могут не сказаться на сезонных перелетах рукокрылых, в т. ч. в широтном направлении.

Таблица 5. Видовой состав и относительное обилие (%) рукокрылых на ООПТ Зеленого пояса Фенноскандии
Table 5. Species composition and relative abundance (%) of bats in the protected areas of the Green Belt of Fennoscandia

ООПТ Protected areas	Северный кожанок <i>Eptesicus nilssonii</i>	Бурый ушан <i>Plecotus auritus</i>	Рыжая вечерница <i>Nyctalus noctula</i>	Двухцветный кожан <i>Vespertilio murinus</i>	Водяная ночница <i>Myotis daubentonii</i>	Прудовая ночница <i>Myotis dasycneme</i>
ПП «Валаамский архипелаг» Valaam Archipelago Natural Park	41,1	5,9	44,1	5,9	1,0	2,0
ГПЗ «Костомукшский» Kostomukshsky State Nature Reserve	65,0	5,0	12,5	15,0	2,5	–
НП «Паанаярви» Paanajärvi National Park	5,0	2,5	61,0	9,0	–	–

Моделирование возможного изменения климата на территории Республики Карелия [Сало, Назарова, 2004] показало, что до 2050 г. норма региональной температуры воздуха возрастет на 0,4–1,4 °С. Можно предположить, что для этого региона природные условия зимовки рукокрылых изменятся незначительно. Летние условия, напротив, будут более благоприятны для подготовки к зиме и накоплению жировых запасов. Именно они будут определять успешность выживания летучих мышей в условиях гибернации и в целом благополучие жизнедеятельности популяций.

Заключение

Полученные материалы по мониторингу рукокрылых в Зеленом поясе Фенноскандии позволили провести ревизию видового состава этой группы животных и определить их статус на зимовках и в период летней активности. Впервые получены данные по видовому составу и относительному обилию (%) рукокрылых на территориях ООПТ, по относительной численности (экз./км маршрута) летучих мышей на территории ЗПФ, по встречаемости (%) видов на водоемах различных категорий. Кроме того, впервые представлены результаты мониторинга летучих мышей и среды их обитания при прямом широкомасштабном антропогенном воздействии на места зимовок рукокрылых. Показано абсолютное доминирование северного кожана в сообществах летучих мышей, как на зимовках, так и в период летней активности. Определены северные границы регистрации видов, в т. ч. и перелетных, до 66°23' с. ш., что меняет

прежние представления о распространении некоторых видов рукокрылых в рассматриваемом регионе.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам за анализ рукописи и доброжелательные критические замечания, а также сотрудникам ООПТ Зеленого пояса Фенноскандии Н. В. Бижон (НП «Паанаярви»), С. В. Тархову и Ю. А. Красовскому (ГПЗ «Костомукшский»), Е. В. Михалевой (ПП «Валаамский архипелаг») и Е. В. Левиной (Горный парк «Рускеала») за содействие в выполнении исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0218-2019-0080 и № 0218-2019-0073; при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00-646-а и программы Президиума РАН № 41 (проект № 0221-2018-0002).

Литература

- Белкин В. В., Илюха В. А., Хижкин Е. А., Федоров Ф. В., Морозов А. В., Якимов А. Е. Видовой состав и распространение рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) в Карелии // Принципы экологии. 2018. № 3. С. 13–23. doi: 10.15393/j1.art.2018.8042
- Белкин В. В., Панченко Д. В., Тирронен К. Ф., Якимов А. Е., Федоров Ф. В. Экологический статус рукокрылых (Chiroptera) на зимовках в Восточной Фенноскандии // Экология. 2015. № 5. С. 374–380. doi: 10.7868/S0367059715050042
- Бианки В. Предварительные заметки о летучих мышах в России // Ежегодник Зоологического музея АН СССР. Петроград, 1916. Т. XXI. С. 73–82.
- Богдарина С. В. Заметки о рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) острова Валаам // Plecotus et al. 2004. № 7. С. 18–21.

Богдарина С. В., Стрелков П. П. Распространение рукокрылых (Chiroptera) на севере европейской России // *Plecotus et al.* 2003. № 6. С. 7–28.

Бойко Н. С. Северный кожанок // Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. Кемерово: Азия-принт, 2014. С. 559–560.

Верзилин А. В., Кондрашова К. В., Троцкий А. И. Некоторые биологические особенности яблони в садах Валаама // Озеленение и садоводство в Карелии. Петрозаводск: Карел. науч. центр АН СССР, 1990. С. 97–103.

Деятова Е. В. Зимовка рукокрылых в штольнях у поселка Слюдорудник (Кыштымский городской округ, Челябинская область) // Экология: факты, гипотезы, модели: Материалы конф. молодых ученых. Екатеринбург, 2016. С. 33–40.

Зимин В. Б., Ивантер Э. В. Фаунистический обзор наземных позвоночных заповедника «Кивач» // Труды заповедника «Кивач». Вып. 1. Петрозаводск, 1969. С. 22–64.

Исаков Ю. А. Материалы по фауне млекопитающих средней и северной Карелии // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 1939. Т. XVIII, вып. 2–3. С. 37–50.

Ковалев Д. Н., Попов И. Ю. Годовой цикл пространственной структуры и численность популяции прудовой ночницы (*Myotis dasycneme*) Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 1. С. 68–84.

Кравченко А. В., Лазарева И. П. Природные условия // Экосистемы Валаама и их охрана. Петрозаводск: Карелия, 1989. С. 6–14.

Кузякин А. П. Летучие мыши (систематика, образ жизни и польза для сельского и лесного хозяйства). М.: Советская наука, 1950. 442 с.

Лыкова В. В., Коросов А. В. Абиотические факторы среды в жизни рукокрылых Карелии // Контроль состояния и регуляция функций биосистем. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. С. 98–103.

Марвин М. Я. Млекопитающие Карелии. Петрозаводск: Госиздат КАССР, 1959. 236 с.

Марвин М. Я., Воловик Л. Н. Насекомоядные, рукокрылые, зайцеобразные и грызуны Архангельской области // Фауна Урала и Европейского Севера. Сб. 3. Свердловск: УрГУ, 1975. С. 3–79.

Попов И. Ю., Ковалев Д. Н. Обстоятельства долгожительства летучих мышей (в связи с материалами исследований на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области) // Успехи геронтологии. 2010. Т. 23, № 2. С. 179–185.

Сало Ю. А., Назарова Л. А. Возможные изменения климата и элементов водного баланса территории Карелии в 2001–2050 гг. // Климат Карелии: Изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. С. 88–100.

Семенов-Тянь-Шанский О. И. Звери Мурманской области. Мурманск: Мурм. кн. изд-во, 1982. 175 с.

Скороходова С. Б., Щербаков А. Н. Тренды наступления фенологических событий в заповеднике «Кивач» за 1966–2005 годы // Труды Гос. природ. заповедника «Кивач». Вып. 5. Петрозаводск, 2011. С. 207–221.

Стрелков П. П. Материалы по зимовкам летучих мышей в европейской части СССР // Труды ЗИН АН СССР. 1958. Т. XXV. С. 255–303.

Стрелков П. П., Ильин В. Ю. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) юга Среднего и Нижнего Поволжья // Фауна, систематика и эволюция млекопитающих. Рукокрылые, грызуны. Тр. ЗИН АН СССР Л., 1990. Т. 225. С. 42–167.

Строганов С. У. Определитель млекопитающих Карелии. Петрозаводск: Изд-во Карело-Финского гос. ун-та, 1949. 199 с.

Хижкин Е. А., Белкин В. В., Илюха В. А., Морозов А. В. Сохранение летучих мышей горного парка «Рускеала» как возможное направление экотуризма // Сборник трудов Института физической культуры, спорта и туризма. Туризм и образование: исследования и проекты. Петрозаводск, 2018. С. 83–87.

Чистяков Д. В., Богдарина С. В. Новые находки зимовок рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) на северо-западе России // Вестник СПбГУ. 2010. Сер. 3, вып. 3. С. 3–8.

Antonova E., Ilyukha V., Sergina S., Khizhkin E., Belkin V., Yakimova A., Morozov A. Antioxidant defenses in three vesper bats (Chiroptera: Vespertilionidae) during hibernation // *Turk. J. Zool.* 2017. Vol. 41. P. 1005–1009. doi: 10.3906/zoo-1702-53

Celuch M., Uhrin M., Bačkor P., Ševčík M. Monitoring netoierov pomocou autotransektov – prvé výsledky zo Slovenska // *Vespertillio*. 2016. Vol. 18. P. 41–51.

Jones K. E., Russ J. A., Bashta A.-T., Bilhari Z., Catto C., Csősz I., Gorbachev A., Győrfi P., Hughes A., Ivashkin I., Koryagina N., Kurali A., Langton S. D., Collen A., Mărginean G., Pandourski I., Parsons S., Prokofev I., Szodoray-Parádi A., Szodoray-Parádi F., Tillova E., Hawkins (Walters) C., Weatherill A., Zavarzin O. Indicator bats program: a system for the global acoustic monitoring of bats // *Biodiversity monitoring and conservation: bridging the gap between global commitment and local action*. John Wiley-Blackwell, 2013. P. 213–247. doi: 10.1002/9781118490747.ch10

Kizhina A., Uzenbaeva L., Antonova E., Belkin V., Ilyukha V., Khizhkin E. Hematological parameters in hibernating *Eptesicus nilssonii* (Mammalia: Chiroptera) collected in Northern European Russia // *Acta Chiropterologica*. 2018. Vol. 20(1). P. 273–283.

Lehmann R. *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1819) and *Myotis Brandtii* (Eversmann, 1845) in Finland // *Myotis*. 1983–1984. Vol. 21–22. P. 96–101.

Michaelsen T. C., Olsen O., Grimstad K. J. Roosts used by in late autumn and winter at northern latitudes in Norway // *Folia Zool.* 2013. Vol. 62(4) P. 297–303. doi: 10.25225/fozo.v62.i4.a7.2013

Michaelsen T. C. Summer temperature and precipitation govern bat diversity at northern latitudes in Norway // *Mammalia*. 2016. Vol. 80(1). P. 1–9. doi: 10.1515/mammalia-2014-0077

Miller B. W. A method for determining relative activity of flying bats using a new activity index for acoustic monitoring // *Acta Chiropt.* 2001. Vol. 3. P. 93–106.

Mitchell-Jones A. J., Amori G., Bogdanowicz W., Krystufek B., Reijnders P. J., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J. B., Vohralik V., Zima J. The Atlas

of European Mammals. London: T. and A. D. Poyser, 1999. 484 p.

Russ J. M., Briffa M., Montgomery W. I. Seasonal patterns in activity and habitat use by bats (*Pipistrellus* spp. and *Nyctalus leisleri*) in Northern Ireland, determined using a driven transect // J. Zool. Lond. 2003. Vol. 259. P. 289–299. doi: 10.1017/S0952836902003254

Russo D., Voigt Ch. C. The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis // Ecological Indicators. 2016. Vol. 66. P. 598–602.

Ryberg O. Studies on bats and bat parasites. Stockholm, Svensk: Natur, 1947. 330 p.

Rydell J. First record of breeding bats above the Arctic Circle: northern bats at 68–70° N in Norway // J. Zool. 1994. Vol. 233(2). P. 335–339.

Rydell J., Nyman S., Eklöf J., Jones G., Russo D. Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: a request for prudence

// Ecol. Indicators. 2017. Vol. 78. P. 416–420. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.03.0231470-160X

Siivonen Y., Sulkava S. Mammals of the North. Ota-va, Helsinki, 1999. 224 p. (In Finnish).

Siivonen Y., Wermundsen T. First records of *Myotis dasycneme* and *Pipistrellus pipistrellus* in Finland // Vespertilio. 2003. Vol. 7. P. 177–179.

Siivonen Y., Wermundsen T. Distribution and foraging habitats of bats in northern Finland: *Myotis daubentonii* occurs north of the Arctic Circle // Vespertilio. 2008. Vol. 12. P. 41–48.

Uzenbaeva L. B., Belkin V. V., Ilyukha V. A., Kizhina A. G., Yakimova A. E. Profiles and morphology of peripheral blood cells in three bat species of Karelia during hibernation // J. Evol. Biochem. Physiol. 2015. Vol. 51, no. 4. P. 342–348. doi: 10.3161/15081109ACC2018.20.1.021

Поступила в редакцию 25.02.2019

References

Belkin V. V., Ilyukha V. A., Khizhkin E. A., Fedorov F. V., Morozov A. V., Yakimova A. E. Vidovoi sostav i rasprostranenie rukokrylykh (Chiroptera, Vespertilionidae) v Karelii [Species composition and distribution of Chiroptera (Vespertilionidae) in Karelia]. *Printsipy ekol.* [Principles of the Ecol.]. 2018. Vol. 7, no. 3. P. 13–23. doi: 10.15393/j1.art.2018.8042

Belkin V. V., Panchenko D. V., Tirronen K. F., Yakimova A. E., Fedorov F. V. Ekologicheskii status rukokrylykh (Chiroptera) na zimovkakh v Vostochnoi Fennoskandii [Ecological status of bats (Chiroptera) in winter roosts in Eastern Fennoscandia]. *Ekol.* [Russ. J. Ecol.]. 2015. No. 5. P. 374–380. doi: 10.7868/S0367059715050042

Bianki V. Predvaritel'nye zametki o letuchikh myshakh v Rossii [Preliminary notes about bats in Russia]. *Ezhegodnik Zool. muzeya AN SSSR* [Annual of the Zool. Museum, Acad. Sci. USSR]. Petrograd, 1916. Vol. XXI. P. 73–82.

Bogdarina S. V. Zametki o rukokrylykh (Chiroptera, Vespertilionidae) ostrova Valaam [Notes about bats (Chiroptera, Vespertilionidae) on the island of Valaam]. *Plecotus et al.* 2004. No. 7. P. 18–21.

Bogdarina S. V., Strelkov P. P. Rasprostranenie rukokrylykh (Chiroptera) na severe evropeiskoi Rossii [Distribution of Chiroptera in northern European Russia]. *Plecotus et al.* 2003. No. 6. P. 7–28.

Boiko N. S. Severnyi kozhanok [The northern bat]. *Krasnaya kniga Murmanskoi obl.* [The Red Data Book of the Murmansk Region]. Kemerovo: Aziya-print, 2014. P. 559–560.

Chistyakov D. V., Bogdarina S. V. Novye nakhodki zimovok rukokrylykh (Chiroptera, Vespertilionidae) na severo-zapade Rossii [New data on bat winter roosts (Chiroptera, Vespertilionidae) in the North-West of Russia]. *Vestnik SPbGU* [Bull. St. Petersburg Univ.]. 2010. Vol. 3, iss. 3. P. 3–8.

Devyatova E. V. Zimovka rukokrylykh v shtol'nyakh u poselka Slyudorudnik (Kyshtymskii gorodskoi okrug, Chelyabinskaya oblast') [Wintering of bats in the galleries near the village of Slyudorudnik (Chelyabinsk Region)]. *Ekologiya: fakty, gipotezy, modeli*: Mat. konf. molod.

uchenykh [Ecology: facts, hypotheses, models: Proceed. Conf. of Young Scientists]. Ekaterinburg, 2016. P. 33–40.

Isakov Yu. A. Materialy po faune mlekopitayushchikh srednei i severnoi Karelii [Materials on the mammals fauna of middle and northern Karelia]. *Byull. Mosk. obva isp. prirody* [Bull. of Moscow Society of Naturalists]. Moscow, 1939. Vol. XVIII, iss. 2–3. P. 37–50.

Khizhkin E. A., Belkin V. V., Ilyukha V. A., Morozov A. V. Sokhranenie letuchikh myshei gornogo parka "Ruskeala" kak vozmozhnoe napravlenie ekoturizma [Preservation of bats in the Ruskeala Mining Park as a possible ecotourism direction]. *Sbornik tr. Inst. fiz. kul'tury, sporta i turizma. Turizm i obrazovanie: issledovaniya i proekty* [Proceed. Inst. of Physical Education, Sport and Tourism. Tourism and education: research and projects]. Petrozavodsk, 2018. P. 83–87.

Kovalev D. N., Popov I. Yu. Godovoi tsikl prostranstvennoi struktury i chislennost' populyatsii prudovoi nochnitsy (*Myotis dasycneme*) Sankt-Peterburga i Leningradskoi oblasti [Annual cycle of the spatial structure and population size of the pond bat (*Myotis dasycneme*) of St. Petersburg and the Leningrad Region]. *Trudy KarNTs* [Trans. KarRC RAS]. 2011. No. 1. P. 68–84.

Kravchenko A. V., Lazareva I. P. Prirodnye usloviya [Natural conditions]. *Ekosistemy Valaama i ikh okhrana* [Valaam ecosystems and their protection]. Petrozavodsk: Kareliya, 1989. P. 6–14.

Kuzyakin A. P. Letuchie myshi (sistematika, obraz zhizni i pol'za dlya sel'skogo i lesnogo khozyaistva) [Bats (taxonomy, lifestyle and use in agriculture and forestry)]. Moscow: Sovetskaya nauka, 1950. 442 p.

Lykova V. V., Korosov A. V. Abioticheskie faktory srede v zhizni rukokrylykh Karelii [Abiotic environmental factors in the life of the bats of Karelia]. *Kontrol' sostoyaniya i regulyatsiya funktsii biosistem* [Control of state and regulation of biosystems functioning]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1995. P. 98–103.

Marvin M. Ya. Mlekopitayushchie Karelii [Mammals of Karelia]. Petrozavodsk: Gosizdat KASSR, 1959. 236 p.

Marvin M. Ya., Volovik L. N. Nasekomoyadnye, rukokrylye, zaitseobraznye i gryzuny Arkhangel'skoi

oblasti [Insectivores, bats, lagiformes and rodents of the Arkhangelsk Region]. *Fauna Urala i Evropeiskogo Severa* [Fauna of the Urals and European North]. Iss. 3. Sverdlovsk: UrGU, 1975. P. 3–79.

Popov I. Yu., Kovalev D. N. Obstoyatel'stva dolgozhitel'stva letuchikh myshei (v svyazi s materialami issledovaniy na territorii Sankt-Peterburga i Leningradskoi oblasti) [Circumstances of bats longevity (in connection with research materials on the territory of St. Petersburg and the Leningrad Region)]. *Uspekhi gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2010. Vol. 23, no. 2. P. 179–185.

Salo Yu. A., Nazarova L. A. Vozmozhnye izmeneniya klimata i elementov vodnogo balansa territorii Karelii v 2001–2050 gg. [Possible changes in the climate and elements of the water balance of the territory of Karelia in 2001–2050]. *Klimat Karelii: Izmenchivost' i vliyaniye na vodnye ob'ekty i vodosbory* [Climate of Karelia: Variability and impact on water bodies and catchments]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2004. P. 88–100.

Semenov-Tyan-Shanskii O. I. Zveri Murmanskoi oblasti [Mammals of the Murmansk Region]. Murmansk: Murmanskoe kn. izd-vo, 1982. 175 p.

Skorokhodova S. B., Shcherbakov A. N. Trendy nastupleniya fenologicheskikh sobytii v zapovednike "Kivach" za 1966–2005 gody [Trends in the onset of phenological events in the Kivach Nature Reserve from 1966–2005]. *Tr. Gos. prirod. zapoved. "Kivach"* [Proceed. Kivach St. Nat. Reserve]. Iss. 5. Petrozavodsk, 2011. P. 207–221.

Strelkov P. P. Materialy po zimovkam letuchikh myshei v evropeiskoi chasti SSSR [Materials on bat winter roosts in the European part of the Soviet Union]. *Trudy Zool. In-ta AN SSSR* [Proceed. Zool. Inst., Acad. of Sci. of the USSR]. 1958. Vol. XXV. P. 255–303.

Strelkov P. P., Il'in V. Yu. Rukokrylye (Chiroptera, Vespertilionidae) yuga Srednego i Nizhnego Povolzh'ya [Bats (Chiroptera, Vespertilionidae) in the south of Middle and Lower Volga regions]. *Fauna, sistematika i evolyutsiya mlekopitayushchikh. Rukokrylye, gryzuny. Tr. ZIN AN SSSR* [Fauna, taxonomy and evolution of mammals. Chiroptera rodents. Proceed. Zool. Inst., Acad. of Sci. of the USSR]. Leningrad, 1990. Vol. 225. P. 42–167.

Stroganov S. U. Opredelitel' mlekopitayushchikh Karelii [Identification guide of mammals in Karelia]. Petrozavodsk: Izd-vo Karelo-Finskogo gos. un-ta, 1949. 199 p.

Verzilin A. V., Kondrashova K. V., Troshchii A. I. Nekotorye biologicheskie osobennosti yabloni v sadakh Valaama [Some biological features of apple trees in the gardens of Valaam]. *Ozelenenie i sadovodstvo v Karelii* [Planting of trees and gardens in Karelia]. Petrozavodsk: KarRC AS USSR, 1990. P. 97–103.

Zimin V. B., Ivanter E. V. Faunisticheskii obzor nazemnykh pozvonochnykh zapovednika "Kivach" [Faunistic survey of terrestrial vertebrates of the Kivach Reserve]. *Tr. zapoved. "Kivach"* [Proceed. Kivach St. Nat. Reserve]. Iss. 1. Petrozavodsk, 1969. P. 22–64.

Antonova E., Ilyukha V., Sergina S., Khizhkin E., Belkin V., Yakimova A., Morozov A. Antioxidant defenses in three vesper bats (Chiroptera: Vespertilionidae) during hibernation. *Turk. J. Zool.* 2017. Vol. 41. P. 1005–1009. doi: 10.3906/zoo-1702-53

Celuch M., Uhrin M., Bačkor P., Ševčík M. Monitoring netoierov pomocou autotransektov – prvé výsledky zo Slovenska. *Vespertillio*. 2016. Vol. 18. P. 41–51.

Jones K. E., Russ J. A., Bashta A.-T., Bilhari Z., Catto C., Csősz I., Gorbachev A., Győrfi P., Hughes A., Ivashkin I., Koryagina N., Kurali A., Langton S. D., Collen A., Mărginean G., Pandourski I., Parsons S., Prokofev I., Szodoray-Parádi A., Szodoray-Parádi F., Tilova E., Hawkins (Walters) C., Weatherill A., Zavarzin O. Indicator bats program: a system for the global acoustic monitoring of bats. *Biodiversity monitoring and conservation: bridging the gap between global commitment and local action*. John Wiley-Blackwell, 2013. P. 213–247. doi: 10.1002/9781118490747.ch10

Kizhina A., Uzenbaeva L., Antonova E., Belkin V., Ilyukha V., Khizhkin E. Hematological parameters in hibernating *Eptesicus nilssonii* (Mammalia: Chiroptera) collected in Northern European Russia. *Acta Chiropterologica*. 2018. Vol. 20(1). P. 273–283.

Lehmann R. *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1819) and *Myotis brandtii* (Eversmann, 1845) in Finland. *Myotis*. 1983–1984. Vol. 21–22. P. 96–101.

Michaelsen T. C., Olsen O., Grimstad K. J. Roosts used by in late autumn and winter at northern latitudes in Norway. *Folia Zool.* 2013. Vol. 62(4). P. 297–303. doi: 10.25225/fozo.v62.i4.a7.2013

Michaelsen T. C. Summer temperature and precipitation govern bat diversity at northern latitudes in Norway. *Mammalia*. 2016. Vol. 80(1). P. 1–9. doi: 10.1515/mammalia-2014-0077

Miller B. W. A method for determining relative activity of flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *Acta Chiropt.* 2001. Vol. 3. P. 93–106.

Mitchell-Jones A. J., Amori G., Bogdanowicz W., Krystufek B., Reijnders P. J., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J. B., Vohralik V., Zima J. *The Atlas of European Mammals*. London: T and A. D. Poyser, 1999. 484 p.

Russ J. M., Briffa M., Montgomery W. I. Seasonal patterns in activity and habitat use by bats (*Pipistrellus* spp. and *Nyctalus leisleri*) in Northern Ireland, determined using a driven transect. *J. Zool. Lond.* 2003. Vol. 259. P. 289–299. doi: 10.1017/S0952836902003254

Russo D., Voigt Ch. C. The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis. *Ecological Indicators*. 2016. Vol. 66. P. 598–602.

Ryberg O. Studies on bats and bat parasites. Stockholm: Svensk. Natur, 1947. 330 p.

Rydell J. First record of breeding bats above the Arctic Circle: northern bats at 68–70° N in Norway. *J. Zool.* 1994. Vol. 233(2). P. 335–339.

Rydell J., Nyman S., Eklöf J., Jones G., Russo D. Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: a request for prudence. *Ecol. indicators*. 2017. Vol. 78. P. 416–420. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.03.023 1470–160X

Siivonen Y., Sulkava S. Mammals of the North. Helsinki: Otava, 1999. 224 p. (In Finnish).

Siivonen Y., Wermundsen T. First records of *Myotis dasycneme* and *Pipistrellus pipistrellus* in Finland. *Vespertilio*. 2003. Vol. 7. P. 177–179.

Siivonen Y., Wemundsen T. Distribution and foraging habitats of bats in northern Finland: *Myotis daubentonii* occurs north of the Arctic Circle. *Vespertilio*. 2008. Vol. 12. P. 41–48.

Uzenbaeva L. B., Belkin V. V., Ilyukha V. A., Kizhina A. G., Yakimova A. E. Profiles and morphology of pe-

ripheral blood cells in three bat species of Karelia during hibernation. *J. Evol. Biochem. Physiol.* 2015. Vol. 51, no. 4. P. 342–348. doi: 10.3161/15081109ACC2018.20.1.021

Received February 25, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Белкин Владимир Васильевич

ведущий научный сотрудник, старший научный сотрудник, к. б. н., доцент
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ffyodor@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 573140

Илюха Виктор Александрович

директор, д. б. н., доцент
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ilyukha@bio.krc.karelia.ru
тел.: (8142) 769810

Хижкин Евгений Александрович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910

преподаватель
Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: hizhkin84@mail.ru
тел.: (8142) 573107

Федоров Федор Валерьевич

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ffyodor@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 573140

Якимова Алина Евгеньевна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: ayak73@yandex.ru
тел.: (8142) 573140

CONTRIBUTORS:

Belkin, Vladimir

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ffyodor@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 573140

Ilyukha, Viktor

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ilyukha@bio.krc.karelia.ru
tel.: (8142) 769810

Khizhkin, Evgeny

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
Petrozavodsk State University
33 Lenin St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: hizhkin84@mail.ru
tel.: (8142) 573140

Fyodorov, Fyodor

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ffyodor@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 573140

Yakimova, Alina

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ayak73@yandex.ru
tel.: (8142) 573140

УДК 599.322.3 (1–924.14/.16)

КАНАДСКИЙ БОБР (*CASTOR CANADENSIS* KUHL) КАК ИНВАЗИВНЫЙ ВИД В КАРЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ

Ф. В. Федоров¹, Ю. А. Красовский²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

² Государственный заповедник «Костомукшский», Республика Карелия, Россия

Рассматривается роль Зеленого пояса Фенноскандии (ЗПФ) в расселении бобров. Исследование сфокусировано прежде всего на старовозрастных лесах ЗПФ, которые сохранились на территориях Костомукшского заповедника и Калевальского национального парка. Показано, что специфика этих мест – обилие водоемов и крайне бедная кормовая база бобров – ускорила расселение канадских бобров из Финляндии на восток и юг Карелии. Осина, береза, ива, составляющие основу зимнего питания бобра, на севере ЗПФ встречаются довольно редко и утилизируются бобрами в первые 2–3 года проживания на водоемах. Это вынуждает зверей часто менять место жительства и перемещаться на большие расстояния. Исследования, проведенные в Костомукшском заповеднике в 2018 г., показали, что более 80 % поселений были покинуты бобрами. В 2001 г. таких поселений было 60 %. Установлено, что большая часть жилых поселений заселены бобрами повторно, и как правило, одиночными животными, которые временно занимают брошенную хатку. В среднем доля поселений с бобрами-одиночками составляет 45 %. Распределение бобровых поселений в нетронутых северотаежных лесах очень неравномерно, поскольку в меньшей степени зависит от благоприятных мест обитания и в большей – от кормовых ресурсов. Показано, что 73,3 % (n = 75) поселений встречаются на участках рек с заболоченными березовыми и березово-еловыми лесами, растущими по их берегам. Половина всех поселений, расположенных на водотоках, сконцентрированы вблизи автомагистралей, железнодорожных путей, линий электропередачи, т. е. в местах, где проводилась рубка леса с последующим образованием осинников и березняков. Выявлена высокая строительная активность бобров, обитающих в условиях севера.

Ключевые слова: старовозрастные леса; поселения бобров; кормовая база; строительная активность; ООПТ.

F. V. Fyodorov, Yu. A. Krasovsky. CANADIAN BEAVER (*CASTOR CANADENSIS* KUHL) AS AN INVASIVE SPECIES IN THE KARELIAN PART OF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA

The article discusses the role of the Green Belt of Fennoscandia (GBF) in the dispersal of beavers. The study is focused primarily on old-growth forests inside GBF, which have been preserved in the Kostomukshsky Strict Nature Reserve and Kalevalsky National Park. The specific characteristics of these areas – the abundance of waterbodies and the extremely poor food resources for beavers – accelerated the dispersal of Canadian beavers from Finland towards the east and south of Karelia. Aspen, birch and willow, on which

beavers mostly feed in winter, rarely occur in the north of GBF and are consumed by beavers in the first 2–3 years of their stay at a waterbody. The animals are therefore impelled to change their places of residence frequently and move over long distances. Surveys carried out in the Kostomukshsky Nature Reserve in 2018 showed that over 80 % of known colonies have been abandoned by beavers. In 2001, this proportion was 60 %. Most of the inhabited colonies were re-occupied, as a rule by single animals, who settled in an abandoned lodge temporarily. On average, the share of settlements occupied by single beavers was 45 %. The distribution of beaver settlements in old-growth north-taiga forests is very uneven, since it is more dependent on forage resources than on favorable habitat. In our surveys, 73.3 % ($n = 75$) of the settlements were situated in river stretches with water-logged birch and birch-spruce forests growing along their banks. A half of all settlements situated at watercourses were concentrated near highways, railways, power lines, i. e. where aspen and birch stands have formed after logging. We revealed a high building activity of beavers living in the north.

Key words: old-growth forests; beaver settlements; forage resources; building activity; protected areas.

Введение

Зеленый пояс Фенноскандии создавался с целью сохранения уникальных природных комплексов и как возможный резерват и коридор расселения таежных видов [Титов и др., 2009; Данилов и др., 2014]. Однако, когда в начале 1950-х годов в приграничных районах Карелии появились первые канадские бобры (*Castor canadensis* Kuhl), территория будущего ЗПФ послужила для них скорее коридором и даже «стартовой площадкой», чем резерватом. Причиной тому стали условия обитания бобров на этой территории: обилие водоемов при крайней бедности кормовой базы. Такие условия, наиболее ярко выраженные в ООПТ Зеленого пояса, определяют отличительные особенности существования канадских бобров на севере и ускоряют их расселение.

Канадский бобр – новый для Восточной Фенноскандии вид. Он появился здесь в 1937 г., когда в Финляндию из США привезли 7 особей [Ermala et al., 1989]. Особенности гидрографии и распределения основных кормов способствовали быстрому расселению животных. В настоящее время канадский бобр населяет 12 административных областей Финляндии из 19 [Kauhala, Turkia, 2013] и 14 районов Карелии из 17, а с недавних пор он проник и в Архангельскую обл. [Danilov, Fyodorov, 2016]. Распространение нового вида неизбежно приводит к конкуренции с европейским бобром, населяющим Восточную Фенноскандию.

Прошло больше 60 лет с тех пор, как в приграничной полосе – будущей территории Зеленого пояса Фенноскандии – появился чужеродный для наших экосистем вид. Условия обитания нового вида оказались пессимальными, особенно в тех местах, где сохранились ко-

ренные северотаежные леса – Костомукшском заповеднике и Калевальском национальном парке. Как результат, после непродолжительного проживания на одном месте бобры перемещались в поисках корма, иногда на большие расстояния, заселяя восточные районы республики. Для выяснения современной ситуации в 2018 г. провели оценку численности бобров в заповеднике «Костомукшский» и НП «Калевальский» и выполнили анализ особенностей экологии бобров, обитающих в нативных северных экосистемах.

Методы исследований

В основу настоящей работы положены учеты бобров и наблюдения за различными формами проявления их средообразующей деятельности, выполненные в заповеднике «Костомукшский» и национальном парке «Калевальский» в разные годы. Выявление бобровых поселений и учет обитающих в них животных проводились путем маршрутного обследования береговой линии водоемов. Протяженность сухопутных и водных маршрутов в 2018 г. составила 48 км. Всего учтено 31 поселение – 11 жилых и 20 брошенных. В семи поселениях подробно описана прибрежная растительность. Для оценки влияния кормодобывающей деятельности бобров на лесные насаждения в пяти поселениях закладывали пробные площадки. Их размеры варьировали в зависимости от рельефа берега и в среднем составляли 625 м² (25×25 м). Всего заложено 10 пробных площадок общей площадью 5525 м². На каждой площадке выполнен учет всех древесных растений, включая деревья, сваленные бобрами; диаметр стволов измеряли на уровне погрызов. Полученные показатели позволили рекон-

струировать состав древостоя, каким он был до появления бобров, и рассчитать долю деревьев, утилизированных животными.

Для определения количественного состава бобровой семьи использованы принципы методики, разработанной А. В. Федюшиным [1935], Л. С. Лавровым [1952] и дополненной Ю. В. Дьяковым [1975].

Присутствие молодняка текущего года рождения определялось по следам свежего ремонта хатки летом и по ширине резцов на погрызах веток осенью. При обнаружении в поселении одной возрастной группы бобров число животных в нем считали равным 1–2 бобрам, при двух возрастных группах – 3–5 и при трех – 6–8 бобрам. Состав семьи и ее численность уточнялись во время ночных визуальных наблюдений.

Район исследований

Костомукшский заповедник (49 259 га) был создан в декабре 1983 г. с целью сохранения эталонного участка северотаежной подзоны европейской части России. Девственные леса покрывают более 50 % территории заповедника. На сосняки приходится 84 % лесопокрытой площади, ельники занимают 16 %, вторичные леса, сосняки и осинники – менее 1 % [Хохлова и др., 2000; Выписка..., 2017]. НП «Калевальский» (74 400 га) создан в 2007 г. в целях сохранения самого крупного в Фенноскандии участка сосновой тайги (более 85 % покрытой лесом площади). Еловые леса занимают 10 % лесных земель и приурочены к гидрографической сети [Громцев и др., 1998]. Первичные березовые и березово-еловые заболоченные леса изредка встречаются в приручейных понижениях. Именно эти места заселяются бобрами в первую очередь. Основная кормовая порода бобров – осина – лишь изредка растет на склонах прибрежных холмов, формируя небольшие куртины. Ивы, также наиболее предпочитаемый корм бобров, растут единично у самого уреза воды.

Результаты и обсуждение

История заселения

В 1972 г. участники комплексной экспедиции обнаружили первые бобровые поселения на реках Каменная, Контолки, Максим, Кимасозерка, озерах Каменное и Лувозеро – все эти водоемы находятся в пределах муниципальной территории г. Костомукши. Судя по следам жизнедеятельности и состоянию поселений,

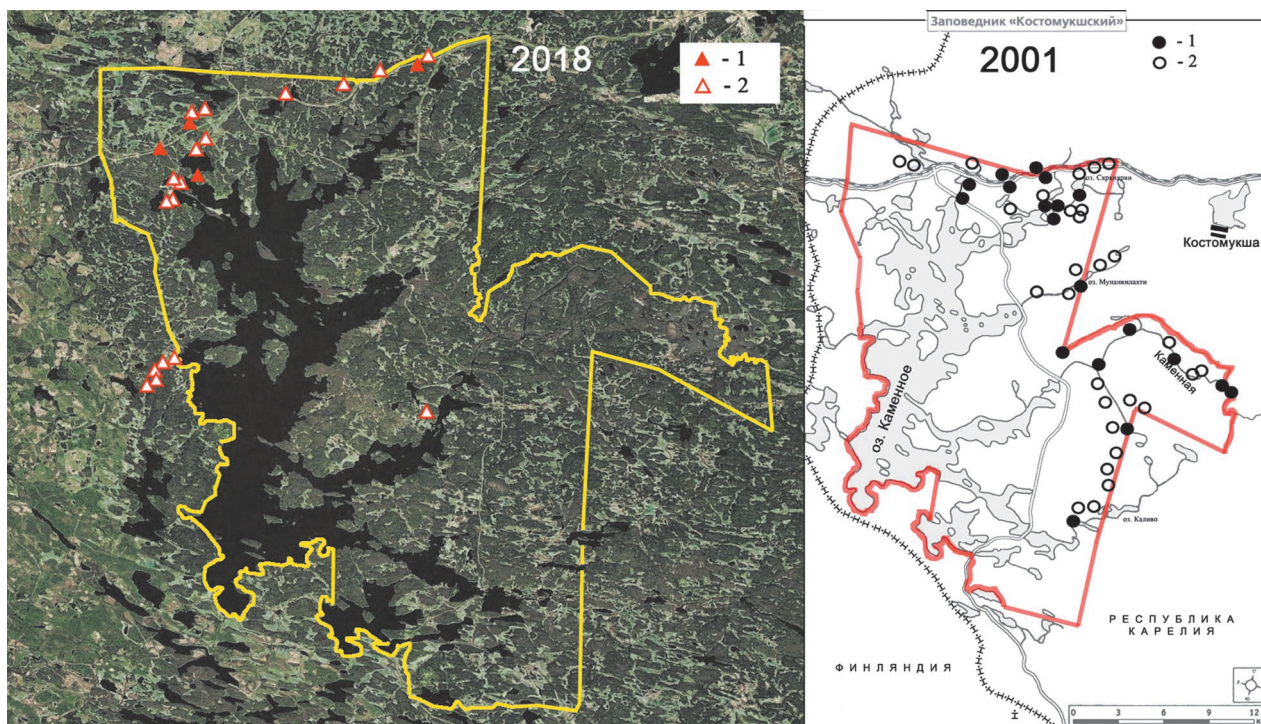
бобры пришли сюда в 1960-е годы, мигрировав из приграничных районов Финляндии, где обитали канадские бобры. Таким образом, именно новый для экосистем Карелии вид – североамериканский, или канадский, бобр (*Castor canadensis* Kuhl) – появился тогда на территории будущего заповедника и обитает в нем до сих пор. В середине 1970-х годов здесь насчитывалось 11 поселений с общей численностью 40–45 животных [Данилов и др., 1977].

В конце 1970-х годов в бассейне озера Каменное насчитывалось 13 поселений бобров с численностью 70–80 особей (рукопись отчета Лаборатории зоологии, Петрозаводск, 1980 г.). Вместе с тем уже в этот период на некоторых водоемах, заселенных бобрами ранее, отмечено сокращение численности зверей в результате истощения кормовой базы. Правда, в пределах упомянутой территории население бобра продолжало увеличиваться, но главным образом за счет освоения ими новых водоемов. В середине 1980-х годов только на части территории заповедника, площадью около 20 тыс. га, было учтено 10 бобровых поселений с численностью более 30 особей. К этому времени бобры встречались почти на всех водоемах, находящихся не только на территории заповедника, но и за его пределами.

В 1999 и 2001 гг. при обследовании водоемов Костомукшского заповедника сотрудники Института биологии КарНЦ РАН [Федоров, Каньшиев, 2003] обнаружили 49 поселений бобров, и только 20 из них были жилыми (40 %) (рис.). В статье, опубликованной в 2003 г. на основании учетов, отмечалось, что в ближайшем будущем в заповеднике следует ожидать сокращения численности бобров и одновременно уменьшения числа животных в семье [Федоров, Каньшиев, 2003]. Это предположение нашло свое подтверждение во время третьей поездки в заповедник в 2018 г., когда было обследовано 22 поселения и только в 4 из них жили бобры (18 %) (рис.). Возможности дальнейшего увеличения численности бобров, на наш взгляд, практически исчерпаны, хотя брошенные поселения могут снова заселяться молодыми животными или бобрами-одиночками, которые используют незанятые поселения как временную остановку во время расселения.

Особенности существования бобров в коренных лесах подзоны северной тайги

Исследования в заповеднике «Костомукшский» и НП «Калевальский» позволили вы-



Распределение бобровых поселений в заповеднике «Костомукшский» по результатам учетов 2018 г. (слева) и 2001 г. (справа):

1 – жилые поселения, 2 – брошенные

Distribution of beaver colonies in the Kostomukshsky Nature Reserve according to the results of the census in 2018 (left picture) and 2001 (right picture):

1 – inhabited colonies, 2 – abandoned colonies

делить некоторые характерные особенности экологии бобров в условиях севера.

1. Распределение бобровых поселений сильно зависит от наличия лиственных пород деревьев, растущих по берегам водоемов. В северных лесах ЗПФ господствуют сосняки – на них приходится до 85 % лесопокрытой площади, ельники занимают 16 %, вторичные леса, березняки и осинники – менее 1 % [Хохлова и др., 2000; Громцев, 2014]. В приручейных понижениях отдельными вкраплениями встречаются березовые и березово-еловые заболоченные леса, которые и заселяются бобрами. Подсчеты деревьев на бобровых поселениях Калевальского парка и Костомукшского заповедника показали, что на березу приходится 53,5 % от всех деревьев, на ольху – 17,1, осину – 2,3, ель – 18,8, сосну – 8,4 ($n = 991$).

2. Большая доля брошенных поселений и непродолжительный период проживания бобров на одном месте. Несмотря на обилие в Костомукшском заповеднике водоемов – более 250 озер, 5 рек и 42 ручья [Выписка..., 2017] – условия обитания бобров близки к пессимальным. Это обусловлено прежде всего скудостью кормовой базы животных и способству-

ет частой смене мест их «жительства». Большая доля покинутых поселений в заповеднике в целом отражает ситуацию с бобрами, обитающими в северотаежных коренных лесах, – именно эти условия «подтолкнули» бобров расселяться дальше, на восток республики.

3. Повторное заселение брошенных хаток. В Калевальском национальном парке обследованы наиболее доступные для людей места – оз. Судно и его притоки, на которых зарегистрировано 9 поселений – 7 жилых и 2 брошенных (табл. 1). Такая высокая доля жилых поселений объясняется относительно недавним появлением бобров на этих водоемах, а следовательно, и сохранившимся потенциалом их кормовой базы. Однако, судя по следам жизнедеятельности, все поселения на оз. Судно были заселены животными повторно. Заселение благоприятных участков берега по несколько раз в течение короткого промежутка времени весьма характерно для бобров, живущих в коренных северотаежных лесах, и было отмечено нами и в Костомукшском заповеднике [Федоров, Каньшиев, 2003]. Как показали опросы инспекторов заповедника и анализ следов жизнедеятельности бобров, оставленное поселение

Таблица 1. Характеристика бобровых поселений на оз. Судно и близлежащих притоках

Table 1. Description of beaver settlements on Lake Sudno and adjacent streams

№ посел. N settlement	Жилое Inhabited	Число бобров Number of beavers	Размеры хатки, м Size of lodge, m		Наличие и размеры плотин, м Availability and size of dams, m		Состав древостоя, % Structure of the forest stands					
			Ø	h	l	h	С	Е	Б	Ол	Ос	n
1	да/yes	1	5,0	2,0	–	–	14	13	55	17	1	291
2	нет/no	–	4,5	1,8	–	–	6	56	26	7	5	136
3	да/yes	1–2	5,0	1,8	–	–	11	6	54	29	0	188
4	нет/no	–	?	?	40 1,5	0,4 0,5	12	8	76	4	0	105
5	да/yes	4–5	5,0	1,6	–	–	5	8	66	20	1	240
6	да/yes	1	3	1,5	–	–	не описано / no description					
7*	да/yes	4–5	3,0 5,0	1,2 1,9	–	–	60	20	18	2	0	65
8	да/yes	3–4	4,0	1,6	в трубе in tube	в трубе in tube	не описано / no description					
9	да/yes	3–4	5	1,9	5 7 в трубе in tube	1,2 0,5 в трубе in tube	не описано / no description					

Примечание. *В поселении есть еще две полухатки. Ø – диаметр, h – высота, l – длина, n – число посчитанных деревьев. С – сосна, Е – ель, Б – береза, Ол – ольха, Ос – осина.

