

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Научный журнал
**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ПЕТРОЗАВОДСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**
(продолжение журнала 1947–1975 гг.)

№ 2 (163). Март, 2017

Главный редактор

А. В. Воронин, доктор технических наук, профессор

Зам. главного редактора

С. Г. Веригин, доктор исторических наук, профессор

Э. В. Ивантер, доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН

В. С. Сюнёв, доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь журнала

Н. В. Ровенко, кандидат филологических наук

Перепечатка материалов, опубликованных
в журнале, без разрешения редакции запрещена.
Статьи журнала рецензируются

Адрес редакции журнала
185910, Республика Карелия,
г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33.
Тел. (8142) 76-97-11
E-mail: uchzap@mail.ru

uchzap.petrSU.ru

Редакционный совет

- | | |
|---|---|
| В. Н. БОЛЬШАКОВ
доктор биологических наук,
профессор, академик РАН (Екатеринбург) | Н. Н. МЕЛЬНИКОВ
доктор технических наук,
профессор, академик РАН (Апатиты) |
| И. П. ДУДАНОВ
доктор медицинских наук,
профессор, член-корреспондент РАН
(Петрозаводск) | И. И. МУЛЛОНЕН
доктор филологических наук,
профессор (Петрозаводск) |
| В. Н. ЗАХАРОВ
доктор филологических наук,
профессор (Москва) | В. П. ОРФИНСКИЙ
доктор архитектуры, профессор,
действительный член Российской академии архитектуры
и строительных наук (Петрозаводск) |
| Ю. ИНОУЭ
профессор (Токио, Япония) | П. ПЕЛКОНЕН
доктор технических наук,
профессор (Йоэнсуу, Финляндия) |
| А. С. ИСАЕВ
доктор биологических наук,
профессор, академик РАН (Москва) | И. В. РОМАНОВСКИЙ
доктор физико-математических наук,
профессор (Санкт-Петербург) |
| М. ВОХОЗКА
доктор экономических наук
(Чешские Будейовицы, Чешская Республика) | Е. С. СЕНЯВСКАЯ
доктор исторических наук, профессор (Москва) |
| В. М. ЛЕВИН
доктор физико-математических наук,
профессор (Мехико, Мексика) | К. СКВАРСКА
доктор философии (Прага, Чешская Республика) |
| Т. П. ЛЁННГРЕН
доктор философии (Тромсё, Норвегия) | А. Ф. ТИТОВ
доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН (Петрозаводск) |
| В. И. МАЕВСКИЙ
доктор экономических наук, профессор,
академик РАН (Москва) | Р. М. ЮСУПОВ
доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РАН (Санкт-Петербург) |

Редакционная коллегия

- | | |
|--|--|
| А. Е. БОЛГОВ
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
(Петрозаводск) | А. Ю. МЕЙГАЛ
доктор медицинских наук, профессор
(Петрозаводск) |
| Г. Г. БОРИСОВА
доктор географических наук, профессор
(Екатеринбург) | Н. Н. НЕМОВА
доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН (Петрозаводск) |
| В. В. ВАПИРОВ
доктор химических наук, профессор
(Петрозаводск) | Е. И. РАТЬКОВА
кандидат технических наук,
ответственный секретарь серии
(Петрозаводск) |
| Н. В. ВАСИЛЕВСКАЯ
доктор биологических наук, профессор
(Мурманск) | А. А. РОГОВ
доктор технических наук, профессор
(Петрозаводск) |
| Т. О. ВОЛКОВА
доктор биологических наук (Петрозаводск) | Г. Б. СТЕФАНОВИЧ
доктор физико-математических наук,
профессор (Петрозаводск) |
| Е. Ф. МАРКОВСКАЯ
доктор биологических наук, профессор
(Петрозаводск) | В. В. ЩИПЦОВ
доктор геолого-минералогических наук,
профессор (Петрозаводск) |
| С. П. МАСЛОВА
доктор биологических наук (Сыктывкар) | |

Ministry of Education and Science
of the Russian Federation

Scientific Journal
PROCEEDINGS
OF PETROZAVODSK
STATE UNIVERSITY
(following up 1947–1975)