Note. *Also, there are two bank lodges. Ø – diameter, h – height, l – length, n – number of counted trees. С – pine, Е – spruce, Б – birch, Ол – alder, Ос – aspen.

пустует недолго – 1–2 года. На юге Карелии, при наличии большего числа благоприятных мест для жизни бобровой семьи, повторное заселение участков бобрами происходило только после возобновления на них древесно-кустарниковой растительности – в среднем через 10 лет [Данилов и др., 2007].

4. Большая доля поселений с бобрами-одиночками. Оценка мощности поселений позволила установить, что, как правило, брошенные поселения повторно заселяются одиночными животными. Вероятно, отмеченное явление не что иное как временная остановка на зиму бобров, не нашедших себе постоянного места обитания и не создавших семьи. На оз. Судно из семи жилых поселений в трех жил один бобр (43 %). В Костомукшском заповеднике 45 % поселений (n = 20) представлено одиночными животными или парами особей [Федоров, Каньшиев, 2003, с дополнениями].

5. Береза и ольха – основные кормовые породы. Наши прежние исследования [Данилов и др., 2007] не выявили качественных различий в питании канадского и европейского бобров – оба вида поедают почти все виды растений, произрастающие в местах их обитания, и имеют одни и те же вкусовые предпочтения.

Вместе с тем кормовой спектр бобров обоих видов на Европейском Севере России

ограничен в силу ландшафтно-климатических особенностей произрастания древесно-кустарниковой растительности, и с продвижением на север разнообразие кормов сокращается. В южной тайге их 23 вида, в средней – 14, а в северной – всего 8 видов древесно-кустарниковых растений, поедаемых бобрами [Данилов и др., 2007].

Подсчеты погрызов на юге Карелии показывают, что осина является основной кормовой породой бобров [Данилов и др., 2007]. Это подтверждается и работами других зоологов, изучавших питание зверей в различных областях России [Завьялов и др., 2005; Завьялов, 2015]. Однако в коренных лесах северной тайги осина встречается крайне редко, что вынуждает бобров переключаться на другие корма – березу и ольху серую. Хотя и на севере предпочитаемым кормом остается осина. И в Калевальском парке, и в Костомукшском заповеднике нередко приходится встречать деревья этой породы, сваленные бобрами, на удалении 100 и более метров от уреза воды, в то время как основной кормовой участок бобров не распространяется далее 30 м от берега в глубь леса. Как правило, все одиночные осины, растущие по берегам северных рек в районе обитания бобров, бывают срублены ими в первые годы жизни на этом месте.

Таблица 2. Влияние кормодобывающей деятельности бобра на прибрежную древесную растительность в подзонах северной (заповедник «Костомукшский» и НП «Калевальский») и средней тайги (южная Карелия)
Table 2. The influence of beaver foraging activity on the riparian forest in the subzone of northern taiga (Kostomukshsky Nature Reserve and Kalevsky National Park) and middle taiga (South Karelia)

Подзона тайги Taiga subzone	Осина Aspen		Береза Birch		Ольха Alder	
	I	II	I	II	I	II
Северная Northern	23	22 (95,7)	530	285 (53,8)	169	136 (80,5)
Средняя Middle	1085	510 (47,0)	1647	205 (12,4)	191	53 (27,7)

Примечание. I – число деревьев, росших на кормовом участке; II – сваленных и подгрызенных бобрами более чем наполовину, экз.; в скобках – доля деревьев, сваленных бобрами (% от всех деревьев данной породы). Север – данные по: Федоров, 2018, юг – по: Данилов и др., 2007.

Note. I – number of trees that grew on the foraging area; II – number of trees felled or gnawed by beavers, sp.; in brackets – the share, % of trees, fallen by beavers (of all trees of a given species). North – after: Fyodorov, 2018; South – after: Danilov et al., 2007.

Таблица 3. Доля некоторых древесных пород растений в питании бобра в северной и средней тайге, %
Table 3. The share of some trees in the diet of beavers, %

	Северная тайга Northern taiga	Средняя тайга Middle taiga
Осина / Aspen	5,0	66,4
Береза / Birch	64,3	26,7
Ольха / Alder	30,7	6,9
Σ	100 (n=443)	100 (n=768)

На оз. Судно, в 500 м от поселения № 3 (табл. 1), есть небольшой участок берега, поросший осиной. Этот участок стал дополнительной кормовой площадкой бобров. На берегу площадью 220 м² росло 10 осин со средним диаметром 31,2 см (и максимальным – 65 см); 9 из них были свалены бобром и одна подгрызена частично. Что примечательно, все 8 берез (средний диаметр 23,6), растущие на этой площадке, остались нетронутыми.

Как показали исследования, и в национальном парке «Калевальский», и в заповеднике «Костомукшский» на бобровых кормовых площадках было утилизировано более половины всех растущих на берегу берез – 53,8 % (табл. 2). Для сравнения: в южной Карелии бобрами валится всего 12,4 % берез от всех деревьев данной породы [Данилов и др., 2007]. Доля березы и ольхи в питании бобра на севере в совокупности в три раза выше, чем на юге, где основным кормом бобра является осина (табл. 3). Осина встречается единично, поэтому ее доля в питании бобра составляет всего 5 %, однако утилизируется она почти на 100 %.

В результате кормодобывающей деятельности структура древостоя в местах бобровых поселений значительно изменяется: доли сосны и ели в его составе увеличиваются вдвое: с 8,4 и 18,8 % (n = 991) до 15,1 и 33,9 % (n = 547) соответственно.

Вслед за бобровыми «порубками» начинается восстановление древесно-кустарниковой растительности. Оно зависит в первую очередь от способностей воспроизводства различных пород. По нашим наблюдениям, в Калевальском национальном парке и Костомукшском заповеднике пневую поросль образовали 18,1 % сваленных бобрами берез (n = 285) и 28,4 % ольхи (n = 136). На юге Карелии восстановительная способность этих пород несколько выше: 21,9 % (n = 205) и 50,9 % (n = 265) соответственно [Данилов и др., 2007]. Самой низкой восстановительной способностью обладает осина, как на юге Карелии, так и на севере – менее 10 %. Похожие результаты получены и для Ленинградской обл. [Шаповалов, 1987].

6. Высокая строительная активность бобров. Исследования, проведенные в заповеднике и национальном парке, показывают, что строительная активность бобров здесь крайне высока. В 2018 г. во всех обследованных поселениях (100 %, n = 31) были хатки, и практически все поселения, расположенные на ручьях (96 %, n = 24), имели плотины. Если принять в расчет материалы прошлых исследований (1999 и 2001 гг.), то доля поселений с постройками будет почти 90 %, это немного выше, чем в целом по Карелии (табл. 4). Такое высокое проявление строительной деятельности животных вызвано прежде всего условиями их

Таблица 4. Характеристика строительной деятельности канадского бобра [по: Федоров, 2018]

Table 4. Description of building activity of Canadian beaver [after: Fyodorov, 2018]

	Всего поселений Total	Поселения с постройками, % Colonies with construction, %	
		с хаткой lodge	с плотинами dams
Карелия Karelia*	124	74,2	76,6
Север Карелии (Калевальский р-н) Northern Karelia (Kalevalsky district)	39	84,6	79,5
НП «Калевальский» и заповедник «Костомукшский» Kalevalsky National Park and Kostomukshsky Nature Reserve	72	88,9	65,2
из них поселения на: of them, colonies on:			
озерах lakes	13	84,6	–
водотоках streams	59	89,8	76,3

Примечание. * По: Данилов, Федоров, 2015.

Note. After: Danilov, Fyodorov, 2015.

обитания на севере Карелии – низкими, заболоченными или каменистыми берегами, невыраженностью русла водотоков, небольшими размерами рек и ручьев.

7. Концентрация поселений у дорог и линий электропередачи. В заповеднике и национальном парке бобры селятся в основном на водоемах трех типов: крупная река (р. Каменная или Ногейс-йоки), средние и мелкие водотоки (речки, ручьи и протоки между озерами) и мелкие озера, но предпочтение отдают средним и малым водотокам – 73,3 % всех поселений, включая брошенные, сосредоточены именно на них (n = 75). На озерах зафиксировано 16 % поселений, на р. Каменная – 10,7 %. Высокая доля поселений на водотоках объясняется двумя причинами, в основе которых – все та же кормовая база:

1) заболоченные березовые и березово-еловые леса чаще встречаются на севере в приручейных понижениях, чем на береговых склонах озер. Наиболее яркий пример вкрапления березняка в коренном сосновом лесу отмечен на ручье, впадающем в оз. Судно. Древостой на месте бобрового поселения может быть представлен формулой: 8Б1С1ЕОл+;

2) почти половина всех поселений, расположенных на водотоках (25 из 55, или 45,5 %), сконцентрированы вдоль автомагистралей, железнодорожных путей, линий электропередачи и инженерно-технических сооружений. В этих местах емкость бобровых угодий стала выше

благодаря смене состава древесно-кустарниковой растительности, последовавшей за рубкой леса и зарастанием полосы отвода листовыми породами.

Закключение

Нетронутые северотаежные леса Карелии, сохранившиеся на территориях Костомукшского заповедника и Калевальского национального парка, характеризуются крайней бедностью кормовой базы бобров: на 85 % они состоят из сосняков и на 10 % – из ельников. Первичные березовые и березово-еловые заболоченные леса изредка встречаются в приручейных понижениях и занимаются бобрами в первую очередь. Для бобров, расселяющихся в подзоне северной тайги, характерны следующие особенности: 1) неравномерное распределение бобровых поселений; 2) непродолжительный период проживания бобров на одном месте; 3) большая доля повторно занятых поселений; 4) большое число одиночных зверей; 5) смена основной кормовой породы; 6) высокая строительная активность; 7) концентрация бобровых поселений вблизи автомагистралей, железнодорожных путей, линий электропередачи, т. е. в местах, где проводилась рубка леса с последующим образованием осинников и березняков. Специфика биоценозов северной тайги стала одной из причин быстрого расселения канадского бобра на территории Карелии.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт биологии КарНЦ РАН) и при финансовой поддержке государственного заповедника «Костомукшский».

Литература

Выписка из кадастровых сведений о государственном природном заповеднике «Костомукшский» за период 2013–2016 гг. Костомукша, 2017. 43 с.

Громцев А. Н. Леса // Зеленый пояс Фенноскандии: Науч.-поп. иллюстр. изд. / Ред. А. Н. Громцев, О. Л. Кузнецов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. С. 32–37.

Громцев А. Н., Преснухин Ю. В., Шелехов А. М. Характеристика и оценка лесного покрова // Материалы инвентаризации природных комплексов и экологическое обоснование национального парка «Калевальский» / Ред. А. Н. Громцев. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. С. 16–19.

Данилов П. И., Зимин В. Б., Ивантер Т. В., Лапшин Н. В., Марковский В. А., Анненков В. Г. Фаунистический обзор наземных позвоночных // Биологические ресурсы района Костомукши, пути освоения и охраны / Ред. Г. С. Бискэ. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 109–127.

Данилов П. И., Панченко Д. В., Белкин В. В., Тирронен К. Ф., Федоров Ф. В., Якимова А. Е. Фауна: Млекопитающие // Зеленый пояс Фенноскандии: Науч.-поп. иллюстр. изд. / Ред. А. Н. Громцев, О. Л. Кузнецов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. С. 75–78.

Данилов П. И., Федоров Ф. В. Сравнительная характеристика строительной активности канадского и европейского бобров на Европейском Севере России // Экология. 2015. № 3. С. 212–219.

Данилов П. И., Каньшиев В. Я., Федоров Ф. В. Речные бобры Европейского Севера России / Ред. Н. А. Степанова. М.: Наука, 2007. 200 с.

Дьяков Ю. В. Методы и техника количественного учета речных бобров // Тр. Воронежского гос. заповедника. Воронеж, 1975. Т. 1, вып. XXI. С. 160–175.

Завьялов Н. А. Средообразующая деятельность бобра (*Castor fiber* L.) в европейской части России // Труды Гос. природ. заповедника «Рдейский». Вып. 3. Ред. Л. А. Хляп. В. Новгород, 2015. 320 с.

Завьялов Н. А., Крылов А. В., Бобров А. А., Иванов В. К., Дгебуадзе Ю. Ю. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек / Ред. Б. Д. Абатуров. М.: Наука, 2005. 168 с.

Лавров Л. С. Количественный учет речных бобров методом выявления мощности поселения // Методы учета численности и географического распространения наземных позвоночных. М.: АН СССР, 1952. С. 147–155.

Титов А. Ф., Буторин А. А., Громцев А. Н., Иешко Е. П., Крышень А. М., Савельев Ю. В. Зеленый пояс Фенноскандии: состояние и перспективы развития // Труды КарНЦ РАН. 2009. № 2. С. 3–11.

Федоров Ф. В. Особенности экологии бобров в девственных лесах северной тайги (заповедник «Костомукшский» и НП «Калевальский») // Вестник охотоведения. 2018. Т. 15, № 4. С. 294–297.

Федоров Ф. В., Каньшиев В. Я. Канадский бобр (*Castor canadensis* Kuhl) в заповеднике «Костомукшский». Состояние популяции, роль в биоценозах и сфере хозяйственной деятельности человека // Динамика популяций охотничьих животных Северной Европы: Матер. III Междунар. симп. (16–20 июня 2002 г., Сортавала). Петрозаводск, 2003. С. 65–69.

Федюшин А. В. Речной бобр. М.: Главпушнины НКВТ, 1935. 356 с.

Хохлова Т. Ю., Антипин В. К., Токарев П. Н. Особо охраняемые природные территории Карелии (второе изд., перераб. и доп.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 310 с.

Шаповалов С. И. Канадский бобр (*Castor canadensis* Kuhl) как средообразующий фактор экосистем Карельского перешейка. Тюмень, 1987. Рукопись. Деп. в ВИНТИ 16.11.87. 1987. № 8044-B87. 18 с.

Danilov P. I., Fyodorov F. V. The history and legacy of reintroduction of beaver in the European North of Russia // Russ. J. Theriol. 2016. Vol. 15, no. 1. P. 43–48.

Ermala A., Helminen M., Lahti S. Some aspects of the occurrence, abundance and future of the Finnish beaver population // Suomen Riista. 1989. No. 35. P. 108–118 (на фин. и англ. языках).

Kauhala K., Turkia T. Habitat use of beavers: preliminary comparison between a native and alien species // Suomen Riista. 2013. No. 59. P. 20–33 (на фин. и англ. языках).

Поступила в редакцию 28.02.2019

References

Danilov P. I., Zimin V. B., Ivanter T. V., Lapshin N. V., Markovskii V. A., Annenkov V. G. Faunisticheskiy obzor nazemnykh pozvonochnykh [Fauna review of terrestrial vertebrates]. Biol. resursy raiona Kostomukshi, puti osvoeniya i okhrany [Biol. resources of the Kostomuksha region, ways of development and protection]. Ed. G. S. Biske. Petrozavodsk: Karel. fil. AN SSSR, 1977. P. 109–127.

Danilov P. I., Panchenko D. V., Belkin V. V., Tirronen K. F., Fedorov F. V., Yakimova A. E. Fauna: Mlekopitayushchie [Fauna: Mammals]. Zelenyi poiyas Fennoskandii [Green Belt of Fennoscandia].

Eds A. N. Gromtsev, O. L. Kuznetsov. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2014. P. 75–78.

Danilov P. I., Fedorov F. V. Sravnitel'naya kharakteristika stroitel'noi aktivnosti kanadskogo i evropeiskogo bobrov na Evropeiskom Severe Rossii [Comparative characterization of the building activity of Canadian and European beavers in Northern European Russia]. Ekol. [Russ. J. Ecol.]. 2015. No. 3. P. 212–219.

Danilov P. I., Kan'shiev V. Ya., Fedorov F. V. Rechnye bobry Evropeiskogo Severa Rossii [Beavers of the Russian European North]. Ed. N. A. Stepanova. Moscow: Nauka, 2007. 200 p.

D'yakov Yu. V. Metody i tekhnika kolichestvennogo ucheta rechnykh bobrov [The methods for quantitative accounting of the beavers]. Tr. Voronezhskogo gos. zapoved. [Trans. of the Voronezh St. Reserve]. Voronezh, 1975. Vol. 1, iss. XXI. P. 160–175.

Fedorov F. V. Osobennosti ekologii bobrov v devstvennykh lesakh severnoi taigi (zapovednik "Kostomukshskii" i NP "Kaleval'skii") [Peculiarities of beaver ecology in the primary forests of northern taiga (Kostomuksha Reserve and Kalevalsky National Park)]. Vestnik okhotovedeniya [The Herald of Game Management]. 2018. Vol. 15, no. 4. P. 294–297.

Fedorov F. V., Kan'shiev V. Ya. Kanadskii bobr (*Castor canadensis* Kuhl) v zapovednike "Kostomukshskii". Sostoyanie populyatsii, rol' v biotsenozakh i sfere khozyaistvennoi deyatel'nosti cheloveka [Canadian beaver (*Castor canadensis* Kuhl) in the Kostomukshsky Nature Reserve. The state of population, the role in the ecosystems and human economic activity]. Dinamika populyatsii okhotnich'ikh zhivotnykh Severnoi Evropy: Mater. III Mezhdunar. simp. (16–20 iyunya 2002 g., Sortavala) [Dynamics of game animals populations in Northern Europe: Proceed. III Int. Symposium (June 16–20, 2002, Sortavala)]. Petrozavodsk, 2003. P. 65–69.

Fedyushin A. V. Rechnoi bobr [Beaver]. Moscow: Glavpushniny NKVT, 1935. 356 p.

Gromtsev A. N. Lesa [Forests]. Zelenyi poyas Fennoskandii [Green Belt of Fennoscandia]. Eds A. N. Gromtsev, O. L. Kuznetsov. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2014. P. 32–37.

Gromtsev A. N., Presnukhin Yu. V., Shelekhov A. M. Kharakteristika i otsenka lesnogo pokrova [Characteristics and assessment of forest cover]. Mat. inventarizatsii prirod. kompleksov i ekol. obosnovanie nats. parka "Kaleval'skii" [Inventory of nat. complexes and ecol. feasibility study of the Kalevala National Park]. Ed. A. N. Gromtsev. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1998. P. 16–19.

Lavrov L. S. Kolichestvennyi uchet rechnykh bobrov metodom vyyavleniya moshchnosti poseleniya [Quantitative account of beavers by identifying settlement capacity]. Metody ucheta chislennosti i geograficheskogo rasprostraneniya nazemnykh pozvonochnykh [Methods of counting the number and geographical distribution of terrestrial vertebrates]. Moscow: AN SSSR, 1952. P. 147–155.

Khokhlova T. Yu., Antipin V. K., Tokarev P. N. Oso-bo okhranyaemye prirodnye territorii Karelii (vtoroe izd., pererab. i dop.) [Specially protected natural areas of Karelia (2nd edition, rev. and enlarged)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2000. 310 p.

Shapovalov S. I. Kanadskii bobr (*Castor canadensis* Kuhl) kak sredoobrazuyushchii faktor ekosistem Karelii (skogo peresheika [The Canadian beaver (*Castor canadensis* Kuhl) as an ecological-forming factor of the Karelian Isthmus ecosystems]. Tyumen', 1987. Manuscript. Deposited in the All-Union Inst. Sci. Tech. Information. 16.11.87. 1987. No. 8044-V87. 18 p.

Titov A. F., Butorin A. A., Gromtsev A. N., Ieshko E. P., Kryshen' A. M., Savel'ev Yu. V. Zelenyi poyas Fennoskandii: sostoyanie i perspektivy razitiya [Green Belt of Fennoscandia: state and perspectives]. Trudy KarNTs RAN [Trans. KarRC RAS]. 2009. No. 2. P. 3–11.

Vypiska iz kadastrykh svedenii o gosudarstvennom prirodnom zapovednike "Kostomukshskii" za period 2013–2016 gg. [Extract from cadastral reports on the Kostomukshsky Strict Nature Reserve for the period of 2013–2016]. Kostomuksha, 2017. 43 p.

Zav'yalov N. A. Sredoobrazuyushchaya deyatel'nost' bobra (*Castor fiber* L.) v Evropeiskoi chasti Rossii [The environment-forming activity of beaver (*Castor fiber* L.) in the European part of Russia]. Trudy Gos. prirod. zapoved. "Rdeiskii" [Proceed. Rdeysky Nature Reserve]. Ed. L. A. Khlyap. Velikii Novgorod, 2015. Iss. 3. 320 p.

Zav'yalov N. A., Krylov A. V., Bobrov A. A., Ivanov V. K., Dgebuadze Yu. Yu. Vliyanie rechnogo bobra na ekosistemy malykh rek [Impact of the European beaver on small river ecosystems]. Ed. B. D. Abaturon. Moscow: Nauka, 2005. 168 p.

Danilov P. I., Fyodorov F. V. The history and legacy of reintroduction of beaver in the European North of Russia. Russ. J. Theriol. 2016. Vol. 15, no. 1. P. 43–48.

Ermala A., Helminen M., Lahti S. Some aspects of the occurrence, abundance and future of the Finnish beaver population. Suomen Riista. 1989. No. 35. P. 108–118. (In Finnish/English).

Kauhala K., Turkia T. Habitat use of beavers: preliminary comparison between a native and alien species. Suomen Riista. 2013. No. 59. P. 20–33. (In Finnish/English).

Received February 28, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Федоров Федор Валерьевич

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН, Федеральный
исследовательский центр «Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: ffyodor@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 573140

Красовский Юрий Анатольевич

старший научный сотрудник
Государственный природный заповедник «Костомукшский»
ул. Приозерная, 2, Костомукша, Республика Карелия,
Россия, 186930
эл. почта: lafanj@yandex.ru
тел.: (81459) 54524

CONTRIBUTORS:

Fyodorov, Fyodor

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ffyodor@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 573140

Krasovsky, Yury

Kostomukshsky Strict Nature Reserve
2 Priozernaya St., 186930 Kostomuksha, Karelia, Russia
e-mail: lafanj@yandex.ru
tel.: (81459) 54524

УДК 597.2/.5:574.64

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБАХ МАЛЫХ ОЗЕР ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ (НА ТЕРРИТОРИИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

П. М. Терентьев, Е. М. Зубова, Н. А. Кашулин, И. М. Королева

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное структурное подразделение
Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии
наук», Апатиты, Россия*

Исследованы закономерности накопления тяжелых металлов (ТМ) в организмах рыб водоемов Мурманской области в пределах Зеленого пояса Фенноскандии (ЗПФ), испытывающих продолжительное влияние воздушного загрязнения, связанного с функционированием предприятия цветной металлургии. Установлено, что отрицательные последствия аэротехногенного загрязнения водоемов Кольской горно-металлургической компанией (ГМК) проявляются вне зависимости от доминирующих в течение года направлений ветра. Сокращение объемов выбросов Никельской площадкой Кольской ГМК за прошедшие десятилетия не привело к значительному уменьшению уровня антропогенной нагрузки. Напротив, отмечается долговременная тенденция к увеличению содержания Си в органах сига, гольца, щуки и окуня всех исследованных озер. У рыб в изученных водоемах отмечено градиентное снижение накопления Си и Ni в органах-мишенях по мере удаления водоемов от источника загрязнения. Выявленная закономерность согласуется с интенсивностью развития патологий органов сига. Обыкновенный сиг (*Coregonus lavaretus* (L., 1758)) является наиболее надежным тест-объектом, достоверно отражающим интенсивность нагрузки долговременного воздействия ТМ. Предполагается, что величина площади водосбора водоема может определять интенсивность и скорость накопления ТМ в организмах рыб. Совокупный эффект сохраняющейся антропогенной нагрузки ТМ на водоемы исследованной территории, процессов изменения климата, антропогенного эвтрофирования вод может выражаться в снижении биологического разнообразия фауны рыб ЗПФ, сокращении численности ценных видов рыб. Выявленные закономерности могут быть использованы при оценке состояния действующих охраняемых территорий и проектировании ООПТ ЗПФ.

Ключевые слова: Зеленый пояс Фенноскандии; биоразнообразие ихтиофауны Мурманской области; воздушное загрязнение; тяжелые металлы; индикаторные виды.

P. M. Terentjev, E. M. Zubova, N. A. Kashulin, I. M. Koroleva. PATTERNS OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN FISH IN LAKES OF THE FENNOSCANDIAN GREEN BELT (IN THE MURMANSK REGION)

The patterns of heavy metals (HM) accumulation in fish from lakes of the Murmansk Region within the Green Belt of Fennoscandia (GBF) exposed to long-term air-borne pollution associated with the operation of a non-ferrous metal processing enterprise have been studied. The detrimental effects of air-borne water pollution from the Kola GMK

mine and smelter do not depend on the dominant wind directions. The reduction in emissions from the Nickel site of the Kola GMK in the past decades has not led to a significant decrease in the level of anthropogenic load. On the contrary, a long-term upward trend is observed in the content of Cu in the organs of whitefish, char, pike and perch in all the lakes studied. The accumulation of Cu and Ni in fish target organs tended to decrease along the distance gradient from the source of pollution. The revealed pattern is consistent with the intensity of pathologies development in whitefish organs. The common whitefish (*Coregonus lavaretus* (L., 1758)) is the most reliable test object that reflects the degree of pressure from long-term exposure to HM. The size of the catchment area is supposed to predetermine the intensity and rate of HM accumulation in fish organisms. The cumulative effect of persistent anthropogenic HM load on waterbodies in the study area, climate change processes, and man-induced eutrophication of waters can show in a decline in the biological diversity of the fish fauna in GBF, reduction in the number of valuable fish species. The identified patterns can be used in assessing the state both of existing and planned protected areas inside GBF.

Keywords: Green Belt of Fennoscandia; fish fauna biodiversity of the Murmansk Region; air pollution; heavy metals; indicator species.

Введение

Территория Мурманской области в пределах современных границ Зеленого пояса Фенно-скандии (ЗПФ) [Боровичев и др., 2018] характеризуется большим числом рек и озер. Несмотря на практически полное отсутствие урбанизированных территорий, включая приграничные районы Северной Финляндии и Норвегии, водоемы указанной области испытывают влияние процессов воздушного загрязнения ТМ [Amundsen et al., 2011; Rognerud et al., 2013]. К числу крупнейших промышленных предприятий региона, оказывающих влияние на состояние наземных и водных экосистем, принадлежит предприятие цветной металлургии Никельская площадка Кольской ГМК ПАО ГМК «Норильский никель» [Кашулин и др., 2009; Ylikörkkö et al., 2015]. Учитывая особый статус территории ЗПФ [Титов и др., 2009], проблема сохранения биологического разнообразия и оценки состояния пресноводных экосистем в условиях аэротехногенного воздействия, в частности токсического влияния ТМ, стоит весьма остро. Для оценки антропогенного пресса на экосистемы водоемов помимо изучения гидрохимических показателей широко используют гидробионтов. Рыбы, как индикаторы качества вод, представители верхнего трофического уровня водоемов и объекты питания человека, могут быть использованы для оценки уровня антропогенной нагрузки (в частности ТМ) на пресноводные экосистемы [Моисеенко, 1984; Кашулин и др., 1999; Authman et al., 2015; Rose et al., 2015].

Имеющиеся материалы собственных исследований по накоплению ТМ в организмах рыб водоемов приграничного района России, Финляндии и Норвегии могут представлять интерес

в контексте приуроченности к ЗПФ рассматриваемой территории, испытывающей длительное воздействие ТМ. Цель данной работы – выявление градиентных закономерностей нагрузки ТМ предприятия медно-никелевого производства на водоемы ЗПФ, расположенные в направлении, противоположном преобладающей «розе ветров», на основе анализа накопления Cu, Ni и Zn в организмах рыб. Также задачей исследования являлось определение особенностей долговременного аккумуляирования ТМ различными представителями рыбной части сообщества и обоснование выбора показательных тест-объектов, отражающих интенсивность антропогенного влияния на территориях, имеющих природоохранный статус.

Материалы и методы

В работе использованы материалы собственных исследований ИППЭС КНЦ РАН в период с 2002 по 2013 гг. (табл. 1). Изученные водоемы находятся в пределах лесной зоны ЗПФ в приграничном районе крайней северо-западной части РФ (Мурманская область) с северными областями Норвегии и Финляндии (рис. 1). Критерием выбора водоемов являлось их расположение в юго-западном и южном направлении на различном удалении от Никельской площадки Кольской ГМК в пределах ЗПФ. Несмотря на то что господствующими в течение года являются ветры южного и юго-западного направлений (рис. 1), влиянию дымовых выбросов предприятия за счет атмосферного переноса и выпадения с атмосферными осадками подвержена вся территория Мурманской области и сопредельных стран [Раткин, 2006]. Оз. Куэтсъярви расположено в непосредствен-

Таблица 1. Объем проанализированных образцов органов рыб, основные характеристики и некоторые гидрохимические показатели исследованных водоемов

Table 1. Volume of the analyzed samples of fish organs, the main characteristics and some hydrochemical parameters of the studied lakes

Показатель Index	Озера Lakes					
	Куэтсъярви Kuetsyarvi	Шуонияур Shuoniyaaur	Иля-Наутсиярви Ilya-Nautsiyarvi	Виртуовошъяур Virtuovoshyaur	Кочеяур Kocheyaur	Ковдор Kovdor
Период исследований Period of study	2004–2013	2005–2012	2012	2005–2013	2002–2009	2002–2004
Количество отобранных образцов тканей рыб The number of sampled fish tissues	Сиг Whitefish (373) Щука Pike (165) Окунь Perch (156)	Голец Charr (109) Кумжа Trout (50)	Сиг Whitefish (50) Щука Pike (50) Окунь Perch (50)	Сиг Whitefish (143) Щука Pike (70) Окунь Perch (150)	Сиг Whitefish (213) Щука Pike (80) Окунь Perch (155)	Сиг Whitefish (128) Ряпушка (100)
Водосбор Catchment	р. Пасвик Pasvik Riv.	р. Пасвик Pasvik Riv.	р. Пасвик Pasvik Riv.	р. Пасвик Pasvik Riv.	р. Тулома Tuloma Riv.	р. Нива Niva Riv.
Высота н. у. м., м Altitude, m	21,3	180,1	154	182	133,1	211
Макс. глубина, м Max. depth, m	37	10	9	13	8	24,1
Площадь озера, км ² Lake area, km ²	17	11,3	3,8	1,25	3,2	0,54
Площадь водосбора, км ² Catchment area, km ²	628,4	285,8	262	13,7	27,5	133
pH	$\frac{7,06}{6,71-7,31}$	$\frac{6,59}{6,17-6,85}$	-	$\frac{6,66}{6,12-6,96}$	$\frac{7,08}{6,88-7,29}$	$\frac{8,44}{7,16-9,87}$
HCO ₃ ⁻ , мг/л HCO ₃ ⁻ , mg/l	$\frac{17,5}{11,0-21,9}$	$\frac{4,8}{4,3-5,5}$	-	$\frac{8,2}{5,7-11,4}$	$\frac{12,9}{11,8-16,5}$	$\frac{78,9}{33,7-153,3}$
SO ₄ ²⁻ , мг/л SO ₄ ²⁻ , mg/l	$\frac{28,8}{16,8-40,3}$	$\frac{4,1}{3,1-8,5}$	-	$\frac{3,01}{2,08-6,90}$	$\frac{2,75}{2,04-6,40}$	$\frac{81,6}{37,0-270,0}$
Общая минерализация, мг/л Total mineralization, mg/l	$\frac{69,0}{43,8-90,5}$	$\frac{15,7}{13,6-26,0}$	-	$\frac{3,01}{2,08-6,90}$	$\frac{22,4}{20,0-31,3}$	$\frac{233,2}{143,5-619,0}$
Cu, мкг/л Cu, µg/l	$\frac{9,6}{6,3-18,1}$	$\frac{4,7}{2,0-11,0}$	-	$\frac{1,2}{0,5-3,4}$	$\frac{1,70}{0,20-18,0}$	$\frac{2,1}{0,8-11,3}$
Ni, мкг/л Ni, µg/l	$\frac{116}{74-182}$	$\frac{7,4}{4,7-17,0}$	-	$\frac{1,2}{0,5-3,6}$	$\frac{0,9}{0,1-3,0}$	$\frac{2,3}{0,4-8,2}$

ной близости от предприятия медно-никелевого производства, испытывая, помимо воздушного загрязнения, также интенсивное влияние промышленных стоков Кольской ГМК. Показатели содержания меди и никеля в воде данного водоема в 2–8 и 16–129 раз выше по сравнению с другими рассматриваемыми водоемами (табл. 1). Оз. Шуонияур входит в импактную зону воздействия предприятия [Раткин, 2006]. На более значительном расстоянии от источника азротехногенной эмиссии находятся озера Иля-Наутсиярви, Виртуовошъяур, Кочеяур и Ковдор (рис. 1). Последнее в то же время расположено в зоне воздействия предприятия Ковдорский ГОК, обуславливающего более высокие показатели сульфат-ионов, гидрокарбонат-ионов и общей минерализации (табл. 1).

Отбор материалов проводился стандартным набором ставных сетей длиной 30 м и высотой 1,5 м с размерами ячеи от 8 до 55 мм, из нейлонового монофиламента. Обработка ихтиологического материала проводилась согласно ранее описанным методикам [Правдин, 1966; Кашулин и др., 1999].

Для определения содержания Cu, Ni и Zn отбирались образцы печени, почек, жабр и мышечной ткани. Для исключения возрастных вариаций аккумуляирования ТМ в организмах отбор материала проводился у рыб со сходными размерно-весовыми показателями. Вскрытие и отбор проб проводили с использованием ножей, пинцетов и скальпелей из нержавеющей стали. Полученные образцы замораживали для дальнейшего анализа. В лабораторных усло-



Рис. 1. Схема района исследований: 1 – оз. Куэтсъярви 69.441814°, 30.167189°; 2 – оз. Шуонияур 69.244156°, 30.007887°; 3 – оз. Иля-Наутсиярви 68.825404°, 29.104949°; 4 – оз. Виртуовошъяур 68.767815°, 28.810493°; 5 – оз. Кочеяур 68.596075°, 28.680380°; 6 – оз. Ковдор 67.553845°, 30.487454°. Указана «роза ветров» метеостанции пгт. Никель [Архив..., 2019]

Fig. 1. Study area: 1 – Lake Kuetsjarvi 69.441814°, 30.167189°; 2 – Lake Shuonijaur 69.244156°, 30.007887°; 3 – Lake Ilya-Nautsjarvi 68.825404°, 29.104949°; 4 – Lake Virtuovoshjaur 68.767815°, 28.810493°; 5 – Lake Kochejaur 68.596075°, 28.680380°; 6 – Lake Kovdor 67.553845°, 30.487454°. Rose of wind according to weather station data of Nickel City is indicated [Archives..., 2019]

виях их высушивали до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 90 °С, после чего органическую матрицу удаляли в растворе концентрированной азотной кислоты в микроволновой системе разложения (Multivave 3000,

Anton Paar, Австрия) с дальнейшей фильтрацией. Определение содержания меди и никеля в жабрах, почках и печени проводилось методом атомно-адсорбционной спектроскопии с атомизацией в пламени или графитовых трубках

с использованием приборов Perkin-Elmer 5000 с графитовой печью HGA-400. Концентрация металлов выражалась в мкг/г сухого веса тканей. Образцы растворов для определения металлов сравнивались с сертифицированным стандартным образцом Fluka Chemie GmbH (Швейцария). Контроль качества осуществлялся с использованием стандартных образцов DORM-2.

Результаты и обсуждение

Озера в пределах рассматриваемой области ЗПФ характеризуются наличием в составе ихтиофауны таких распространенных видов, как: обыкновенный голец (*Phoxinus phoxinus* (L., 1758)), налим (*Lota lota* (L., 1758)), речной окунь (*Perca fluviatilis* (L., 1758)), обыкновенный ерш (*Gymnocephalus cernuus* (L., 1758)), обыкновенная щука (*Esox lucius* (L., 1758)), девятииглая колюшка (*Pungitius pungitius* (L., 1758)). Нередки в уловах также арктический голец (*Salvelinus alpinus* (L., 1758)), кумжа (*Salmo trutta* (L., 1758)), обыкновенный сиг (*Coregonus lavaretus* (L., 1758)), европейская ряпушка (*Coregonus albula* (L., 1758)). Для водоемов бассейна Князегубского/Иовского водохранилища помимо указанных видов также характерны представители карповых – плотва (*Rutilus rutilus* (L., 1758)), язь (*Leuciscus idus* (L., 1758)) и лещ (*Abramis brama* (L., 1758)). В большинстве малых озер побережья Баренцева моря отмечается трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus* (L., 1758)) [Правдин, 1954; Галкин и др., 1966; Рыбы..., 2010].

Обыкновенный сиг отмечен во всех исследованных водоемах, за исключением оз. Шуонияур, в котором обитают главным образом кумжа и арктический голец. Поскольку сиг, окунь и щука являются наиболее распространенными представителями фауны рыб, сравнительный анализ пространственно-временных закономерностей накопления ТМ проводился для указанных видов. Интенсивность накопления ТМ в организмах рыб неравномерна. Наиболее высокие значения содержания меди для всех озер и рассматриваемых видов отмечались в печени, никеля – в почках. Концентрация цинка достигала наиболее высоких величин в почках и жабрах. Указанные органы-мишени были выбраны в качестве репрезентативного критерия токсикологической нагрузки на организмы рыб.

Многолетний анализ содержания Си в организмах рыб одного возрастного состава и со сходными размерно-весовыми характеристиками подтверждает ранее установленные закономерности [Ylikörkkö et al., 2015] об увеличении интенсивности нагрузки на оз. Куэтсьярви. Отмечено, что концентрации металла были

выше у сига (табл. 2), достигая у отдельных особей максимального содержания в печени – 196 мкг/г, а в почках – 112,5 мкг/г сух. веса. Видоспецифичность накопления была статистически подтверждена по содержанию Си в печени сига и щуки ($t = 6,86$; $p < 0,001$), сига и окуня ($t = 6,06$; $p < 0,001$) (рис. 2).

Аналогичная особенность отмечена и для Ni, содержание которого в почках рассматриваемых рыб, в особенности у сига, достигало 59 мкг/г сух. веса. Статистически значимые различия его накопления в почках между рассматриваемыми видами выявлены для сига и щуки ($t = 7,90$; $p < 0,001$), сига и окуня ($t = 10,80$; $p < 0,001$). Отмечено, что содержание Zn в почках и жабрах сига, щуки и окуня имеет наиболее высокие значения в отличие от Си и Ni. У сига концентрация Zn в почках достигала 984, в жабрах – более 1000 мкг/г, а у щуки до 816 (почки) и 834 (жабры) мкг/г (табл. 2).

В оз. Шуонияур анализировались уровни накопления ТМ в организмах арктического гольца и кумжи. Было отмечено, что содержание Си в печени кумжи достигает 285 мкг/г сух. веса (табл. 2), накопление Си в печени гольца возросло за последнее десятилетие (рис. 3). Концентрация Ni в почках была наиболее высокой у гольца (до 28 мкг/г сух. веса). Для Ni, в отличие от Си, отмечается противоположная тенденция – снижение уровней его накопления у кумжи и гольца за последние годы (рис. 3). Видоспецифичность накопления Ni в почках гольца и кумжи была статистически подтверждена ($t = 3,94$; $p < 0,001$).

Очевидно, что влияние Ni на рыб более выражено вблизи предприятия цветной металлургии. Ранее нами было показано, что никель определяет интенсивность накопления других ТМ в организмах рыб [Kashulin et al., 2011]. По мере удаления водоема от источника загрязнения в органах рыб отмечается рост содержания Си.

Элемент Zn, имеющий наиболее высокие абсолютные показатели содержания в тканях рыб, способен усиливать токсическое воздействие никеля и меди на организм [Моисеенко и др., 2002]. Максимальные показатели его накопления были отмечены у кумжи в почках (до 298 мкг/г) и жабрах (до 535 мкг/г). Показано, что накопление Си в жабрах гольца и кумжи имеет достоверные отличия ($t = 10,02$; $p < 0,001$).

У рыб оз. Иля-Наутсиярви наиболее высокая концентрация Си отмечалась в печени и почках. Среднее содержание Си в печени сига достигало 38, а в почках – 16,3 мкг/г сух. веса (табл. 3). Максимальное содержание Ni в данном водоеме отмечено в почках сига (до 34 мкг/г). Вы-

Таблица 2. Содержание Cu, Ni и Zn в органах рыб оз. Куэтсъярви и оз. Шуонияур

Table 2. Concentration of Cu, Ni and Zn in fish organs of Lakes Kuetsyarvi and Shuoniyaur

	Показатель Index	Жабры gills	Мышцы muscle	Печень liver	Почки kidneys
сиг, оз. Куэтсъярви whitefish, Lake Kuetsjarvi					
Cu	mean $\pm$ SD	6,94 $\pm$ 3,32	0,94 $\pm$ 0,25	50,42 $\pm$ 31,81	15,57 $\pm$ 6,50
	min-max	1,30–42,57	0,51–1,92	13,71–195,82	3,67–112,50
Ni	mean $\pm$ SD	10,75 $\pm$ 6,17	1,36 $\pm$ 0,94	5,57 $\pm$ 3,90	30,94 $\pm$ 10,86
	min-max	2,49–42,62	0,13–6,84	1,27–21,38	5,16–59,05
Zn	mean $\pm$ SD	555,47 $\pm$ 307,21	20,44 $\pm$ 6,44	136,54 $\pm$ 38,25	373,33 $\pm$ 174,06
	min-max	191,57–2105,45	11,62–52,49	44,29–262,40	96,77–984,17
окунь, оз. Куэтсъярви perch, Lake Kuetsjarvi					
Cu	mean $\pm$ SD	2,36 $\pm$ 0,64	0,82 $\pm$ 0,37	12,61 $\pm$ 7,53	5,84 $\pm$ 4,11
	min-max	1,07–4,16	0,23–1,89	4,33–39,21	1,26–21,94
Ni	mean $\pm$ SD	3,70 $\pm$ 1,78	0,99 $\pm$ 0,57	1,39 $\pm$ 0,60	11,57 $\pm$ 33,28
	min-max	1,08–8,32	0,08–3,07	0,30–2,40	0,26–22,89
Zn	mean $\pm$ SD	81,79 $\pm$ 14,47	19,35 $\pm$ 3,24	90,78 $\pm$ 21,10	153,52 $\pm$ 70,64
	min-max	59,04–113,53	13,72–25,92	48,79–123,43	61,46–374,33
щука, оз. Куэтсъярви pike, Lake Kuetsjarvi					
Cu	mean $\pm$ SD	2,03 $\pm$ 0,65	0,90 $\pm$ 0,38	11,89 $\pm$ 4,97	5,91 $\pm$ 1,62
	min-max	1,06–3,83	0,60–2,74	5,14–26,67	2,52–9,45
Ni	mean $\pm$ SD	3,19 $\pm$ 1,06	0,87 $\pm$ 0,49	1,12 $\pm$ 0,38	7,90 $\pm$ 2,74
	min-max	1,65–6,42	0,06–2,58	0,35–1,94	3,75–15,87
Zn	mean $\pm$ SD	491,43 $\pm$ 119,55	19,42 $\pm$ 3,49	91,48 $\pm$ 26,26	418,03 $\pm$ 124,86
	min-max	307,12–834,03	13,53–31,97	49,60–180,36	253,46–816,12
голец, оз. Шуонияур charr, Lake Shuonijaur					
Cu	mean $\pm$ SD	3,52 $\pm$ 1,31	1,10 $\pm$ 0,16	130,92 $\pm$ 134,49	18,76 $\pm$ 9,92
	min-max	2,03–7,51	0,83–1,52	6,39–500,67	9,38–47,27
Ni	mean $\pm$ SD	3,91 $\pm$ 1,55	1,20 $\pm$ 0,60	1,84 $\pm$ 0,52	10,81 $\pm$ 7,00
	min-max	2,35–9,79	0,70–2,51	1,20–3,48	3,11–28,13
Zn	mean $\pm$ SD	122,19 $\pm$ 22,46	18,18 $\pm$ 4,00	153,22 $\pm$ 44,97	178,23 $\pm$ 56,63
	min-max	68,41–172,19	14,39–33,00	81,37–267,54	97,75–304,88
кумжа, оз. Шуонияур trout, Lake Shuonijaur					
Cu	mean $\pm$ SD	3,25 $\pm$ 1,08	1,04 $\pm$ 0,23	180,20 $\pm$ 65,28	7,56 $\pm$ 2,03
	min-max	2,16–5,03	0,56–1,41	92,12–285,03	3,92–12,16
Ni	mean $\pm$ SD	3,30 $\pm$ 0,88	0,73 $\pm$ 0,13	1,28 $\pm$ 0,24	4,63 $\pm$ 1,32
	min-max	2,25–5,47	0,56–1,01	0,92–1,72	2,56–7,60
Zn	mean $\pm$ SD	368,93 $\pm$ 77,93	19,61 $\pm$ 3,80	108,73 $\pm$ 22,77	254,66 $\pm$ 35,39
	min-max	285,85–534,70	16,45–29,70	88,83–172,67	178,28–298,09

явлена статистически достоверная видовая специфичность накопления меди между сигом и щукой/окунем в печени ($t = 2,17/3,94$; $p < 0,001$) и почках ($t = 3,16/4,71$; $p < 0,0001$). Для Ni подобных закономерностей не выявлено. Содержание Zn в исследованных органах рыб было выше у щуки. Значительная концентрация элемента отмечена также в жабрах сига (табл. 3). Выявлены достоверные отличия в содержании Zn у щуки и окуня в почках ($t = 7,45$;

$p < 0,0001$) и жабрах ($t = 22,58$; $p < 0,0001$), у щуки и сига в почках ($t = 5,41$; $p < 0,0001$).