№ 2 (163). March, 2017

Chief Editor

Anatoly V. Voronin, Doctor of Technical Sciences, Professor

Chief Deputy Editor

Sergey G. Verigin, Doctor of Historical Sciences, Professor

Ernest V. Ivanter, Doctor of Biological Sciences, Professor,
The RAS Corresponding Member

Vladimir S. Syunev, Doctor of Technical Sciences, Professor

Executive Secretary

Nadezhda V. Rovenko, Candidate of Philological Sciences

All rights reserved. No part of this journal may be used
or reproduced in any manner whatsoever without written permission.
The articles are reviewed

The Editor's Office Address
185910, Lenin Avenue, 33. Tel. +7 (8142) 769711
Petrozavodsk, Republic of Karelia
E-mail: uchzap@mail.ru

uchzap.petrSU.ru

Editorial Council

- V. BOL'SHAKOV**
Doctor of Biological Sciences,
Professor, the RAS Member (Ekaterinburg)
- I. DUDANOV**
Doctor of Medical Sciences, Professor,
the RAS Corresponding Member (Petrozavodsk)
- V. ZAKHAROV**
Doctor of Philological Sciences, Professor (Moscow)
- Y. INOUE**
Professor (Tokyo, Japan)
- A. ISAYEV**
Doctor of Biological Sciences,
Professor, the RAS Member (Moscow)
- M. VOCHOZKA**
Doctor of Economic Sciences
(Ceske Budejovice, Czech Republic)
- V. LEVIN**
Doctor of Physical-Mathematical Sciences,
Professor (Mexico, Mexico)
- T. LÖNNGREN**
Doctor of Philosophy (Tromsø, Norway)
- V. MAEVSKIY**
Doctor of Economic Sciences, Professor (Moscow)
- N. MEL'NIKOV**
Doctor of Technical Sciences,
Professor, the RAS Member (Apatity)
- I. MULLONEN**
Doctor of Philological Sciences, Professor (Petrozavodsk)
- V. ORPHINSKIY**
Doctor of Architecture, Professor,
Full Member of Russian Academy of Architectural Sciences
(Petrozavodsk)
- P. PELKONEN**
Doctor of Technical Sciences,
Professor (Joensuu, Finland)
- I. ROMANOVSKIY**
Doctor of Physical-Mathematical Sciences,
Professor (St. Petersburg)
- E. SENYAVSKAYA**
Doctor of Historical Sciences,
Professor (Moscow)
- K. SKWARSKA**
Doctor of Philosophy
(Praha, Czech Republic)
- A. TITOV**
Doctor of Biological Sciences, Professor,
the RAS Corresponding Member (Petrozavodsk)
- R. YUSUPOV**
Doctor of Technical Sciences, Professor, the RAS
Corresponding Member (St. Petersburg)

Editorial Board

- A. BOLGOV**
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
(Petrozavodsk)
- G. BORISOVA**
Doctor of Geographical Sciences, Professor
(Ekaterinburg)
- V. VAPIROV**
Doctor of Chemistry, Professor
(Petrozavodsk)
- N. VASILEVSKAYA**
Doctor of Biological Sciences, Professor
(Murmansk)
- T. VOLKOVA**
Doctor of Biological Sciences (Petrozavodsk)
- E. MARKOVSKAYA**
Doctor of Biological Sciences, Professor
(Petrozavodsk)
- S. MASLOVA**
Doctor of Biological Sciences (Syktyvkar)
- A. MEYGAL**
Doctor of Medical Sciences, Professor
(Petrozavodsk)
- N. NEMOVA**
Doctor of Biological Sciences, Professor,
the RAS Corresponding Member (Petrozavodsk)
- E. RAT'KOVA**
Candidate of Technical Sciences,
Series Executive Secretary
(Petrozavodsk)
- A. ROGOV**
Doctor of Technical Sciences,
Professor (Petrozavodsk)
- G. STEFANOVICH**
Doctor of Physical-Mathematical Sciences,
Professor (Petrozavodsk)
- V. SHCHIPTSOV**
Doctor of Geological-Mineralogical Sciences,
Professor (Petrozavodsk)