Отмечено, что показатели содержания Cu в организмах рыб оз. Виртуовошъяур за период наблюдений (2005–2013 гг.) не претерпели существенных изменений. В печени и почках, где накопление Cu происходит более интенсивно, концентрации металла были выше у сига. Причем для данного вида отмечена устойчивая тенденция к увеличению содержания Cu в печени

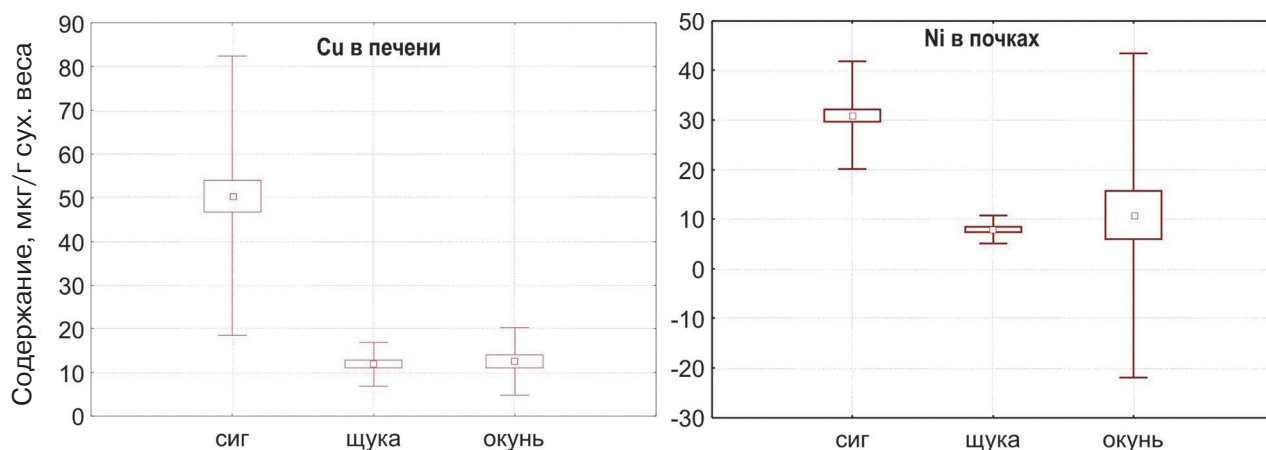


Рис. 2. Содержание меди и никеля у рыб оз. Куэтсъярви (в мкг/г сухого веса)

Fig. 2. Cu and Ni in fishes of Lake Kuetsjarvi (in ppm dry weight)

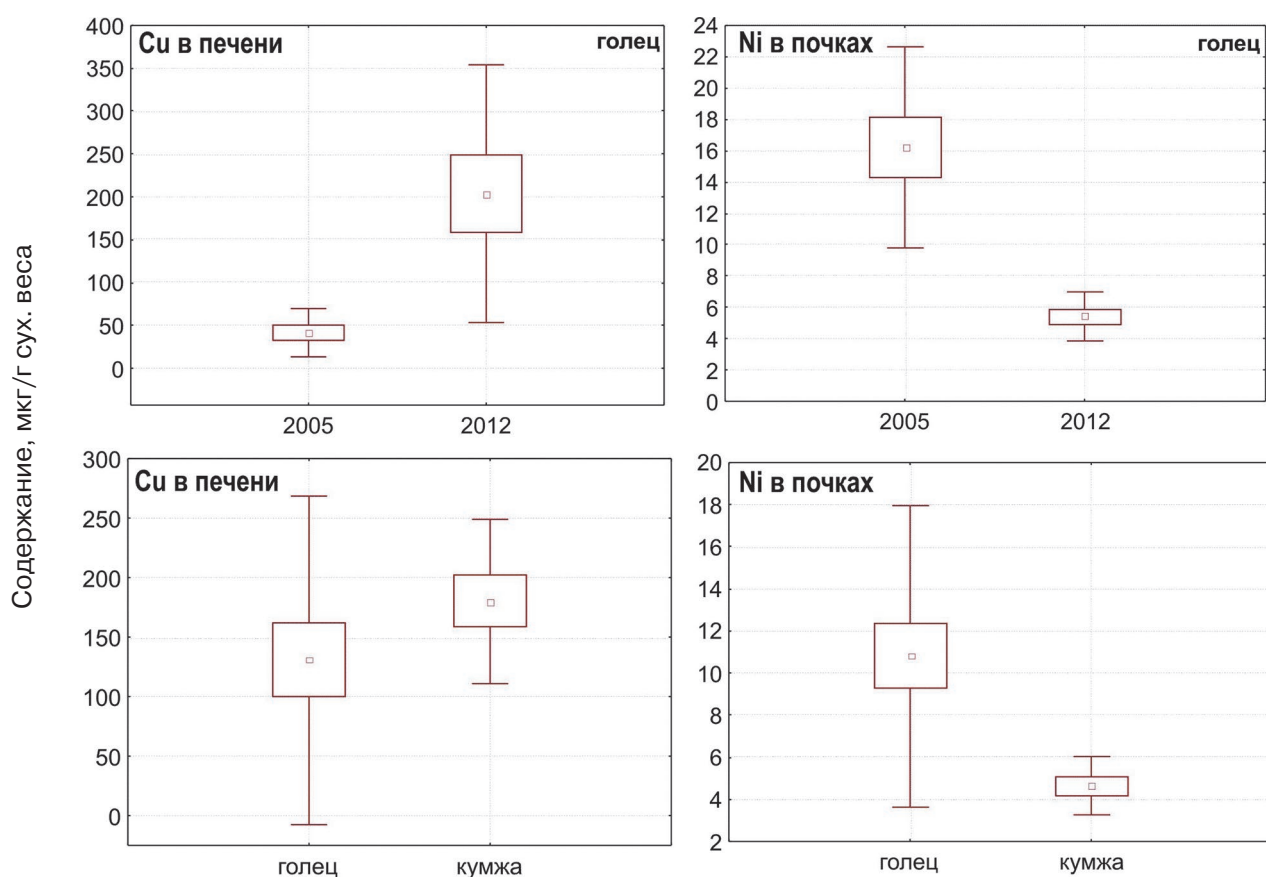


Рис. 3. Содержание меди и никеля у рыб оз. Шуонияур (в мкг/г сухого веса)

Fig. 3. Cu and Ni in fishes of Lake Shuonijaur (in ppm dry weight)

на протяжении последнего десятилетия (рис. 4). Это может свидетельствовать о сохраняющемся уровне нагрузки Cu на водоемы приграничного района за счет как процессов аэротехногенного переноса, так и поступления с территорий водосборных бассейнов. Анализ содержания ТМ в колонках донных отложений (ДО) показал, что ее поступление в водоем на протяжении последних десятилетий сохраняет тенденцию к ро-

сту [Даувальтер и др., 2015]. Наиболее высокое содержание Cu в печени отдельных особей сига достигало 174, в почках – 165 мкг/г (табл. 3). Видоспецифичность накопления Cu в печени и почках окуня и щуки статистически подтверждена по отношению к сигу ($t = 2,96-4,76$; $p < 0,001$).

Для Ni отмечена тенденция к снижению уровня его накопления в анализируемых органах всех рассматриваемых видов (рис. 4).

Таблица 3. Содержание Cu, Ni и Zn в органах рыб оз. Иля-Наутсиярви и оз. Виртуовошъяур
Table 3. Concentration of Cu, Ni and Zn in fish organs of Lakes Ilya-Nautsijarvi and Virtuovoshjaur

	Показатель Index	жабры gills	мышцы muscle	печень liver	почки kidneys
сиг, оз. Иля-Наутсиярви whitefish, Lake Ilya-Nautsijarvi					
Cu	mean ± SD	1,26 ± 0,23	0,69 ± 0,11	37,91 ± 18,80	16,28 ± 7,35
	min-max	0,90-1,59	0,45-0,84	16,67-73,01	8,59-34,20
Ni	mean ± SD	1,15 ± 0,55	0,53 ± 0,16	0,90 ± 0,27	2,38 ± 1,90
	min-max	0,63-2,56	0,21-0,70	0,52-1,41	1,12-7,32
Zn	mean ± SD	459,42 ± 288,22	18,10 ± 3,87	208,64 ± 67,27	287,14 ± 93,07
	min-max	169,09-1125,15	13,72-25,45	124,44-334,40	198,33-504,72
окунь, оз. Иля-Наутсиярви perch, Lake Ilya-Nautsijarvi					
Cu	mean ± SD	1,38 ± 0,17	0,77 ± 0,16	11,65 ± 5,75	4,41 ± 1,56
	min-max	1,05-1,70	0,55-1,11	5,67-23,72	2,93-8,43
Ni	mean ± SD	1,39 ± 0,25	0,73 ± 0,17	0,91 ± 0,21	1,66 ± 1,01
	min-max	1,03-1,72	0,56-1,11	0,63-1,22	0,87-4,54
Zn	mean ± SD	91,77 ± 7,29	18,56 ± 2,31	103,89 ± 20,79	25,80
	min-max	83,00-108,66	13,37-20,72	72,63-137,61	181,48
щука, оз. Иля-Наутсиярви pike, Lake Ilya-Nautsijarvi					
Cu	mean ± SD	1,80 ± 0,16	0,69 ± 0,13	22,16 ± 9,67	6,28 ± 0,84
	min-max	1,56-2,13	0,52-1,03	13,27-45,69	5,25-7,64
Ni	mean ± SD	1,65 ± 0,68	0,74 ± 0,15	0,55 ± 0,24	1,13 ± 0,22
	min-max	0,75-3,21	0,54-1,01	0,31-1,05	0,81-1,57
Zn	mean ± SD	525,92 ± 57,21	19,58 ± 1,68	241,73 ± 100,98	938,25 ± 330,21
	min-max	432,57-609,14	16,68-21,84	102,00-450,12	411,57-1470,50
сиг, оз. Виртуовошъяур whitefish, Lake Virtuovoshjaur					
Cu	mean ± SD	1,99 ± 0,65	0,93 ± 0,30	56,17 ± 37,75	31,01 ± 13,92
	min-max	1,18-4,40	0,50-1,70	11,00-174,09	6,78-165,00
Ni	mean ± SD	2,59 ± 5,20	0,78 ± 0,19	1,14 ± 0,56	4,48 ± 1,26
	min-max	0,82-29,97	0,47-1,17	0,61-6,14	1,75-15,00
Zn	mean ± SD	426,15 ± 238,71	17,96 ± 3,92	234,24 ± 70,91	345,83 ± 122,43
	min-max	148,45-1090,36	13,46-29,49	77,52-440,91	166,67-677,21
окунь, оз. Виртуовошъяур perch, Lake Virtuovoshjaur					
Cu	mean ± SD	1,47 ± 0,31	0,99 ± 0,38	13,01 ± 6,09	7,22 ± 3,52
	min-max	1,02-2,19	0,54-8,38	6,03-36,64	3,34-16,72
Ni	mean ± SD	2,60 ± 0,85	0,62 ± 0,09	1,18 ± 0,33	3,38 ± 2,15
	min-max	1,31-4,57	0,44-0,83	0,46-1,92	0,63-8,60
Zn	mean ± SD	76,77 ± 12,41	18,36 ± 2,30	114,72 ± 22,64	116,94 ± 21,91
	min-max	56,88-110,13	15,08-25,07	87,00-213,33	57,46-187,50
щука, оз. Виртуовошъяур pike, Lake Virtuovoshjaur					
Cu	mean ± SD	1,69 ± 0,28	0,80 ± 0,17	13,79 ± 9,65	10,02 ± 5,74
	min-max	1,30-2,42	0,60-1,26	6,54-40,07	4,99-26,87
Ni	mean ± SD	3,51 ± 0,91	0,91 ± 0,26	0,73 ± 0,22	2,80 ± 1,71
	min-max	1,75-5,02	0,56-1,50	0,46-1,16	1,16-6,41
Zn	mean ± SD	519,11 ± 101,97	21,73 ± 3,58	338,28 ± 67,53	1049,11 ± 459,81
	min-max	348,57-762,24	15,35-30,28	219,66-509,47	363,40-1832,34

В почках сига среднее содержание металла находилось на уровне 4,5 мкг/г (табл. 3). У окуня и щуки аналогичные показатели не превышали

3,4 и 2,8 мкг/г сух. веса соответственно. Между рассматриваемыми видами рыб не было отмечено достоверных отличий в накоплении Ni.

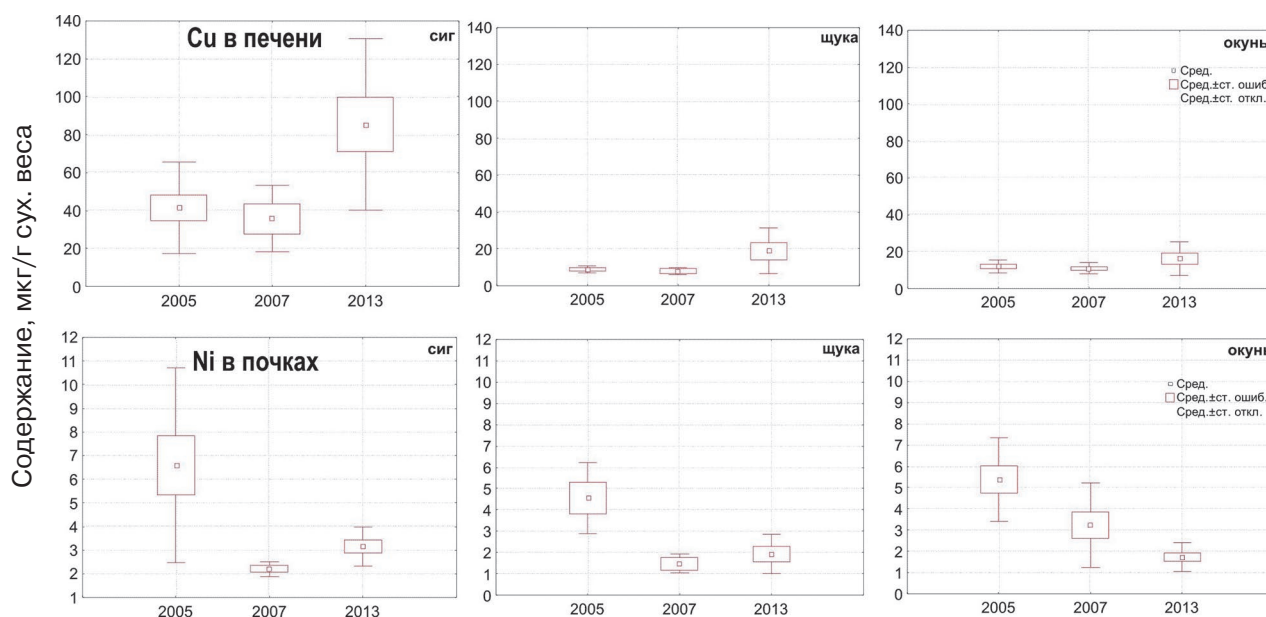


Рис. 4. Содержание меди и никеля в рыбах оз. Виртуовошъяур за различные периоды исследований (в мкг/г сухого веса)

Fig. 4. Cu and Ni concentration in fishes of Lake Virtuovoshjaur (in ppm dry weight)

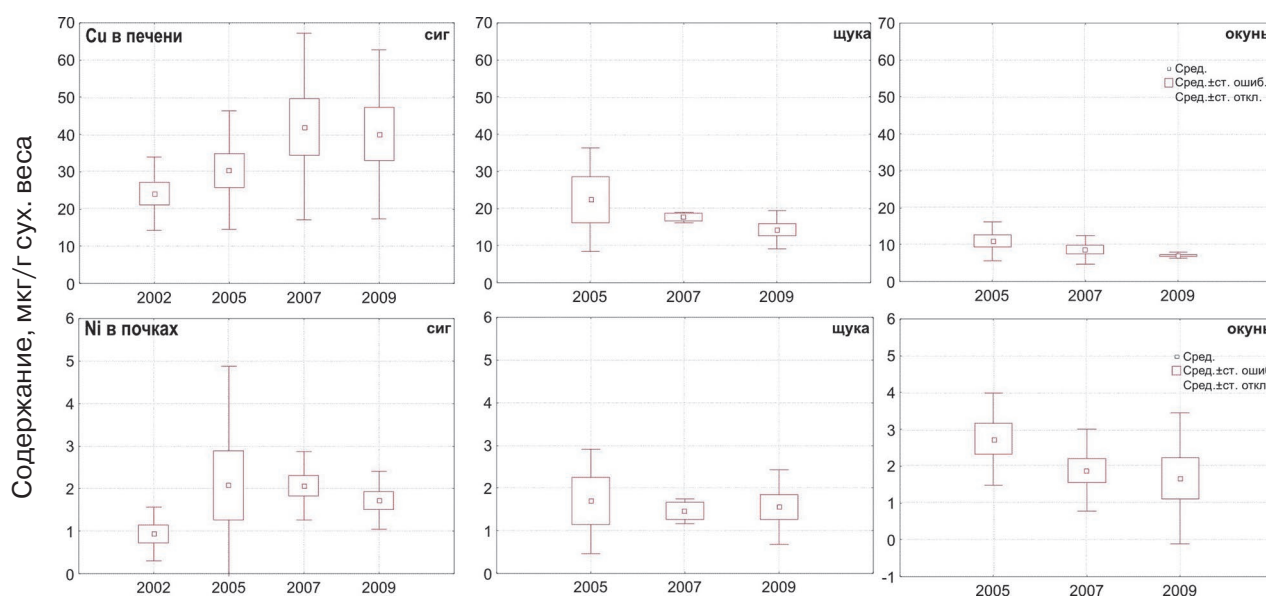


Рис. 5. Содержание меди и никеля в рыбах оз. Кочеяур за различные периоды исследований (в мкг/г сухого веса)

Fig. 5. Cu and Ni concentration in fishes of Lake Kochejaur (in ppm dry weight)

Концентрация Zn в органах сига, окуня и щуки оз. Виртуовошъяур на протяжении последнего десятилетия остается на прежнем уровне. Наиболее высокие показатели содержания данного металла отмечались в почках и жабрах рыб. У сига концентрация Zn в почках достигала 677, в жабрах – более 1000 мкг/г, а у щуки – до 1832 мкг/г (почки) и 762 мкг/г (жабры) (табл. 3).

В оз. Кочеяур за исследованный период выявлено незначительное снижение показателей содержания Cu в печени у щуки и окуня,

в то время как для сига отмечена обратная закономерность (рис. 5). В данном водоеме Cu также наиболее интенсивно накапливается в организме сига, имеющего бентосный тип питания. Различия в уровнях накопления Cu в печени сигом и остальными видами статистически подтверждаются ($t = 3,33-4,60$; $p < 0,001$). Среднее содержание меди в печени рыб варьировало от 34 мкг/г у сига до 8,9 мкг/г у щуки и 17,3 мкг/г сух. веса у окуня (табл. 4). Средняя величина концентрации Ni в почках возрастает

Таблица 4. Содержание Cu, Ni и Zn в органах рыб оз. Кочегур и оз. Ковдор

Table 4. Concentration of Cu, Ni and Zn in fish organs of Lakes Kochejaur and Kovdor

	Показатель Index	жабры gills	мышцы muscle	печень liver	почки kidneys
сиг, оз. Кочегур whitefish, Lake Kochejaur					
Cu	mean $\pm$ SD	2,10 $\pm$ 0,83	0,79 $\pm$ 0,16	34,19 $\pm$ 19,78	17,34 $\pm$ 8,97
	min–max	0,51–4,41	0,46–1,21	8,38–99,36	6,02–40,40
Ni	mean $\pm$ SD	1,45 $\pm$ 0,90	0,81 $\pm$ 0,29	0,83 $\pm$ 0,31	1,77 $\pm$ 1,59
	min–max	0,29–4,52	0,28–1,61	0,22–1,44	0,34–10,87
Zn	mean $\pm$ SD	205,94 $\pm$ 72,17	18,85 $\pm$ 4,46	333,81 $\pm$ 183,61	213,94 $\pm$ 132,67
	min–max	91,08–413,04	11,51–31,42	119,57–1072,54	57,60–696,63
окунь, оз. Кочегур perch, Lake Kochejaur					
Cu	mean $\pm$ SD	1,93 $\pm$ 0,44	0,77 $\pm$ 0,17	8,87 $\pm$ 3,95	4,77 $\pm$ 1,38
	min–max	1,27–3,31	0,54–1,30	5,05–23,27	1,42–21,11
Ni	mean $\pm$ SD	2,19 $\pm$ 1,30	0,70 $\pm$ 0,29	0,90 $\pm$ 0,34	2,07 $\pm$ 1,41
	min–max	1,18–8,97	0,38–1,72	0,34–2,41	0,42–6,68
Zn	mean $\pm$ SD	78,83 $\pm$ 6,65	19,47 $\pm$ 2,32	102,16 $\pm$ 13,29	140,41 $\pm$ 48,01
	min–max	59,46–92,73	16,20–25,83	74,30–128,56	47,23–872,36
щука, оз. Кочегур pike, Lake Kochejaur					
Cu	mean $\pm$ SD	2,20 $\pm$ 0,38	1,01 $\pm$ 0,48	17,26 $\pm$ 8,63	7,07 $\pm$ 2,14
	min–max	1,73–3,34	0,54–2,02	6,64–38,21	5,27–11,89
Ni	mean $\pm$ SD	3,66 $\pm$ 0,87	0,71 $\pm$ 0,15	0,80 $\pm$ 0,24	1,59 $\pm$ 0,88
	min–max	2,10–5,67	0,51–1,05	0,39–1,42	0,83–3,86
Zn	mean $\pm$ SD	342,08 $\pm$ 46,36	20,28 $\pm$ 3,35	154,44 $\pm$ 42,07	464,76 $\pm$ 199,13
	min–max	283,53–472,09	15,12–26,88	75,74–650,42	253,48–1094,27
сиг, оз. Ковдор whitefish, Lake Kovdor					
Cu	mean $\pm$ SD	2,07 $\pm$ 0,49	1,19 $\pm$ 0,26	12,25 $\pm$ 3,29	9,05 $\pm$ 2,96
	min–max	1,35–3,26	0,76–1,73	8,13–19,46	3,77–74,78
Ni	mean $\pm$ SD	1,51 $\pm$ 0,78	0,68 $\pm$ 0,18	1,11 $\pm$ 0,39	1,47 $\pm$ 1,11
	min–max	0,62–4,80	0,43–1,01	0,60–2,09	0,22–5,48
Zn	mean $\pm$ SD	234,29 $\pm$ 110,11	24,03 $\pm$ 5,78	163,35 $\pm$ 37,69	217,34 $\pm$ 62,35
	min–max	104,68–527,69	16,65–39,71	109,39–213,61	141,80–406,63
ряпушка, оз. Ковдор vendace, Lake Kovdor					
Cu	mean $\pm$ SD	1,78 $\pm$ 0,46	1,15 $\pm$ 0,52	24,10 $\pm$ 8,73	5,04 $\pm$ 1,92
	min–max	1,28–3,04	0,71–2,88	8,46–72,32	1,85–8,20
Ni	mean $\pm$ SD	1,18 $\pm$ 0,65	0,60 $\pm$ 0,24	1,12 $\pm$ 0,71	2,64 $\pm$ 1,48
	min–max	0,32–2,60	0,17–1,25	0,33–3,33	0,54–5,36
Zn	mean $\pm$ SD	112,90 $\pm$ 11,80	22,19 $\pm$ 5,10	263,64 $\pm$ 104,48	193,51 $\pm$ 43,92
	min–max	84,87–130,69	15,75–33,35	119,28–612,06	144,41–296,44

в ряду: щука (1,6 мкг/г) > сиг (1,8 мкг/г) > окунь (2,1 мкг/г сух. веса). Анализ долговременных особенностей накопления Ni в почках хищных рыб и бентофагов позволяет предположить, что его нагрузка на водоем в течение рассматриваемого десятилетия не снижается. Достоверные отличия в содержании ТМ между всеми исследованными видами отмечены в показателях накопления меди в печени ($t = 8,87-34,19$; $p < 0,001$). Концентрация Zn достигает наибо-

лее высоких значений в печени, почках и жабрах сига и щуки. У отдельных особей концентрация цинка в органах превышала 1000 мкг/г (табл. 4). Видовая специфичность в накоплении Zn у сига, щуки и окуня статистически подтверждена: печень ($t = 2,74-5,18$; $p < 0,001$), почки ($t = 2,32-7,18$; $p < 0,05$).

Тяжелые металлы не являются приоритетными загрязняющими веществами предприятия Ковдорский ГОК, прямому воздействию

Удаленность водоема от источника загрязнения

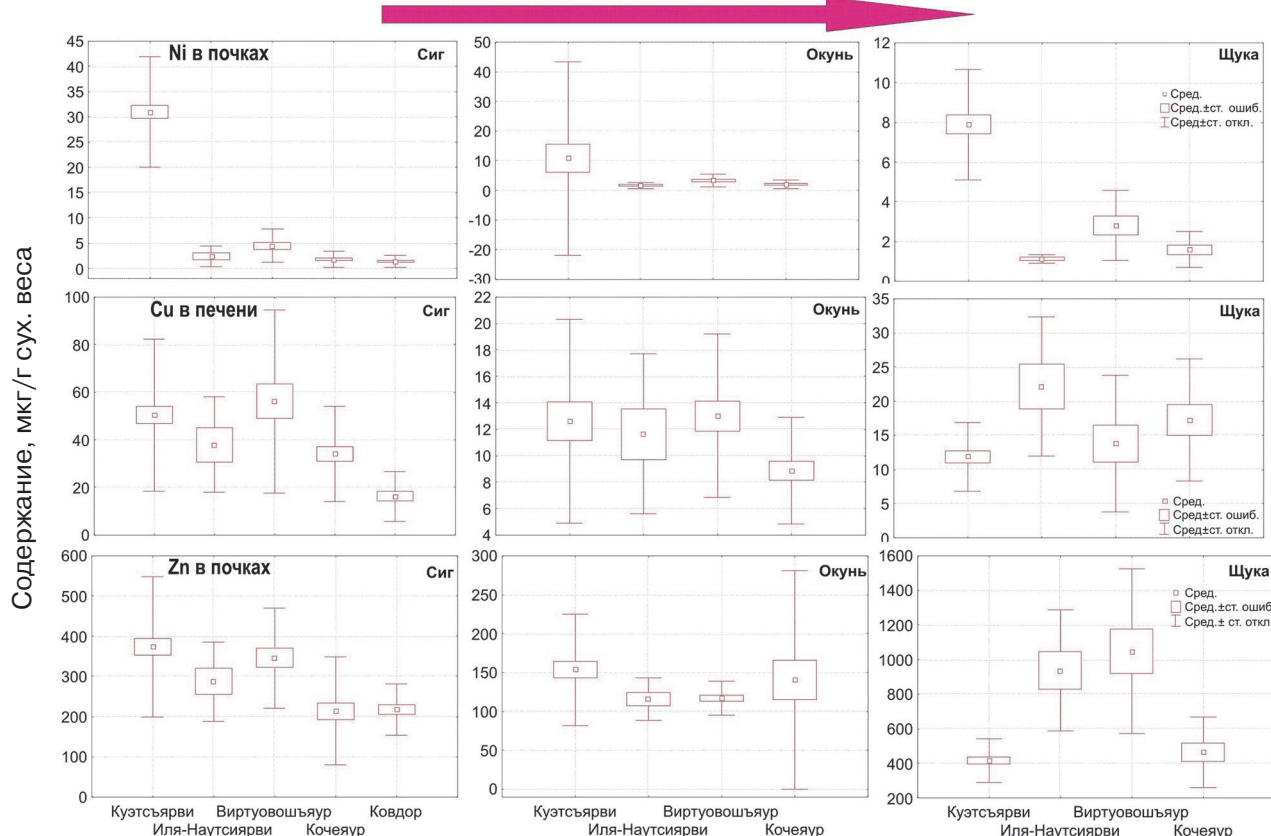


Рис. 6. Содержание тяжелых металлов в рыбах исследованных озер, расположенных на различном удалении от источника воздушного загрязнения (в мкг/г сухого веса)

Fig. 6. Heavy metals concentration in fishes of the studied lakes located at different distances from the air pollution source (in ppm dry weight)

которого подвержено оз. Ковдор. Содержание меди в печени сига в среднем достигало 12,3, а у ряпушки – 24,1 мкг/г сух. веса (табл. 4). Концентрация Ni в органах ряпушки характеризовалась наиболее высокими средними величинами (до 2,6 мкг/г сух. веса). Отличия накопления Cu и Ni в печени и почках между сигом и ряпушкой были статистически достоверными ($t = 2,07$ и $3,28$; $p < 0,05$). Максимальные показатели содержания Zn отмечены в печени сига (612 мкг/г сух. веса).

Закономерности градиентного накопления ТМ в организмах рыб и ДО, связанного с влиянием Кольской ГМК, были отмечены ранее для водохранилищ бассейна р. Пасвик [Amundsen et al., 2011; Dauvalter et al., 2011; Kashulin et al., 2011; Rognerud et al., 2013]. Территория в районе комбината характеризуется преобладанием ветров южного и юго-западного направления [Архив..., 2019]. Принято считать, что загрязнения от действующих производств и зон захоронения вредных веществ распространяются в зависимости от «розы ветров», доминирующей в данном регионе [Хохлов, 2004]. В то же время

было показано, что на территории региональной фоновой зоны (свыше 30 км от источника воздушного загрязнения) выпадение загрязняющих веществ (Cu и Ni) определяется вымывающей способностью атмосферных осадков и в меньшей степени зависит от интенсивности и направления ветра [Раткин, 2006]. Таким образом, антропогенная нагрузка на водные экосистемы при воздушном загрязнении может определяться их удаленностью от локального источника эмиссии, величиной площади водосбора, проточностью водоема, накоплением загрязняющих веществ в ДО. Исследуемая область, несмотря на природоохранный статус ряда ООПТ федерального и регионального значения, расположенных в пределах ЗПФ, подвержена воздействию промышленных выбросов Кольской ГМК. Анализ пространственных особенностей аккумуляирования ТМ у рыб исследованных водоемов показал, что в целом для водоемов характерно градиентное накопление Cu, Ni и Zn в органах сига и окуня, которое может быть обусловлено деятельностью предприятия медно-никелевого производства (рис. 6). В отношении

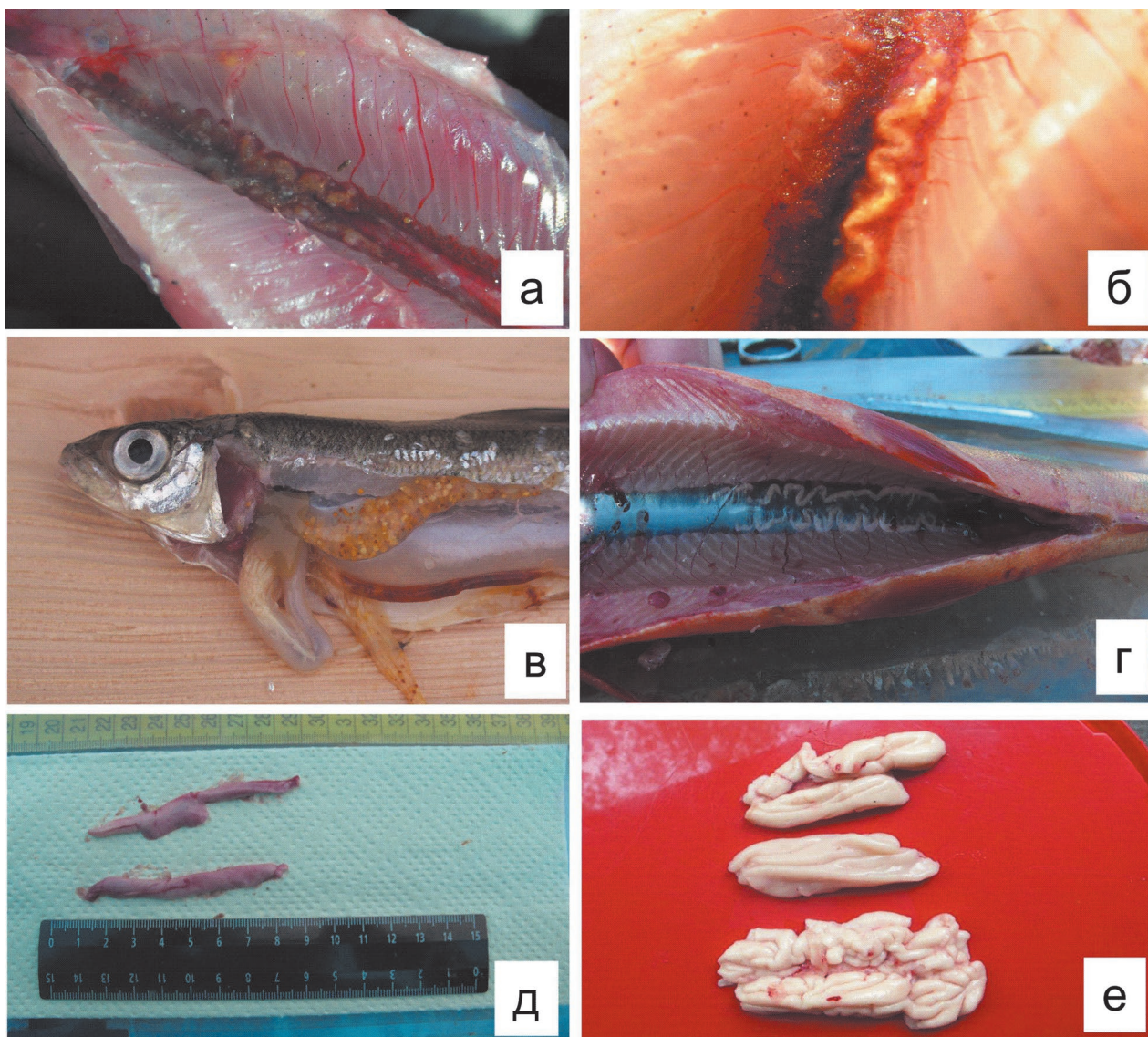


Рис. 7. Патологии рыб водоемов Зеленого пояса Фенноскандии:

а – почечнокаменная болезнь; б, г – соединительнотканые перерождения почек; в – патологические изменения внутренних органов; д, е – соединительнотканые перетяжки гонад сига и окуня

Fig. 7. Fish pathologies in the lakes of the Green Belt of Fennoscandia:

а – nephrocalcitosis; б, г – connective tissue degeneration in kidneys; в – strong pathology changes of internal organs; д, е – connective tissue degeneration in gonads of whitefish and perch

Си и Zn для щуки подобной закономерности не отмечено. Вероятно, интенсивность аккумуляции Си у хищного вида ниже по сравнению с сигом. Содержание Zn в тканях рыб, помимо влияния локальных источников, может определяться глобальным характером его распространения в атмосфере [Kashulin et al., 2011; Даувальтер и др., 2012].

Малые размеры озер при атмосферном типе их питания и значительных площадях водосборной поверхности обуславливают более интенсивное поступление загрязняющих веществ и аккумуляцию их в гидробионтах и донных отложениях. При этом чем больше площадь

водосборной поверхности, тем выше токсический потенциал накопленных на ее площади загрязняющих веществ, в конечном итоге поступающих в водоем. В то же время если водосбор озера невелик (озера Виртуовошъяур и Кочьяур) (табл. 1), поступление ТМ в водоем и накопление их в гидробионтах происходит значительно быстрее. Очевидно, этим объясняется более высокое содержание рассматриваемых ТМ в рыбах оз. Виртуовошъяур (рис. 6).

Известно, что на организменном уровне в качестве ответов на стресс у рыб развиваются патологические изменения органов и тканей, развитие новообразований, отдельные

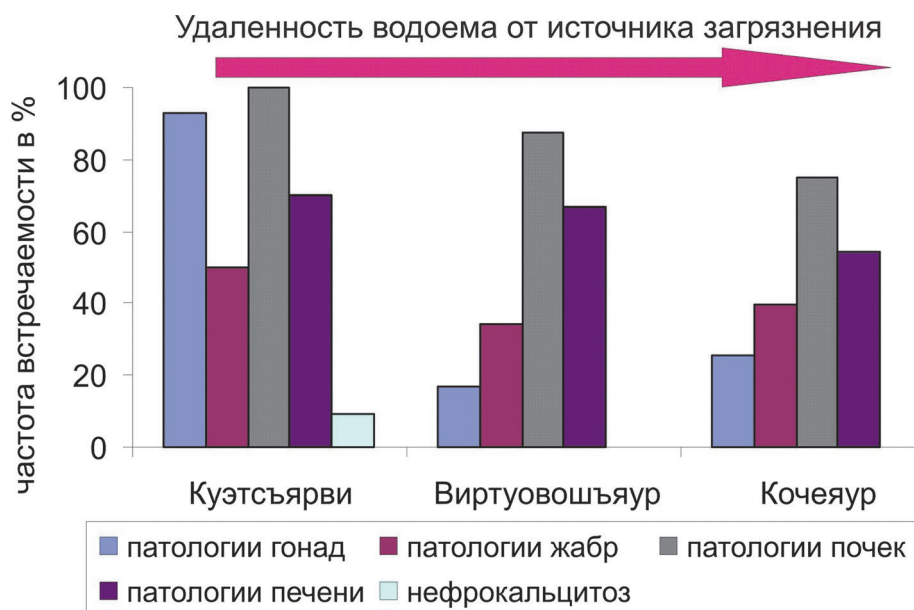


Рис. 8. Частота встречаемости патологических изменений внутренних органов сига исследованных водоемов, расположенных на различном удалении от источника воздушного загрязнения

Fig. 8. The frequency of internal organs pathologies of whitefish in the studied lakes located at different distances from the air pollution source

из которых являются специфическими на воздействие тяжелых металлов [Кашулин и др., 1999; Моисеенко, 2002; Triebleskorn et al., 2002; Weber et al., 2008]. Анализ встречаемости и интенсивности развития патологических изменений рыб исследованного района показал, что наиболее серьезные трансформации в организме отмечены у представителей ихтиофауны наиболее интенсивно загрязняемого водоема – оз. Куэтсъярви – и затрагивают практически все органы и ткани (рис. 7). Количество рыб с патологиями печени и почек в данном водоеме в отдельные годы достигало 100 % от общего количества исследованных особей. Здесь также регистрируются специфические патологии почек, выражающиеся в развитии почечнокаменной болезни (нефрокальцитоз) в ответ на токсическое влияние никеля. Частота встречаемости и интенсивность патологий печени и почек сига в водоеме в настоящее время остается на уровне 75–86 % от общего количества анализируемых рыб. Для арктического гольца оз. Шуонияур часто встречаемой патологией является образование соединительной ткани в заднем отделе почек (рис. 7). Интенсивность развития указанных изменений сохраняется на высоком уровне (у 89 % особей). У сига оз. Иля-Наутсиярви отмечались начальные стадии изменений печени (около 46 % особей). В озерах Кочеяур и Виртуовошъяур, несмотря на удаленность от источников аэ-

ротехногенного загрязнения, также отмечен высокий процент особей с начальными проявлениями поражений почек, печени и жабр. Так, у сига оз. Виртуовошъяур выявлена наибольшая частота встречаемости нарушений в почках (до 88 % от общего количества особей в выборке), печени (до 67 %) и жабрах (34 %). Патологии печени сига оз. Кочеяур отмечены у 68 % особей от общего количества в выборке, почек – 38 % и репродуктивных органов – до 30 %. Трансформации внутренних органов рыб исследованных озер сходны по своим проявлениям с таковыми в интенсивно загрязняемом водоеме – оз. Куэтсъярви. Вероятно, развитие патологий обусловлено продолжительным сублетальным влиянием тяжелых металлов. Достаточно высокая частота встречаемости трансформаций печени и почек сига озер Виртуовошъяур и Кочеяур, значительно удаленных от источника загрязнения (рис. 8), может быть обусловлена малыми размерами площади водосбора (табл. 1), при которых ТМ за короткий срок поступают в водоем, оказывая патогенное воздействие на организм. Полученные результаты показывают, что пресноводные экосистемы рассматриваемого района подвержены отрицательному воздействию аэротехногенного загрязнения ТМ. В то же время долговременное влияние предприятия цветной металлургии, начиная с 1940-х гг. прошлого столетия, привело к кардинальным преобра-

зованиям структуры сообществ гидробионтов и снижению биологического разнообразия главным образом малых водоемов, расположенных в пределах 10-км зоны от комбината. Как было показано ранее, в современных условиях опасность критического сокращения численности и биологического разнообразия рыб, трансформаций структуры планктонных, перифитонных и бентосных сообществ, снижающих ресурсный потенциал водоемов Севера, включая территорию ЗПФ, связана с комбинированным эффектом сохраняющегося антропогенного загрязнения и изменений климата. Усиление связанных с климатическими флуктуациями процессов антропогенного эвтрофирования и продукционных процессов в водоемах, отмечаемых в последнее десятилетие, приводит к интенсивному развитию, стремительным перестройкам структуры рыбной части сообществ в направлении смены доминирующих видов лососевых и сиговых представителями окуневых [Терентьев, Кашулин, 2012; Ylikörkkö et al., 2015].