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

<i>Антипина Г. С.</i> «Китайская» коллекция В. И. Ермакова в Гербарии ПетрГУ	7	<i>Дзюбук И. М., Орехова Н. А., Клюкина Е. А.</i> Оценка динамики качества вод реки Неглинки (Карелия) с применением компонентного анализа	64
<i>Алексеев М. Ю., Зубченко А. В.</i> Причины депрессивного состояния стада атлантического лосося реки Варзуга (Кольский полуостров)	16	<i>Зайцева В. Л., Филиппов Д. А., Лобуничева Е. В.</i> Состав и сезонная динамика зоопланктона ручья верхового болота	69
<i>Игнашов П. А., Миронов В. Л., Кузнецов О. Л.</i> Структура растительного покрова болот аккумулятивных ледораздельных возвышенностей на юге Карелии	24	<i>Лаврукова О. С., Лябзина С. Н., Приходько А. Н., Поляков А. Ю.</i> Особенности разложения подвергшихся воздействию пламени трупов	77
<i>Котова З. П., Котов С. Е., Кузнецова Л. А.</i> Динамика изменения показателей почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий в Республике Карелия	32	<i>Мамонтова О. В.</i> Особенности паразитофауны пресноводного лосося <i>Salmo salar</i> Ладожского озера	82
<i>Кучко Я. А., Ильмаст Н. В., Кучко Т. Ю., Милянчук Н. П.</i> Зоопланктон как кормовая база европейской ряпушки шхерного района северной части Ладожского озера	39	<i>Приходько А. Н., Лаврукова О. С.</i> К вопросу об использовании биологических объектов для определения давности наступления смерти	85
<i>Лесонен М. А., Шустов Ю. А.</i> Питание речного окуня (<i>Perca fluviatilis</i> L.) в озерно-речной системе реки Писта (Республика Карелия)	46	<i>Шайхутдинова А. А., Чекмарева О. В., Маркова О. С.</i> Оценка экологического состояния снежного покрова территории, прилегающей к Сакмарской ТЭЦ г. Оренбурга	89
<i>Лобанова А. С., Шустов Ю. А.</i> Особенности питания рыб литоральной зоны Онежского озера	52		
<i>Сергиенко Л. А., Дьячкова Т. Ю., Андросова В. И.</i> Характеристика местообитаний и структура популяций <i>Triglochin maritima</i> L. (<i>Junscaginaseae</i>) в приливно-отливной зоне литорали Белого моря	57		
		ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ	
		<i>Вапиров В. В., Феоктистов В. М., Венкович А. А., Вапирова Н. В.</i> К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли	95
		Научная информация	103
		Информация для авторов	106
		Contents	108

Журнал «Ученые записки Петрозаводского государственного университета» включен в новый Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, с 01.12.2015 года по отрасли «Биологические науки», специальности: «Общая биология» и «Физико-химическая биология»

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) с 2008 года

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ РАН

Сведения о журнале публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory»

Сведения о журнале и его архиве передаются в ОАО «Агентство „Книга-Сервис“» и размещаются на базовом интернет-ресурсе www.rucont.ru

Журнал и его архив размещаются в «Университетской библиотеке онлайн» по адресу <http://biblioclub.ru>

Сведения о журнале и его архиве передаются в открытую научную электронную библиотеку «CYBERLENINKA» и размещаются по адресу: cyberleninka.ru

**Требования к оформлению статей см.:
<http://uchzap.petrstu.ru/files/reg.pdf>**

Учредитель: ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

Редактор С. Л. Смирнова. Корректор И. Н. Дьячкова. Переводчик Н. К. Дмитриева. Верстка С. П. Ивановой

Дата выхода в свет 31.03.2017. Формат 60×90^{1/8}. Бумага офсетная. Печать офсетная.
10 уч.-изд. л. Тираж 500 экз. (1-й завод – 85 экз.). Изд. № 41

Индекс 66093. Цена свободная.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77–37987
от 2 ноября 2009 г. выд. Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Отпечатано в типографии Издательства Петрозаводского государственного университета