Заключение

Анализ пространственно-временных особенностей накопления ТМ в организмах рыб показал, что сокращение объемов выбросов Никельской площадки Кольской ГМК (ранее «Печенганикель») за прошедшие десятилетия не привело к значительному уменьшению уровня антропогенной нагрузки на водоемы ЗПФ. Отмечается долговременная тенденция к увеличению содержания Си в органах сига, гольца, щуки и окуня всех исследованных озер и снижение уровня накопления никеля в рыбах водоемов локальной зоны (30 км) влияния медно-никелевого комбината.

Установлено, что отрицательные последствия аэротехногенного загрязнения Кольской ГМК на водоемы проявляются вне зависимости от доминирующих в течение года направлений ветра. У рыб исследованных озер отмечено градиентное накопление Си и Ni в органах-мишенях. Выявленная закономерность также согласуется с интенсивностью развития патологических трансформаций в организмах сига, поскольку изменения внутренних органов рыб удаленных водоемов сходны по характеру проявления с таковыми в интенсивно загрязняемом водоеме. При этом малые величины площади водосбора озер, по-видимому, обуславливают более высокую скорость поступления ТМ в водоем и последующее их накопление в организмах рыб. В конечном итоге концентрации загрязняющих веществ в рыбах удален-

ных от источника эмиссии водоемов могут быть сопоставимы с таковыми в озерах, расположенных в импактной зоне воздействия. В свою очередь, крупные водосборные бассейны являются своего рода «аккумуляторами» значительных объемов поллютантов, представляющих потенциальную опасность для гидробионтов на продолжительную перспективу и обуславливающих постоянное их поступление в водоемы.

Уровень накопления ТМ в органах сига практически во всех исследованных водоемах был выше в отличие от этого показателя у хищных видов (окунь и щука). Очевидно, в силу особенностей бентосного типа питания и обменных процессов сиг в большей степени подвержен негативному влиянию ТМ в сходных условиях обитания по сравнению со щукой и окунем. При оценке антропогенного влияния на пресноводные экосистемы этот вид является наиболее надежным тест-объектом, достоверно отражающим интенсивность нагрузки долговременного воздействия ТМ.

В современных условиях сохраняющейся антропогенной нагрузки ТМ на водоемы исследованной территории природные популяции рыб подвержены их токсическому влиянию, что на фоне процессов изменения климата может усиливать опасность снижения биологического разнообразия ихтиофауны в целом и сокращения численности ценных видов рыб. Отмечаемые эффекты необходимо учитывать при проектировании ООПТ ЗПФ и оценке состояния действующих охраняемых территорий.

Литература

- Архив погоды в Никеле [Электронный ресурс]. URL: <https://world-Weather.ru/archive/russia/nikel/> (дата обращения: 04.04.2019).
- Боровичев Е. А., Петрова О. В., Крышень А. М. О границах Зеленого пояса Фенноскандии в Мурманской области // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 8. С. 141–146. doi: 10.17076/bg770
- Галкин Г. Г., Колюшев А. А., Покровский В. В. Ихтиофауна водохранилищ и озер Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурманск: ПИНРО, 1966. С. 177–193.
- Даувальтер В. А., Кашулин Н. А., Денисов Д. Б. Тенденции изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер Севера Фенноскандии в последние столетия // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 9. С. 62–75. doi: 10.17076/lim40
- Даувальтер В. А., Кашулин Н. А., Сандимиров С. С. Тенденции изменений химического состава донных отложений пресноводных субарктических и арктических водоемов под влиянием природных и антропогенных факторов // Труды КНЦ РАН. Прикладная экология Севера. 2012. № 2(9). С. 54–87.

Кашулин Н. А., Лукин А. А., Амундсен П. А. Рыбы пресных вод субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты: КНЦ РАН, 1999. 142 с.

Кашулин Н. А., Даувальтер В. А., Сандимиров С. С., Терентьев П. М., Денисов Д. Б. Экологический каталог озер Мурманской области. Северо-западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. Ч. 1. 226 с.

Моисеенко Т. И. Изменение физиологических показателей рыб как индикатор качества водной среды // Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 1984. С. 51–57.

Моисеенко Т. И. Изменение стратегии жизненного цикла рыб под воздействием хронического загрязнения вод // Экология. 2002. № 1. С. 50–60.

Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Ликин А. А., Кудрявцева Л. П., Ильяшук Б. П., Ильяшук Е. А., Сандимиров С. С., Каган Л. Я., Вандыш О. И., Шаров А. Н., Шарова Ю. Н., Королева И. М. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. М.: Наука, 2002. 403 с.

Правдин И. Ф. Сиги водоемов Карело-Финской ССР. М.; Л.: Наука, 1954. 324 с.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-ть, 1966. 456 с.

Раткин Н. Е. Закономерности и уровни аэротехногенного загрязнения ландшафтов Мурманской области и Севера Скандинавии: Дис. ... докт. геогр. наук. Апатиты, 2006. 326 с.

Рыбы в заповедниках России. Пресноводные рыбы / Ред. Ю. С. Решетников. М.: КМК, 2010. Т. 1. 628 с.

Терентьев П. М., Кашулин Н. А. Трансформации рыбной части сообществ водоемов Мурманской области // Труды КНЦ РАН. 2012. № 2. С. 61–100.

Титов А. Ф., Буторин А. А., Громцев А. Н., Иешко Е. П., Крышень А. М., Савельев Ю. В. Зеленый пояс Фенноскандии: состояние и перспективы развития // Труды КарНЦ РАН. 2009. № 2. С. 3–11.

Хохлов Ю. В. Особенность распределения зон загрязнения от действующих производств и мест захоронения вредных веществ // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 4. С. 95–98.

Amundsen P.-A., Kashulin N. A., Terentjev P. M., Gjelland K., Koroleva I. M., Dauvalter V. A., Sandimi-

rov S. S., Kashulin A. N., Knudsen R. Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse // Environ. Monitoring and Assessment. 2011. Vol. 182. P. 301–316.

Authman M. M. N., Zaki M. S., Khallaf E. A., Abbas H. H. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution // J. Aquac. Res. Development. 2015. Vol. 6. P. 328–341. doi: 10.4172/2155-9546.1000328

Dauvalter V., Kashulin N., Sandimirov S., Terentjev P., Denisov D., Amundsen P.-A. Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a Subarctic watercourse // J. Environ. Sci. Health. 2011. Part A. Vol. 46. P. 1020–1033.

Kashulin N. A., Terentjev P. M., Amundsen P.-A., Dauvalter V. A., Sandimirov S. S., Kashulin A. N. Specific features of accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in two whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) morphs inhabiting the Inari – Pasvik lacustrine – riverine system // Inland Water Biol. 2011. Vol. 4, no. 3. P. 383–392.

Rognerud S., Dauvalter V. A., Fjeld E., Skjelkvåle B. L., Christensen G., Kashulin N. A. Spatial trends of trace-element contamination in recently deposited lake sediment around the Ni – Cu smelter at Nikel, Kola Peninsula, Russian Arctic // AMBIO. 2013. Vol. 42, no. 6. P. 724–736.

Rose M., Fernandes A., Mortimer D., Baskaran C. Contamination of fish in UK fresh water systems: Risk assessment for human consumption // Chemosphere. 2015. Vol. 122. P. 183–189.

Triebleskorn R., Adam S., Casper H., Honnen W., Pawert M., Schramm M., Schwaiger J., Kohler H. Biomarkers as a diagnostic tools for evaluating effects of unknown Past Water quality conditions on stream organisms // Ecotoxicol. 2002. Vol. 11. P. 451–465.

Weber L. P., Dubé M. G., Rickwood C. J., Driedger K., Portt C., Brereton C., Janz D. M. Effects of multiple effluents on resident fish from Junction Creek, Sudbury, Ontario // Ecotoxicol. Environ. Safety. 2008. Vol. 70, no. 3. P. 433–445.

Ylikörkkö J., Christensen G., Kashulin N., Denisov D., Andersen H., Jelkänen E. Environmental challenges in the joint border area of Norway, Finland and Russia. Rovaniemi: centre for economic development, transport and the environment for Lapland, 2015. 169 p.

Поступила в редакцию 04.03.2019

References

Arkhip pogody v Nikel [Weather archives in Nikel]. URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/nikel/> (accessed: 04.04.2019).

Borovich E. A., Petrova O. V., Kryshen' A. M. O granitsakh Zelenogo poyasa Fennoskandii v Murmanskoi oblasti [On the borders of the Green Belt of Fennoscandia in the Murmansk Region]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2018. No. 8. P. 141–146. doi: 10.17076/bg770

Dauval'ter V. A., Kashulin N. A., Denisov D. B. Tendentsii izmeneniya sodержaniya tyazhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh ozer Severa Fennoskandii v poslednie stoletiya [Tendencies in the content change of heavy metals in lake sediments in Northern Fennoscandia over

the last centuries]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2015. No. 9. P. 62–75. doi: 10.17076/lim40

Dauval'ter V. A., Kashulin N. A., Sandimirov S. S. Tendentsii izmenenii khimicheskogo sostava donnykh otlozhenii presnovodnykh subarkticheskikh i arkticheskikh vodoemov pod vliyaniem prirodnykh i antropogennykh faktorov [Trends in the chemical composition of bottom sediments of freshwater Subarctic and Arctic water bodies under the influence of natural and anthropogenic factors]. *Trudy Kol'skogo nauch. tsentra RAN* [Proceed. Kola Sci. Center RAS]. 2012. No. 2(9). P. 54–87.

Galkin G. G., Kolyushev A. A., Pokrovskii V. V. Ikhtiofauna vodokhranilishch i ozer Murmanskoi oblasti [Fish fauna of reservoirs and lakes of the Murmansk Region].

Ryby Murmanskoi obl. Usloviya obitaniya, zhizn' i promysel [Fish of the Murmansk Region. Environment, live, and fishery]. Murmansk: PINRO, 1966. P. 177–193.

Kashulin N. A., Lukin A. A., Amundsen P.-A. Ryby presnykh vod Subarktiki kak bioindikatory tekhnogenno-go zagryazneniya [Fish of Subarctic freshwater systems as bioindicators of industrial pollution]. Apatity: KNTs RAS, 1999. 142 p.

Kashulin N. A., Dauval'ter V. A., Sandimirov S. S., Terent'ev P. M., Denisov D. B. Ekologicheskii katalog ozer Murmanskoi oblasti. Severo-zapadnaya chast' Murmanskoi oblasti i prigranichnye territorii sopredel'nykh stran [An ecological catalogue of lakes of the Murmansk Region. North-western part of the Murmansk Region and adjacent territories of neighbouring countries]. Apatity: KNTs RAS, 2009. 226 p.

Khokhlov Yu. V. Osobennost' raspredeleniya zon zagryazneniya ot deistvuyushchikh proizvodstv i mest zakhoroneniya vrednykh veshchestv [A peculiarity of pollution zones distribution from existing industries and harmful substances disposal]. *Sov. naukoemkie tekhnologii* [Modern High Technologies]. 2004. No. 4. P. 95–98.

Moiseenko T. I. Izmenenie fiziologicheskikh pokazatelei ryb kak indikator kachestva vodnoi sredy [Changes in the physiological parameters of fish as an indicator of aquatic environment quality]. Apatity: KNTs RAS, 1984. P. 51–57.

Moiseenko T. I. Izmenenie strategii zhiznennogo tsikla ryb pod vozdeistviem khronicheskogo zagryazneniya vod [Changing the strategy of the fish life cycle under the influence of chronic water pollution]. *Ekol. [Russ. J. Ecol.]*. 2002. No. 1. P. 50–60.

Moiseenko T. I., Dauval'ter V. A., Lukin A. A., Kudravtseva L. P., Ilyashuk B. P., Ilyashuk E. A., Sandimirov S. S., Kagan L. Y., Vandysh O. I., Sharov A. N., Sharova Y. N., Koroleva I. M. Antropogennye modifikatsii ekosistemy ozera Imandra [Man-induced modification of the ecosystem of Lake Imandra]. Moscow: Nauka, 2002. 403 p.

Pravdin I. F. Sigi vodoemov Karelo-Finskoi SSR [Whitefish of reservoirs of the Karelian-Finnish SSR]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1954. 324 p.

Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guidelines for fish study]. Moscow: Pishch. prom., 1966. 456 p.

Ratkin N. E. Zakonomernosti i urovni aerotekhnogenno-go zagryazneniya landshaftov Murmanskoi oblasti i Severa Skandinavii [Patterns and levels of airborne pollution of landscapes of the Murmansk Region and the Scandinavia North]: DSc (Dr. of Geogr.) thesis. Apatity, 2006. 326 p.

Ryby v zapovednikakh Rossii. Presnovodnye ryby [Fish in the reservoirs of Russia. Freshwater fish]. Moscow: KMK, 2010. 628 p.

Terent'ev P. M., Kashulin N. A. Transformatsii rybnoi chasti soobshchestv vodoemov Murmanskoi oblasti [The transformation of fish communities in the wa-

terbodies of the Murmansk Region]. *Trudy Kol'skogo nauch. tsentra RAN* [Proceed. Kola Sci. Center RAS]. 2012. Vol. 2. P. 61–100.

Titov A. F., Butorin A. A., Gromtsev A. N., Ieshko E. P., Kryshen' A. M., Savel'ev Yu. V. Zelenyi poyas Fennoskandii: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Green Belt of Fennoscandia: State and perspectives]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2009. No. 2. P. 3–11.

Amundsen P.-A., Kashulin N. A., Terent'ev P. M., Gjelland K., Koroleva I. M., Dauvalter V. A., Sandimirov S. S., Kashulin A. N., Knudsen R. Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2011. Vol. 182. P. 301–316.

Authman M. M. N., Zaki M. S., Khallaf E. A., Abbas H. H. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. *J. Aquac. Res. Development*. 2015. Vol. 6. P. 328–341. doi: 10.4172/2155-9546.1000328

Dauvalter V., Kashulin N., Sandimirov S., Terent'ev P., Denisov D., Amundsen P.-A. Chemical composition of lake sediments along a pollution gradient in a Subarctic watercourse. *J. Environ. Sci. Health*. 2011. Part A. Vol. 46. P. 1020–1033.

Kashulin N. A., Terent'ev P. M., Amundsen P.-A., Dauvalter V. A., Sandimirov S. S., Kashulin A. N. Specific features of accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in two whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) morphs inhabiting the Inari – Pasvik lacustrine – riverine system. *Inland Water Biol*. 2011. Vol. 4, no. 3. P. 383–392.

Rognerud S., Dauvalter V. A., Fjeld E., Skjelkvåle B. L., Christensen G., Kashulin N. A. Spatial trends of trace-element contamination in recently deposited lake sediment around the Ni–Cu smelter at Nikel, Kola Peninsula, Russian Arctic. *AMBIO*. 2013. Vol. 42, no. 6. P. 724–736.

Rose M., Fernandes A., Mortimer D., Baskaran C. Contamination of fish in UK fresh water systems: Risk assessment for human consumption. *Chemosphere*. 2015. Vol. 122. P. 183–189

Triebleskorn R., Adam S., Casper H., Honnen W., Pawert M., Schramm M., Schwaiger J., Kohler H. Bio-markers as a diagnostic tools for evaluating effects of unknown Past Water quality conditions on stream organisms. *Ecotoxicol*. 2002. Vol. 11. P. 451–465.

Weber L. P., Dubé M. G., Rickwood C. J., Driedger K., Portt C., Brereton C., Janz D. M. Effects of multiple effluents on resident fish from Junction Creek, Sudbury, Ontario. *Ecotoxicol. Environ. Safety*. 2008. Vol. 70, no. 3. P. 433–445.

Ylikörkkö J., Christensen G., Kashilin N., Denisov D., Andersen H., Jelkänen E. Environmental challenges in the joint border area of Norway, Finland and Russia. Rovaniemi: centre for economic development, transport and the environment for Lapland, 2015. 169 p.

Received March 04, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Терентьев Петр Михайлович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия
эл. почта: p_terentjev@inep.ksc.ru
тел.: (81555) 79787

Зубова Елена Михайловна

научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия
эл. почта: zubova@inep.ksc.ru
тел.: (81555) 79787

Кашулин Николай Александрович

главный научный сотрудник, д. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия
эл. почта: nikolay@inep.ksc.ru
тел.: (81555) 79787

Королева Ирина Михайловна

научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия
эл. почта: koroleva@inep.ksc.ru
тел.: (81555) 79787

CONTRIBUTORS:

Terentjev, Pyotr

Institute of North Industrial Ecology Problems,
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences
14a Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region,
Russia
e-mail: p_terentjev@inep.ksc.ru
tel.: (81555) 79787

Zubova, Elena

Institute of North Industrial Ecology Problems,
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences
14a Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region,
Russia
e-mail: zubova@inep.ksc.ru
tel.: (81555) 79787

Kashulin, Nikolai

Institute of North Industrial Ecology Problems,
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences
14a Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region,
Russia
e-mail: nikolay@inep.ksc.ru
tel.: (81555) 79787

Koroleva, Irina

Institute of North Industrial Ecology Problems,
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences
14a Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region,
Russia
e-mail: koroleva@inep.ksc.ru
tel.: (81555) 79787

УДК 591.762.12

ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) СЕВЕРО-ЗАПАДА МУРМАНСКОЙ ЧАСТИ ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ

О. С. Трушицына

Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, Россия

Приводятся данные по фауне жужелиц (Coleoptera, Carabidae) северо-запада мурманской части Зеленого пояса Фенноскандии. Материал собран в государственном природном заповеднике «Пасвик», на территории проектируемого заказника регионального значения «Пазовский» и природном парке «Кораблекк». Часть данных получена в окрестностях пгт. Никель, Заполярный, Печенга. Жуков собирали в биоценозах разного типа в 2007, 2010–2012 годах почвенными ловушками, дополнительно применяли ручной сбор. Всего за время исследования собрано 3607 экземпляров имаго жужелиц. Фауна жужелиц изученной территории насчитывает 47 видов из 21 рода. Наиболее разнообразны роды *Amara* (10 видов) и *Bembidion* (5 видов). В число доминантов вошли 4 вида: *Carabus glabratus* Linnaeus, 1758, *Loricera pilicornis* (Fabricius, 1775), *Calathus micropterus* (Duftschmid, 1812), *Amara lunicollis* Schiødtte, 1837. Зоогеографический состав характеризуется преобладанием палеарктических (45 % видового и 48 % численного обилия) и голарктических (34 и 28 % соответственно) видов. Доля европейско-сибирских и европейских видов существенно ниже. По биотопическому преферендуму выявлено 8 групп (лесная, лесно-болотная, болотная, береговая, луговая, лугово-полевая, пиротфильная и тундровая). Доминируют лесные виды, как по видовому (24 %), так и по численному (63 %) обилию. Высокое видовое разнообразие отмечено для луговой (19 %), лесно-болотной (17 %) и береговой (17 %) групп, при этом их численное обилие оказалось невысоким (10, 16, 2 % соответственно). В спектре жизненных форм преобладают зоофаги как в видовом (61 %), так и в численном (81 %) отношении, что в целом характерно для населения жужелиц высоких широт.

К л ю ч е в ы е с л о в а: Зеленый пояс Фенноскандии; фауна жужелиц; зоогеографическая характеристика; биотопические группы; жизненные формы.

O. S. Trushitsyna. AN ECOLOGICAL AND FAUNISTIC OVERVIEW OF GROUND BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) IN THE NORTHWEST OF THE MURMANSK PART OF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA

The article presents data on the fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the northwestern part of the Green Belt of Fennoscandia. The material was collected in the Pasvik Strict Nature Reserve, in the territory of the planned regional Pazovsky Nature Reserve and in the Korablekk Nature Park. Some data were obtained from the vicinity of Nikel, Zapolyarny and Pechenga urban areas. Beetles were collected by soil traps in 2007 and 2010–2012 in communities of different types. Additionally, manual collection was used. A total of 3607 imago ground beetles were collected during the surveys. The fauna of ground beetles of the studied territory includes 47 species of 21 genera.

The most diverse are the genera *Amara* (10 species) and *Bembidion* (5 species). Four species were dominant: *Carabus glabratus* Linnaeus, 1758, *Loricera pilicornis* (Fabricius, 1775), *Calathus micropterus* (Duftschmid, 1812), *Amara lunicollis* Schiødte, 1837. The zoogeographic composition is characterized by the prevalence of Palaearctic (45 % of the number of species and 48 % of the total abundance) and Holarctic (34 and 28 %, respectively) species. The share of European-Siberian and European species is significantly lower. According to habitat preferences, 8 groups were distinguished (forest, forest-mire, mire, waterside, meadow, meadow-field, pyrophilic and tundra). Forest species dominate both in terms of species numbers (24 %) and abundance (63 %). A high species diversity was noted for meadow (19 %), forest-mire (17 %) and waterside groups (17 %), while their abundance was low (10, 16, 2 % of the total, respectively). Zoophages prevailed among life forms both in terms of species numbers (61 %) and abundance (81 %), which is generally typical of the population of ground beetles at high latitudes.

Key words: Green Belt of Fennoscandia; ground beetle fauna; zoogeographic characteristics; biotopic groups; life forms.

Введение

Зеленый пояс Фенноскандии (ЗПФ) протянулся от Баренцева до Балтийского моря вдоль границы России с Финляндией и Норвегией. Создание ЗПФ направлено на сохранение ландшафтного и биологического разнообразия, в этой связи большое значение имеет изучение фаунистических комплексов охраняемых территорий, которые могут служить эталонами при оценке динамики разнообразия и воздействия антропогенных факторов на природные экосистемы.

Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) характеризуются большим видовым разнообразием, относительно высокой численностью, они освоили различные ландшафты и местообитания [Крыжановский, 1983]. Большинство жужелиц относится к хищникам-полифагам, регулирующим численность других беспозвоночных, некоторые виды характеризуются смешанным типом питания [Шарова, 1981]. Многие виды реагируют на изменение окружающей среды и являются объектом международного биологического мониторинга состояния природных экосистем [Гиляров, 1965]. В условиях Арктики жужелицы лидируют среди других семейств жуков по показателям таксономического и экологического разнообразия, ценотической роли, а также способности осваивать различные биотопы [Чернов, 1975].

Характеристика района исследований

Район исследований находится в пределах двух природных подзон: северной тайги и лесотундры. Здесь проходит северная граница распространения лесов. Преобладают редкостойные сосновые леса, которые произрастают в основном на иллювиально-железистых подзолах, сформированных на моренных породах,

занимающих моренные равнины, невысокие гряды и холмы, нижние склоны возвышенностей. Напочвенный покров лесов лишайниковый, кустарничково-лишайниковый, лишайниково-зеленомошный, кустарничково-зеленомошный. Сосняки сфагновые встречаются крайне редко. К долинам рек приурочены березовые леса и смешанные сосново-березовые, часто с примесью осины и ольхи. Основным компонентом лесной растительности лесотундры является береза пушистая *Betula pubescens* Ehrh, 1789, образующая березовые редколесья и редины [Раменская, 1975].

Для возвышенностей характерна высотная поясность. Сосняки кустарничково-зеленомошные и лишайниковые, занимающие подножие гор, с высотой сменяются смешанными березово-сосновыми древостоями, а затем переходят в березовое криволесье, сменяющееся лесотундрой, лишайниковой тундрой и гольцами [Мошников, Крутов, 2011].

Климат района исследования субарктический с частым господством холодных арктических масс воздуха, обильными осадками и неустойчивой погодой. Среднегодовая температура воздуха января и февраля составляет $-11... -14^{\circ}\text{C}$. Снежный покров устанавливается в октябре и сохраняется 180–200 дней, полностью сходит к середине мая. Безморозный период в среднем длится около 100 дней. Годовая сумма положительных температур воздуха составляет $1300-1500^{\circ}\text{C}$ [Макарова и др., 2001; Поликарпова, 2006].

Материалы и методы

Исследования проводили на территории Печенгского района Мурманской области в 2007, 2010–2012 годах. Материал собран в государственном природном заповеднике «Пасвик», на территории проектируемого заказника ре-



Карта района исследований
Map of the study area

гионального значения «Пазовский» и в природном парке «Кораблекк». Часть данных получены в окрестностях пгт. Никель, Заполярный, Печенга (станции «Никель», «Заполярный», «Гольфстрим», «Печенга») (рис.).

Жуков собирали почвенными ловушками, в качестве которых использовали пластиковые стаканы, заполненные на одну треть 4% раствором формалина. В одном биотопе функционировало до 40 ловушек, которые были размещены в линии по 10 штук в каждой. Выборку жуков осуществляли еженедельно. Дополнительно для уточнения видового состава жужелиц применялся ручной сбор жуков вдоль ручьев, по берегам водоемов, а также в антропогенно нарушенных местообитаниях [Фасулати, 1971]. Всего было обследовано 32 биоценоза. На территории заповедника «Пасвик» и в проектируемом заказнике «Пазовский» были изучены: сосняки разного типа, горно-березовые леса, осинники, гари, пойменные и суходольные луга, верховые и переходные болота, берега рек и водоемов. В природном парке «Кораблекк» основное внимание уделяли горным тундрам и гольцам. В окрестностях пгт. Никель, Заполярный, Печенга исследования проводили на антропогенно нарушенных территориях, находившихся на разной степени удалении от источников промышленного загрязнения. Всего за время работы собрано 3607 экземпляров имаго жужелиц.

Выявленные виды жужелиц систематизированы в соответствии с «Систематическим

списком жужелиц (Carabidae) России» [Макаров и др., 2015], номенклатура дана по каталогу жесткокрылых Палеарктики [Löbl, Smetana, 2003]. Зоогеографическая характеристика видов приведена с учетом сведений о региональном распространении жужелиц [Kryzhanovskij et al., 1995]. Спектры жизненных форм имаго жужелиц составлены в соответствии с системой жизненных форм, разработанной И. Х. Шаровой [1981]. Биотопическая характеристика видов дана по литературным источникам [Крыжановский, 1983; Lindroth, 1992] с учетом собственных сведений.

Для оценки участия того или иного вида в сложении таксоценов рассчитывали индекс доминирования по шкале Ренконена [Renkonen, 1938]. К доминантным относили виды, численное обилие которых превышало 5% от общей численности жужелиц во всех биоценозах.

Результаты и обсуждения

Фауна жужелиц района исследований до настоящего времени была изучена недостаточно. Большинство сведений о видовом составе этого семейства получено попутно, при инвентаризации других групп насекомых, и содержится в ряде обзоров по фауне жесткокрылых, при этом в разных литературных источниках указывается от 3 до 15 видов жужелиц [Трущицына, 2007; Полевой, Хумала, 2011, 2014; Зенкова, 2012; Щербаков и др., 2013]. Специальные ис-

следования карабидофауны данного района позволили существенно пополнить имеющийся список видов. Полученные данные по отдельным биоценозам частично опубликованы нами ранее [Трущицына и др., 2007; Зенкова и др., 2013; Трущицына, Ананьева, 2014; Трущицына, 2018].

Всего за время исследований было выявлено 47 видов жуелиц, принадлежащих к 21 роду (табл.). Для сравнения отметим, что для южных районов Мурманской области (беломорские острова Кандалакшского заповедника) зарегистрировано 48 видов этого семейства [Бызова и др., 1986]. Видовое разнообразие жуелиц и набор видов типичны для северных регионов. В южных тундрах полуострова Канин зарегистрировано 48 видов [Филиппов, Шувалов, 2006], для Соловецких островов известно 68 видов [Болотов и др., 2011].

Распределение видов по обследованным территориям неравномерное. Наибольшее число видов жуелиц (34) зарегистрировано для государственного природного заповедника «Пасвик». Сходное число (33 вида) отмечено в проектируемом заказнике регионального значения «Пазовский». Высокое видовое разнообразие жуелиц объясняется богатством ценотических комплексов данных территорий и отличается высокой специфичностью. Для заповедника «Пасвик» выявлено 11 видов, а для заказника «Пазовский» – 12 видов, которые приурочены только к этим территориям. Фауна этих двух ООПТ характеризуется высоким содержанием интразональных видов, приуроченных к луговым (рода *Amara*, *Harpalus*) и береговым (*Nebria*, *Elaphrus*, *Bembidion*) биотопам.

В окрестностях пгт. Никель, Заполярный и Печенга на промышленных площадках выявлен 21 вид. Горная фауна природного парка «Кораблек» насчитывает 10 видов, среди которых преобладают обитатели тундр. Специфических только для этих двух территорий видов не обнаружено.

В фауне жуелиц исследуемой территории наиболее разнообразно представлены роды *Amara* (10 видов) и *Bembidion* (5 видов). В число доминантов входит 4 вида. *Calathus micropterus* (39,7 %) и *Carabus glabratus* (7,5 %) преобладают в лесных биоценозах, *Amara lunicollis* (7,5 %) – в луговых, а *Loricera pilicornis* (6,4 %) доминирует во влажных местообитаниях.

Зоогеографический состав характеризуется преобладанием палеарктических (45 % видового и 48 % численного обилия) и голарктических (34 и 28 % соответственно) видов. Доминирование циркумполярных видов – характерная черта северных районов [Чернов и др., 2000, 2001; Филиппов, Шувалов, 2006; Макарова

и др., 2013]. Вместе с тем для фауны жуелиц района исследований характерно присутствие европейско-сибирских (17 % видового и 16 % численного обилия) и европейских (4 и 8 % соответственно) элементов.

По биотопическому преферендуму выявлено 8 групп: лесная, лесо-болотная, болотная, береговая, луговая, лугово-полевая, пиротфильная и тундровая. Доминируют лесные виды, как по видовому (24 %), так и по численному (63 %) обилию. Высокое видовое разнообразие отмечено для луговой (19 %), лесо-болотной (17 %) и береговой (17 %) групп, при этом их численное обилие невысокое (10, 16 и 2 %). Лугово-полевая (9 и 2 %), пиротфильная (4 и 5 %) и тундровая (6 и 1 %) группы характеризуются самым низким видовым и численным обилием. Распределение биотопических групп жуелиц хорошо отражает пограничное положение района исследований между таежной и лесотундровой зонами. Среди жуелиц отмечено большое количество лесных видов, к которым относятся *L. terminatus*, *C. glabratus*, *C. caraboides*, *P. adstrictus*, *A. brunnea*. Одновременно зарегистрированы представители типичной тундровой фауны *B. yuconum*, *C. hyperboreus*, *C. alpinus*. Пиротфильные виды (*S. quadripunctata*, *A. nigricornis*) отмечены только на гаях в заповеднике «Пасвик» и на промышленных площадках.

Спектр жизненных форм достаточно полно характеризует морфо-экологические особенности видового состава жуелиц и отражает специфику почвенно-растительных условий в конкретном местообитании [Шарова, 1981]. Всего в районе исследования выделено 9 групп жизненных форм имаго жуелиц.

Как по видовому, так и по численному обилию в спектре жизненных форм отмечено существенное преобладание зоофагов над миксофитофагами. В исследованном ландшафте класс зоофагов представлен 7 группами и составляет 61 % видового и 81 % численного обилия. Класс миксофитофагов включает 2 группы, при видовом и численном обилии 39 и 19 % соответственно. Тенденция увеличения доли хищных видов и сокращения доли фитофагов при продвижении на север проявляется в различных неродственных таксонах [Чернов, 1992], в том числе и среди жуелиц [Чернов и др., 2000, 2001; Филиппов, Шувалов, 2006].

Среди зоофагов по видовому обилию доминируют поверхностно-подстилочные (30 %) и подстилочные (17 %) формы. Численное обилие этих групп составляет 17 и 64 % соответственно. Остальные жизненные формы представлены 1–2 видами с очень низкой численностью. Среди миксофитофагов в видовом отношении

Видовой состав, зоогеографическая и экологическая характеристика жуков северо-запада мурманской части Зеленого пояса Фенноскандии в 2007, 2010–2012 гг.

Species composition, zoogeographical and ecological characteristics of ground beetles in the northwest of the Murmansk part of the Green Belt of Fennoscandia in 2007 and 2010–2012

№	Вид Species	Зоогеографическая характеристика Zoogeographic characteristics	Биотические группы Biotopic groups	Жизненная форма Life form	Годы исследований Years of research	Районы исследований (уловистость, экзemplары) The study areas (catchability, specimen)				
						I	II	III	IV	Итого Total
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	<i>Pelophila borealis</i> (Paykull, 1790)	ГА HA	б cst	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2007, 2011, 2012	9				9
2	<i>Leistus terminatus</i> (Panzer, 1793)	ПА PA	лс, бл fs, bg	З с. п. Z l. s.	2011	10				10
3	<i>Nebria rufescens</i> (Strom, 1768)	ПА PA	б cst	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2011, 2012		5			5
4	<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	ГА HA	лс fs	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2007, 2010–2012	21	6	4	1	32
5	<i>N. germinyi</i> Fauvel, 1863	ЕС ES	лс fs	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2010–2012	66	4	6	3	79
6	<i>N. biguttatus</i> (Fabricius, 1779)	ЕС ES	лс fs	З с. п. Z l. s.	2007, 2010–2012	174			7	181
7	<i>Carabus glabratus</i> Linnaeus, 1758	Е E	лс fs	З э. х. Z w. e.	2007, 2010–2012	214	10	1	47	272
8	<i>Cychrus caraboides</i> (Linnaeus, 1758)	Е E	лс fs	З э. х. Z w. e.	2007, 2010, 2012	19			18	37
9	<i>Elaphrus cupreus</i> Duftschmid, 1812	ЕС ES	б cst	З э. б. Z r. e.	2011		2			2
10	<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	ГА HA	лс, бл fs, bg	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2007, 2010–2012	227			3	230
11	<i>Dyschiriodes globosus</i> (Herbst, 1783)	ПА PA	б cst	З г. р. Z d. g.	2010, 2011	2	9			11
12	<i>Miscodera arctica</i> (Paykull, 1798)	ГА HA	лс fs	З с. п. Z l. s.	2007, 2010–2012	12	1	5	9	27
13	<i>Bembidion bipunctatum</i> (Linnaeus, 1761)	ПА PA	б cst	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2011, 2012		27			27
14	<i>B. difficile</i> (Motschulsky, 1844)	ПА PA	б cst	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2011, 2012		5			5
15	<i>B. virens</i> Gyllenhal, 1827	ПА PA	б cst	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2011, 2012		4			4
16	<i>B. femoratum</i> Sturm, 1825	ПА PA	б cst	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2012		1			1
17	<i>B. yuconum</i> Fall, 1926	ГА HA	тн tn	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2010–2012	6	5		4	15
18	<i>Patrobis assimilis</i> Chaudoir, 1844	ЕС ES	лс, бл fs, bg	З с. п. Z l. s.	2007, 2010–2012	104	1		18	123
19	<i>P. septentrionis</i> Dejean, 1828	ГА HA	лс, бл fs, bg	З с. п. Z l. s.	2010–2012	21	1			22
20	<i>Pterostichus rhaeticus</i> Heer, 1838	ПА PA	лс, бл fs, bg	З с. п.-пч. Z l.-s. s.	2011		5			5
21	<i>P. diligens</i> (Sturm, 1824)	ЕС ES	лс, бл fs, bg	З с. п. Z l. s.	2010–2012	79	15			94
22	<i>P. adstrictus</i> Eschscholtz, 1823	ГА HA	лс fs	З с. п.-пч. Z l.-s. s.	2007, 2010–2012	13	6	1	6	26

Окончание табл.

Table (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23	<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	ПА РА	лг, п mw, fd	З с. п. Z l. s.	2010–2012	58	1		7	66
24	<i>C. micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	ПА РА	лс fs	З с. п. Z l. s.	2007, 2010–2012	1134	43		254	1431
25	<i>Sericoda quadripunctata</i> (DeGeer, 1774)	ГА НА	пир pyr	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2007, 2010–2012		1		135	136
26	<i>Agonum ericeti</i> (Panzer, 1809)	ПА РА	лс, бл fs, bg	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2007, 2010–2012	36	24			60
27	<i>A. fuliginosum</i> (Panzer, 1809)	ПА РА	лс, бл fs, bg	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2007, 2010–2012	24	5		1	30
28	<i>A. gracile</i> Sturm, 1824	ПА РА	бл bg	З с. п.-п. Z s.-l. s.	2011		1			1
29	<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	ПА РА	лг, п mw, fd	М рх. M ghb.	2012		9			9
30	<i>A. familiaris</i> (Duftschmid, 1812)	ПА РА	лг mw	М рх. M ghb.	2012		1			1
31	<i>A. lunicollis</i> Schiødte, 1837	ГА НА	лг mw	М с. M sb.	2010–2012	264	7			271
32	<i>A. nigricornis</i> Thomson, 1857	ЕС ES	пир pyr	М с. M sb.	2010–2012	43			2	45
33	<i>A. nitida</i> Sturm, 1825	ПА РА	лг mw	М рх. M ghb.	2012	1				1
34	<i>A. ovata</i> (Fabricius, 1792)	ПА РА	лг mw	М рх. M ghb.	2012	1				1
35	<i>A. erratica</i> (Duftschmid, 1812)	ГА НА	лг mw	М рх. M ghb.	2010–2012	16	4			20
36	<i>A. interstitialis</i> Dejean, 1828	ГА НА	лг mw	М с. M sb.	2012		2			2
37	<i>A. brunnea</i> (Gyllenhal, 1810)	ГА НА	лс fs	М с. M sb.	2007, 2010–2012	80	15		71	166
38	<i>A. quenseli</i> (Schönherr, 1806)	ПА РА	лг mw	М рх. M ghb.	2007, 2010–2012	1		10	23	34
39	<i>Curtonotus torridus</i> (Panzer, 1797)	ГА НА	лг, п mw, fd	М рх. M ghb.	2010–2012	7	1		1	9
40	<i>C. alpinus</i> (Paykull, 1797)	ГА НА	тн tn	М рх. M ghb.	2011, 2012	2		26		28
41	<i>C. hyperboreus</i> (Dejean, 1831)	ГА НА	тн tn	М рх. M ghb.	2010–2012	2	3		3	8
42	<i>Dicheirotichus cognatus</i> Gyllenhal, 1827	ПА РА	лг mw	М с. M sb.	2010–2012	5		1	1	7
43	<i>D. placidus</i> Gyllenhal, 1827	ЕС ES	бл bg	М с. M sb.	2010–2012	40				40
44	<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	ПА РА	лс fs	М рх. M ghb.	2010–2012	11				11
45	<i>H. solitaris</i> Dejean, 1829	ГА НА	лг mw	М рх. M ghb.	2010–2012	2	1	2	2	7
46	<i>H. quadripunctatus</i> Dejean, 1829	ЕС ES	лг, п mw, fd	М рх. M ghb.	2011		1	2		3
47	<i>Cymindis vaporariorum</i> Linnaeus, 1758	ПА РА	лс fs	З с. п.-тр. Z l.-f. s.	2010–2012	3				3
Суммарное количество экземпляров Total number of specimens						2707	226	58	616	3607
Количество видов Number of species						34	33	10	21	47

Примечание. Зоогеографическая характеристика: ГА – голарктический, ПА – палеарктический, ЕС – европейско-сибирский, Е – европейский. Биотопические группы: лс – лесная, лг – луговая, п – полевая, бл – болотная, б – береговая, пир – пиротфильная, тн – тундровая. Жизненные формы: З – зоофаги (э. х. – эпигеобионты ходящие, э. б. – эпигеобионты бега-

ющие, с. п-п. – стратобионты поверхностно-подстилочные, с. п. – стратобионты подстилочные, с. п-тр. – стратобионты подстиочно-трещинные, с. п-пч. – стратобионты подстиочно-почвенные, г. р. – геобионты роющие), М – миксофитофаги (с. – стратобионты, гх. – геохортобионты).

Районы исследований: I – государственный природный заповедник «Пасвик», II – проектируемый заказник регионального значения «Пазовский», III – природный парк «Кораблекк», IV – окрестности Никеля, Заполярного, Печенги, Гольфстрим.

Note. Zoogeographic characteristics: HA – Holarctic, PA – Palaearctic, ES – European-Siberian, E – European. Biotopic groups: fs – forest, mw – meadow, fd – field, bg – bog, cst – coastal, pyr – pyrophilic, tn – tundra. Life forms: Z – zoophages (w. e. – walking epigeobionts, r. e. – running epigeobionts, s.-l. s. – surface-litter stratobionts, l. s. – litter stratobionts, l.-f. s. – litter-fissure stratobionts, l.-s. s. – litter-soil stratobionts, d. g. – digging geobionts), M – myxophytophages (sb. – stratobionts, ghb. – geohortobionts). The study areas: I – Pasvik State Nature Reserve, II – projected Pazovsky Regional Reserve, III – Korablekk Nature Park, IV – the vicinity of Nikel, Zapolyarny, Pechenga, Gulfstream.

преобладают геохортобионты (26 %), в меньшей степени представлены стратобионты (13 %). В численном отношении, напротив, доминируют стратобионты – 15 против 4 % у геохортобионтов.

Заключение

Фауна жуелиц района исследований насчитывает 47 видов из 21 рода и характеризуется рядом особенностей. Относительно высокое число видов, разнообразие спектров биотопических групп и жизненных форм объясняется разнородностью данной территории и ее географическим положением. Преобладают виды с палеарктическими и голарктическими ареалами. В наборе биотопических групп характерно совместное присутствие таежных и тундровых видов, что отражает положение района исследований на границе таежной и лесотундровой зон. Своеобразие фауне данного региона придает высокое видовое разнообразие луговых видов из рода *Amara*, а также присутствие ряда пиротфильных видов, связанных с антропогенно нарушенными территориями. В спектре жизненных форм значительно преобладают зоофаги, что в целом характерно для северных регионов.

Автор выражает благодарность руководству и коллективу Государственного природного заповедника «Пасвик» за помощь в организации и проведении полевых исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПЗ «Пасвик», АО «Кольская ГМК», РГУ имени С. А. Есенина.

Литература

Болотов И. В., Зубрий Н. А., Цыварева Е. П., Христофорова Н. С. Видовой состав жуелиц (Coleoptera, Carabidae) Соловецких островов // Вестник Поморского университета. Сер. Естественные и точные науки. 2011. № 2. С. 45–52.

Бызова Ю. Б., Уваров А. В., Губина В. Г. Почвенные беспозвоночные беломорских островов Канда-лакшского заповедника. М.: Наука, 1986. 311 с.

Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 278 с.

Зенкова И. В. К материалам по почвенной фауне Государственного природного заповедника «Пасвик» (Мурманская область) // Поведение, экология и эволюция животных. Рязань: Голос губернии, 2012. С. 313–330.

Зенкова И. В., Колесникова А. А., Филиппов Б. Ю., Вершинина С. Д., Трушицына О. С., Нехаева А. А. Материалы к фауне пауков и жесткокрылых горной системы заповедника «Пасвик» // Зеленый пояс Фенноскандии: Материалы междунар. науч.-практич. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 137–138.

Крыжановский О. Л. Жуки подотряда Aderphaga (семейства Rhysodidae, Trachypachidae, Carabidae) // Фауна СССР. Жесткокрылые. Т. 1, вып. 2. Л.: Наука, 1983. 341 с.

Макарова О. А., Похилько А. А., Кушель Ю. А. Гидрометеорологические условия вегетационных периодов 1994–2000 гг. // Сезонная жизнь природы Кольского Севера (растения), 1994–2000 гг. Мурманск, 2001. С. 13–16.

Макарова О. Л., Макаров К. В., Берман Д. И. Жуелицы (Coleoptera, Carabidae) высокогорий Ольского плато, Колымское нагорье // Зоологический журнал. 2013. Т. 92, № 8. С. 927–934.

Макаров К. В., Крыжановский О. Л., Белоусов И. А., Замотайлов А. С., Кабак И. И., Катаев Б. М., Шиленков В. Г., Маталин А. В., Федоренко Д. Н. Систематический список жуелиц (Carabidae) России // Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи [Электронный ресурс]. 2015. URL: http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm (дата обращения: 20.02.2019).

Мошников С. А., Крутов В. И. О состоянии лесов заповедника «Пасвик» // Уч. зап. Петргу. 2011. № 6. С. 61–64.