Адрес редакции, издателя и типографии:

185910, Республика Карелия,

г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

ГАЛИНА СТАНИСЛАВОВНА АНТИПИНА

доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
antipina@petrsu.ru

«КИТАЙСКАЯ» КОЛЛЕКЦИЯ В. И. ЕРМАКОВА В ГЕРБАРИИ ПЕТРГУ

В Гербарии Петрозаводского государственного университета находится коллекция Владимира Ивановича Ермакова. В. И. Ермаков (1919–1999) – советский лесовод, специалист по селекции и выращиванию древесных растений, в 1968–1986 годах – директор Института леса Карельского филиала Академии наук СССР. В 1954–1958 годах работал советником в Научно-исследовательском институте тропических культур (остров Хайнань, Китайская Народная Республика). В послевоенное время СССР испытывал большую потребность в натуральном каучуке. Для получения этого стратегического сырья в тропических районах Китая развернулись работы по выращиванию плантаций гевеи бразильской – мировой каучуконосной культуры. К этой работе были привлечены советские специалисты, в том числе В. И. Ермаков. В коллекции представлены 30 образцов – гербарные листы побегов гевеи бразильской, различных видов эвкалиптов (полосы из эвкалиптов высаживались для защиты посадок гевеи), а также пласти натурального каучука, полученного при различных способах обработки латекса гевеи. На обложках некоторых гербарных листов написаны дарственные надписи В. И. Ермакову на китайском и русском языках, например: «На добрую память многоуважаемому учителю т. Ермакову от всех китайских селекционеров сектора селекции научно-исследовательского института тропических культур в юге Китая 5 июня 1956 г. В г. Кантоне». «Китайская» коллекция В. И. Ермакова представляет не только китайский период его научной деятельности, но и открывает одну из страниц советско-китайских отношений середины XX века.

Ключевые слова: гербарий, Петрозаводский государственный университет, В. И. Ермаков, гевея бразильская, эвкалипт, натуральный каучук

Гербарий Петрозаводского государственного университета относится к крупнейшим гербариям Северо-Запада России, он внесен в международный перечень гербариев мира (Index Herbariorum) с акронимом (международным индексом) PZV.

В гербарии среди других материалов хранится уникальная коллекция Владимира Ивановича Ермакова¹. Эта коллекция была передана на кафедру после его смерти супругой Марией Ивановной Ермаковой предположительно в 2000–2001 годах. Коллекция состоит из гербария гевеи бразильской, гербария различных видов эвкалиптов, а также каучуковых пластин, полученных при переработке млечного сока гевеи. Всего в коллекции 30 листов. Описание коллекции приведено в конце статьи.

Самое поразительное в коллекции – это надписи, посвященные В. И. Ермакову. Они написаны на так называемых рубашках – бумажных листах, в которые вкладываются гербарные листы с прикрепленными к ним растениями. Именно эти надписи позволили установить источник и время формирования коллекции. Из них следует, что коллекция была получена В. И. Ермаковым в дар от китайских коллег в 1956 году во время его работы в Китайской Народной Республике (КНР). Коллекция (а ей уже больше 60 лет) находится

в удовлетворительном состоянии, растения на гербарных листах и пластины каучука хорошо сохранились, но местами есть разрывы бумаги на рубашках.

При ревизии гербарного фонда в 2016 году была поставлена задача – оформить описание гербария и выяснить историю этой коллекции. К сожалению, нам неизвестны воспоминания В. И. Ермакова о его работе в Китае. Но обработка коллекции, выяснение истории ее получения потребовали обращения к историческим документам советско-китайских отношений в 1950-е годы. И это не только часть жизни известного специалиста-лесоведа и селекционера В. И. Ермакова, но и удивительные страницы истории взаимоотношений двух стран того времени, в которые вписан, благодаря коллекции, Петрозаводский государственный университет.

«Китайский» гербарий В. И. Ермакова ставит много вопросов. Ответы на них частично (но далеко не полностью) были найдены в различных доступных публикациях: книгах, статьях, сборниках документов по истории отношений СССР и КНР в послевоенное время [5], [6], [18], а также в интернет-источниках, связанных с советско-китайским сотрудничеством по выращиванию гевеи бразильской в Китае в послевоенное время.

Работа в Китае отражена в биографии В. И. Ермакова несколькими строками. После защиты кандидатской диссертации он был направлен в КНР в числе специалистов разных отраслей науки, промышленности, сельского и лесного хозяйства. Привлечение к работе в Китае в 1950-е годы научных сотрудников советских научно-исследовательских институтов было массовым [9]. В. И. Ермаков был направлен в Китай как специалист лесного хозяйства для работы по расширению плантаций гевеи бразильской, из млечного сока которой получают натуральный каучук.

В середине XX века в связи с развитием авто- и авиастроения возросла потребность в натуральном каучуке для производства шин автомобилей, самолетов и других резинотехнических изделий. Несмотря на создание синтетических каучуков, во многих видах промышленной продукции синтетический каучук до сих пор требует смешивания с натуральным. В настоящее время плантации гевеи в мире занимают более 2 млн га, ежегодное производство натурального каучука достигает 3,5 млн т. Крупнейший производитель натурального каучука сегодня – Малайзия (дает свыше 40 % мирового производства) [8], [22]. Современная Россия экспортирует натуральный каучук из тропических стран так называемого каучукового пояса (полоса шириной 1500 км вдоль экватора) – Таиланда, Индонезии, Вьетнама, Малайзии, Шри-Ланки [19].

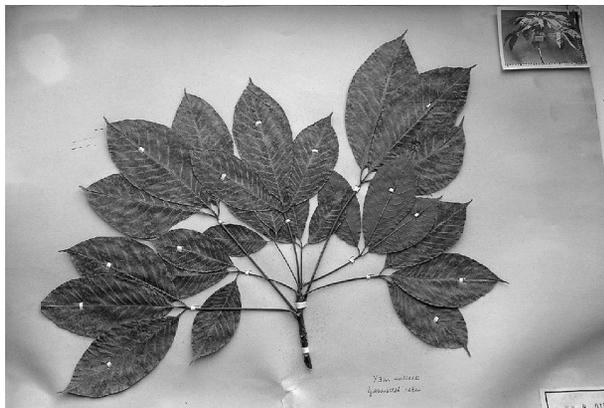
В послевоенное время реальные поставки каучука в СССР могла обеспечить именно КНР, образованная в 1949 году. Дело в том, что экспорт каучука из других тропических государств находился под контролем Великобритании и был ограничен. Известна переписка руководителей СССР и КНР по этому поводу: И. В. Сталин обратился к Мао Цзэдуну с просьбой о закупке натурального каучука для СССР в третьих странах: «Мы ощущаем большой недостаток натурального каучука... До последнего времени мы покупали натуральный каучук у англичан как у каучуковых монополистов, но теперь они перестали продавать нам каучук, даже в самых мини-



Гербарий гевеи бразильской и каучук

мальных размерах. Это создает угрозу остаться нам без шин для автомобилей, авиации, а также без резиновых изделий для промышленности» [14: 62]; «...нам очень необходим каучук, так как большое количество резины требуется для автомашин и грузовиков, которые направляются также и Вам... Нам мало продают каучука, англичане держат его в своих руках. Мы просим Вас еще раз обдумать вопрос о закупке для нас нужного количества каучука» [4: 325].