Полевой А. В., Хумала А. Э. Насекомые // Летопись природы заповедника «Пасвик». 2008. Апатиты: КНЦ РАН, 2011. Т. 15. С. 153–156, 264–299.

Полевой А. В., Хумала А. Э. Энтомологические исследования на территории Российской части Зеленого пояса Фенноскандии // Труды КарНЦ РАН. 2014. № 6. С. 134–138.

Поликарпова Н. В. Особенности природных условий северо-запада Кольского полуострова, определяющие биоразнообразие заповедника «Пасвик» // Современные экологические проблемы Севера: Материалы междунар. конф. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. С. 170–172.

Раменская М. Л. Физико-географические особенности и лесные ландшафты // Лесовосстановление Карельской АССР и Мурманской области. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1975. С. 4–35.

Трущицына О. С., Жиряков С. М., Щербакова Г. П. Роль жулици (Coleoptera, Carabidae) в оценке окружающей среды на промышленно загрязненных территориях в условиях северо-запада Кольского полуострова // Экология, эволюция и систематика животных: сб. науч. тр. каф. зоологии и методики обучения биологии РГУ / Федер. агентство по образованию, Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, Ряз. обл. ин-т развития образования; под ред. Н. В. Чельцова. Рязань, 2007. С. 117–122.

Трущицына О. С. Фауна жесткокрылых насекомых (Insecta, Coleoptera) заповедника «Пасвик» и прилегающих к нему территорий – аннотированный список видов // Экология, эволюция и систематика животных: сб. науч. тр. каф. зоологии и методики обучения биологии РГУ / Федер. агентство по образованию, Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, Ряз. обл. ин-т развития образования; под ред. Н. В. Чельцова. Рязань, 2007. С. 123–128.

Трущицына О. С. Видовой состав жулици (Coleoptera, Carabidae) северо-запада Мурманской области // Биологические проблемы Севера: Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. памяти В. Л. Кондримавичуса (Магадан, 18–22 сентября 2018 г.). Магадан, 2018. С. 380–382.

Трущицына О. С., Ананьева С. И. Жулици (Coleoptera, Carabidae) луговых экосистем заповедника «Пасвик» // Научный фонд «Биолог». 2014. № 3. С. 89–90.

Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высшая школа, 1971. 424 с.

Филиппов Б. Ю., Шувалов Е. В. Жулици южных тундр полуострова Канин // Вестник Поморского университета. Сер. Естественные и точные науки. 2006. № 1. С. 99–109.

References

Bolotov I. V., Zubrii N. A., Tsyvareva E. P., Khristoforova N. S. Vidovoi sostav zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) Solovetskikh ostrovov [The species composition of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Solovetsky Islands]. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Ser. Estestvennyye i tochnyye nauki*. 2011. No. 2. P. 45–52.

Byzova Yu. B., Uvarov A. V., Gubina V. G. Pochvennye bespozvonochnyye belomorskikh ostrovov Kandalakshskogo zapovednika [Soil-dwelling invertebrates of the White Sea islands in the Kandalakshsky Strict Nature Reserve]. Moscow: Nauka, 1986. 311 p.

Chernov Yu. I., Makarov K. V., Eremin P. K. Semeistvo zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) v arkticheskoy faune. Soobshchenie 1 [Family of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in Arctic fauna. Report 1]. *Zool. zhurn.* [Zool. J.]. 2000. Vol. 79, no. 12. P. 1409–1420.

Chernov Yu. I., Makarov K. V., Eremin P. K. Semeistvo zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) v arkticheskoy faune. Soobshchenie 2 [Family of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in Arctic fauna. Report 2]. *Zool. zhurn.* [Zool. J.]. 2001. Vol. 80, no. 3. P. 285–293.

Chernov Yu. I., Makarov K. V., Eremin P. K. Semeistvo zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) v arkticheskoy faune. Soobshchenie 1 // Зоологический журнал. 2000. Т. 79, № 12. С. 1409–1420.

Chernov Yu. I., Makarov K. V., Eremin P. K. Semeistvo zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) v arkticheskoy faune. Soobshchenie 2 // Зоологический журнал. 2001. Т. 80, № 3. С. 285–293.

Chernov Yu. I. Kogo bol'she v tundre – khishchnikov ili fitofagov? // Ценоотические взаимоотношения в тундровых экосистемах. М.: Наука, 1992. С. 111–127.

Chernov Yu. I. Природная зональность и животный мир суши. М.: Мысль, 1975. 222 с.

Шарова И. Х. Жизненные формы жулици (Coleoptera, Carabidae). М.: Наука, 1981. 360 с.

Щербаков А. Н., Никитский Н. Б., Полевой А. В., Хумала А. Э. К фауне жесткокрылых насекомых заповедника «Пасвик» (Insecta, Coleoptera) // Лесной вестник. 2013. № 6. С. 16–21.

Kryzhanovskiy O. L., Belousov I. A., Kabak I. I., Kataev B. M., Makarov K. V., Shilenkov V. G. A checklist of the ground-beetles of Russia and adjacent lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Sofia-M.: Pensoft, 1995. 271 p.

Lindroth C. H. (posth.). Ground Beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographic study. Part I. Specific Knowledge Regarding the Species. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, 1992. 630 p.

Löbl I., Smetana A. (Eds.) Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1: Archostemata, Myxophaga, Adephaga. Stenstrup: Apollo Books, 2003. 271 p.

Renkonen O. Statistisch-okologische Untersuchungen über die terrestrische Tierwelt der finnischen Bruchmoore // Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo. 1938. Vol. 6. 231 p.

Поступила в редакцию 02.03.2019

Chernov Yu. I. Kogo bol'she v tundre – khishchnikov ili fitofagov? [Who prevails in tundra – predators or phytophages?]. *Tsenot. vzaimootnosheniya v tundr. ekosist.* [Cenotic relationships in tundra ecosystems]. Moscow: Nauka, 1992. P. 111–127.

Chernov Yu. I. Prirodnaya zonal'nost' i zhivotnyi mirushi [Natural zonality and terrestrial wild animals]. Moscow: Mysl', 1975. 222 p.

Fasulati K. K. Polevoye izucheniye nazemnykh bespozvonochnykh [Field study of terrestrial invertebrates]. Moscow: Vysshaya shkola, 1971. 424 p.

Filippov B. Yu., Shuvalov E. V. Zhuzhelitsy yuzhnykh tundr poluostrova Kanin [Ground beetles in southern tundras of the Kanin Peninsula]. *Vestnik Pomorskogo univ. Ser. Estestv. i tochnyye nauki* [Bull. Pomor. St. University. Ser. Nat. and Tech. Sci.]. 2006. No. 1. P. 99–109.

Gilyarov M. S. Zoologicheskii metod diagnostiki pochvy [Zoological method of soil diagnostics]. Moscow: Nauka, 1965. 278 p.

Kryzhanovskii O. L. Zhuki podotryada Adephaga (semeistva Rhysodidae, Trachypachidae, Carabidae) Bee-

tles of the suborder Adephaga (families Rhysodidae, Trachypachidae, Carabidae)]. *Fauna SSSR. Zhestkokrylye* [Fauna of the USSR. Coleoptera]. Vol. 1, iss. 2. Leningrad: Nauka, 1983. 341 p.

Makarova O. A., Pokhil'ko A. A., Kushel' Yu. A. Gidrometeorologicheskie usloviya vegetatsionnykh periodov 1994–2000 gg. [Meteorological conditions of the vegetation periods in 1994–2000]. *Sezonnaya zhizn' prirody Kol'skogo Severa (rast.)*, 1994–2000 gg. [Seasonal nature life of the Kola North (plants), 1994–2000]. Murmansk, 2001. P. 13–16.

Makarova O. L., Makarov K. V., Berman D. I. Zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) vysokogorii Ol'skogo plato, Kolymaskoe nagor'e [Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Ola Plateau highlands, Kolyma uplands]. *Zool. zhurn.* [Zool. J.]. 2013. Vol. 92, no. 8. P. 927–934. doi: 10.7868/S0044513413080114

Makarov K. V., Kryzhanovskii O. L., Belousov I. A., Zamotailov A. S., Kabak I. I., Kataev B. M., Shilenkov V. G., Matalin A. V., Fedorenko D. N. Sistematicheskii spisok zhuzhelits (Carabidae) Rossii [A systematic list of ground beetles (Carabidae) of Russia]. *Zhuki (Coleoptera) i koleopterologi* [Coleoptera and coleopterists]. 2015. URL: http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm (accessed: 20.02.2019).

Moshnikov S. A., Krutov V. I. O sostoyanii lesov zapovednika "Pasvik" [On the state of forests of the "Pasvik" Reserve]. *Uch. zap. Petrozavodskogo gos. univ.* [Proceed. Petrozavodsk St. Univ.]. 2011. No. 6. P. 61–64.

Polevoi A. V., Humala A. E. Entomologicheskie issledovaniya na territorii Rossiiskoi chasti Zelenogo poyasa Fennoskandii [Entomological studies in the Russian part of the Green Belt of Fennoscandia]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2014. No. 6. P. 134–138.

Polevoi A. V., Humala A. E. Nasekomye [The Insects]. *Letopis' prirody zapoved. "Pasvik"* [Nature chronicles of the Pasvik Reserve]. 2008. Vol. 15. Apatity: KSC RAS, 2011. P. 153–156, 264–299.

Polikarpova N. V. Osobennosti prirodnikh uslovii severo-zapada Kol'skogo poluostrova, opredelyayushchie bioraznoolobrazie zapovednika "Pasvik" [Features of natural conditions of the North-West of the Kola Peninsula determining the biodiversity of the Pasvik Reserve]. *Sovr. ekol. problemy Severa: Mat. mezhdunar. konf.* [Contemporary environmental problems of the North: Proceed. int. conf.]. Apatity: KSC RAS, 2006. P. 170–172.

Ramenskaya M. L. Fiziko-geograficheskie osobennosti i lesnye landschafty [Physical and geographical features and forest landscapes]. *Lesovosstanovlenie Karel'skoi ASSR i Murmanskoi oblasti* [Reforestation of the Karelian ASSR and Murmansk Region]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1975. P. 4–35.

Sharova I. Kh. Zhiznennyye formy zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) [Life forms of ground beetles (Coleoptera, Carabidae)]. Moscow: Nauka, 1981. 360 p.

Shcherbakov A. N., Nikitskii N. B., Polevoi A. V., Khumala A. E. K faune zhestkokrylykh nasekomykh zapovednika "Pasvik" (Insecta, Coleoptera) [On fauna beetles (Insecta, Coleoptera) of the Pasvik Reserve]. *Lesnoi vestnik* [Forestry Bull.]. 2013. No. 6. P. 16–21.

Trushitsyna O. S., Zhiryakov S. M., Shcherbakova G. P. Rol' zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) v otsenke okruzhayushchei sredy na promyshlennno za-

gryaznennykh territoriyakh v usloviyakh severo-zapada Kol'skogo poluostrova [The role of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the assessment of the environment in industrially polluted areas in the North-West of the Kola Peninsula]. *Ekol., evolyutsiya i sistematika zhivotnykh* [Ecology, evolution, and taxonomy of animals]. Ed. N. V. Chel'tsov. Ryazan', 2007. P. 117–122.

Trushitsyna O. S. Fauna zhestkokrylykh nasekomykh (Insecta, Coleoptera) zapovednika "Pasvik" i prilegayushchikh k nemu territorii – annotirovannyi spisok vidov [Fauna of Coleoptera insects (Insecta, Coleoptera) of the Pasvik Reserve and adjacent territories – an annotated list of species]. *Ekol., evolyutsiya i sistematika zhivotnykh* [Ecology, evolution, and taxonomy of animals]. Ed. N. V. Chel'tsov. Ryazan', 2007. P. 123–128.

Trushitsyna O. S. Vidovoi sostav zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) severo-zapada Murmanskoi oblasti [Species composition of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the North-West of the Murmansk Region]. *Biol. problemy Severa: Mat. mezhdunar. nauch. konf., posvyashch. pamyati V. L. Kontrimavichusa* (Magadan, 18–22 sent. 2018 g.) [Biol. problems of the North: Proceed. int. sci. conf. dedicated to the memory of academician V. L. Kontrimavichus (Magadan, Sept. 18–22, 2018)]. Magadan, 2018. P. 380–382.

Trushitsyna O. S., Anan'eva S. I. Zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) lugovykh ekosistem zapovednika "Pasvik" [Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of meadow ecosystems of the Pasvik Reserve]. *Nauchnyi fond "Biolog"* [Scientific Fund Biologist]. 2014. No. 3. P. 89–90.

Zenkova I. V., Kolesnikova A. A., Filippov B. Yu., Ver-shinina S. D., Trushitsyna O. S., Nekhaeva A. A. Materialy k faune paukov i zhestkokrylykh gornoj sistemy zapovednika "Pasvik" [Materials on the fauna of beetles and spiders of the Pasvik Reserve mountain system]. *Zelenyi poyas Fennoskandii: Mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Green Belt of Fennoscandia: Proceed. int. sci. pract. conf.]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013. P. 137–138.

Zenkova I. V. K materialam po pochvennoi faune Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Pasvik" (Murmanskaya oblast') [Materials on soil fauna of the Pasvik Reserve (Murmansk Region)]. *Povedenie, ekol. i evolyutsiya zhivotnykh* [Behaviour, ecology, and evolution of animals]. Ryazan': Golos gubernii, 2012. Vol. 3. P. 313–330.

Kryzhanovskij O. L., Belousov I. A., Kabak I. I., Kataev B. M., Makarov K. V., Shilenkov V. G. A checklist of the ground-beetles of Russia and adjacent lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Sofia-Moscow: Pensoft, 1995. 271 p.

Lindroth C. H. (posth.). Ground Beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographic study. Part I. Specific Knowledge Regarding the Species. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, 1992. 630 p.

Löbl I., Smetana A. (eds.) Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1: Archostemata, Myxophaga, Adephaga. Stenstrup: Apollo Books, 2003. 271 p.

Renkonen O. Statistisch-okologische Unterguchungen uder die terrestrische kaferwelt der finnischen Bruchmoore. *Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo*. 1938. Vol. 6. 231 p.

Received March 02, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Трушицына Ольга Сергеевна
старший научный сотрудник научной лаборатории
эволюционной экологии
Рязанский государственный университет имени
С. А. Есенина
ул. Свободы, 46, Рязань, Россия, 390000
эл. почта: trushicina01@mail.ru

CONTRIBUTOR:

Trushitsyna, Olga
Ryazan State University
46 Svobody St., 390000 Ryazan, Russia
e-mail: trushicina01@mail.ru

УДК 582.32:727.7 (470.22)

МХИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «КИЖИ» И ЕГО ОХРАННОЙ ЗОНЫ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

М. А. Бойчук¹, Р. С. Мартьянов²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

² Музей-заповедник «Кижь», Республика Карелия, Россия

Впервые на территории музея-заповедника «Кижь» и его охранной зоны брйологически обследован 31 деревянный дом в 16 исторических деревнях Кижской волости на четырех островах и Заонежском полуострове. Установлено, что в прошлом для утепления деревянных домов на данной территории широко использовались не лесо-болотные (*Polytrichum commune*, виды рода *Sphagnum*), а прибрежно-водные мхи. Выявлено 16 видов. Основным «строительным» мхом оказался *Warnstorfia exannulata*. Заметно участие *Scorpidium scorpioides*, *S. cossonii*, *Calliergon megalophyllum*, *Drepanocladus aduncus*. Ранее (до строительства Нижне-Свирской ГЭС в 1952 г.) мхи добывались в мелководных заливах Онежского озера.

Ключевые слова: мхи; утеплители; деревянные дома; музей-заповедник «Кижь»; Онежское озеро.

M. A. Boychuk, R. S. Martjanov. MOSSES USED IN THE CONSTRUCTION OF WOODEN HOUSES OF THE KIZHI MUSEUM AND ITS BUFFER ZONE (REPUBLIC OF KARELIA)

A first bryological study of 31 wooden houses situated in 16 historical villages of the Kizhi parish on 4 islands and on Zaonezhsky Peninsula was carried out in the Kizhi Open Air Museum and its buffer zone. We found that in the past, wooden houses in this area were more commonly heat-insulated using semiaquatic mosses rather than forest-mire mosses (*Polytrichum commune*, species of the genus *Sphagnum*). Sixteen species were identified. The main 'building' moss was *Warnstorfia exannulata*. The presence of *Scorpidium scorpioides*, *Scorpidium cossonii*, *Calliergon megalophyllum*, *Drepanocladus aduncus* is noticeable. Previously (before the construction of the Nizhne-Svirskaya hydropower plant in 1952), these mosses used to be collected from shallow bays of Lake Onega.

Keywords: mosses; insulation; wooden houses; Kizhi Open Air Museum; Lake Onega.

Введение

Государственный историко-архитектурный и этнографический музей-заповедник «Кижь» находится в Медвежьегорском районе Республики Карелия, на островах небольшого ар-

хипелага в северной части Онежского озера. Название музея дано по всемирно известному о. Кижь (площадь 204,7 га). В прошлом этот остров был центром большого округа (Кижская волость), в который входило более 100 деревень на окрестных островах и Заонеж-

ском полуострове. После войны (1941–1945 гг.) на о. Кижы были перевезены различные постройки XV–XX вв. – дома, часовни, амбары, бани и др.

Музей-заповедник «Кижы» создан в 1966 году с целью сохранения ценных памятников народного деревянного зодчества Карелии. Архитектурный Кижский ансамбль (Кижский погост), включающий церковь Преображения Господня (1714 г.), церковь Покрова Пресвятой Богородицы (1693, 1720–1749 гг.) и колокольню (1863, 1874 гг.), окруженные единой оградой, в 1990 году внесен в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО. Музей-заповедник «Кижы» вместе с охранной зоной (10 тыс. га) входит в состав федерального заказника «Кижский» (50 тыс. га).

Происхождение названия о. Кижы длительное время связывали со словом «kižad» (пер. с карел. – игрища), поскольку в прошлом на острове проводились ритуальные праздники. В конце XX века появилась «моховая» версия этимологии этого топонима [Агапитов, 1993]. Известно, что люди, проживавшие на о. Кижы и в его окрестностях, в своей хозяйственной деятельности широко использовали водный мох. Его добывали в заливах озера, сушили и прокладывали между бревнами для утепления деревянных домов, церквей (зимних), бань. Появилось выражение «мшить избу». Название острова восходит к слову «kiidžin» (пер. с карел. – мох), которое в результате фонетического и семантического освоения преобразовалось в русское слово «кижи» [Муллонен, 2014].

Мох (из-за низкой теплопроводности) издавна используется в строительстве для утепления деревянных домов из бревна и бруса. Преимущества естественного утеплителя перед искусственными (пакля, евролен, пенопласт и др.) следующие:

- экологичность. Мох – чистый природный материал (без смол и дегтя);
- гигроскопичность. Мох при повышении влажности впитывает избыток влаги в межвенцовых пространствах и не дает загнить бревнам, при понижении – отдает ее обратно и не дает бревнам растрескаться;
- воздухопроницаемость. Мох обеспечивает естественную вентиляцию (воздухообмен) между бревнами, в результате чего дом «дышит»;
- бактерицидность. Мох содержит различные вещества (фенольные соединения, органические кислоты и др.), которые препятствуют гниению, защищают от вредителей (грибков, насекомых и др.);

– доступность. Мох не требует специального выращивания. Он растет «сам по себе» – в лесах, на болотах, по берегам озер и др.

В настоящее время в качестве межвенцового утеплителя широко применяются *Polytrichum commune* и различные виды рода *Sphagnum*. Целью данной работы являлось определение мхов, используемых для строительства деревянных домов на территории музея-заповедника «Кижы» и его охранной зоны.

Материалы и методы

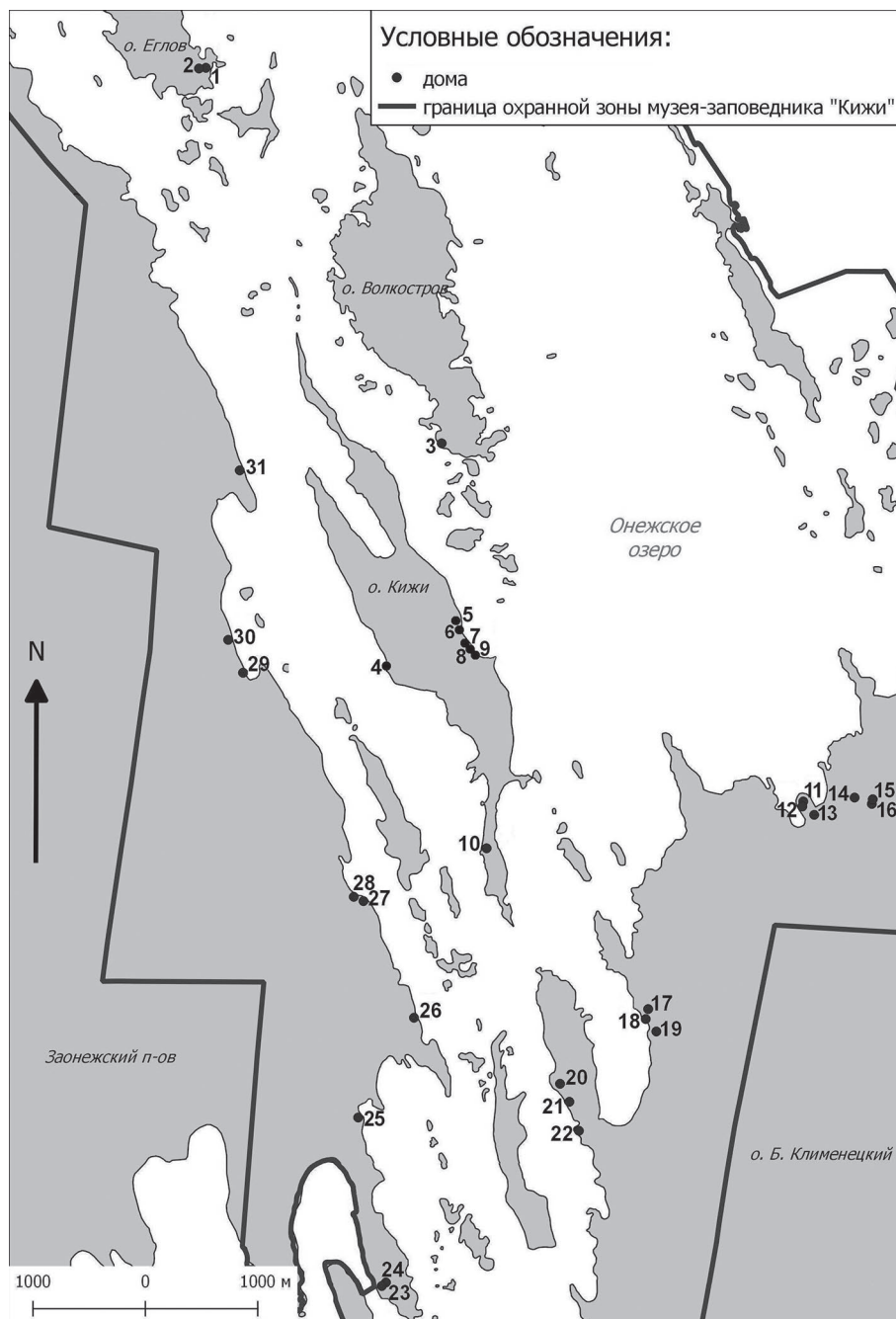
В июле 2017 года авторами бриологически обследован 31 деревянный дом в 16 исторических деревнях Кижской волости на четырех островах и Заонежском полуострове (рис. 1, табл. 1).

Деревянные дома (жилые и нежилые) были построены в разное время (от 30-х гг. XIX века до 30-х гг. XX века) и не подвергались реставрации. Более раннюю дату строительства имеет зимняя церковь Покрова Пресвятой Богородицы. Она была построена на о. Кижы после пожара в 1693 г., трижды реконструирована в 1720–1749 гг., отреставрирована (без переборки сруба) по проекту А. В. Ополовникова в 1949–1959 гг. Мхи отбирались в различных частях домов (жилая часть 1 и 2 этажа, подклет – нижняя нежилая часть), в церкви Покрова Пресвятой Богородицы – в трапезной и подклете кафоликона (главный храм) в присутствии главного хранителя недвижимых памятников музея А. Ю. Любимцева. Подбор домов проводился Р. С. Мартьяновым, отбор образцов мхов – Р. С. Мартьяновым и М. А. Бойчук, определение мхов – М. А. Бойчук. Собрано 75 образцов, выполнено 158 определений. Названия видов приводятся по «Списку мхов Восточной Европы и Северной Азии» [Ignatov et al., 2006]. Образцы мхов хранятся в музее-заповеднике «Кижы».

Результаты и обсуждение

В ходе обработки материала выявлено 16 видов мхов: *Calliergon cordifolium*, *C. giganteum*, *C. megalophyllum*, *C. richardsonii*, *Climacium dendroides*, *Drepanocladus aduncus*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Polytrichum commune*, *Scorpidium cossonii*, *S. scorpioides*, *Sphagnum angustifolium*, *S. girgensohnii*, *S. russowii*, *S. teres*, *Warnstorfia exannulata*, *W. tundrae*. Их присутствие в различных домах показано в табл. 2.

На рассматриваемой территории перечисленные виды произрастают обычно по берегам и в воде озер [Бойчук, Марковская, 2005]. Таким образом, для утепления деревянных до-



Местонахождение исследованных домов на территории музея-заповедника «Кижь» и его охранной зоны

Location of the investigated houses on the territory of the Kizhi Museum and its protected zone

мов активно использовались прибрежно-водные виды. Местные жители называли их просто «озерный» или «водный» мох. Их широкое применение можно объяснить близостью Онежского озера с многочисленными заливами, строительством домов у воды, легкостью добычи в большом объеме. Лесные (*Polytrichum commune*) и болотные (*Sphagnum* sp.) виды мхов использовались гораздо меньше, что связано

с особенностями растительности данной территории (незначительным распространением долгомошных типов леса и сфагновых болот).

Основным «строительным» водным мхом оказался *Warnstorfia exannulata* (варнсторфия бесколечковая). Он преобладает в 28 домах (из 31). За ним следует *Scorpidium scorpidioides* (скорпидиум скорпионовидный), который найден в 19 домах. Эти два вида обнаружены

Таблица 1. Исследованные деревянные дома

Table 1. Investigated wooden houses

№	Дом House	Координаты Coordinates	Год строительства Year of construction	Деревня Village
о. Еглов Eglov Island				
1	дом Наумова Naumov's house	62°07'47"N, 35°10'33"E	1886	Еглово Eglovo
2	дом Вересова Veresov's house	62°07'46"N, 35°10'29"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Еглово Eglovo
о. Волкостров Volkostrov Island				
3	дом Зайцевой Zaitseva's house	62°05'57"N, 35°13'04"E	1830	Шлямино Shlyamino
о. Кизи Kizhi Island				
4	дом Якшина Yakshin's house	62°04'55"N, 35°12'25"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Васильево Vasilyevo
5	дом Ржанских The Rzhanskys' house	62°05'08"N, 35°13'07"E	1928	Ямка Yamka
6	дом Костиных The Kostins' house	62°05'05"N, 35°13'08"E	1926	Ямка Yamka
7	дом Аникиных The Anikins' house	62°05'01"N, 35°13'13"E	1918	Ямка Yamka
8	дом Маньшина Manshin's house	62°05'07"N, 35°13'14"E	1870	Ямка Yamka
9	дом Ивашковой Ivashkova's house	62°04'58"N, 35°13'18"E	1924	Ямка Yamka
10	церковь Покрова Пресвятой Богородицы The Church of the Intercession of Holy Mary	62°04'02"N, 35°13'25"E	1693, 1720–1749	о. Кизи Kizhi Island
о. Большой Клименецкий Big Klimentets Island				
11	дом Иевлевский The Ievlevskys' house	62°24'16"N, 35°16'38"E	конец XIX в. the end of the XIX th cent.	Лакхта Lakhta
12	дом Гориных The Gorins' house	62°04'15"N, 35°16'38"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Лакхта Lakhta
13	дом Богдановых The Bogdanovs' house	62°04'13"N, 35°16'45"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Лакхта Lakhta
14	дом Филина Filin's house	62°04'17"N, 35°17'11"E	конец XIX в. the end of the XIX th cent.	Кургеницы Kurgenitsy
15	дом Мотова Motov's house	62°04'16"N, 35°17'21"E	начало XX в. the beginning of the XX th cent.	Кургеницы Kurgenitsy
16	дом Барановых The Baranovs' house	62°04'15"N, 35°17'20"E	начало XX в. the beginning of the XX th cent.	Кургеницы Kurgenitsy
17	дом Левичева Levichev's house	62°03'16"N, 35°15'04"E	20-е гг. XX в. the 1920s	Воробьи Vorobyi
18	дом Бланкина Blankin's house	62°03'16"N, 35°15'04"E	начало XX в. the beginning of the XX th cent.	Воробьи Vorobyi
19	дом Ворониных The Voronins' house	62°03'10"N, 35°15'07"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Воробьи Vorobyi
20	дом Семенова Semenov's house	62°02'55"N, 35°14'10"E	1906	Потаневщина Potaneshchina
21	дом Дьякова Dyakov's house	62°02'20"N, 35°14'16"E	начало XX в. the beginning of the XX th cent.	Потаневщина Potaneshchina

Окончание табл. 1

Table 1 (continued)

№	Дом House	Координаты Coordinates	Год строительства Year of construction	Деревня Village
22	дом Широкова Shirokov's house	62°02'41"N, 35°14'21"E	1924	Середка Seredka
Заонежский п-ов Zaonezhsky Peninsula				
23	дом Бекасовых The Bekasovs' house	62°01'56"N, 35°12'21"E	1924	Сычи Sychi
24	дом Вавилиных The Vavilins' house	62°01'58"N, 35°12'24"E	1936	Сычи Sychi
25	дом Романова Romanov's house	62°02'45"N, 35°12'07"E	1905	Телятниково Telyatnikovo
26	дом Серова Serov's house	62°03'13"N, 35°12'40"E	1874	Дудниково Dudnikovo
27	дом Маркова Markov's house	62°03'48"N, 35°12'11"E	1888	Мальково Malkovo
28	дом недостроенный unfinished house	62°03'48"N, 35°12'05"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Мальково Malkovo
29	дом Костина Kostin's house	62°05'05"N, 35°13'08"E	конец XIX в. the end of the XIX th cent.	Оятевщина Oyatevshchina
30	дом-развалины ruined house	62°05'02"N, 35°10'47"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Оятевщина Oyatevshchina
31	дом Никитина Nikitin's house	62°05'51"N, 35°10'55"E	30-е гг. XX в. the 1930s	Пустой Берег Pustoi Bereg

между бревнами в различных частях деревянных домов (1 и 2 этажи жилой части, подклет, сени) различной экспозиции (северная, южная, западная, восточная) и разных лет постройки (с 1830 по 1936 гг.). Заметно присутствие *Scorpidium cossonii* (в 9 домах), *Polytrichum commune* (6), *Calliergon megalophyllum* (6), *Drepanocladus aduncus* (5). Участие остальных видов (*Calliergon cordifolium*, *C. giganteum*, *C. megalophyllum*, *Climacium dendroides*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Sphagnum angustifolium*, *S. girgensohnii*, *S. russowii*, *S. teres*, *Warnstorfia fluitans*, *W. tundrae*) незначительно (1–2) и только в виде примеси.

Из исследованных деревянных объектов большой интерес представляет церковь Покрова Пресвятой Богородицы. Кроме *Warnstorfia exannulata* для утепления этого храма активно использовался *Drepanocladus aduncus*. Имеется сообщение [Агапитов, 1993], что «остров Кижы отличается от ближайших островов наличием особой разновидности водного мха под названием «дрепанокладус крючковидный». Но в 2002 г. *Drepanocladus aduncus* был найден на островах Кижского заказника – Еглов, Шуневский, Долгий [Бойчук, Марковская, 2005].

В прошлом (100–200 лет назад) «озерный» мох добывали со дна мелководных, хорошо прогреваемых заливов Онежского озера.

Об этом до сих пор свидетельствуют местные жители. На о. Кижы озерный мох заготавливали в заливе Мошгуба (Моховая губа). Заготовка мха была ежегодным занятием кижан, мох доставали граблями с полуметровой или метровой глубины [Агапитов, 1993]. Со временем моховый ресурс уменьшался, поскольку мхи не успевали нарастать, но есть и другая причина.

В 1952 году в связи со строительством Верхне-Свирской ГЭС на р. Свирь в Ленинградской области изменился естественный режим Онежского озера. Оно превратилось в энергетическое водохранилище. В среднем уровень воды поднялся на 30–40 см, а в районе г. Медвежьегорска – на 88 см [Онежское..., 2010]. Из-за хозяйственной деятельности человека изменились экологические условия для роста, развития и размножения мхов. В настоящее время в полноводной Мошгубе их не видно, но на лодке граблями с глубины 2 м удалось собрать несколько побегов основных «мшителей» – *Warnstorfia exannulata* и *Scorpidium scorpioides*.

Проведенное исследование показало, что в прошлом для утепления деревянных домов на территории музея-заповедника «Кижы» и его охранной зоны широко использовались прибрежно-водные виды мхов, что отразилось в названии о. Кижы.

Таблица 2. Виды мхов, используемые в строительстве исследованных деревянных домов

Table 2. Moss species used in the construction of the investigated wooden houses

N	Вид Species
1	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>S. cossonii</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>C. richardsonii</i>
2	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Polytrichum commune</i>
3	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i>
4	<i>Warnstorfia exannulata</i>
5	<i>Warnstorfia exannulata</i>
6	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Drepanocladus aduncus</i> , <i>Calliergon cordifolium</i>
7	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Drepanocladus aduncus</i> , <i>Calliergon megalophyllum</i>
8	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i>
9	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>S. cossonii</i>
10	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Drepanocladus aduncus</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>C. richardsonii</i>
11	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i>
12	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>S. cossonii</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>C. megalophyllum</i> , <i>C. richardsonii</i>
13	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i>
14	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium cossonii</i> , <i>Polytrichum commune</i>
15	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i>
16	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Drepanocladus aduncus</i>
17	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Climacium dendroides</i>
18	<i>Polytrichum commune</i> , <i>Sphagnum teres</i>
19	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>W. tundrae</i> , <i>Scorpidium cossonii</i>
20	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Calliergon megalophyllum</i>
21	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>W. tundrae</i> , <i>Scorpidium cossonii</i>
22	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium cossonii</i>
23	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Calliergon richardsonii</i>
24	<i>Warnstorfia exannulata</i>
25	<i>Polytrichum commune</i>
26	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Calliergon giganteum</i>
27	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>W. tundrae</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>S. cossonii</i> , <i>Drepanocladus aduncus</i> , <i>Calliergon giganteum</i> , <i>C. megalophyllum</i> , <i>Hamatocaulis vernicosus</i> , <i>Polytrichum commune</i>
28	<i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>S. cossonii</i>
29	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Calliergon megalophyllum</i>
30	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>Calliergon megalophyllum</i> , <i>Polytrichum commune</i> , <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>S. girgensohnii</i> , <i>S. russowii</i>
31	<i>Warnstorfia exannulata</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i> , <i>S. cossonii</i> , <i>Calliergon giganteum</i>

Примечание. N – номер дома, см. табл. 1.

Note. N – house number, see Table 1.

Авторы выражают искреннюю благодарность Т. И. Бразовской (Институт биологии КарНЦ РАН) и А. Ю. Любимцеву (музей-заповедник «Киж») за помощь в работе.

Исследования выполнены в рамках государственного задания КарНЦ РАН (Институт биологии КарНЦ РАН, тема АААА-А17-117031710038-6) при финансовой поддержке музея-заповедника «Киж».

Литература

Агапитов В. А. Киж: что в имени твоём? (О происхождении названия Киж и не только...) // Родные сердцу имена: (ономастика Карелии). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1993. С. 20–21.

Бойчук М. А., Марковская Н. В. К флоре листостебельных мхов островов Кижского заказника (Карелия) // Нов. сист. низш. раст. 2005. Т. 38. С. 328–339.

Муллонен И. И. Заонежье на топонимической карте российского Северо-Запада // Церковь Преображения Господня на острове Киж: 300 лет на Заонежской земле. Петрозаводск, 2014. С. 221–228.

Онежское озеро. Атлас / Отв. ред Н. Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 151 с.

Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A., Abolina A. A., Akatova T. V., Baisheva E. Z., Bardunov L. V., Baryakina E. A., Belkina O. A., Bezgodov A. G., Boychuk M. A., Cherdantseva V. Ya., Czernyadjeva I. V., Doroshina G. Ya., Dyachenko A. P., Fedosov V. E., Goldberg I. L., Ivanova E. I., Jukoniene I., Kannukene L., Kazanovsky S. G., Kharzinov Z. Kh., Kurbatova L. E.,

Maksimov A. I., Mamatkulov U. K., Manakyan V. A., Maslovsky O. M., Napreenko M. G., Otnyukova T. N., Partyka L. Ya., Pisarenko O. Yu., Popova N. N., Rykovsky G. F., Tubanova D. Ya., Zheleznova G. V., Zolotov V. I.

Check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa*. 2006. Vol. 15. P. 1–130.

Поступила в редакцию 29.03.2019

References

Agapitov V. A. Kizhi: chto v imeni tvoem? (O proiskhozhdenii nazvaniya Kizhi i ne tol'ko...) [What's in your name? (About the origin of the name Kizhi and not only...)]. *Rodnye serdtsu imena: (onomastika Karelii)* [Native names (Onomastics of Karelia)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1993. P. 20–21.

Boichuk M. A., Markovskaya N. V. K flore listostebel'nyh mkhov ostrovov Kizhskogo zakaznika (Kareliya) [The moss flora of the Kizhi nature reserve islands (Karelia)]. *Nov. sist. nizsh. rast.* [Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium]. 2005. Vol. 38. P. 328–339.

Mullonen I. I. Zaonezh'e na toponimicheskoi karte rossiiskogo Severo-Zapada [Zaonezhye on the toponymic map of the Russian North-West]. *Tserkov' Preobrazheniya Gospodnya na ostrove Kizhi: 300 let na Zaonezhskoi zemle* [The Church of the Transfiguration of Our Savior on the Island of Kizhi: 300 years on the earth of Zaonezhye]. Petrozavodsk, 2014. P. 221–228.

Onezhskoe ozero. Atlas [Lake Onega. Atlas]. Ed. N. N. Filatov. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2010. 151 p.

Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A., Abolina A. A., Akatova T. V., Baisheva E. Z., Bardunov L. V., Baryakina E. A., Belkina O. A., Bezgodov A. G., Boychuk M. A., Cherdantseva V. Ya., Czernyadjeva I. V., Doroshina G. Ya., Dyachenko A. P., Fedosov V. E., Goldberg I. L., Ivanova E. I., Jukoniene I., Kannukene L., Kazanovsky S. G., Kharzinov Z. Kh., Kurbatova L. E., Maksimov A. I., Mamatkulov U. K., Manakyan V. A., Maslovsky O. M., Napreenko M. G., Otnyukova T. N., Partyka L. Ya., Pisarenko O. Yu., Popova N. N., Rykovsky G. F., Tubanova D. Ya., Zheleznova G. V., Zolotov V. I. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa*. 2006. Vol. 15. P. 1–130. doi: 10.15298/arctoa.15.01

Received March 29, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бойчук Маргарита Арсеньевна

старший научный сотрудник лаб. болотных экосистем, к. б. н.

Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: boychuk@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 571679

Мартьянов Роман Сергеевич

инженер отдела сохранения природного наследия
Музей-заповедник «Кижь»
пл. Кирова, 10а, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185035
эл. почта: martjanov@kizhi.karelia.ru
тел.: (8142) 799832

CONTRIBUTORS:

Boychuk, Margarita

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: boychuk@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 561679

Martjanov, Roman

Kizhi State Open Air Museum of History, Architecture
and Ethnography
10a Kirov Sq., 185035 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: martjanov@kizhi.karelia.ru
tel.: (8142) 799832

УДК 597.551.2 (470.22)

ПЛОТВА *Rutilus rutilus* ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ РЕКИ КЕНТИ (БАСЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)

Н. В. Ильмаст, О. П. Стерлигова, Д. С. Савосин

Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Рассмотрен образ жизни плотвы *Rutilus rutilus* (L.) из разнотипных озер системы р. Кенти (бассейн Белого моря) Республики Карелия. Впервые изучены ее биологические показатели в Костомукшском хвостохранилище и озерах Окуновое и Койвас. Водоемы находятся под воздействием техногенных вод горно-обогатительного комбината (ГОК), построенного в 1982 г. Показано, что влияние комбината на озера имеет свои особенности. Вода озер обладает высокой минерализацией (до 600 мг/л), со сдвигом pH в щелочную сторону от 6,5 до 8,4. Это отражается на биологических показателях представителей ихтиофауны, включая плотву. У плотвы не отмечено визуальных изменений во внешней морфологии и в строении внутренних органов. Однако изменения обнаружены при биохимических и гистологических исследованиях. Показано, что факт выживания и размножения плотвы в техногенных водоемах свидетельствует о ее высоком адаптивном потенциале даже в неблагоприятных условиях обитания. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов исследования с литературными данными по плотве из других водоемов региона. Установлено, что более высокий темп роста характерен для плотвы крупных и средних по площади озер (Ладожское, Онежское, Сямозеро), что связано с их богатой кормовой базой, большими площадями для нагула. Отмечено, что плотва относится к второстепенным объектам промысла, однако играет важную роль в любительском рыболовстве. Поскольку плотва является серьезным конкурентом в питании ценных промысловых видов рыб, вылов ее в водоемах Карелии следует увеличить.

Ключевые слова: водные экосистемы; Республика Карелия; популяция; плотва; распространение; биологические показатели; техногенное загрязнение.

N. V. Ilmast, O. P. Sterligova, D. S. Savosin. ROACH *Rutilus rutilus* IN THE LAKE-RIVER SYSTEM OF THE KENTI RIVER, WHITE SEA BASIN

The mode of life of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in lakes of various types in the Kenti River system, White Sea basin, Republic of Karelia, is discussed. Its biological indices in the Kostomuksha tailings dump and lakes Okunevye and Koivas were studied for the first time. These water bodies are affected by process water from the mining and ore concentration plant (MCP) built in 1982. Some specific features of the MCP impact on the lakes has been shown. The lake water has high dissolved solids content (up to 600 mg/l), with pH shifting towards alkalis from 6.5 to 8.4. These characteristics tell on the biological parameters of the fish fauna, including roach. Roach displayed no visual changes in its external morphology or internal organs structure. However, biochemical and histological analyses have revealed some changes. The survival and breeding of roach in water bodies affected by human impact testify to its high adaptation potential even in an unfavorable environment. The results obtained were compared with the literature on roach from other water bodies of the region. A higher growth rate, characteristic

of roach from large and medium-sized lakes such as Ladoga, Onega and Syamozero, is due to their abundant foraging resources and extensive feeding and growing areas. It has been noted that roach is of minor value for industrial fisheries, but plays an important role in amateur fishing. Since roach is a strong competitor for foraging resources for valuable commercial fish species, its harvesting from Karelia's water bodies should be increased.

Key words: aquatic ecosystems; Republic of Karelia; population; roach; distribution; biological indicators; industrial pollution.

Введение

В настоящее время перспективы рационального использования всех биоресурсов рыбохозяйственных водоемов связываются не только с их естественной продукционной возможностью, но и со степенью антропогенного воздействия на экосистемы. Живые организмы в новых условиях обитания вынуждены приспосабливаться, и возможность выживания того или иного вида зависит от его способности быстро адаптироваться к происходящим изменениям.