Затем встал вопрос о производстве натурального каучука на территории Китая (планировалось получать до 200 тыс. т каучука в год). Для этого требовалось значительное расширение посадок в стране каучуконосного дерева гевеи бразильской [12]. Для развития производства каучука Китаю требовалась помощь СССР – не только поставками оборудования, техники, материалов, но и участием советских специалистов для создания новых плантаций гевеи. В переписке руководителей двух стран по этому вопросу в 1951–1952 годах неоднократно говорится о необходимости направления в Китай советских специалистов в области лесного хозяйства. «Если Вы найдете целесообразным, то мы могли бы направить в Китай группу советских специалистов, знакомых с организацией лесных хозяйств...» [12: 103]; «Мы крайне нуждаемся в технической помощи со стороны Советского Союза и советских специалистов... Надеемся, что советские специалисты смогут в середине сентября приехать в Пекин... Прошу Вас срочно прислать специалистов в Китай» [17: 104]; «...мы обращаемся к советскому правительству с просьбой о направлении к нам специалистов в количестве 31 человека и работников из числа технического персонала в количестве 26 человек (всего 57 человек) для оказания помощи» [16: 139]. Среди этих специалистов наряду с инженерами и техниками в Китай должны были быть направлены: «...1 старший советник по разведению гевеи, 1 специалист-семеновод, 3 специалиста по питомникам, 4 специалиста по



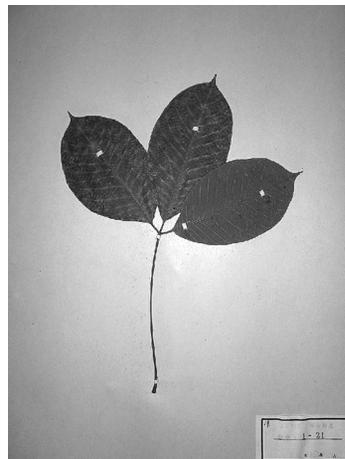
Побег гевеи бразильской

организации госхозов, 1 специалист – научный работник по каучуку и 4 специалиста по лесонасаждению... Желательно, чтобы эта группа прибыла в Китай к концу июня месяца» [16: 139]. В ответном письме говорилось о том, что соглашением двух стран в деле разведения гевеи будет предусмотрено командирование советских специалистов в КНР: «Советские специалисты будут направлены в соответствии с Вашей просьбой» [13: 144].

Одним из этих специалистов и стал В. И. Ермаков. Он был направлен в КНР в качестве советника и в 1954–1958 годах работал в Научно-исследовательском институте тропических культур на юге Китая – на острове Хайнань и в городе Кантоне (Гуанчжоу) [7], [21]. В этом институте проводилась работа по созданию плантаций и селекции каучуконосного дерева гевеи бразильской. Плантации гевеи должны были стать источником натурального каучука с целью обеспечить Китай и СССР этим стратегическим сырьем.

В начале 1950-х годов в КНР были проведены работы по выбору территорий, пригодных для развития такой отрасли лесного хозяйства, как выращивание гевеи. В числе этих территорий был выбран и остров Хайнань, природные условия которого подходили для выращивания гевеи [15].

Гевея бразильская *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Müll. Arg., семейство Молочайные – *Euphorbiaceae*) – тропическое дерево, мировая каучуконосная культура. Выращивание плантаций гевеи возможно только в условиях тропиков, оптимальными являются условия влажных тропиков. Гевея требует высоких температур, лучший выход латекса с деревьев достигается в условиях высокой среднегодовой температуры +25–27 °С. Важно, что такая температура должна быть ровной, постоянной, так как снижение температуры ниже +18 °С неблагоприятно сказывается на росте деревьев. Необходимое для растений среднегодовое количество осадков также высокое – 1500–2000 мм, сухой период нежелателен, а при наличии сухого периода он должен быть макси-



Гербарий гевеи бразильской

мально коротким [1]. Именно поэтому массовое разведение гевеи на территории СССР было невозможно в условиях даже субтропического климата, например, на Черноморском побережье. Потребность в натуральном каучуке для СССР могла быть закрыта только за счет экспорта из тропических стран.

Остров Хайнань находится на юге Китая, расположен в зоне тропического муссонного климата, омывается Южно-Китайским морем. Климатические показатели острова следующие: среднегодовая температура +24,5 °С, минимальная +21 °С, максимальная +27,8 °С, среднегодовое количество осадков 1620 мм, то есть такие климатические условия благоприятны для выращивания гевеи [11].

В августе 1951 года в КНР был принят план насаждения каучуковых деревьев на материковой территории страны и подобраны площади, пригодные для посадки гевеи [15]. Как следует из переписки руководителей двух стран, остров Хайнань (хотя он не относится к материковой части страны) в этом плане имел особое значение, прежде всего как источник семян гевеи. На острове Хайнань насаждения гевеи уже существовали – там росло около 680 тыс. каучуковых деревьев на площади 200 тыс. му² (то есть 13,3 тыс. га) [15]. Именно эти растения должны были стать источником семенного материала гевеи для посадок новых плантаций, так как в это время вывоз семян гевеи из других тропических государств – экспортеров натурального каучука был невозможен. «Надеяться на импорт их (семян. – Г. А.) также трудно. Говорят, что в Индонезии, по закону, в случае кражи семян и вывоза их на континент, нарушители расстреливаются. Что касается вывоза семян из Индии и Бирмы, то также неизвестно, можно ли их свободно вывозить оттуда» [15: 99–100]. Уже в 1951 году была поставлена задача – собрать на острове Хайнань для создания плантаций каучуконосного растения на самом острове и в других районах Китая 620 тыс.



Каучук с гербарного листа гевеи

цзиней³ семян гевеи (то есть 310 т). На острове планировалось через 10 лет увеличить площадь плантаций гевеи в 2,5 раза – до 500 тыс. му [20]. Остров Хайнань должен был стать и важнейшей базой для производства натурального каучука [12]. Плантации гевеи на нем существуют и сегодня. Латекс, получаемый на острове, частично обеспечивает потребности современного Китая в натуральном каучуке [11].

Сейчас остров Хайнань – важный туристический объект Китая, имеет развитую туристическую инфраструктуру (аэропорты, отели, достопримечательности) [11]. В 1950-х годах ситуация была другой: территория острова заболочена, распространена малярия, коммуникации не развиты [2]. Кроме того, в одном из опубликованных источников содержатся такие сведения: «Чайканшисты, США и другие империалистические державы с моря и воздуха продолжают забрасывать (речь идет о 1955 году. – Г. А.) на территорию провинции диверсионные группы. В частности, недавно несколько таких небольших групп было выброшено с самолета на остров Хайнань» [3: 306]. Так что условия тропического острова для специалистов из СССР, вероятно, были непростыми.

Обработка коллекции показала, что наряду с гербарием гевеи бразильской в ней представлен гербарий различных видов эвкалиптов. Встал вопрос: как связаны между собой эти растения, почему в коллекции гевея соседствует с эвкалиптами? Или эвкалипты помещены в коллекцию только как виды деревьев, представляющие растительный мир острова Хайнань? Просмотр материалов по культивированию гевеи позволил ответить и на этот вопрос. Оказалось, что выращивание каучуконосных деревьев требует посадки своеобразной защитной кулисы – для предохранения молодых растений гевеи от сухих ветров [2]. В качестве такой кулисы и использовались быстрорастущие эвкалипты, которые естественно произрастают в Австралии. Скорее всего,



Гербарий эвкалипта



Пластина каучука (светлый креп)

в коллекции и представлены те виды эвкалиптов, которые использовались для посадки в защитных полосах.

В память о работе В. И. Ермакова на острове Хайнань ему, вероятно, и была подарена коллекция, о которой идет речь. Сегодня эта коллекция, хранящаяся в Гербарии Петрозаводского университета, рассказывает нам о тех далеких событиях, когда участник Великой Отечественной войны В. И. Ермаков в числе других советских специалистов принял участие в решении важного государственного вопроса – обеспечения СССР стратегическим сырьем – натуральным каучуком. История этой «китайской» коллекции открывает нам еще одну из страниц научно-технического сотрудничества СССР и КНР и советско-китайских отношений.

ОПИСЬ ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ

В. И. ЕРМАКОВА

Коллекция включает 30 гербарных листов разного формата. Некоторые гербарные листы и их фрагменты (надписи, этикетки) приведены на рисунках (фото автора).

ЧАСТЬ 1

Десять гербарных листов (29 × 40 см), сложенные в рубашку.

Слева сверху на рубашке надпись на китайском языке.

Справа сверху на рубашке надпись на русском языке⁴: «На память Многоуважаемому т. Ермакову от всех китайских селекционеров сектора селекции научно-исследовательского ин-та тропических культур в юге Китая 5 июня 1956 г. В г. Кантоне».