В динамике пресноводной ихтиофауны водоемов России уже на протяжении длительного времени наблюдается тенденция, которая выражается в снижении численности и уловов ценных видов рыб. Современный рыбный промысел на внутренних водоемах Карелии ориентирован главным образом на добычу лосося, палии, сига, ряпушки, судака и леща. Такие рыбы, как ерш, мелкий окунь, плотва и уклейка, облавливаются промыслом в меньшей степени. Стоит отметить, что в 1950–1980 гг. в Республике Карелия проводился специализированный лов этих видов рыб мутниковыми неводами, которые в настоящее время не применяются. Эти рыбы получают предпочтение в выживании, так как их нерест приходится на весну и лето (май–июнь) и они обладают коротким периодом инкубации (2–3 недели). Происходит замещение ценных лососевых и сиговых видов рыб на карповые и окуневые, которые эксплуатируются недостаточно интенсивно. Одним из таких видов является плотва *Rutilus rutilus*.

Плотва относится к семейству Карповые – Cyprinidae. Это семейство рыб в водоемах Карелии является самым многочисленным и насчитывает 20 видов.

Естественный ареал плотвы достаточно широк. Она населяет озера, реки и водохранилища. Обитает в водоемах Европы к востоку от Пиренеев и к северу от Альп, включая Северную Шотландию, Англию, Германию [Townsend, Perrow, 1989; Treasurer, 1991]. В Европе северная граница ее ареала проходит по Швеции, Финляндии, Кольскому полуострову и почти до устья рек, впадающих в Северный Ледовитый

океан. Есть на Ямале. На юге России встречается повсеместно, за исключением Крыма [Берг, 1949; Nielsen, Horsted, 1988; Рыбы..., 2010].

В Карелии плотва встречается практически во всех водоемах, и ею заселено до 87 % озер республики из 800 исследованных [Герд, 1949; Смирнов, 1977; Озера..., 2013; Стерлигова и др., 2016]. Однако до настоящего времени остаются озера, где изучены слабо или совсем не изучены ее биологические показатели. К таким водоемам относятся водные объекты системы реки Кенти: озера Костомукшское, Окуневое и Койвас, находящиеся под техногенным воздействием Костомукшского горно-обогатительного комбината (ГОК).

Цель наших исследований – изучить образ жизни плотвы, массового вида в водоемах с техногенным загрязнением, сравнить ее биологические показатели с данными из других озер региона.

Материалы и методы

Основой исследований послужили три водоема системы р. Кенти: озера Костомукшское (с 1984 г. превращено в водохранилище или, как его называют, хвостохранилище), Окуневое и Койвас. Ихтиологический материал был собран в летний период 2010–2016 гг. Рыб для анализа брали из опытных уловов однотипным набором сетей (ячей от 14 до 40 мм), которые выставлялись в разных частях озер и на разных глубинах. Анализировались следующие показатели: длина и масса тела, пол, стадия зрелости гонад и питание. Возраст рыб определяли по чешуе. При камеральной обработке материала использовали общепринятые руководства [Правдин, 1966; Методическое..., 1974; Дгебуадзе, Чернова, 2009]. Для более полной оценки состояния плотвы использовались опубликованные материалы сотрудников лаборатории экологической биохимии ИБ КарНЦ РАН [Биота..., 2012].

Результаты и обсуждение

Исследуемые водоемы расположены в верхнем и среднем течении реки Кенти и находят-

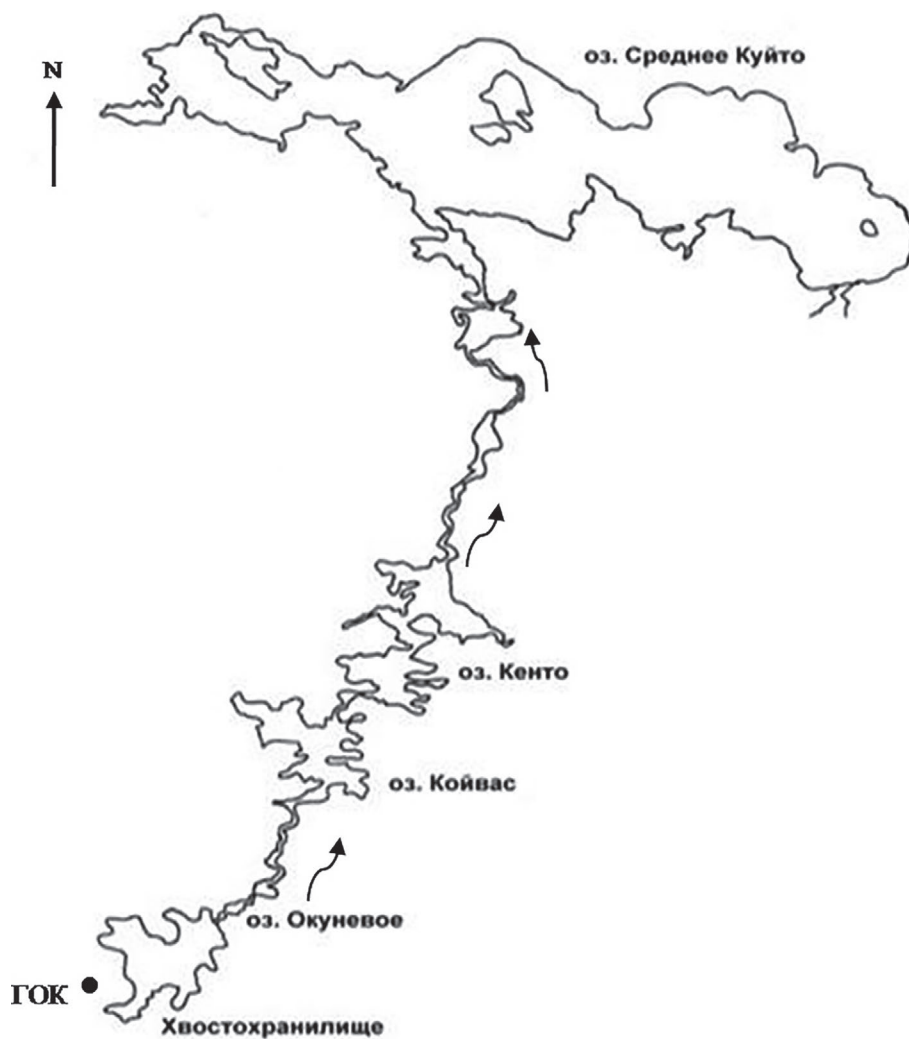


Схема озер системы р. Кенти
Map of lakes of the Kenti River system

ся под воздействием техногенных вод горно-обогатительного комбината, построенного в 1982 г. (рис.). Основные гидрологические показатели водоемов приведены в таблице 1. Костомукшское хвостохранилище служит для захоронения мелкодисперсионной взвеси и используется для оборотного водоснабжения, в результате чего его литоральная зона практически лишена высшей водной растительности. Отходы от производства поступают в хвостохранилище, которое дамбой отделено от ниже лежащих озер. Далее загрязненные воды через обводные каналы поступают в другие водоемы этой речной системы.

Многолетний анализ результатов исследований показал, что влияние горно-обогатительного комбината на пресноводные экосистемы имеет свои особенности. Воды хвостохранилища отличаются высокой минерализацией, которая возросла в результате работы комбината с 25 до 600 мг/л. В воде отмечаются высокие

концентрации K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , а также по сравнению с природными водами аномальное соотношение главных катионов. Большие концентрации щелочных металлов, а также гидрокарбонатов в воде определили сдвиг pH в щелочную область 8,4 [Феоктистов, Сало, 1990; Лозовик и др., 2001]. Такие условия создают своеобразный геохимический барьер для миграции большинства тяжелых металлов, и поэтому их концентрации в водоемах системы невелики.

Состав поступающей взвеси вследствие выщелачивания различных компонентов непосредственно влияет на химические показатели воды озер, расположенных ниже. Начиная с 1994 г. в ниже лежащие озера регулярно производятся пуски воды из хвостохранилища, ежегодный объем сбрасываемых техногенных вод в 1998–2004 гг. в среднем составлял 15,7 млн/м³.

Вторым водоемом после хвостохранилища является небольшое и мелководное оз. Окуне-

Таблица 1. Гидрологические показатели исследуемых водоемов [Состояние..., 2007]

Table 1. Hydrological indicators of the studied water bodies [State..., 2007]

Показатель Index	Хвостохранилище Kostomuksha tailings dump	Окуновое Lake Okunevoe	Койвас Lake Koivas
Высота над уровнем моря, м Altitude, m	180	150	146
Площадь водосбора, км ² Catchment area, km ²	68,4	51	356
Площадь озера, км ² Lake area, km ²	34,2	–	21,4
Максимальная глубина, м Maximum depth, m	25	5,6	23,0
Средняя глубина, м Average depth, m	3,2	2,6	4,1
Объем, млн м ³ Volume, million m ³	430	0,86	89,6

вое. Оно относится к малым озерам, и его гидрохимический режим всецело определяется составом поступающих техногенных вод. Минерализация воды составляет свыше 600 мг/л [Состояние..., 2007].

Озеро Койвас расположено на значительном расстоянии от хвостохранилища (рис.), и биоценозы озера в меньшей степени подвержены воздействию техногенных вод. Минерализация воды в озере снизилась до уровня 400 мг/л.

По уровню количественного развития зоопланктона (биомасса 0,06 г/м³) и зообентоса (0,20–1,4 г/м²) водоемы Костомукшское и Окуновое характеризуются как ультраолиготрофные, оз. Койвас (0,40 г/м³ и 2,0 г/м²) – как олиготрофное [Китаев, 2007].

Плотва является самым многочисленным видом в водоемах системы р. Кенти. Рыба неприхотлива к условиям обитания. В водоемах региона предпочитает прибрежные мелководные участки, богатые водной растительностью, открытых глубоких плесов избегает; в реках чаще встречается на медленном течении [Первозванский, 1986; Дятлов, 2002; Стерлигова и др., 2002, 2016; Лукин и др., 2008].

Плотва характеризуется длительным жизненным циклом. Возрастной состав опытных уловов был представлен особями от 2+ до 13+, преобладали рыбы в возрасте от 6+ до 10+, что указывает на низкий уровень ее вылова (табл. 2). В водоемах региона предельный возраст отмечен у плотвы Керетьозера – 28 лет, Пяозера и оз. Каменное – 22 года, Сямозера – 19 лет [Первозванский, 1986; Стерлигова и др., 2002].

Анализ половой структуры плотвы свидетельствует о значительном доминировании самок (до 85 %), что характерно и для других озер региона. Как правило, это связано с неодинаковой продолжительностью жизни особей раз-

ного пола, в младших возрастных группах численно преобладают самцы, в старших – самки [Первозванский, 1986; Дятлов, 2002 и др.]. Вместе с тем в водоемах с интенсивным техногенным воздействием (минеральное загрязнение) появление большого количества самок можно объяснить меньшей устойчивостью самцов к неблагоприятным факторам среды.

Плотва в озерах р. Кенти обладает медленным темпом роста из-за высокой минерализации воды (400–600 мг/л) и бедной кормовой базы (биомасса зоопланктона варьирует от 0,06 до 0,4 г/м³, бентоса – от 1,4 до 2,0 г/м²) [Кучко и др., 2012]. Длина проанализированных особей варьировала от 9,5 до 24,5 см, масса – от 12 до 280 г. Самая крупная плотва была выловлена в оз. Койвас и имела длину 30 см, массу 320 г (табл. 2). В больших и средних водоемах Карелии темп роста плотвы выше, что связано со значительными площадями для ее нагула. Предельная масса плотвы в регионе отмечена для озер Ладожского и Кереть – до 1 кг, но встречаются такие особи крайне редко [Дятлов, 2002].

Половое созревание плотвы наступает у самцов в 3 года, у самок в 4, реже в 5–6 лет при длине 10–15 см и массе 20–70 г [Федорова, 1982; Первозванский, 1986; Дятлов, 2002; Стерлигова и др., 2002]. Нерест на юге Карелии начинается во 2-й половине мая, на севере – в июне при температуре воды 8–9 °С. Нерестовые участки расположены на глубинах от 0,5 до 2,0 м и отличаются между собой: от мелких губ и заливов с водной растительностью до прибрежных зон с гравийным грунтом. Икрометание единовременное и ежегодное. Икра клейкая – до 1,5 мм в диаметре. Абсолютная плодовитость плотвы варьирует от 2,5 до 114 тыс. икринок в зависимости от массы и возраста самок (табл. 3).

Таблица 2. Линейно-весовые показатели роста плотвы в некоторых водоемах Карелии

Table 2. Linear-weight indicators of roach growth in some water bodies of Karelia

Водоем Water body	Возраст, лет Age, years												N
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	
Длина ad, см Length (ad), sm													
Онежское ¹ Onega ¹	–	–	13,5	15,0	16,8	18,7	20,6	21,0	23,0	24,5	25,5	26,5	220
Ладожское ² Ladoga ²	–	12,2	13,5	15,2	17,0	19,0	21,0	22,8	24,0	25,3	26,5	27,5	360
Каменное ³ Kamennoe ³	–	10,6	13,7	15,3	18,0	19,2	20,3	21,1	23,0	24,5	26,0	27,3	155
Кимас ³ Kimas ³	–	11,4	13,0	15,1	17,2	19,1	20,3	21,0	22,0	22,7	24,0	24,6	200
Нюк ³ Nyk ³	–	10,8	13,3	14,3	15,2	17,4	18,5	19,0	20,2	20,4	21,8	22,2	273
Сямозеро ⁴ Syamozero ⁴	7,5	11,0	13,0	15,0	17,0	18,2	19,4	20,1	22,0	24,5	26,0	27,2	290
Толвоярви ⁴ Tolvoyarvi ⁴	9,0	11,0	–	15,0	16,7	17,7	18,6	20,0	21,0	22,1	24,5	–	115
Пяозеро ⁴ Pyaozero ⁴	–	11,0	12,5	14,0	15,7	16,1	17,2	18,4	–	20,0	21,1	23,2	100
Костомукшское ⁵ Kostomukshskoe ⁵	10,1	12,0	13,0	14,2	15,3	16,5	17,2	18,8	19,8	21,5	22,0	–	400
Окуневое ⁵ Okunevoe ⁵	–	11,7	13,5	14,2	15,0	16,1	17,0	18,2	20,0	–	–	–	170
Койвас ⁵ Koivas ⁵	9,5	11,6	13,3	14,2	15,0	16,0	17,4	18,3	21,5	24,5	–	30,0	245
Масса, г Mass, g													
Онежское ¹ Onega ¹	6	20	35	50	80	140	170	200	240	290	320	380	220
Ладожское ² Ladoga ²	–	26	44	60	80	160	186	220	280	320	380	410	360
Каменное ³ Kamennoe ³	–	18	37	52	70	110	130	155	206	232	270	320	155
Кимас ³ Kimas ³	–	19	34	48	81	107	160	175	180	202	231	266	990
Нюк ³ Nyk ³	–	9	20	33	62	115	140	170	230	300	305	320	275
Сямозеро ⁴ Syamozero ⁴	8	18	34	50	70	110	150	170	200	220	260	310	290
Толвоярви ⁴ Tolvoyarvi ⁴	–	19	26	39	52	92	115	183	225	322	–	–	150
Пяозеро ⁴ Pyaozero ⁴	–	–	–	54	75	98	123	143	177	207	260	330	100
Костомукшское ⁵ Kostomukshskoe ⁵	12	26	40	48	64	84	110	125	132	200	223	–	400
Окуневое ⁵ Okunevoe ⁵	–	24	42	51	62	74	85	130	140	–	–	–	170
Койвас ⁵ Koivas ⁵	–	20	30	51	60	117	135	180	220	280	–	320	245

Примечание. Данные по: 1 – Гуляева, Покровский, 1984; 2 – Дятлов, 2002; 3 – Первозванский, 1986; 4 – Стерлигова и др., 2016; 5 – наши данные.

Note. Data after: 1 – Gulyaeva, Pokrovsky, 1984; 2 – Dyatlov, 2002; 3 – Pervozvansky, 1986, 4 – Sterligova et al., 2016; 5 – our data.

Пищевой спектр плотвы разнообразен и включает организмы зоопланктона, бентоса, дрефты и растительные остатки. В весовом

отношении в летний период в рационе плотвы в возрасте 1–3 лет преобладают планктонные организмы с доминированием ветвистоусых

Таблица 3. Показатели плодовитости плотвы из разных водоемов Карелии

Table 3. Fecundity indicators of roach from different water bodies of Karelia

Озеро Lake	Абсолютная плодовитость, икр. Absolute fecundity, eggs	Относительная плодовитость, икр. Relative fecundity, eggs	N
Ладожское ¹ Ladoga ¹	$\frac{3700-114\,000}{32\,000}$	$\frac{37-210}{128}$	20
Сямозеро ² Syamozero ²	$\frac{7000-60\,000}{14\,000}$	$\frac{30-160}{100}$	45
Каменное ³ Kamennoe ³	$\frac{9160-32\,100}{17\,800}$	$\frac{40-110}{76}$	30
Кимас ³ Kimas ³	$\frac{2500-31\,000}{10\,400}$	$\frac{40-140}{87}$	30
Нюк ⁴ Nyk ⁴	$\frac{9200-38\,200}{17\,000}$	$\frac{47-114}{85}$	20
Койвас ⁵ Koivas ⁵	$\frac{8900-29\,000}{15\,800}$	$\frac{40-110}{80}$	25

Примечание. В числителе – колебания плодовитости; в знаменателе – среднее значение. Данные по: 1 – Дятлов, 2002; 2 – Стерлигова и др., 2002; 3 – Первозванский, 1986; 4 – Потапова, 1969; 5 – наши данные.

Note. In the numerator – fertility fluctuations; the denominator – the average value. Data after: 1 – Dyatlov, 2002; 2 – Sterligova et al., 2002; 3 – Pervozvansky, 1986; 4 – Potapova, 1969; 5 – our data.

ракообразных. У рыб старшего возраста в питании отмечены личинки ручейников, олигохет, поденок, моллюски, черви, растительные остатки и прочие организмы [Потапова, Соколова, 1962; Дятлов, 2002]. Плотва выступает как конкурент в питании сига, леща и других видов рыб. Сама является объектом питания хищных рыб, однако в их рационе играет второстепенную роль [Попова, 1982].

Среди широко используемых подходов оценки состояния рыб, которые живут в несвойственной им среде обитания, особое место занимают биохимические и гистологические исследования. При проведении таких исследований на водоемах системы р. Кенти были выявлены изменения во внутренних органах плотвы.

Исследования показывают, что интенсификация энергообмена является важнейшей компенсаторной приспособительной реакцией, направленной на усиление функции жаберного аппарата и повышение эффективности дыхания на начальных стадиях воздействия различных неблагоприятных условий [Gagnon, Holdway, 1999; Немова, 2005 и др.]. Выявлено, что в водоемах с техногенным воздействием высокая мутность воды и щелочная среда приводят к чрезмерной функциональной активности жабр плотвы. В них отмечено незначительное снижение активности аэробных ферментов: цитохромоксидазы (ЦО) на 38 % и аэробного изофермента ЛДГ-В₄ на 19 %, что указывает на низкий уровень аэробного метаболизма и аэробного синтеза АТФ. Вероятно, эти изменения связаны с щелочной средой обитания, которая оказывает влияние на клеточные структуры, разрушая респираторный эпителий

и хлоридные клетки жаберного аппарата рыб, ингибируя активность ферментов, повреждая митохондриальные мембраны и разобщая процессы окислительного фосфорилирования [Немова, 2005, 2012].

В печени рыб обнаружено значительное снижение активности ферментов аэробного метаболизма (ЦО) и общей активности малатдегидрогеназы (МДГ). Снижение этих ферментов на 70–75 % у плотвы связано с уменьшением поступления кислорода в организм рыб в результате нарушения функционирования жаберного аппарата из-за мелкой дисперсионной механической взвеси. Это приводит к понижению функциональной активности клеток печени, что сказывается на жизнедеятельности всего организма рыб [Tripathi, 1999; Новиков, 2000].

В почках плотвы из техногенных водоемов отмечалась низкая активность ЦО, альдолазы, лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и повышенная – глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г-6-ФДГ). Все это указывает как на низкий уровень процессов аэробного и анаэробного синтеза АТФ и степени использования углеводов в энергообмене, так и на более высокий уровень их окисления. Обычно это связано с необходимостью увеличения числа восстановительных реакций для обмена ксенобиотиков или липогенеза в ответ на минеральное воздействие.

В мышцах плотвы также наблюдались подобные метаболические изменения, прежде всего в снижении активности ферментов (ЦО, МДГ и альдолазы) и характерного для мышечных тканей изофермента ЛДГ-А₄ [Немова, 2012]. Известно, что изменения в метаболизме мышц опорно-двигательного аппарата рыбы

свидетельствуют о снижении ее физической активности и рывковой плавательной способности [Gamperl, 2002; Guderley, 2004].

Среди широко используемых подходов оценки состояния рыб особое место занимает гистологический анализ. Он дает более полную характеристику клеточной структуры тканей, свидетельствующую о нарушениях метаболизма. Гистоморфологический анализ срезов печени плотвы в хвостохранилище выявил ряд изменений в структуре органов: нарушение кровоснабжения и разрастание соединительной ткани кровеносных сосудов [Мурзина и др., 2012]. Известно, что это приводит к нарушению снабжения тканей кровью и возникновению кислородного голодания, нарушая клеточную структуру печени и ее функционирование [Rodrigues, Fanta, 1998; Моисеенко, 2009 и др.].

Заключение

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований показал, что влияние Костомукшского горно-обогатительного комбината на пресноводные экосистемы имеет свои особенности. Вода хвостохранилища является высокоминерализованной (общая минерализация около 600 мг/л) со сдвигом pH в щелочную сторону (8,4). По уровню количественного развития планктона и бентоса водоемы можно отнести к олиготрофному типу. Плотва отличается низкими линейно-весовыми показателями. Аномалий внешних признаков и в строении внутренних органов плотвы не обнаружено, что связано с низким содержанием в воде тяжелых металлов. Вместе с тем биохимические и гистологические исследования выявили отклонения на уровне внутренних органов и ферментов у плотвы. При этом факт выживания и размножения плотвы в техногенных водоемах свидетельствует о ее высоком адаптивном потенциале даже в неблагоприятных условиях обитания. Преобладание плотвы старшего возраста указывает на слабую промысловую нагрузку в исследуемых водоемах.

Плотва относится к второстепенным объектам промысла, однако играет важную роль в любительском рыболовстве. Массовый ее лов связан с нерестовыми скоплениями. Общий вылов плотвы в Карелии составляет 150–200 т в год. Поскольку плотва является серьезным конкурентом в питании ценных промысловых видов рыб, ее вылов в водоемах Карелии следует увеличить.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального

бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (0218-2019-0081), а также Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России», проект № 0221-2018-0002.

Литература

Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Т. 3. М.; Л.: АН СССР, 1949. 1380 с.

Биота северных озер в условиях антропогенного воздействия / Ред. Н. Н. Немова, Н. В. Ильмаст, Е. П. Иешко, О. В. Мещерякова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. 228 с.

Герд С. В. Некоторые зоогеографические проблемы изучения рыб Карелии // Природные ресурсы, история и культура Карело-Финской ССР. Вып. 2. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1949. С. 100–115.

Гуляева А. М., Покровский В. В. Современный состав ихтиофауны и промысловых уловов рыбы в Онежском озере // Тр. ГосНИОРХ. 1984. Вып. 216. С. 4–10.

Дгебуадзе Ю. Ю., Чернова О. Ф. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: КМК, 2009. 315 с.

Дятлов М. А. Рыбы Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 281 с.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

Кучко Я. А., Павловский С. А., Ильмаст Н. В. Гидробиологические особенности водоемов, подверженных влиянию техногенных вод // Биота северных экосистем в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 41–47.

Лозовик П. А., Маркканен С. Л., Морозов А. К., Платонов А. В., Потапова И. Ю., Калмыков М. В., Куринная А. А., Ефременко Н. А. Поверхностные воды Калевальского района и территории г. Костомукши в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 165 с.

Лукин А. А., Ивантер Д. Э., Шарова Ю. Н., Щуров И. Л., Широков В. А., Полякова Т. Н., Рябинкин А. В., Бабий А. А., Горбачев С. А., Решетников Ю. С., Сярки М. Т., Теканова Е. В., Тимакова Т. М., Глибко О. Я., Гайда Р. В. Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 273 с.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / Ред. Е. В. Богутский. М.: Наука, 1974. 254 с.

Моисеенко Т. И. Водная токсикология: Теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. 400 с.

Мурзина С. А., Нефедова З. А., Немова Н. Н. Особенности гистоморфологической структуры печени и ооцитов рыб, обитающих в хвостохранилище // Биота северных экосистем в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 185–194.

Немова Н. Н. Биохимические индикаторы состояния рыб. М.: Наука, 2005. 165 с.

Немова Н. Н. Биохимические показатели клеточного метаболизма, используемые в биомониторинге и для тестирования состояния гидробионтов // Биота северных экосистем в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 95–122.

Новиков Г. Г. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 296 с.

Озера Карелии. Справочник / Ред. Н. Н. Филатов, В. И. Кухарев. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.

Первозванский В. Я. Рыбы водоемов района Костомукшского железорудного месторождения (экология, воспроизводство, использование). Петрозаводск: Карелия, 1986. 216 с.

Попова О. А. Питание хищных рыб Сямозера после вселения корюшки // Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема. М.: Наука, 1982. С. 106–145.

Потапова О. И. Данные по плодовитости и нересту весенненерестующих рыб Лахтинской губы Сямозера // Вопросы экологии животных. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1969. С. 80–92.

Потапова О. И., Соколова В. А. О питании и пищевых взаимоотношениях некоторых бентосоядных рыб Сямозера // Гидробиологические исследования. Т. 3. Тарту: ЭГУ, 1962. С. 225–233.

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

Рыбы в заповедниках России Т. 1 / Ред. Ю. С. Решетников. М.: КМК, 2010. 627 с.

Смирнов А. Ф. Рыбы Имандры // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск: ПетрГУ, 1977. С. 56–76.

Состояние водных объектов Карелии / Ред. П. А. Лозовик, Т. П. Куликова, Н. Н. Мартынова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 210 с.

Стерлигова О. П., Павлов В. Н., Ильмаст Н. В., Павловский С. А., Комулайнен С. Ф., Кучко Я. А. Экосистема Сямозера (биологический режим и использование). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 119 с.

Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Савосин Д. С. Круглоротые и рыбы пресных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 224 с.

Федорова Г. В. Плодовитость плотвы Ладожского озера // Труды ГосНИОРХ. Т. 190. Л., 1982. С. 95–101.

Феоктистов В. М., Сало Ю. А. Формирование химического состава воды хвостохранилища // Режим эксплуатации хвостохранилища Костомукшского ГОКа. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1990. С. 15–25.

Gagnon D. F., Holdway A. I. Respiratory functional activity of gills of some fish species at toxic effect // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. 1999. Vol. 120, no. 5. P. 256–266.

Gamperl A. K. Metabolism, swimming performance, and tissue biochemistry of high desert red band trout (*Oncorhynchus mykiss* ssp.) // Physiol. Biochem. Zool. 2002. Vol. 75, no. 5. P. 413–431.

Guderley H. Locomotor performance and muscle metabolic capacities: impact of temperature and energetic status // Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. 2004. Vol. 139, no. 3. P. 371–382.

Nielsen T. Y., Horsted S. Y. Fin displacement trough allometric growth in roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) // Vid. Medd. Dan. Naturhist. Foren. 1988. Vol. 147. P. 129–131.

Rodrigues E. L., Fanta E. Liver histopathology of the fish *Brachydanio rerio* Hamilton – Buchman after acute exposure to sublethal levels of the organophosphate Dimethoate 500 // Revta Brazilian Zoology. 1998. Vol. 15(2). P. 441–450.

Townsend C. R., Perrow M. R. Tutropication may produce population cycles in roach *Rutilus rutilus* (L.), by two contrasting mechanisms // J. Fish. Biol. 1989. Vol. 34, no. 1. P. 161–164.

Treasurer J. W. The occurrence of roach *Rutilus rutilus* (L.) in northern Scotland // J. Fish. Biol. 1991. Vol. 37, no. 6. P. 989–990.

Tripathi G. Scaling of some metabolic enzymes in liver of freshwater teleost: an adaptive mechanism // Z. Naturforsch. 1999. Vol. 54, no. 23. P. 1103–1106.

Поступила в редакцию 26.04.2019

References

Berg L. S. Ryby presnykh vod SSSR i sopredel'nykh stran [Fish freshwater of the USSR and neighboring countries]. Vol. 3. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1949. 1380 p.

Biota severnykh ozer v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya [Biota of Northern lakes under conditions of anthropogenic impact]. Eds. N. N. Nemova, N. V. Ilmast, Ye. P. Iyeshko, O. V. Meshcheryakova. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. 228 p.

Fedorova G. V. Plodovitost' plotvy Ladozhskogo ozera [Fecundity of roach in Lake Ladoga]. Trudy GosNIORKh [Proceed. National Res. Inst. of Lake and River Fisheries]. 1982. Vol. 190. P. 95–101.

Feoktistov V. M., Salo Yu. A. Formirovaniye khimicheskogo sostava vody khvostokhranilishcha [The formation of the chemical composition of water tailing]. Rezhim ekspluatatsii khvostokhranilishcha Kostomukshskogo GOKa [Mode of operation of the tailings storage

of Kostomuksha mining and processing plant]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1990. P. 15–25.

Gerd S. V. Nekotorye zoogeograficheskie problemy izucheniya ryb Karelii [Some zoogeographical problems of studying fish in Karelia]. Prirod. resursy, istoriya i kul'tura Karelo-Finskoi SSR [Natural resources, history and culture of the Karelian-Finnish SSR]. Iss. 2. Petrozavodsk: Gos. izd-vo KFSSR, 1949. P. 100–115.

Gulyaeva A. M., Pokrovskii V. V. Sovremennyyi sostav ikhtiofauny i promyslovykh ulovov ryby v Onezhskom ozere [The modern composition of ichthyofauna and commercial fish catches in Lake Onega]. Trudy GosNIORKh [Proceed. National Res. Inst. of Lake and River Fisheries]. 1984. Iss. 216. P. 4–10.

Dgebuadze Yu. Yu., Chernova O. F. Cheshuya kostistyykh ryb kak diagnosticheskaya i registriruyushchaya struktura [Scales of bony fish as a diagnostic and recording structure]. Moscow: KMK, 2009. 315 p.

- Dyatlov M. A. Ryby Ladozhskogo ozera [Fish of Lake Ladoga]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2002. 281 p.
- Kitaev S. P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 395 p.
- Kuchko Ya. A., Pavlovskii S. A., Il'mast N. V. Gidrobiologicheskie osobennosti vodoemov podverzhennykh vliyaniyu tekhnogennykh vod [Hydrobiological features of reservoirs exposed to the influence of technogenic waters]. *Biota severnykh ekosistem v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya* [Biota of northern ecosystems under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. P. 41–47.
- Lozovik P. A., Markkanen S. L., Morozov A. K., Platonov A. V., Potapova I. Yu., Kalmykov M. V., Kurinnaya A. A., Efremenko N. A. Poverkhnostnye vody Kaleval'skogo raiona i territorii g. Kostomukshi v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya [Surface waters of the Kalevalsky District and the territory of the city of Kostomuksha under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2001. 165 p.
- Lukin A. A., Ivanter D. E., Sharova Yu. N., Shchurov I. L., Shirokov V. A., Polyakova T. N., Ryabinkin A. V., Babii A. A., Gorbachev S. A., Reshetnikov Yu. S., Syarki M. T., Tekanova E. V., Timakova T. M., Glibko O. Ya., Gaida R. V. Bioresursy Onezhskogo ozera [Biological resources of Lake Onega]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2008. 273 p.
- Metodicheskoe posobie po izucheniyu pitaniya i pishchevykh otnoshenii ryb v estestvennykh usloviyakh [Methodological manual on studying the nutrition and nutritional relationships of fish in natural conditions]. Ed. E. V. Bogutsky. Moscow: Nauka, 1974. 254 p.
- Moiseenko T. I. Vodnaya toksikologiya: Teoreticheskie i prikladnye aspekty [Aquatic toxicology: Theoretical and applied aspects]. Moscow: Nauka, 2009. 400 p.
- Murzina S. A., Nefedova Z. A., Nemova N. N. Osobennosti gistomorfologicheskoi struktury pecheni i ootsitov ryb, obitayushchikh v khvostokhranilishche [Features of the histomorphological structure of the liver and oocytes of fish living in the tailing dump]. *Biota severnykh ekosistem v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya* [Biota of northern ecosystems under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. P. 185–194.
- Nemova N. N. Biokhimicheskie indikatsii sostoyaniya ryb [Biochemical indications of fish condition]. Moscow: Nauka, 2005. 165 p.
- Nemova N. N. Biokhimicheskie pokazateli kletchnogo metabolizma, ispol'zuyemye v biomonitoringe i dlya testirovaniya sostoyaniya gidrobiontov [Biochemical indicators of cellular metabolism used in biomonitoring and for testing the state of hydrobionts]. *Biota severnykh ekosistem v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya* [Biota of northern ecosystems under conditions of anthropogenic impact]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2012. P. 95–122.
- Novikov G. G. Rost i energetika razvitiya kostistykh ryb v rannem ontogeneze [Growth and energy development of bony fish in early ontogenesis]. Moscow: Editorial URSS, 2000. 296 p.
- Ozera Karelii. Spravochnik* [Lakes of Karelia. Handbook]. Eds. N. N. Filatov, V. I. Kukharev. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013. 464 p.
- Pervozvanskii V. Yu. Ryby vodoemov raiona Kostomukshskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya (ekologiya, vosproizvodstvo, ispol'zovanie) [Fish from the reservoirs of the Kostomuksha iron ore deposit area (ecology, reproduction, use)]. Petrozavodsk: Karelia, 1986. 216 p.
- Popova O. A. Pitaniye khishchnykh ryb Syamozera posle vseleniya koryushki [Food composition of predatory fish of Lake Syamozero after the introduction of smelt]. *Izmenenie struktury rybnogo naseleniya evτροφuemogo vodoema* [Change in the structure of the fish population of the eutrophic reservoir]. Moscow: Nauka, 1982. P. 106–145.
- Potapova O. I. Dannye po plodovitosti i nerestu vesennenerestuyushchikh ryb Lakhtinskoi guby Syamozera [Data on fecundity and spawning of spring-spawning fish in the Lakhtinsky Bay of Lake Syamozero]. *Voprosy ekol. zhivotnykh* [Animal Ecology Issues]. Petrozavodsk: Karel. fil. AN SSSR, 1969. P. 80–92.
- Potapova O. I., Sokolova V. A. O pitanii i pishchevykh vzaimootnosheniyakh nekotorykh bentosoyadnykh ryb Syamozera [About feeding and food relationships of some benthos-eating fish of Lake Syamozero]. *Gidrobiol. issled.* [Hydrobiological studies]. Vol. 3. Tartu: EGU, 1962. P. 225–233.
- Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guidelines on fish studying]. Moscow: Pishch. prom., 1966. 376 p.
- Ryby v zapovednikakh Rossii [Fish in the reserves of Russia]. Vol. 1. Ed. Y. S. Reshetnikov. Moscow: KMK, 2010. 627 p.
- Smirnov A. F. Ryby Imandry [Fish of Lake Imandra]. *Ryby ozer Kol'skogo poluoostrova* [Fish of lakes of the Kola Peninsula]. Petrozavodsk: PetrSU, 1977. P. 56–76.
- Sostoyanie vodnykh ob'ektov Karelii [The status of water bodies in Karelia]. Eds. P. A. Lozovik, T. P. Kulikova, N. N. Martynova. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 210 p.
- Sterligova O. P., Pavlov V. N., Il'mast N. V., Pavlovskii S. A., Komulainen S. F., Kuchko Ya. A. Ekosistema Syamozera (biologicheskii rezhim i ispol'zovanie) [Lake Syamozero ecosystem (biological regime and use)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2002. 119 p.
- Sterligova O. P., Il'mast N. V., Savosin D. S. Kруглоротые и рыбы пресных вод Karelii [Cyclostomata and freshwater fish of Karelia.]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. 224 p.
- Gagnon D. F., Holdway A. I. Respiratory functional activity of gills of some fish species at toxic effect. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 1999. Vol. 120, no. 5. P. 256–266.
- Gamperl A. K. Metabolism, swimming performance, and tissue biochemistry of high desert red band trout (*Oncorhynchus mykiss* ssp.). *Physiol. Biochem. Zool.* 2002. Vol. 75, no. 5. P. 413–431.
- Guderley H. Locomotor performance and muscle metabolic capacities: impact of temperature and energetic status. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* 2004. Vol. 139, no. 3. P. 371–382.

Nielsen T. Y., Horsted S. Y. Fin displacement trough allometric growth in roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae). *Vid. Medd. Dan. Naturhist. Foren.* 1988. Vol. 147. P. 129–131.

Rodrigues E. L., Fanta E. Liver histopathology of the fish *Brachydanio rerio* Hamilton – Buchman after acute exposure to sublethal levels of the organophosphate Dimethoate 500. *Revta Brazilian Zoology.* 1998. Vol. 15(2). P. 441–450.

Townsend C. R., Perrow M. R. Tutropication may produce population cecles in roach *Rutilus rutilus* (L.),

by two contrasting mechanisms. *J. Fish. Biol.* 1989. Vol. 34, no. 1. P. 161–164.

Treasurer J. W. The occurrence of roach *Rutilus rutilus* (L.) in northern Scotland. *J. Fish. Biol.* 1991. Vol. 37, no. 6. P. 989–990.

Tripathi G. Scaling of some metabolic enzymes in liver of freshwater teleost: an adaptive mechanism. *Z. Naturforsch.* 1999. Vol. 54, no. 23. P. 1103–1106.

Received April 26, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ильмаст Николай Викторович

заведующий лаб. экологии рыб и водных беспозвоночных,
д. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: ilmast@mail.ru
тел.: (8142) 561679

Стерлигова Ольга Павловна

главный научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: o.sterligova@yandex.ru
тел.: (8142) 561679

Савосин Денис Сергеевич

научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: sadenser@inbox.ru
тел.: (8142) 561679

CONTRIBUTORS:

Ilmast, Nikolai

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ilmast@mail.ru
tel.: (8142) 561679, +79114011869

Sterligova, Olga

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: o.sterligova@yandex.ru
tel.: (8142) 561679

Savosin, Denis

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sadenser@inbox.ru
tel.: (8142) 561679

УДК 556.556:574.5 (470.22)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА УРОЗЕРО (КАРЕЛИЯ) ПО ПРОДУКЦИОННО- ДЕСТРУКЦИОННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Е. В. Теканова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, Россия*

Озеро Урозера имеет статус государственного гидрологического памятника природы регионального значения на территории Карелии. Отличительными природными особенностями водоема до середины 2000-х гг. являлись очень высокая прозрачность воды и ультраолиготрофное состояние экосистемы. В 2018 г. были изучены первично-продукционные и деструкционные характеристики экосистемы Урозера как интегральные показатели современного состояния и направленности ее функционирования. Важность такой оценки определяется новыми климатическими условиями на территории Карелии, влияющими на водосборные территории. Эти изменения приводят к увеличению поступления в водные объекты аллохтонного органического вещества. Измеренные в мае, июле и сентябре величины фотосинтеза (в среднем 22 мкг С/л-сут), хлорофилла *a* (в среднем 1,6 мкг/л), ассимиляционных чисел (в среднем 21 мкг С/мкг Chl), Р/В-коэффициентов (в среднем 1,2 сут⁻¹) и прозрачности воды (в среднем 9,8 м) указывают на сохранение ультраолиготрофного состояния экосистемы озера. Весной и летом в условиях избыточной инсоляции и высокой прозрачности воды обнаружено необычное для водоемов Карелии вертикальное распределение хлорофилла *a* в воде с максимальными величинами на глубине одной прозрачности. Изменение в толще воды величин деструкции органического вещества повторяет вертикальную динамику хлорофилла *a*. Это, наряду с неизменно высокой прозрачностью озерной воды, свидетельствует об отсутствии влияния на водную экосистему аллохтонного органического вещества. В современных условиях климатических изменений на водосборной территории и антропогенного воздействия природное экологическое состояние оз. Урозера сохраняется благодаря отсутствию поверхностного притока и природоохранным мерам.

Ключевые слова: водоем; гидрологический памятник; хлорофилл *a*; фотосинтез фитопланктона; деструкция органического вещества; трофическое состояние.

E. V. Tekanova. CURRENT STATE OF THE ECOSYSTEM OF LAKE UROZERO, KARELIA, ASSESSED THROUGH PRIMARY PRODUCTION AND DESTRUCTION INDICATORS

Lake Urozero has the status of a regional-level state hydrological nature monument in the Republic of Karelia. Up until the mid-2000's, the lake have been noted for very high water transparency and the ultra-oligotrophic state of the ecosystem. In 2018, the primary production and destruction characteristics of the Urozero ecosystem were studied as integral indicators of the current state and direction of its functioning. Such assessments

are necessitated by the modified climatic conditions in Karelia, which affect catchments. These changes result in enlarged flow of allochthonous organic matter to water bodies. The values of photosynthesis (average 22 $\mu\text{g C/l per day}$), chlorophyll *a* (average 1.6 $\mu\text{g/l}$), daily assimilation number (on average 21 $\mu\text{g C}/\mu\text{g Chl}$), P/B factor (average 1.2 days^{-1}) and water transparency (average 9.8 m) were measured in May, July and September. These measurements confirm that the lake ecosystem has retained its ultra-oligotrophic state. In spring and summer, when solar radiation is excessive and water transparency is high, the vertical distribution of chlorophyll *a* showed a pattern unusual for Karelia, with maximum values found at the depth of one transparency. The change in the values of organic matter destruction down the water column corresponds to the vertical dynamics of chlorophyll *a*. This vertical distribution of the values of destruction, as well as the consistently high transparency of the lake water, indicates that allochthonous organic matter does not affect the water ecosystem. The natural ecological state of Lake Urozero in the current circumstances of climate change in the catchment area and human pressure is retained owing to the absence of surface inflows and nature conservation measures to counteract pollution.

Key words: water body; hydrological monument; chlorophyll *a*; phytoplankton photosynthesis; organic matter destruction; trophic state.

Введение

Озеро Урозера в южной Карелии – государственный региональный гидрологический памятник природы в составе заказника «Урозера». Отличительной чертой водоема, сделавшей его природной достопримечательностью, является очень светлая и чрезвычайно прозрачная вода голубовато-зеленоватого оттенка. По прозрачности, достигающей 9–10 м, вода Урозера сходна с байкальской. Вода такого качества нетипична для водных объектов нашей геохимической провинции. В условиях высокой заболоченности водосборной территории Карелии поверхностный приток несет в водоемы гумусовые вещества в комплексе с железом и фосфором. Это определяет повышенную цветность озерной воды, ее невысокое качество и низкую биопродуктивность [Озера..., 2013; Lozovik, 2013; Теканова и др., 2017, 2018]. Особенности характеристики воды оз. Урозера определяются очень низкой степенью заболоченности водосбора (3–5 %), отсутствием речного стока и кристаллическими породами на водосборной территории [Поверхностные..., 1991]. Последние сведения о химическом составе воды Урозера относятся к 1980-м годам [Озера..., 2013], о состоянии водных сообществ – к 2000-м [Озера..., 2013; Ильмаст и др., 2015]. Вплоть до середины 2000-х годов состояние экосистемы водоема было ультраолиготрофным.

Известно, что современные изменения климата в Карелии проявляются в повышении летних температур воздуха, увеличении доли жидких осадков зимой и количества осадков осенью, участвовавших ливневых дождей, в увеличении продолжительности солнечного сия-

ния [Филатов, 1997; Назарова, 2015 и др.]. На водных объектах Карелии с 1990-х годов наблюдается сокращение ледоставного периода и увеличение продолжительности и суммы градусо-дней «биологического» лета [Efremova et al., 2013, 2016]. Показано, что последствия климатических изменений на водосборной территории приводят к увеличению выноса в водоемы гумусовых веществ, железа и фосфора [Калинкина и др., 2018]. В связи с текущими климатическими преобразованиями представляется важным оценить современное состояние экосистемы оз. Урозера и подтвердить его ценность как природного памятника.

Целью работы была оценка первично-продукционных и деструкционных характеристик оз. Урозера как интегральных показателей уровня и направленности функционирования водной экосистемы.

Материалы и методы

Озеро Урозера – небольшой глубокий водоем, его средняя глубина 12 м, максимальная – 35 м, площадь – 13,4 km^2 , объем – 0,161 km^3 . Прозрачность воды в 1990-е годы достигала 9 м, ее цветность – лишь 3 град., концентрация железа и общего фосфора в воде была низкой – 0,1 мг/л и 5,0 мкг/л соответственно. Минерализация воды составляла 28 мг/л [Озера..., 2013].

Продукционно-деструкционные характеристики оз. Урозера изучались в весенний (май), летний (июль) и осенний (сентябрь) периоды 2018 г. на глубоководной (32,5 м) станции. Пробы воды для оценки концентрации хлорофилла *a*, скорости фотосинтеза фитопланктона, деструкции органического вещества (ОВ) отбира-

лись на 3–5 горизонтах водной толщи в зависимости от прозрачности и наличия температурной стратификации воды.

Измерения проводились общепринятыми в гидробиологической практике методами. Концентрация хлорофилла *a* определялась спектрофотометрически [ГОСТ..., 1990], скорость фотосинтеза и деструкции ОВ – скляночным кислородным методом [Кузнецов, Дубинина, 1989]. Суточная инкубация проб выполнялась в термостате («темные» склянки) и стеклянном инкубаторе («светлые» склянки) с функцией установки и поддержания заданной температуры, соответствующей температуре воды горизонта взятия пробы. Данные по биомассе фитопланктона для расчета Р/В-коэффициентов и содержания хлорофилла в фитопланктоне предоставлены Ю. Л. Сластиной. При расчете Р/В-коэффициентов биомасса фитопланктона выражалась в единицах углерода, при этом принималось, что в сырой биомассе содержится 10 % углерода [Гутельмахер, 1986]. Для перевода количества кислорода в единицы углерода ассимиляционный коэффициент принимался равным 1,25 [Бульон, 1993а].

Температура воды определялась с помощью глубоководного зонда Casteway-CTD. Прозрачность воды измерялась диском Секки.

Результаты и обсуждение

Температурные условия в воде

Температурные условия в толще воды весной в период измерений были близки к состоянию гомотермии – 6,3 и 4,1 °С в поверхностном и придонном слоях воды соответственно (рис. 1). Летом верхний перемешанный слой с температурой воды 21,7–21,0 °С достигал 8-метровой глубины. Зона термоклина была растянута и достигала толщины 14 м. В нижнем 10-метровом слое воды температура составляла 6,0–4,5 °С. В осенний период эпилимнион, где температура воды составляла 14,9–14,7 °С, заглублялся уже до 12 м. Слой температурного скачка был выражен отчетливо, сужаясь до 8 м. Таким образом, устойчивая температурная стратификация воды сформировалась лишь к осени.

Хлорофилл *a*

Концентрация хлорофилла *a* в воде Урозера была низкой во все периоды отбора проб и находилась в пределах 0,7–2,2 мкг/л (рис. 2). Фотический слой при глубине 30 м и прозрачности воды 10,3–8,5 м (табл.) почти достигал

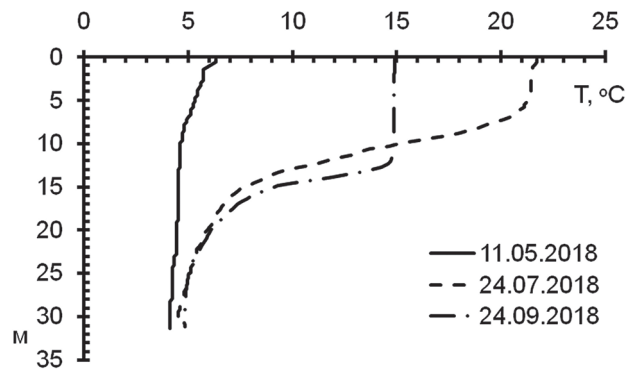


Рис. 1. Температура воды в оз. Урозеро во время исследований 2018 г.

Fig. 1. The water temperature in Lake Urozero during the research in 2018

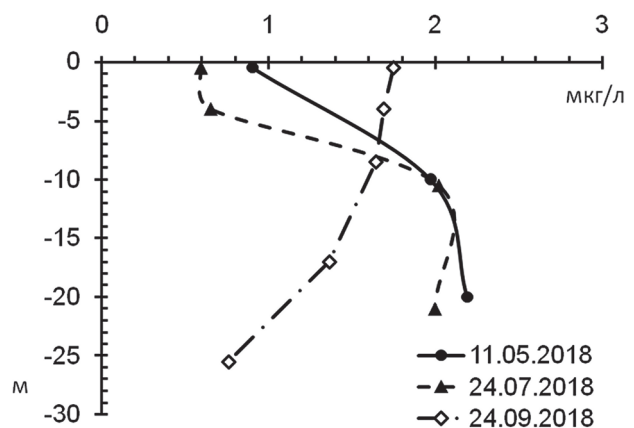


Рис. 2. Концентрация хлорофилла *a* в воде оз. Урозеро в 2018 г.

Fig. 2. The concentration of chlorophyll *a* in the water of Lake Urozero in 2018

дна. Весной и летом в условиях высокой прозрачности воды (10 м), высокой инсоляции (ясная, солнечная, штилевая погода) и отсутствия устойчивой температурной стратификации наблюдалось заглубление максимальных значений концентрации хлорофилла *a* в воде. Они обнаруживались в слоях, соответствующих одной и двум прозраčnostям воды, достигали 2 мкг/л и были в 2 и 3 раза выше, чем в верхнем слое, весной и летом соответственно. Медианная концентрация содержания хлорофилла в толще воды до глубины двух прозрачностей воды составила 2,0 мкг/л весной и 1,1 мкг/л летом. Осенью вертикальный профиль содержания хлорофилла *a* имел традиционный вид. Наиболее высокие и довольно однородные концентрации сохранялись в слое воды до глубины, соответствующей одной прозрачности воды, затем постепенно снижались, достигая минимального значения на глубине трех прозрачностей воды. Медиана концентрации хлорофилла *a* в слое до глубины

Продукционные характеристики фитопланктона оз. Урозеро в поверхностном слое воды (0,5 м)

Production characteristics of the phytoplankton of Lake Urozero in the surface layer of water (0,5 m)

Показатель Parameter	11.05.2018	24.07.2018	24.09.2018	Среднее Average
Прозрачность воды, м Water transparency, m	10,5	10,3	8,5	9,8
Фотосинтез, мкг С/л-сут Photosynthesis, $\mu\text{g C/l-day}$	11,5	20,3	34,5	22,1
Хлорофилл <i>a</i> , мкг/л Chlorophyll <i>a</i> , $\mu\text{g/l}$	0,9	0,6	1,7	1,2
САЧ, мкг С/мкг Chl Daily assimilation number, $\mu\text{g C}/\mu\text{g Chl}$	12,8	34,0	17,1	21,3
Биомасса фитопланктона, мкг С/л Phytoplankton biomass, $\mu\text{g C/l}$	65,0	14,0	16,9	31,9
Содержание хлорофилла <i>a</i> в биомассе, % Chlorophyll <i>a</i> content in biomass, %	0,1	0,4	1,0	0,5
Р/В-коэффициент, сут ⁻¹ P/B factor, daily^{-1}	0,18	1,4	2,0	1,2

двух прозрачностей воды составила осенью 1,7 мкг/л.

Содержание хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона изменялось в широких пределах – от 0,1 до 2,9 % в сыром весе (рис. 3). Весной в толще воды его медианное значение достигало в среднем 0,33 %. Летом медианное содержание хлорофилла в фитопланктоне увеличилось в среднем до 0,48 %. В это время в сообществе возрастала доля летних диатомовых, криптофитовых, эвгленовых, сине-зеленых и понижалась доля динофитовых, в клетках которых содержится мало этого пигмента [Елизарова, 1993]. Максимальное количество хлорофилла в фитопланктоне содержалось осенью, медианное значение его в толще воды достигало 0,71 %. Такое увеличение определялось главным образом существенным возрастанием биомассы золотистых и особенно криптофитовых водорослей и их доли в сообществе. Криптофитовый планктон считается обильно наделенным хлорофиллом *a* [Елизарова, 1993].

Фотосинтез фитопланктона

Скорость фотосинтеза в поверхностном слое воды оз. Урозеро весной не достигала и 12 мкг С/л-сут, приближаясь к пределу чувствительности метода определения. Также низкими были характеристики удельного фотосинтеза – суточное ассимиляционное число (САЧ) и Р/В-коэффициент (см. табл.). Эти показатели являются очень чувствительными к изменению экологических условий [Михеева, 1977; Елизарова, 1993]. Слабая активность фотосинтеза отражала влияние на функционирование фитопланктона в верхнем слое воды комплекса неблагоприятных внешних факторов – низкой

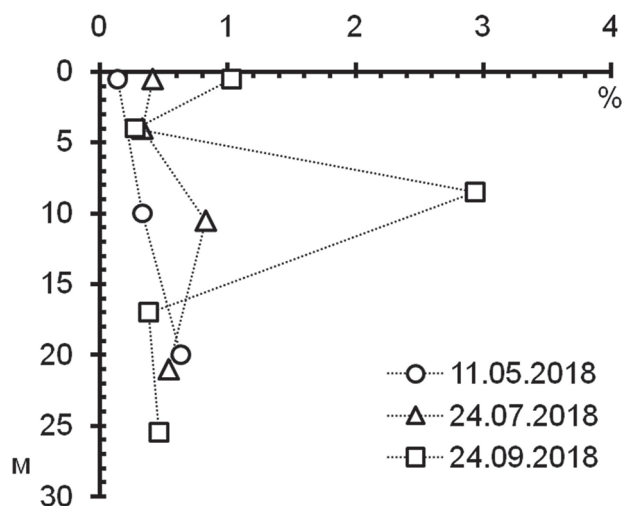


Рис. 3. Содержание хлорофилла *a* в сырой биомассе фитопланктона оз. Урозеро в 2018 г., %

Fig. 3. Chlorophyll *a* content in wet phytoplankton biomass of Lake Urozero in 2018, %

температуры воды (см. рис. 1), крайней обедненности фосфором и избыточной инсоляции при высокой прозрачности воды (см. табл.). Подобная низкая удельная активность фитопланктона отмечена и в других глубоких озерах с высокой прозрачностью воды – в оз. Байкал [Бульон, 1983], в Онежском озере весной [Теканова, 2004]. Судя по распределению содержания хлорофилла *a* в толще воды с максимальными величинами на глубине одной прозрачности 10,5 м (см. рис. 2), с учетом высокой прозрачности, крайне низкой цветности воды и безоблачной солнечной погоды можно предположить, что световое голодание водорослей в этом 10-метровом слое воды было незначительным. Поэтому интенсивность фотосинтеза на глубине 10,5 м вполне могла быть не ниже,

а возможно, и выше, чем в верхнем слое воды. Глубинные максимумы фотосинтеза и хлорофилла характерны для глубоких водоемов с очень высокой прозрачностью воды. Такое явление отмечено в монгольском оз. Хубсугул с прозрачностью 18 м [Кожова и др., 1975], в американском оз. Тахо с прозрачностью 25 м [Goldman, 1988]. В то же время это нетипично для водоемов Карелии, где воды характеризуются повышенной цветностью и слабой светопрозрачностью. Например, в Онежском озере весной в условиях высокой инсоляции подповерхностный максимум фотосинтеза наблюдался на глубине 1,0–2,0 м при прозрачности воды в это время 4–7 м [Теканова, 2004].

Летом, на фоне увеличения температуры воды, скорость фотосинтеза в верхнем слое воды оказалась в 2 раза выше, чем весной, – 20,3 мкг С/л·сут, однако тоже невелика (см. табл.). САЧ и Р/В-коэффициент также увеличились. Как и в мае, из-за избыточной инсоляции при высокой прозрачности воды оптимальные условия для фотосинтеза, возможно, складывались на глубине, равной прозрачности – 10,3 м (см. рис. 2).

Наибольшей величины скорость фотосинтеза в поверхностном слое воды достигала в осенний период, в 1,5 раза превышая летнее значение (см. табл.). Так как вертикальный профиль хлорофилла *a* осенью не имел глубинных пиков (см. рис. 2), максимальных величин фотосинтез достигал в поверхностном слое воды. Осенью Р/В-коэффициент достигал верхнего предела для незагрязненных водоемов, значение САЧ, наоборот, стало меньше.

Деструкция ОВ

Деструкция ОВ в оз. Урозеро изменялась в период исследований от 10 до 126 мкг С/л·сут (рис. 4). Весной в верхнем слое воды скорость деструкции была очень низка. Верхний 5-метровый слой воды был беден планктогенным ОВ вследствие угнетения фитопланктона избыточной инсоляцией (см. рис. 2). На глубине, равной одной прозрачности воды (10,5 м), величина деструкции ОВ возрастала в 3 раза и максимального значения достигла в 1 метре от дна, на глубине, равной тройной прозрачности воды. В этом же слое воды наблюдались высокие концентрации хлорофилла *a*. Кроме того, у дна, видимо, концентрировалось автохтонное ОВ, в том числе бентосного происхождения. Донные отложения в это время имели зеленоватую окраску. Сходная картина вертикального распределения величин деструкции ОВ, повторяющая распределение по глубине

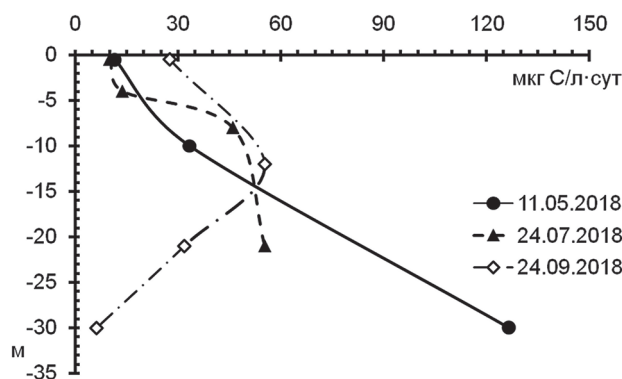


Рис. 4. Деструкция органического вещества в воде оз. Урозеро в 2018 г.

Fig. 4. Destruction of organic matter in the water of Lake Urozero in 2018

хлорофилла *a*, наблюдалась и летом в условиях безоблачной солнечной погоды. Максимальные скорости деструкции отмечались при возрастании концентрации хлорофилла в воде и процента его содержания в биомассе фитопланктона (см. рис. 2, 3) – на нижней границе эпилимниона (8 м) и в слое двойной прозрачности воды. Осенью максимальные величины деструкции ОВ, как и хлорофилла *a*, отмечались в пределах 12-метрового слоя эпилимниона (см. рис. 2). Средневзвешенная в толще воды скорость деструкции ОВ составляла весной 27,3 мкг С/л·сут, летом – 40,2 мкг С/л·сут и осенью – 20,2 мкг С/л·сут.

Заключение

Таким образом, показатели активности первично-продукционного процесса (скорость фотосинтеза, содержание хлорофилла *a* в фитопланктоне, Р/В-коэффициенты, САЧ) указывают на сохранение природного ультраолиготрофного состояния экосистемы оз. Урозеро [Бульон, 1993б; Китаев, 2007] в течение последних 25 лет. Выявлено нетипичное для водоемов Карелии распределение в толще воды хлорофилла *a*. При высокой прозрачности воды в периоды избыточной инсоляции максимальные концентрации хлорофилла *a* приурочены к глубине, равной одной прозрачности воды. Деструкционные процессы в озере базируются на автохтонном ОВ. Неизменно высокая прозрачность озерной воды на протяжении длительного времени подтверждает отсутствие влияния на водную экосистему аллохтонного ОВ. Сохранению природного экологического состояния и высокой рекреационной ценности оз. Урозеро в современных условиях способствуют отсутствие речного притока и значимой антропогенной нагрузки.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН).

Литература

Бульон В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л.: Наука, 1983. 150 с.

Бульон В. В. Радиоуглеродный метод определения первичной продукции, его возможности и ограничения по сравнению с кислородным методом // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993а. С. 14–20.

Бульон В. В. Первичная продукция и трофическая классификация водоемов // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Наука, 1993б. С. 147–158.

ГОСТ 17.1.4.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а. М.: Изд-во стандартов, 1990.

Гутельмахер Б. Л. Метаболизм планктона как единого целого. Л.: Наука, 1986. 155 с.

Елизарова В. А. Хлорофилл как показатель биомассы фитопланктона // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. С. 126–131.

Ильмаст Н. В., Кучко О. П., Милянчук Н. П. Водные экосистемы особо охраняемых природных территорий Карелии // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17, № 6. С. 299–303.

Калинкина Н. М., Филатов Н. Н., Теканова Е. В., Балаганский А. Ф. Многолетняя динамика стока железа и фосфора в Онежское озеро с водами р. Шуя в условиях климатических изменений // Региональная экология. 2018. Т. 52, № 2. С. 65–73. doi: 10.30694/1026-5600-2018-2-65-73

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

Кожова О. М., Загоренко Г. Ф., Максимов В. Н. Первичная продукция пелагиали озера Хубсугул (МНР) // Гидробиол. журн. 1975. Т. 11, № 3. С. 5–9.

Кузнецов С. И., Дубинина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 285 с.

Михеева Т. М. О показателях удельной активности фитопланктона и некоторых причинах, их опре-

деляющих // Гидробиол. журн., 1977. Т. 13, № 3. С. 11–16.

Назарова Л. Е. Атмосферные осадки в Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 9. С. 114–120. doi: 10.17076/lim56

Озера Карелии. Справочник / Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.

Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия / Под ред. П. А. Лозовика, В. А. Фрейдлинга. Петрозаводск: Карелия, 1991. 211 с.

Теканова Е. В. Первичная продукция Онежского озера в современных условиях: Дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2004. 150 с.

Теканова Е. В., Калинкина Н. М., Кравченко И. Ю. Геохимические особенности функционирования биоты в водоемах Карелии // Изв. РАН. Сер. геогр. 2018. № 1. С. 90–100. doi: 10.7868/S2587556618010083

Теканова Е. В., Кравченко И. Ю., Потахин М. С., Богданова М. С. Анализ природных факторов формирования биологической продуктивности водоемов в разных ландшафтах Карелии // Принципы экологии. 2017. № 2. С. 61–69. doi: 10.15393/j1.art.2017.5802

Филатов Н. Н. Изменения климата Восточной Финноскандии и уровня воды крупнейших озер Европы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1997. 147 с.

Efremova T. V., Palshin N. I., Belashev B. Z. Water temperature in different types of lakes in Karelia under changing climate based on data of instrumental measurements in 1953–2011 // Water Resources. 2016. Vol. 43, no. 2. P. 402–411. doi: 10.7868/S0321059616020024

Efremova T., Palshin N., Zdorovenkov R. Long-term characteristics of ice phenology in Karelian lakes // Est. J. Earth Sci. 2013. Vol. 62, no. 1. P. 33–41. doi: 10.3176/earth.2013.04

Goldman C. R. Primary productivity, nutrients, and transparency during the early onset of eutrophication in ultra-oligotrophic Lake Tahoe, California-Nevada // Limnol. Oceanogr. 1988. Vol. 33, no. 6, part 1. P. 1321–1333.

Lozovik P. A. Geochemical classification of surface waters in humid zone based on their acid-base equilibrium // Water Resources. 2013. Vol. 40, no. 6. P. 631–639. doi: 10.1134/S0097807813060067

Поступила в редакцию 24.01.2019

References

Bul'on V. V. Pervichnaya produktsiya planktona vnutrennikh vodoemov [Primary production of plankton in inland waters]. Leningrad: Nauka, 1983. 150 p.

Bul'on V. V. Radiouglerodnyi metod opredeleniya pervichnoi produktsii, ego vozmozhnosti i ogranicheniya po sravneniyu s kislorodnym metodom [Radiocarbon method of determining the primary production, its capabilities and limitations compared to the oxygen method]. Metod. vopr. izuch. pervichnoi produktsii planktona vnutr. vodoemov [Methodical issues of study-

ing the primary production of plankton in inland waters]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993a. P. 147–158.

Bul'on V. V. Pervichnaya produktsiya i troficheskaya klassifikatsiya vodoemov [Primary production and trophic classification of water bodies]. Metod. vopr. izuch. pervichnoi produktsii planktona vnutr. vodoemov [Methodical issues of studying the primary production of plankton in inland waters]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993b. P. 14–21.

Elizarova V. A. Khlorofill kak pokazatel' biomassy fitoplanktona [Chlorophyll as an indicator of phytoplankton biomass]. *Metod. vopr. izuch. pervichnoi produktsii planktona vnutr. vodoemov* [Methodical issues of studying the primary production of plankton in inland waters]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993. P. 126–131.

Filatov N. N. Izmeneniya klimata Vostochnoi Fennoskandii i urovnya vody krupneishikh ozer Evropy [Climate change and variability of Eastern Fennoscandia and water level fluctuations of largest lakes of Europe]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1997. 147 p.

GOST 17.1.4.02-90. Voda. Metodika spektrofotometricheskogo opredeleniya khlorofilla a [GOST (State standard) 17.1.4.02-90. Water. Methods for the spectrophotometric determination of chlorophyll a]. Moscow: Izd-vo standartov, 1990.

Gutel'makher B. L. Metabolizm planktona kak edino- go tselogo [Metabolism of plankton as a whole]. Lenin- grad: Nauka, 1986. 155 p.

Il'mast N. V., Kuchko O. P., Milyanchuk N. P. Vodnye ekosistemy osobo okhranyaemykh prirodnkh territorii Karelii [Water ecosystems of specially protected natural areas of Karelia]. *Izvestiya Samarskogo nauch. tsentra RAN* [Izvestia of Samara Sci. Center of the Russ. Acad. of Sci.]. 2015. Vol. 17, no. 6. P. 299–303.

Kalinkina N. M., Filatov N. N., Tekanova E. V., Ba- laganskii A. F. Mnogoletnyaya dinamika stoka zheleza i fosfora v Onezhskoe ozero s vodami r. Shuya v uslovi- yakh klimaticheskikh izmenenii [Long-term dynamics of iron and phosphorus runoff into Lake Onega with Shuya River under climate change conditions]. *Re- gional'naya ecol.* [Regional Ecol.]. 2018. Vol. 52, no. 2. P. 65–73. doi: 10.30694/1026-5600-2018-2-65-73

Kitaev S. P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 395 p.

Kozhova O. M., Zagorenko G. F., Maksimov V. N. Pervichnaya produktsiya pelagialy ozera Hubsugul (MNR) [Primary production of Pelagial Lake Hubsugul (MPR)]. *Gidrobiol. zhurn.* [Hydrobiol. J.]. 1975. Vol. 11, no. 3. P. 5–9.

Kuznetsov S. I., Dubinina G. A. Metody izucheniya vodnykh mikroorganizmov [Methods for studying water microorganisms]. Moscow: Nauka, 1989. 285 p.

Mikheeva T. M. O pokazatelyakh udel'noi aktivnosti fitoplanktona i nekotorykh prichinakh, ikh opredelyayu- shchikh [On the indicators of specific activity of phyto- plankton and some reasons for their determination]. *Gid- robiol. zhurn.* [Hydrobiol. J.]. 1977. Vol. 13, no. 3. P. 11–16.

Nazarova L. E. Atmosfernye osadki v Karelii [Pre- cipitation over the territory of Karelia]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2015. No. 9. P. 114–120. doi: 10.17076/lim56

Ozera Karelii. Spravochnik [Lakes of Karelia. Refer- ence book]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013. 464 p.

Poverkhnostnye vody ozerno-rechnoi sistemy Shui v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya [Surface wa- ters of the Shuya lake-river system under anthropogenic impact]. Petrozavodsk: Kareliya, 1991. 211 p.

Tekanova E. V. Pervichnaya produktsiya Onezhsko- go ozera v sovremennykh usloviyakh [Primary produc- tion of Lake Onega in modern conditions]: PhD (Cand. of Biol.) thesis. St. Petersburg, 2004. 150 p.

Tekanova E. V., Kalinkina N. M., Kravchenko I. Yu. Geokhimicheskie osobennosti funktsionirovaniya bioty v vodoemakh Karelii [Geochemical peculiarities of bio- ta functioning in water bodies of Karelia]. *Izv. RAN. Ser. geogr.* [Regional Research of Russia]. 2018. No. 1. P. 90–100. doi: 10.7868/S2587556618010083

Tekanova E. V., Kravchenko I. Yu., Potakhin M. S., Bogdanova M. S. Analiz prirodnkh faktorov formiro- vaniya biologicheskoi produktivnosti vodoemov v raz- nykh landshaftakh Karelii [Analysis of the natural factors of biological productivity of water bodies in the differ- ent landscapes of Karelia]. *Printsipy ecol.* [Principles of the Ecol.]. 2017. Vol. 6, no. 2. P. 61–69. doi: 10.15393/ j1.art.2017.5802

Efremova T. V., Pal'shin XN. I., Belashev B. Z. Wa- ter temperature in different types of lakes in Karelia under changing climate based on data of instrumen- tal measurements in 1953–2011. *Water Resourc- es.* 2016. Vol. 43, no. 2. P. 402–411. doi: 10.7868/ S0321059616020024

Efremova T., Palshin N., Zdorovenkov R. Long- term characteristics of ice phenology in Karelian lakes. *Est. J. Earth Sci.* 2013. Vol. 62, no. 1. P. 33–41. doi: 10.3176/earth.2013.04

Goldman C. R. Primary productivity, nutrients, and transparency during the early onset of eutrophica- tion in ultra-oligotrophic Lake Tahoe, California-Ne- vada. *Limnol. Oceanogr.* 1988. Vol. 33, no. 6, part 1. P. 1321–1333.

Lozovik P. A. Geochemical classification of surface waters in humid zone based on their acid-base equilib- rium. *Water Resources.* 2013. Vol. 40, no. 6. P. 631–639. doi: 10.1134/S0097807813060067

Received January 24, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Теканова Елена Валентиновна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185030
эл. почта: etekanova@mail.ru
тел.: (8142) 576520

CONTRIBUTOR:

Tekanova, Elena

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre
Russian Academy of Sciences
50 Al. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: etekanova@mail.ru
tel.: (8142) 576520

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 911.52 (268.48)

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА КАРЕЛЬСКОМ И ПОМОРСКОМ БЕРЕГАХ БЕЛОГО МОРЯ

**А. Н. Громцев¹, О. Н. Бахмет¹, В. А. Карпин², Н. В. Петров²,
А. В. Туюнен², Ю. Н. Ткаченко²**

¹ Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, Россия

² Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Общая протяженность береговой линии Белого моря в Республике Карелия составляет около 380 км. Вся прилегающая территория находится в пределах Прибеломорской низменности, а береговая линия обрамляет восточные рубежи Фенноскандии. Карельская часть побережья Белого моря имеет два названия: Карельский берег (от границы с Мурманской областью до р. Кемь) и Поморский берег (от р. Кемь до границы с Архангельской областью). Однообразная в целом территория дифференцируется на три типа северотаежного ландшафта, различающихся по формам рельефа, их генезису, четвертичным отложениям, степени заболоченности и преобладающим типам лесных местообитаний. В сообщении дана краткая комплексная характеристика типов ландшафта по следующей примерной схеме: 1) географическая приуроченность и распространение; 2) особенности: а) генетических форм рельефа и четвертичных отложений, б) почвенного покрова и заболоченности, в) лесного покрова и лесных фитоценозов; 3) репрезентативность в отношении ценоотического разнообразия и сохранность лесного покрова; 4) уязвимость природно-территориальных комплексов к антропогенным воздействиям. При оценке уязвимости учитывались возможные изменения состояния почвенного покрова при лесозаготовках, изменение темпа заболачивания территории при сведении древесной растительности или вероятность ускорения этого процесса и его необратимости, возможность негативного влияния рубок на изменение микроклиматических условий (ветровой и температурный режим); 5) специфика на фоне Карелии; 6) присутствие действующих ООПТ. Дополнительно показаны особенности растительных сообществ на островах в западной части Белого моря.

Ключевые слова: прибрежные ландшафты; болота; почвы; леса; ценоотическое разнообразие; уязвимость экосистем; островные растительные сообщества.

A. N. Gromtsev, O. N. Bakhmet, V. A. Karpin, N. V. Petrov, A. V. Tuyunen, Yu. N. Tkachenko. LANDSCAPE FEATURES AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL ECOSYSTEMS ON THE WHITE SEA KARELIAN AND POMOR COASTS

The White Sea coastline within the Republic of Karelia stretches for ca. 380 km. All of the adjacent area belongs to the White Sea Lowland, and the coastline is the eastern fringe of Fennoscandia. The Karelian part of the White Sea coast falls into two parts termed Karelian Coast (from the border with the Murmansk Region to the Kem River) and Pomor Coast (from the Kem River to the border with the Arkhangelsk Region). The Pomor Coast partially extends into the Arkhangelsk Region. The land is generally quite uniform, only with a differentiation into three types of the north-taiga landscape, which differ in landforms, their genesis, Quaternary sediments, spatial coverage of mires, and prevalent types of forest habitats. The paper offers short multi-sided descriptions of the landscape types roughly structured as follows: 1) geographic position and distribution; 2) specific traits of: a) genetic landforms and Quaternary sediments; b) soil cover and paludification; c) forest cover and forest plant communities; 3) representativeness for coenotic diversity and forest cover integrity; 4) vulnerability of natural ecosystems to human impact. Vulnerability assessments took into account potential logging-related changes in the soil cover condition, alteration of the paludification rate due to removal of the tree cover or the probability of this process being accelerated or reversed; potential detrimental effects of logging on microclimate (wind and temperature conditions); 5) distinctive features compared to the rest of Karelia; 6) presence of operating protected areas. In addition, the specific features of plant communities on islands in the western part of the White Sea are described.

Key words: coastal landscapes; mires; soils; forests; coenotic diversity; ecosystem vulnerability; insular plant communities.

Введение

Представленные материалы получены в рамках проекта Президиума РАН «Прибрежные экосистемы Белого моря: современное состояние и оптимизация использования функционально-ресурсного потенциала». На первом этапе выполнения проекта в 2018 году состоялась морская экспедиция, организация которой позволила получить новые сведения о природных ландшафтах Карельского и Поморского берегов Белого моря.

Общая протяженность карельской части берега Белого моря – около 380 км. Эта территория находится в пределах Прибеломорской низменности, а береговая линия обрамляет восточные рубежи Фенноскандии. Беломорское побережье в пределах Республики Карелия имеет два названия: Карельский берег (от границы с Мурманской областью до р. Кемь) и Поморский берег (от р. Кемь до границы с Архангельской областью). Территория эта довольно однообразна и дифференцируется лишь на три типа северотаежного ландшафта, различающихся по формам рельефа, их генезису, четвертичным отложениям, степени заболоченности и преобладающим типам лесных местообитаний (рис. 1). В настоящей работе обобщены данные многолетних иссле-

дований авторов, проведенных на побережье Белого моря, в том числе с закладкой от береговой линии ландшафтных профилей общей протяженностью около 22 км. Также использовались описания растительного покрова на целой серии трансект по берегам нижних течений ручьев и рек, впадающих в море.

Далее приводится краткая комплексная характеристика типов ландшафта по следующей примерной схеме: 1) географическая приуроченность и распространение; 2) особенности: а) генетических форм рельефа и четвертичных отложений, б) почвенного покрова и заболоченности, в) лесного покрова и лесных фитоценозов; 3) репрезентативность в отношении ценотического разнообразия и сохранность лесного покрова в естественном состоянии; 4) уязвимость природно-территориальных комплексов к антропогенным воздействиям. При оценке уязвимости учитывались возможные изменения состояния почвенного покрова при лесозаготовках, изменение темпа заболачивания территории при сведении древесной растительности или вероятность ускорения этого процесса и его необратимости, возможность негативного влияния рубок на изменение микроклиматических условий (ветровой и температурный режим); 5) специфика на фоне Карелии; 6) присутствие действующих ООПТ.



Рис. 1. Карта-схема типов географического ландшафта на Карельском и Поморском берегах Белого моря.

Типы ландшафта: 1м – озерные и морские сильнозаболоченные равнины с преобладанием еловых местообитаний, 3м – озерные и морские сильнозаболоченные равнины с преобладанием сосновых местообитаний, 19 – скальные среднезаболоченные с преобладанием сосновых местообитаний

Fig. 1. Map of geographical landscape types on the Karelian and Pomor coasts of the White Sea.

Landscape types: 1м – lacustrine and marine heavily paludified plains with spruce habitats prevailing, 3м – lacustrine and marine heavily paludified plains with pine habitats prevailing, 19 – moderately paludified rocky landscapes with pine habitats prevailing

Краткая характеристика и экологическая оценка типов географического ландшафта

Ландшафт озерных и морских сильнозаболоченных равнин с преобладанием еловых местообитаний

Приурочен к северной части побережья и является содоминирующим (два контура

только в пределах Карелии на общей площади 215 тыс. га (2 % от общей площади северотаежной подзоны). Типичен однообразный слаботеррасированный равнинный рельеф с частыми, но незначительными по площади выходами коренных пород в виде абрадируемых плоских скал, низких уступов, мелких холмов и гряд. Минеральные почвообразующие породы представлены в основном супесчано-пес-

Таблица 1. Физико-химические показатели исследованных почв

Table 1. Physicochemical properties of the surveyed soils

Горизонт Horizon	Глубина, см Depth, cm	pH _{KCl}	C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			%			мг/100 г почвы mg/100 g soil	
Примитивная грубогумусная Primitive raw-humus soil							
O	0–2	3,2	56,8	2,0	28,4	217,5	14,0
ABC	2–10	3,4	5,0	0,5	10,0	61,1	11,1
Примитивная торфянистая Primitive peaty soil							
AT	0–3	4,7	38,8	1,32	29,4	10,5	100,0
T1	3–6	4,6	30,8	1,25	24,6	5,3	74,2
T2	6–9	4,4	17,8	1,10	16,2	6,2	48,0
Подзол иллювиально-железистый Ferric Podzol							
O	0–3	3,4	43,5	0,76	57,2	14,4	77,0
E	3–8	3,3	1,2	0,05	24,0	1,4	2,1
BF	8–30	4,8	0,5	0,03	16,7	9,8	0,9
BC	30–55	4,9	0,2	0,01	20,0	14,8	0,8
C	55–100	5,0	0,1	0,01	10,0	17,4	0,7
Маршевая примитивная почва Primitive marsh soil							
Ad	0–4	6,14	5,2	0,29	17,9	70,9	68,9
AC	4–7	6,41	0,4	0,04	10,0	34,4	10,6
Маршевая дерновая почва Soddy marsh soil							
Ad	0–5	6,14	31,3	2,2	14,2	57,8	93,9
A1Bf	5–9	6,41	0,45	0,08	5,6	39,4	7,1

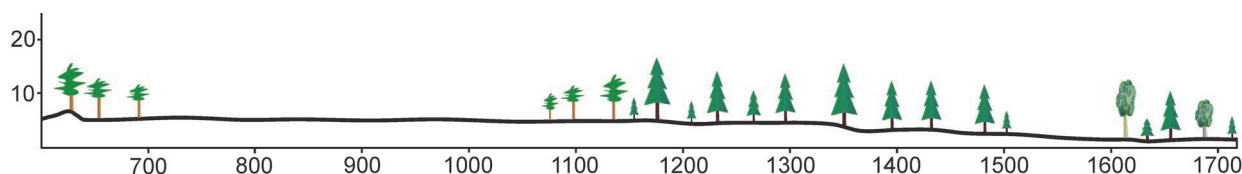
чаными отложениями и суглинисто-глеевыми отложениями приблизительно в равном соотношении.

Общая заболоченность территории превышает 80 %, включая открытые болота (как правило, верховые) и заболоченные леса (с мощностью торфяной залежи под древостоями не менее 0,3 м). Современный процесс заболачивания в целом прогрессирует лишь на плоских участках по границе между лесами и открытыми болотами. Это основной фактор пространственной динамики местообитаний и их разнообразия. В целом на болотах и некоторых участках заболоченных лесов происходит замедление торфонакопления. Наиболее яркими примерами данного явления служат кочковато-равнинные лишайниково-сфагновые комплексы олиготрофных болот и «сухоторфянистые» почвы в заболоченных лесах. Для данного ландшафта в связи с высокой заболоченностью характерно преобладание торфяно-глеевых и торфяных почв, которые на автоморфных позициях сменяются подзолами, формирующимися на четвертичных отложениях, и примитивными почвами и подбурами на выходах коренных пород (табл. 1). Вдоль побережья

Белого моря на отложениях морской аккумуляции распространены маршевые почвы. Занимаемая ими площадь совсем невелика, так как по мере удаления от берега моря начинают преобладать зональные факторы почвообразования и маршевые почвы быстро сменяются подзолистыми.

В лесном покрове в разной степени заболоченных местообитаний доминируют редкостойные сосняки (до 60 % покрытой лесом площади), в том числе с полнотой, балансирующей на грани 0,3. Однако на минеральных землях господствуют ельники (до 80 %), поэтому в целом они имеют большее «лесное» средообразующее значение (рис. 2).

Данный тип ландшафта для условий Карелии является редким, поскольку представлен лишь двумя небольшими контурами и в регионе нигде более не встречается. Приморские участки равнины вдоль береговой линии со скальными обнажениями и растительностью по лесотундровому типу с лугами на маршевых почвах являются уникальными для условий Карелии типами урочищ со специфическими флористическими комплексами. По мере отступления моря в процессе первичных сукцессий здесь



1	С. скальн.	С. кустар.-сфагн.	Болото осоково-кустарничково-сфагновое	С. кустар.-сфагн.	Е. черничный влажный	Е. чернич.-сфагновый	Болото кустарничково-сфагновое	Б. травяно-сфагновый (у ручья)
2	V6	V6		V6	Va	V6		V
3	100-320	130-300		70-300	70-200	80-200		40-100
4	50	16		13	52	28		43

Рис. 2. Фрагмент профиля в ландшафте озерных и морских сильнозаболоченных равнин с преобладанием еловых местообитаний. Координаты профиля: 65°31'00,16" с. ш. 34°43'07,89" в. д. – 65°31'15,14" с. ш. 34°38'00,44" в. д.

Здесь и на рис. 3: по оси абсцисс – горизонтальное проложение профиля, м; по оси ординат – относительная высота на фрагменте профиля, м; 1 – тип леса, 2 – класс бонитета, 3 – возраст, лет, 4 – запас, м³/га

Fig. 2. Fragment of a profile across a landscape of lacustrine and marine heavily paludified plains with spruce habitats prevailing. Profile coordinates: 65°31'00.16"N, 34°43'07.89"E – 65°31'15.14"N, 34°38'00.44"E.

Here and in Fig. 3: on the abscissa – horizontal run of the profile, m; on the ordinate – relative elevation along the profile, m; 1 – forest type, 2 – quality class, 3 – age, years, 4 – stock, m³/ha

формировались растительные сообщества по следующей общей схеме: 1) приморские луга, 2) березовое криволесье, 3) елово-березовое редколесье, 4) ельники с разной степенью разновозрастности (по мере приближения к климаксовому состоянию).

Древостои отличаются низкой полнотой (около 0,35) и продуктивностью (50 м³/га на лесной площади и 20 м³/га на общей площади суши). Более того, до 90 % из них имеют предельно низкую полноту – около 0,4. Очевидна экономическая нецелесообразность рубки таких древостоев. Естественное возобновление леса на вырубках происходит крайне замедленными темпами. На более чем 90 % площади вырубок 5–10-летней давности оно полностью отсутствует. По данным лесоустройства, в пределах ландшафтного контура даже в брусничном типе местообитаний свыше 80 % молодых 10–20 лет имеют полноту лишь 0,4–0,5 и примерно в половине из них участие хвойных пород не превышает 2–4 единиц состава.

Возможные (нормативно допустимые) рубки будут иметь разрушительные в экологическом плане последствия. Тотальные сплошные рубки лесов на минеральных «островах», расположенных внутри массивов открытых болотных систем, при крайне замедленных темпах восстановления древесной растительности приведут к образованию различных по площади участков лесотундрового типа на неопреде-

ленное время. Леса, непосредственно примыкающие к береговой линии, имеют не только локальное, но и большое региональное средообразующее (в том числе биотопообразующее) и средозащитное значение. Это своего рода естественный барьер, аналогичный притундровым лесам. Он во многом определяет и регулирует ветровой и температурный режим в условиях частых штормовых ветров с моря на обширных территориях Прибалтийского низменности.

С учетом доли лесов, находящихся на разных стадиях заболачивания, площадь минеральных земель в данном типе ландшафта крайне незначительна и составляет всего 10–15 %. Лесные сообщества на плоских минеральных «островах» в результате тотального и необратимого заболачивания фактически находятся на разных стадиях естественной деградации. Они постепенно трансформируются в лесоболотные, а затем и в открытые болота, лишенные древесной растительности. Рубка лесов еще более ускоряет этот необратимый процесс.

В пределах самого северного контура ландшафта сохранился крупный массив коренных лесов площадью в несколько десятков тысяч гектаров, совершенно не затронутый даже выборочными рубками. Здесь образован ландшафтный заказник регионального значения «Сыроватка» (31 тыс. га, научное обоснование объекта подготовлено КарНЦ РАН).

*Ландшафт озерных и морских
сильнозаболоченных равнин
с преобладанием сосновых местообитаний*

Приурочен к центральной и южной частям побережья и является фоновым или доминирующим (в пределах Карелии три контура на общей площади 460 тыс. га (4,6 % от общей площади северотаежной подзоны), далее простирается в Архангельскую область). По геоморфологическим характеристикам данный тип ландшафта очень близок к вышеописанному. Отличается от него доминированием супесчано-песчаных отложений, более частыми выходами коренных пород и, как следствие, выраженным господством сосновых лесов (свыше 90 % покрытой лесом площади). Почвенный покров территории, которую занимает данный ландшафт, имеет те же черты, что и в вышепредставленном ландшафте. К специфическим особенностям стоит отнести лишь сравнительно большее распространение маршевых почв. Морское побережье в южной части более пологое, соответственно, аккумуляция морских отложений происходит дальше от уреза воды.

На части побережья (южнее г. Беломорска) отмечены значительные по площади «ленточные» ельники (в целом нетипичные для ландшафта). Они концентрируются вдоль рек и ручьев, впадающих в море, на относительно дренированных почвах на фоне обширных болотных массивов.

На побережье лишь частично сохранились коренные леса, в основном в скальных и заболоченных местообитаниях. В пределах южно-

го контура ландшафта действует комплексный заказник регионального значения «Сорокский» (вместе с морской акваторией 73 тыс. га, научное обоснование объекта подготовлено КарНЦ РАН).

*Скальный среднезаболоченный ландшафт
с преобладанием сосновых местообитаний*

Приурочен к самой северной части побережья (в пределах Карелии один контур на площади 120 тыс. га (1 % от общей площади северотаежной подзоны), далее простирается в Мурманскую область). На фоне Прибеломорской низменности его отличает сильно-пересеченный денудационно-тектонический рельеф со скальными холмами и грядами различной величины, сложенными бедными в почвообразующем отношении породами гранитного состава (рис. 3). Относительная вертикальная расчлененность рельефа варьирует в пределах 20–80 метров. Заболоченность территории около 40 %.

Для структуры почвенного покрова описываемой территории характерна чрезвычайно большая пестрота. Это обусловлено высокой вариабельностью элементов рельефа, а также изменением характера материнских пород, гидрологических условий и типов растительных ассоциаций. Характерными особенностями являются отсутствие или наличие маломощного покрова четвертичных отложений на автоморфных позициях рельефа, а также преобладание кислых горных пород в кристаллическом фундаменте. В почвенном по-

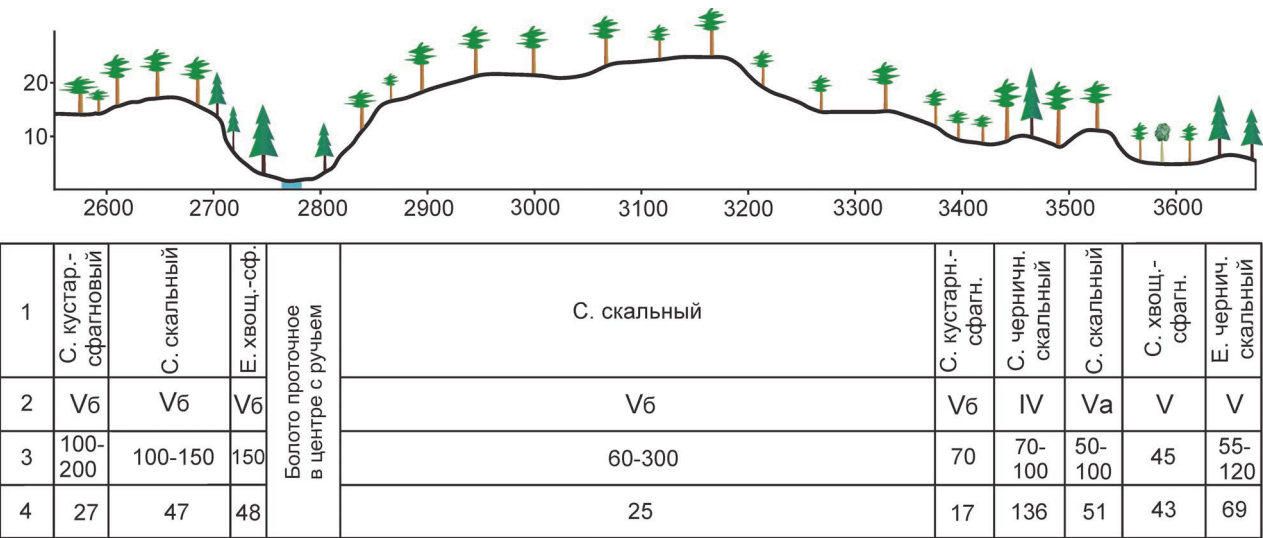


Рис. 3. Фрагмент профиля в скальном среднезаболоченном ландшафте с преобладанием сосновых местообитаний. Координаты профиля: 65°54'47,18" с. ш. 34°37'51,33" в. д. – 65°52'32,59" с. ш. 34°37'27,54" в. д.

Fig. 3. Fragment of a profile across a moderately paludified rocky landscape with pine habitats prevailing. Profile coordinates: 65°54'47.18"N, 34°37'51.33"E – 65°52'32.59"N, 34°37'27.54"E

Таблица 2. Краткое описание лесных сообществ на островах в западной части Белого моря

Table 2. Summary of forest communities on islands in the western part of the White Sea

Остров (ориентировочная площадь, га) Island (approx. size, ha)	Положение в рельефе, особенности местообитания Position in the relief, habitat features	Тип леса Forest type	Состав и возраст Composition and age	Плотота Density	Подрост Young growth	Примечание Note
Сумостров (1000) Sumostrov (1000)	Вершина холма, скальные выходы Hilltop, rock outcrops	Сосняк брусничный скальный Rupicolous cowberry pine forest	8C ₇₀₋₂₀₀ +E 8P ₇₀₋₂₀₀ +S	0,5	10C ₁₀₋₄₀ 5 тыс. экз./га 10P ₁₀₋₄₀ 5,000 stems/ha	Следы пожара на стволах, угли в подстилке. Следы выборочной рубки высокой интенсивности Fire marks on trunks, charcoal in forest floor. Traces of high-intensity selective cutting
	Межхолмовые понижения Depressions between hills	Ельник черничный свежий Fresh bilberry spruce forest	6E ₈₀ 30C ₈₀ 1B ₈₀ +Ив 6S ₈₀ 3As ₈₀ 1B ₈₀ +W	0,8	10E ₂₀₋₄₀ 2,4 тыс. экз./га 10E ₂₀₋₄₀ 2,400 stems/ha	Повсеместный естественный отпад березы Natural dieback of birch throughout
Русский Кузов (500) Russkij Kuzov (500)	Межхолмовые понижения Depressions between hills	Сосняк брусничный Cowberry pine forest	5C ₅₅ 5B ₅₅ едC ₁₃₀ 5P ₅₅ 5B ₅₅ fewP ₁₃₀	0,7	5E ₁₀₋₂₀ 5C ₁₀₋₂₀ 1 тыс. экз./га 5S ₁₀₋₂₀ 5P ₁₀₋₂₀ 1,000 stems/ha	Исходный древостой – сосняк брусничный в возрасте 240 лет – уничтожен сильным пожаром, о чем свидетельствуют слои углей 1–3 см на почве и под подстилкой и поваленные из-за повреждения корневых систем крупные деревья The original stand – pine forest of the cowberry type, was destroyed by a heavy fire at 240 years of age, as evidenced by a 1–3 cm charcoal layer on the soil and beneath the forest floor, and fallen large trees upon root damage
	Вершина холма, выходы коренных пород Hilltop, bedrock outcrops	Сосняк брусничный скальный Rupicolous cowberry pine forest	5C ₃₀ 5B ₃₀	1,0	отсутствует absent	Следы сильного пожара: слои углей в подстилке 1–3 см; обгоревшие фрагменты деревьев, следы пожаров на сухостое Traces of a dramatic fire: 1–3 cm charcoal layer in forest floor; burnt tree fragments, fire marks on dead standing trees
Асафий (70) Asafij (70)	Вершина холма, выходы коренных пород Hilltop, bedrock outcrops	Сосняк скальный Rupicolous pine forest	10C ₄₀₋₂₀₀ 10P ₄₀₋₂₀₀	0,2–0,3	«»	Следы пожара: угли в подстилке и пожарные шрамы на стволах. Средняя высота 5 м; средний диаметр 12 см Traces of fire: charcoal in forest floor and fire scars on trunks. Average height 5 m; average diameter 12 cm
	Межхолмовые понижения Depressions between hills	Березовое криволесье Elfin birch woodland	10B ₂₀₋₁₀₀ 10B ₂₀₋₁₀₀	0,7	«»	Средняя высота 5 м; средний диаметр 6 см Average height 5 m; average diameter 6 cm
	Межхолмовые понижения Depressions between hills	Осиновое криволесье Elfin aspen woodland	100C ₂₀₋₁₀₀ едE 10As ₂₀₋₁₀₀ fewS	0,6	«»	Сильно сбежистые деревья с деформированными кронами, средней высотой 8 м, средним диаметром 22 см Heavily tapered trees with disfigured crowns, average height of 8 m, average diameter of 22 cm

крове абсолютно доминируют две совершенно контрастные группы почв – примитивные скальные и переходные торфяные. Мощность торфяных залежей в различных по площади разломах и депрессиях кристаллического фундамента обычно не превышает 1,5–2,0 метра. В лесном покрове абсолютное преобладание сосняков (до 90 % покрытой лесом площади), в том числе сосняки скальные – до 50 %.

Для условий Карелии это очень редкий тип ландшафта, который на остальной части северо-восточной подзоны не встречается. Единственный небольшой контур его среднетаежного аналога представлен лишь в Северном Приладожье. Крупные скальные «купола» – оригинальны, их флористические комплексы имеют обедненный видовой состав и вследствие экстремальных микроклиматических и эдафических условий являются уязвимыми к антропогенным воздействиям. На таких обширных площадях скальные растительные группировки встречаются только в данном типе ландшафта.

Древостои отличаются низкой полнотой (в среднем 0,4) и продуктивностью (60 м³/га на лесную площадь и 36 м³/га на площадь суши). Более того, до 70 % из них имеют предельно низкую полноту – менее 0,4. Леса труднодоступны для лесозаготовок ввиду большой крутизны склонов. В этой связи проведение здесь любых видов рубок экономически малоцелесообразно. До настоящего времени леса на скальных холмах и грядах на побережье почти не затрагивались сплошными рубками.

Возобновление леса на вырубках происходит замедленными темпами. Так, по данным лесоустройства, даже в относительно благоприятном черничном типе местообитаний через 4–7 лет после рубки на почти 90 % площади вырубок в пределах ландшафтного контура возобновление древесных пород полностью отсутствует. Сосняки «каменистые» (название типа в лесоустроительной версии) только через 20–30 лет после рубки восстанавливаются до естественной полноты 0,4–0,5. В целом в случае рубок сосняков на скальных кристаллических холмах и грядах можно уверенно прогнозировать, что формирование лесного покрова до состояния, близкого к исходному, затянется на длительное время ввиду очень медленного роста сосны в скальных местообитаниях. Территории, лишенные лесной растительности, станут сходными с редколесьями низкогорий. Леса произрастают в экстремальных для них эдафических условиях: свыше 70 % – на примитивных и неполноразвитых почвах. Маломощные, прерывистые рыхлые отложения на крутых

склонах при механизированных заготовках будут подвержены риску эрозии.

В пределах контура ландшафта сохранился крупный массив коренных лесов. Древостои в прошлом были неоднократно пройдены выборочными рубками невысокой интенсивности, но к настоящему времени восстановились до состояния, близкого к исходному. Природные комплексы охраняются в пределах ландшафтных заказников регионального значения «Керетский» и «Гридино» на общей площади 13 тыс. га (научные обоснования объектов подготовлены КарНЦ РАН).

Специфика растительных сообществ на островах

Древесная растительность была описана на уровне типов сообществ на 12 островах, и она весьма специфична. В таблице 2 приводятся некоторые наиболее выразительные примеры растительных сообществ о-вов Сумостров, Русский Кузов, Асафий. На них выделены следующие типы лесных сообществ: сосняки скальные, брусничные скальные, брусничные, ельники черничные свежие, а также березовые и осиновые криволеся. Обращает на себя внимание почти повсеместное воздействие пирогенного фактора на природные комплексы островов (зафиксированы следы пожаров на стволах и угольные слои в подстилке). Очевидно, что все они антропогенного происхождения, поскольку острова очень часто посещаются рыбаками и туристами. Такое воздействие пирогенного фактора объясняет высокое участие березы даже в условиях брусничного скального и брусничного типа местообитаний с относительно жесткими для произрастания лиственных пород условиями. Береза появляется на различных по площади участках открытых гарей. Очень специфичны однородные по составу березовые и осиновые криволеся. Это именно криволеся с полнотой 0,6–0,7, а не низкополнотные редколесья. Возраст формирующих их деревьев составляет от 20 до 100 лет, высоты варьируют от 5 до 13 м. Характерны искривленные формы стволов. По своему облику они очень сходны с лесотундровыми, что необычно на широтах исследованных островов.

Заключение

Представленные данные характеризуют природные комплексы на Карельском и Поморском берегах Белого моря в самых различных экологических аспектах. Материалы будут полезны широкому кругу специалистов, более

детально изучающих различные компоненты экосистем (флористические и фаунистические комплексы), их природные особенности, спонтанную и антропогенную динамику. Более того, использование ландшафтного подхода позво-

ляет координировать исследования на единой естественно-географической основе.

Поступила в редакцию 24. 12.2018

Received December 24, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Громцев Андрей Николаевич

главный научный сотрудник, д. с.-х. н.
Отдел комплексных научных исследований,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: gromtsev@krc.karelia.ru
тел.: +79212266558

Бахмет Ольга Николаевна

главный научный сотрудник, чл.-корр. РАН, д. б. н.
Отдел комплексных научных исследований,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: obahmet@mail.ru
тел.: +79114094036

Карпин Владимир Александрович

младший научный сотрудник
Институт леса КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: landscapeexplorer@gmail.com

Ткаченко Юлия Николаевна

ведущий почвовед
Институт леса КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: tkachenko.76@mail.ru

Туюнен Андрей Владимирович

младший научный сотрудник
Институт леса КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: tuyunen@krc.karelia.ru

Петров Николай Владимирович

младший научный сотрудник, к. с.-х. н.
Институт леса КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: nvpetrov@krc.karelia.ru

CONTRIBUTORS:

Gromtsev, Andrey

Department of Multidisciplinary Scientific Research,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: gromtsev@krc.karelia.ru
tel.: +79212266558

Bakhmet, Olga

Department of Multidisciplinary Scientific Research,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: obahmet@mail.ru
tel.: +79114094036

Karpin, Vladimir

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: landscapeexplorer@gmail.com

Tkachenko, Yulia

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: tkachenko.76@mail.ru

Tuyunen, Andrej

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: tuyunen@krc.karelia.ru

Petrov, Nikolai

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: nvpetrov@krc.karelia.ru

ЮБИЛЕИ И ДАТЫ

ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ МАСЛОБОВЕВ (к 70-летию со дня рождения)

Владимир Алексеевич Маслобоев – доктор технических наук, заместитель председателя по научной работе Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр РАН», научный руководитель Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН.

Родился 29 мая 1949 года в семье Алексея Ивановича и Анны Пименовны Маслобоевых в Маймаксанском районе Архангельской области. В настоящее время это один из девяти территориальных округов Архангельска, расположенный в северной части города, на островах дельты Северной Двины.

Некоторое время семья жила в пос. Лабытнанги Ямало-Ненецкого автономного округа, но затем переехала в пос. Кулой. Маленькому Володе приходилось подолгу жить у дедушки Пимена Степановича Богданова. Суровый и разумный уклад жизни архангельских староверов определил его отношение к миру. Владимир Алексеевич вспоминает, что с четырех лет по воскресеньям дед брал его с собой на службу. Сестры, а их у Владимира было трое, освобождались от этого, но мужчина, хоть и маленький, должен был следовать заведенному порядку. За семь километров в село Хозьмино в любую погоду шел Володя с дедушкой в храм. Службу стоял (потому что мужчина – должен соответствовать) и обратно за семь километров домой. Дядя Акиндин Пименович, агроном, привил Володе своеобразие отношение к труду. Владимир Алексеевич вспоминает, что дядя Киня терпеть не мог праздных людей. Поэтому летние каникулы у дедушки всегда были заполнены работами на сенокосе, заготовле-



нием дров на зиму или хотя бы рыбной ловлей, которая также считалась мужским занятием.

Среднюю школу Владимир окончил в 1966 году с серебряной медалью. Мама просила его стать доктором. Все товарищи уехали в Архангельск поступать в Архангельский медицинский институт. А он отправился в Москву, во 2-й медицинский институт, где уже училась его двоюродная сестра Люба. Оставив Любу стоять в очереди на прием документов, Володя пошел

полюбопытствовать, что за вузы расположены поблизости. Московский педагогический институт его не вдохновил, уж очень маленькая у них была стипендия, а вот Московский институт тонкой химической технологии им. М. В. Ломоносова (МИТХТ), который предлагал более высокую стипендию и где отсутствовала огромная очередь абитуриентов, показался подходящим. И Володя подал документы в МИТХТ. Как потом оказалось, в их группе не было ни одного немедалиста. Мама, конечно, огорчилась, но Володя пообещал: «Мама, я стану доктором». И стал доктором технических наук в 41 год. Достаточно долго Владимир Алексеевич был самым молодым доктором в Кольском научном центре, пока его рекорд не побил его же сын Андрей Владимирович, защитивший докторскую диссертацию в 33 года.

По окончании института в 1972 году Владимир Алексеевич получил распределение в Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского филиала Академии наук СССР (КФАН). С красным дипломом его взяли на должность «лаборант с высшим образованием». Кроме того, его вузовская характеристика содержала фразу, что, несмотря на блестящую учебу, Маслобоев В. А. был неактивен в общественной жизни. А он все студенческие годы работал, чтобы не быть в тягость семье. Времена были простые, и его отправили исправляться – сначала в комсомольскую организацию, которую он впоследствии возглавлял четыре года (1976–1980), а потом и в партийную организацию КФАН. Владимир Алексеевич был секретарем парткома с 1980 по 1983 год. Кроме того, в эти же годы три созыва подряд избирался депутатом городского Совета.

В 1978 году защитил кандидатскую диссертацию по физической химии в диссертационном совете Института химии силикатов АН СССР в Ленинграде по результатам своих исследований по гидротермальному синтезу редкоземельных силикатов и германатов в растворах гидроксидов рубидия и цезия и изучению свойств синтезированных соединений. После защиты кандидатской диссертации пришлось переключиться на технологические работы по редкоземельному сырью Кольского полуострова. Именно тогда в его жизни химика появляются аспекты, связанные с охраной окружающей среды. Недаром в ИХТРЭМСе любят повторять: «Хорошая безотходная технология – это ключ к решению экологических проблем». Он развил важное научное направление по разработке технологических схем комплексной переработки нетрадиционного редкозе-

мельного сырья Мурманской области (лопарит, эвдиалит, перовскит, иттрибритолит и иттрифлюорит, апатиты различных генераций). Им обоснованы и разработаны новые комбинированные гидрометаллургические методы, основанные на совмещении операций разложения минералов, выщелачивания, конверсии и жидкостной экстракции в одном процессе. Успешно был развит новый для ИХТРЭМС метод ионной флотации для извлечения редкоземельных элементов из полупродуктов переработки минерального сырья Кольского полуострова, электромембранные процессы, включая рекуперацию кислот и щелочей из сбросных растворов, безреагентные процессы осаждения высокочистых гидроксидов и основных солей в редкометаллическом производстве. Он внес большой вклад в физикохимию и направленный неорганический синтез соединений редких и редкоземельных элементов. Им исследованы и разработаны методы получения комплексных редкоземельных модификаторов чугуна и стали, полирующих материалов, сорбентов для борьбы с разливами нефти. Обоснованы и предложены новые методы синтеза и выращивания монокристаллов силикатов, германатов и конденсированных фосфатов редкоземельных элементов с заданными оптическими и спектральными свойствами и получения стекол на их основе для расширения областей применения редкоземельных элементов.

В 1990 году этого материала с избытком хватило на защиту диссертации по разработке методов выделения редкоземельных элементов из минерального сырья Кольского полуострова и получения материалов на их основе. Защищался в родном институте, МИТХТ.

В 1995 году жизнь Владимира Алексеевича сделала крутой поворот – четыре года он служил в Посольстве РФ в Королевстве Норвегия в должности первого секретаря посольства – атташе по науке. В эти непростые годы он способствовал успешному развитию научно-технического и экономического сотрудничества со Скандинавскими странами, особенно в решении экологических проблем Баренцева Евро-Арктического региона, повышению ядерной и радиационной безопасности. «В посольстве меня научили писать. Кратко, четко и по существу излагать свои мысли», – вспоминает Владимир Алексеевич.

После возвращения в Кольский научный центр в 1999 году он был назначен на должность заместителя председателя Центра по научно-инновационной деятельности. В начале 2001 года по просьбе председателя Кольского научного центра академика В. Т. Калининко-

ва возглавил Институт проблем промышленной экологии Севера (ИППЭС). На протяжении 15 лет, с 2001 по 2016 гг., когда он возглавлял это учреждение, были выведены на новый качественный уровень многие направления исследований института. Яркий прикладной характер получили работы по изучению биоразнообразия. По его инициативе в институте развиваются междисциплинарные исследования на стыке наук о Земле и биологических наук: теоретическое и экспериментальное обоснование методов биорекультивации отвалов промышленных отходов; биотехнологии извлечения металлов; очистки и ремедиации природных и техногенных сред от нефтяных и других загрязнителей. Расширяется сотрудничество с ведущими учреждениями РАН и Кольского научного центра. В последние годы особый акцент сделан на междисциплинарные исследования, направленные на поиск путей повышения социальной и экономической устойчивости добычи и переработки минерального сырья в Арктике в контексте сохранения природы. В институте были выращены собственные научные кадры, сейчас это молодые, но уже доказавшие свою состоятельность ученые.

Под руководством В. А. Маслобоева был осуществлен ряд масштабных для Баренцева региона проектов, укрепивших авторитет института. Важнейшим среди них являются работы по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) газопровода «Видяево-Волхов» в рамках проекта освоения Штокмановского месторождения в 2006–2008 годах. Позже ОВОС был проведен по палладий-платиновому месторождению Федоровых тундр и Сопчеозерскому хромитовому месторождению.

По инициативе Владимира Алексеевича налажено тесное сотрудничество ИППЭС с ведущими предприятиями Мурманской области: АО «Апатит», АО «Кольская ГМК», АО «Ковдорский ГОК», АО «Олкон», ООО «Ловозерский ГОК», Кольская АЭС, филиал «Кольский» ОАО «ТГК-1».

Владимир Алексеевич стал инициатором проведения регулярных конференций «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения» (с 2004 года), которые собирают

десятки экологов из России, ближнего зарубежья, Скандинавских стран.

В. А. Маслобоев – профессор Мурманского арктического государственного университета, где читает курсы лекций по материаловедению и материалам электронной техники, теории тепловых свойств веществ, и профессор Мурманского государственного технического университета, где читает курсы по гидрометаллургическим процессам, устойчивому развитию, современной минерально-сырьевой базе. Он создал и руководит магистерской программой по прикладной геоэкологии. Под его руководством защищены четыре кандидатские диссертации.

Владимир Алексеевич входит в редакционные советы журналов «Вестник Кольского научного центра РАН» и «Труды Кольского научного центра РАН», редколлегии журналов «Труды Карельского научного центра РАН» (серия «Экологические исследования»), «Север и рынок», «Север и Арктика», «Вестник Мурманского государственного технического университета» (секция наук о Земле), а также «Barents Newsletter on Occupational Health and Safety» в 2005–2015 гг., член научно-издательского совета «Кольской энциклопедии».

За высокие достижения в развитии научного и кадрового потенциала региона в 1986 году В. А. Маслобоев был награжден медалью «За трудовую доблесть», в 2010 году – орденом Дружбы. Предмет особой гордости Владимира Алексеевича – то, что в 2017 году Ученый совет Северного (Арктического) федерального университета присвоил ему звание Почетного доктора САФУ, все же Архангельск его «малая родина».

«Я – счастливый человек! У меня в жизни всегда было только два хобби: работа и езда на автомобиле с большой скоростью на длинные расстояния», – говорит Владимир Алексеевич.

Друзья и коллеги Владимира Алексеевича Маслобоева рады видеть юбиляра полным сил, свежих идей и с неугасающей жаждой творчества. Искренне поздравляем с юбилеем и желаем здоровья, талантливых учеников, новых интересных проектов и творческого долголетия!

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(требования к работам, представляемым к публикации
в «Трудах Карельского научного центра Российской академии наук»)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды КарНЦ РАН) публикуют результаты завершённых оригинальных исследований в различных областях современной науки: теоретические и обзорные статьи, сообщения, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учётом научной значимости и актуальности представленных материалов. Редколлегия серий и отдельных выпусков Трудов КарНЦ РАН оставляет за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие настоящим правилам.

При получении редакцией рукопись регистрируется (в случае выполнения авторами основных правил ее оформления) и направляется на отзыв рецензентам. Отзыв состоит из ответов на типовые вопросы анкеты и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылается электронная версия анкеты и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее чем через месяц после получения рецензии. Перед опубликованием авторам высылается распечатанная версия статьи, которая вычитывается, подписывается авторами и возвращается в редакцию.

Журнал имеет полноценную электронную версию на базе Open Journal System (OJS), позволяющую перевести предоставление и редактирование рукописи, общение автора с редколлегиями серий и рецензентами в электронный формат и обеспечивающую прозрачность процесса рецензирования при сохранении анонимности рецензентов (<http://journals.krc.karelia.ru/>).

Редакционный совет журнала «Труды Карельского научного центра РАН» (Труды КарНЦ РАН) определил для себя в качестве одного из приоритетов полную открытость издания. Это означает, что пользователям на условиях свободного доступа разрешается: читать, скачивать, копировать, распространять, печатать, искать или находить полные тексты статей журнала по ссылке без предварительного разрешения от издателя и автора. Учредители журнала берут на себя все расходы по редакционно-издательской подготовке статей и их опубликованию.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН, аннотации и полнотекстовые электронные варианты статей, а также другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступны на сайтах – <http://transactions.krc.karelia.ru>; <http://journals.krc.karelia.ru>

Почтовый адрес редакции: 185000, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон: (8142) 762018.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Объём рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) не должен превышать: для обзорных статей – 30 страниц, для оригинальных – 25, для сообщений – 15, для хроники и рецензий – 5–6. Объём рисунков не должен превышать 1/4 объёма статьи. Рукописи большего объёма (в исключительных случаях) принимаются при достаточном обосновании по согласованию с ответственным редактором.

При оформлении рукописи применяется полуторный межстрочный интервал, шрифт Times New Roman, кегль 12, выравнивание по обоим краям. Размер полей страницы – 2,5 см со всех сторон. Все страницы, включая список литературы и подписи к рисункам, должны иметь сплошную нумерацию в нижнем правом углу. Страницы с рисунками не нумеруются.

Рукописи подаются в электронном виде в формате MS Word на сайте <http://journals.krc.karelia.ru> либо на e-mail: trudy@krc.karelia.ru, или же представляются в редакцию лично (г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, каб. 502). К рукописи желательно прилагать два бумажных экземпляра, напечатанных на одной стороне листа формата А4 в одну колонку.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке: *УДК* курсивом на первой странице, в левом верхнем углу; заглавие статьи на русском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; инициалы, фамилии всех авторов на русском языке полужирным шрифтом; полное название организации – места работы каждого автора в именительном падеже на русском языке курсивом (если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно); аннотация на русском языке; ключевые слова на русском языке; инициалы, фамилии всех авторов на английском языке полужирным шрифтом; название статьи на английском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; аннотация на английском языке; ключевые слова на английском языке; текст статьи (статьи экспериментального характера, как правило, должны иметь разделы: **Введение. Материалы и методы. Результаты и обсуждение. Выводы либо Заключение**); благодарности и указание источников финансирования выполненных исследований; списки литературы: с библиографическими описаниями на языке и алфавите оригинала (**Литература**) и транслитерированный в латиницу с переводом русскоязычных источников на английский язык (**References**); таблицы на русском и английском языках (на отдельных листах); рисунки (на отдельных листах); подписи к рисункам на русском и английском языках (на отдельном листе).

На отдельном листе дополнительные сведения об авторах: фамилии, имена, отчества всех авторов полностью на русском и английском языке; полный почтовый адрес каждой организации (страна, город) на русском и английском языке; должности, ученые звания, ученые степени авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ должно точно отражать содержание статьи* и состоять из 8–10 значимых слов.

АННОТАЦИЯ** должна быть лишена вводных фраз, создавать возможно полное представление о содержании статьи и иметь объем не менее 200 слов. Рукопись с недостаточно раскрывающей содержание аннотацией может быть отклонена.

Отдельной строкой приводится перечень КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ (не менее 5). Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга точкой с запятой, в конце фразы ставится точка. Слова, фигурирующие в заголовке статьи, ключевыми являться не могут.

Раздел «Материалы и методы» должен содержать сведения об объекте исследования с обязательным указанием латинских названий и сводок, по которым они приводятся, авторов классификаций и пр. Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Желательна статистическая обработка всех количественных данных. Необходимо возможно точнее обозначать местонахождения (в идеале – с точным указанием географических координат).

Изложение результатов должно заключаться не в пересказе содержания таблиц и графиков, а в выявлении следующих из них закономерностей. Автор должен сравнить полученную им информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. Следует ссылаться на табличный и иллюстративный материал так: на рисунки, фотографии и таблицы в тексте (рис. 1, рис. 2, табл. 1, табл. 2 и т. д.), фотографии, помещаемые на вклейках (рис. I, рис. II). Обсуждение завершается формулировкой в разделе «Заключение» основного вывода, которая должна содержать конкретный ответ на вопрос, поставленный во «Введении». Ссылки на литературу в тексте даются фамилиями, например: Карху, 1990 (один автор); Раменская, Андреева, 1982 (два автора); Крутов и др., 2008 (три автора или более) либо начальным словом описания источника, приведенного в списке литературы, и заключаются в квадратные скобки. При перечислении нескольких источников работы располагаются в хронологическом порядке, например: [Иванов, Топоров, 1965; Успенский, 1982; Erwin et al., 1989; Атлас..., 1994; Longman, 2001].

ТАБЛИЦЫ нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. Заголовки таблиц, заголовки и содержание столбцов, строк, а также примечания приводятся на русском и английском языках. На полях бумажного экземпляра рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, поясняются в Примечании, расположенном под ней. При повторении цифр в столбцах нужно их повторять, при повторении слов – в столбцах ставить кавычки. Таблицы могут быть книжной или альбомной ориентации (при соблюдении вышеуказанных параметров страницы).

РИСУНКИ представляются отдельными файлами с расширением TIFF (*.TIF) или JPG. При первичной подаче материала в редакцию рисунки вставляются в общий текстовый файл. При сдаче материала, принятого в печать, все рисунки из текста статьи должны быть убраны и представлены в виде отдельных файлов в вышеуказанном формате. Графические материалы должны быть снабжены распечатками с указа-

* Названия видов приводятся на латинском языке КУРСИВОМ, в скобках указываются высшие таксоны (семейства), к которым относятся объекты исследования.

** Обращаем внимание авторов, что в связи с подготовкой журнала к включению в международные базы данных библиографических описаний и научного цитирования расширенная аннотация на английском языке, двуязычные таблицы и подписи к рисункам, а также транслитерированный в латиницу список использованной литературы приобретают особое значение.

нием желательного размера рисунка, пожеланий и требований к конкретным иллюстрациям. На каждый рисунок должна быть как минимум одна ссылка в тексте. Иллюстрации объектов, исследованных с помощью фотосъемки, микроскопа (оптического, электронного трансмиссионного и сканирующего), должны сопровождаться масштабными линейками, причем в подрисуночных подписях надо указать длину линейки. Приводить данные о кратности увеличения необязательно, поскольку при публикации рисунков размеры изменятся. Крупномасштабные карты желательно приводить с координатной сеткой, обозначениями населенных пунктов и/или названиями физико-географических объектов и разной фактурой для воды и суши. В углу карты желательна врезка с мелкомасштабной картой, где был бы указан участок, увеличенный в крупном масштабе в виде основной карты.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ приводятся на русском и английском языках, должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях, детали на рисунках следует обозначать цифрами или буквами, значение которых также приводится в подписях.

ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ. В расширенных латинских названиях таксонов не ставится запятая между фамилией авторов и годом, чтобы была понятна разница между полным названием таксона и ссылкой на публикацию в списке литературы. Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Вписывать латинские названия в текст от руки недопустимо. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и желательно с годом, например: водяной ослик (*Asellus aquaticus* (L. 1758)). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования, например, для брюхоногого моллюска *Margarites groenlandicus* (Gmelin 1790) – *M. groenlandicus* или для подвида *M. g. umbilicalis*.

СОКРАЩЕНИЯ. Разрешаются лишь общепринятые сокращения – названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

БЛАГОДАРНОСТИ. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.-2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

ТРАНСЛИТЕРИРОВАННЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES). Приводится отдельным списком, повторяя все позиции основного списка литературы. Описания русскоязычных работ указываются в латинской транслитерации, рядом в квадратных скобках помещается их перевод на английский язык. Выходные данные приводятся на английском языке (допускается транслитерация названия издательства). При наличии переводной версии источника можно указать его библиографическое описание вместо транслитерированного. Библиографические описания прочих работ приводятся на языке оригинала. Для составления списка рекомендуется использование бесплатных онлайн-сервисов транслитерации, вариант BSI.

Внимание! С 2015 года каждой статье, публикуемой в «Трудах Карельского научного центра РАН», редакцией присваивается уникальный идентификационный номер цифрового объекта (DOI) и статья включается в базу данных Crossref. **Обязательным условием является указание в списках литературы DOI для тех работ, у которых он есть.**

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ 1-Й СТРАНИЦЫ

УДК 631.53.027.32:635.63

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ЗАКАЛИВАНИЯ СЕМЯН НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА

Е. Г. Шерудило¹, М. И. Сысоева¹, Г. Н. Алексейчук², Е. Ф. Марковская¹

¹ Институт биологии Карельского научного центра РАН

² Институт экспериментальной ботаники НАН Республики Беларусь им. В. Ф. Купревича

Аннотация на русском языке

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L.; кратковременное снижение температуры; устойчивость.

E. G. Sherudilo, M. I. Sysoeva, G. N. Alekseichuk, E. F. Markovskaya. EFFECTS OF DIFFERENT REGIMES OF SEED HARDENING ON COLD RESISTANCE IN CUCUMBER PLANTS

Аннотация на английском языке

Keywords: *Cucumis sativus* L.; temperature drop; resistance.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ

Таблица 2. Ультраструктура клеток мезофилла листа в последствии 10-минутного охлаждения (2 °C) проростков или корней пшеницы

Table 2. Ultrastructure of leaf mesophyll cells after the exposure of wheat seedlings or roots to 10 min of chilling at 2 °C

Показатель Index	Контроль Control	Охлаждение проростков Seedling chilling	Охлаждение корней Root chilling
Площадь среза хлоропласта, мкм ² Chloroplast cross-sectional area, μm ²	10,0 ± 0,7	13,5 ± 1,1	12,7 ± 0,5
Площадь среза митохондрии, мкм ² Mitochondria cross-sectional area, μm ²	0,4 ± 0,03	0,5 ± 0,03	0,6 ± 0,04
Площадь среза пероксисомы, мкм ² Peroxisome cross-sectional area, μm ²	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,7 ± 0,1
Число хлоропластов на срезе клетки, шт. Number of chloroplasts in cell cross-section	9 ± 1	8 ± 1	10 ± 1
Число митохондрий на срезе клетки, шт. Number of mitochondria in cell cross-section	8 ± 1	8 ± 1	10 ± 1
Число пероксисом на срезе клетки, шт. Number of peroxisomes in cell cross-section	2 ± 0,3	2 ± 0,3	3 ± 0,4

Примечание. Здесь и в табл. 3: все параметры ультраструктуры измеряли через 24 ч после охлаждения.

Note. Here and in Tab. 3 all ultrastructure parameters were measured 24 h after chilling.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСИ К РИСУНКУ

Рис. 1. Северный точильщик (*Hadrobregmus confuses* Kraaz.)

Fig. 1. Woodboring beetle *Hadrobregmus confuses* Kraaz.

Рис. 5. Результаты изучения кристаллитов и демпферных зон в образце кварца из Дульдурги:

(а) – электронная микрофотография кварца; (б) – картина микродифракции, полученная для участка 1 в области кристаллитов; (в) – картина микродифракции, отвечающая участку 2 в области демпферных зон

Fig. 5. Results of the study of crystallites and damping zones in a quartz sample from Duldurga:

(a) – electron microphotograph of the quartz sample; (б) – microdiffraction image of site 1 in the crystallite area; (в) – microdiffraction image corresponding to site 2 in the damping area

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на книги

Вольф Г. Н. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии / Ред. Г. Снатцке. М.: Мир, 1970. С. 348–350.

Патрушев Л. И. Экспрессия генов. М.: Наука, 2000. 830 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

В транслитерированном списке литературы:

Vol'f G. N. Dispersiya opticheskogo vrashheniya i krugovoj dikhroizm v organicheskoy khimii [Optical rotatory dispersion and circular dichroism in Organic Chemistry]. Ed. G. Snattske. Moscow: Mir, 1970. P. 348–350.

Patrushev L. I. Ekspressiya genov [Gene expression]. Moscow: Nauka, 2000. 830 p.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques. Eds P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Ссылки на статьи

Викторов Г. А. Межвидовая конкуренция и сосуществование экологических гомологов у паразитических перепончатокрылых // Журн. общ. биол. 1970. Т. 31, № 2. С. 247–255.

Grove D. J., Loisesides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, no. 4. P. 507–516.

Noctor G., Queval G., Mhamdi A., Chaouch A., Foyer C. H. Glutathione // Arabidopsis Book. American Society of plant Biologists, Rockville, MD. 2011. doi:10.1199/tab.0142

В транслитерированном списке литературы:

Viktorov G. A. Mezhhvidovaya konkurentsiya i sosushhestvovanie ehkologicheskikh gomologov u paraziticheskikh pereponchatokrylykh [Interspecific competition and coexistence ecological homologues in parasitic Hymenoptera]. Zhurn. obshh. biol. [Biol. Bull. Reviews]. 1970. Vol. 31, no. 2. P. 247–255.

Grove D. J., Loisesides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri*. J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, no. 4. P. 507–516.

Noctor G., Queval G., Mhamdi A., Chaouch A., Foyer C. H. Glutathione. Arabidopsis Book. American Society of plant Biologists, Rockville, MD. 2011. doi:10.1199/tab.0142

Ссылки на материалы конференций

Марьинских Д. М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11–12 сент. 2000 г.). Новосибирск, 2000. С. 125–128.

В транслитерированном списке литературы:

Mar'inskikh D. M. Razrabotka landshaftnogo plana kak neobkhodimoe uslovie ustoichivogo razvitiya goroda (na primere Tyumeni) [Landscape planning as a necessary condition for sustainable development of a city (example of Tyumen)]. Ekologiya landshafta i planirovanie zemlepol'zovaniya: Tezisy dokl. Vseros. konf. (Irkutsk, 11–12 sent. 2000 g.) [Landscape ecology and land-use planning: abstracts of all-Russian conference (Irkutsk, Sept. 11–12, 2000)]. Novosibirsk, 2000. P. 125–128.

Ссылки на диссертации или авторефераты диссертаций

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1985. 23 с.

Лозовик П. А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: Дис. ... докт. хим. наук. Петрозаводск, 2006. 481 с.

В транслитерированном списке литературы:

Sheftel' B. I. Ekologicheskie aspekty prostranstvenno-vremennykh mezhvidovykh vzaimootnoshenii zemlerоек Srednei Sibiri [Ecological aspects of spatio-temporal interspecies relations of shrews of Middle Siberia]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Moscow, 1985. 23 p.

Lozovik P. A. Gidrogeokhimicheskie kriterii sostoyaniya poverkhnostnykh vod gumidnoi zony i ikh ustoichivosti k antropogennomu vozddeystviyu [Hydrogeochemical criteria of the state of surface water in humid zone and their tolerance to anthropogenic impact]: DSc (Dr. of Chem.) thesis. Petrozavodsk, 2006. 481 p.

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28.04.12.2000.

Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

В транслитерированном списке литературы:

Patent RF № 2000130511/28. 04.12.2000 [Russian patent No. 2000130511/28. December 4, 2000].

Es'kov D. N., Seregin A. G. Optiko-elektronnyi apparat [Optoelectronic apparatus]. Patent Rossii № 2122745 [Russian patent No. 2122745]. 1998. Bulletin No. 33.

Ссылки на архивные материалы

Гребенщиков Я. П. К небольшому курсу по библиографии: материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. Ф. 41. Ед. хр. 45. Л. 1–10.

В транслитерированном списке литературы:

Grebenshchikov Ya. P. K nebol'shomu kursu po bibliografii: materialy i zametki, 26 fevr. – 10 marta 1924 g. [Brief course on bibliography: the materials and notes, Febr. 26 – March 10, 1924]. OR RNB. F. 41. St. un. 45. L. 1–10.

Ссылки на интернет-ресурсы

Паринов С. И., Ляпунов В. М., Пузырев Р. Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайн-сервисов // Электрон. б-ки. 2003. Т. 6, вып. 1. URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (дата обращения: 25.12.2015).

Демография. Официальная статистика / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 25.12.2015).

В транслитерированном списке литературы:

Parinov S. I., Lyapunov V. M., Puzyrev R. L. Sistema Sotsionet kak platforma dlya razrabotki nauchnykh informatsionnykh resursov i onlainovykh servisov [Socionet as a platform for development of scientific information resources and online services]. *Elektron. b-ki [Digital library]*. 2003. Vol. 6, iss. 1. URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (accessed: 25.11.2006).

Demografija. Oficial'naja statistika [Demography. Official statistics]. *Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal state statistics service]*. URL: <http://www.gks.ru/> (accessed: 25.12.2015).

Ссылки на электронные ресурсы на CD-ROM

Государственная Дума, 1999–2003 [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия / Аппарат Гос. Думы Федер. Собрания Рос. Федерации. М., 2004. 1 CD-ROM.

В транслитерированном списке литературы:

Gosudarstvennaya Duma, 1999–2003 [State Duma, 1999–2003]. Electronic encyclopedia. The office of the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation. Moscow, 2004. 1 CD-ROM.

Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences

No. 5, 2019

“ECOLOGICAL STUDIES”

TABLE OF CONTENTS

A. N. Gromtsev. SECONDARY FORESTS IN THE WEST OF THE RUSSIAN BOREAL ZONE: CONCEPTS, GENESIS, IDENTIFICATION	5
V. V. Belkin, V. A. Ilyukha, E. A. Khizhkin, F. V. Fyodorov, A. E. Yakimova. STUDIES OF THE BAT FAUNA (MAMMALIA, CHIROPTERA) IN THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA	17
F. V. Fyodorov, Yu. A. Krasovsky. CANADIAN BEAVER (<i>CASTOR CANADENSIS</i> KUHL) AS AN INVASIVE SPECIES IN THE KARELIAN PART OF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA	30
P. M. Terentjev, E. M. Zubova, N. A. Kashulin, I. M. Koroleva. PATTERNS OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN FISH IN LAKES OF THE FENNOSCANDIAN GREEN BELT (IN THE MURMANSK REGION)	39
O. S. Trushitsyna. AN ECOLOGICAL AND FAUNISTIC OVERVIEW OF GROUND BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) IN THE NORTHWEST OF THE MURMANSK PART OF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA	56
M. A. Boychuk, R. S. Martjanov. MOSSES USED IN THE CONSTRUCTION OF WOODEN HOUSES OF THE KIZHI MUSEUM AND ITS BUFFER ZONE (REPUBLIC OF KARELIA)	66
N. V. Ilmast, O. P. Sterligova, D. S. Savosin. ROACH <i>RUTILUS RUTILIS</i> IN THE LAKE-RIVER SYSTEM OF THE KENTI RIVER, WHITE SEA BASIN	73
E. V. Tekanova. CURRENT STATE OF THE ECOSYSTEM OF LAKE UROZERO, KARELIA, ASSESSED THROUGH PRIMARY PRODUCTION AND DESTRUCTION INDICATORS.	83
SHORT COMMUNICATIONS	
A. N. Gromtsev, O. N. Bakhmet, V. A. Karpin, N. V. Petrov, A. V. Tuyunen, Yu. N. Tkachenko. LANDSCAPE FEATURES AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL ECOSYSTEMS ON THE WHITE SEA KARELIAN AND POMOR COASTS	90
DATES AND ANNIVERSARIES	
Vladimir A. Masloboev (on the 70 th anniversary)	99
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS	102

Научный журнал

**Труды Карельского научного центра
Российской академии наук**
№ 5, 2019

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Печатается по решению Ученого совета
Федерального исследовательского центра
«Карельский научный центр Российской академии наук»*

Выходит 12 раз в год

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Регистрационная запись ПИ № ФС 77-72429 от 28.02.2018 г.

Редактор А. И. Мокеева
Компьютерная верстка Г. О. Предтеченский

Подписано в печать 22.05.2019. Дата выхода 31.05.2019. Формат 60x84¹/₈.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 11,7. Усл. печ. л. 12,7.
Тираж 100 экз. Заказ 556. Цена свободная

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук»
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Оригинал-макет: Редакция научного издания «Труды КарНЦ РАН»

Типография: Редакционно-издательский отдел КарНЦ РАН
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50