В центре надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «Морфологические изменения простых листьев деревьев бразильской гевеи (В плантации Лян-чан о. Хайнань)».

Внутри рубашки 10 гербарных листов верхних частей побегов гевеи.

У пяти листов стоят номера внизу справа на гербарном листе:

1-21

22-177

22-251

22-251 – два листа с одним номером

22-260

У других пяти листов номера на гербарном листе не написаны, но к побегам прикреплены бумажные бирки с номерами:

3-1 16/8

5-32

12-24

13-24

20-3 18/5, у этого листа справа внизу приколот фотография этого побега.

ЧАСТЬ 2

Одиннадцать гербарных листов (29 × 40 см), сложенные в рубашку.

На рубашке надписей нет.

Внутри рубашки 10 гербарных листов побегов эвкалиптов разных видов (*Eucalyptus* sp. sp.) и 1 гербарный лист растения *Ecdysanthera utilis*.

На каждом гербарном листе размещены две гербарные этикетки. Вверху слева – рукописная этикетка на бланке, написанная на китайском языке. Внизу справа – этикетка, текст на которой написан на китайском и латинском языках (латинские названия напечатаны на машинке). На этой этикетке внизу справа стоит номер гербарного листа. На латинском языке написано название семейства и название вида.

Ниже перечислены гербарные листы по номерам и латинские названия с нижних этикеток:

6430

118. Myrtaceae

Eucalyptus maculate HK. var. *citriodora* (HK. f.)

Bailey.

Год не указан.

8433

118. Myrtaceae

Eucalyptus crebra F. V. Muell.

1953 г.

8439

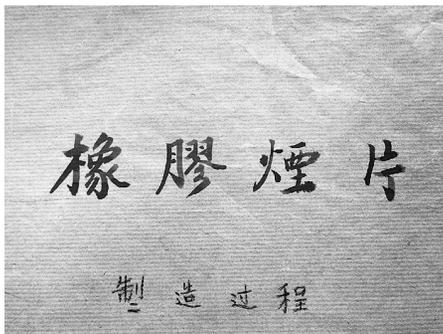
118. Myrtaceae

Eucalyptus Seeana J. H. Maiden.

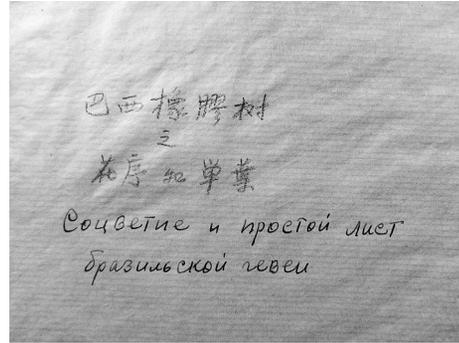
1953 г.

8452

118. Myrtaceae

Eucalyptus rudis Endl.

Надпись на рубашке



Надпись на рубашке

1953 г.

8482

118. Myrtaceae

Eucalyptus tereticornis Sm.

1954 г.

8486

118. Myrtaceae

Eucalyptus pellita F. V. Muell.

1953 г.

8495

118. Myrtaceae

Eucalyptus patentinervis R. T. Baker

Год стоит 1953 г.

8514

118. Myrtaceae

Eucalyptus saligna Sm.

1953 г.

8523

118. Myrtaceae

Eucalyptus camaldulensis Dehnh.

1953 г.

8587

118. Myrtaceae

Eucalyptus Morrisii R. T. Baker.

1954 г.

6430

Ecdysanthera utilis Hay. et Kaw.

1956 г.

ЧАСТЬ 3

Два гербарных листа (29 × 40 см), вложенные в рубашки.

На рубашках в центре надписи на китайском и русском языках.

Лист 1. Надпись на русском языке: «Соцветие и простой лист Бразильской гевеи (Лян-чан 20-3)».

На гербарном листе – верхняя часть побега гевеи. К стеблю прикреплена бирка с номером 15-3, 26/5.

Лист 2. Надпись на русском языке: «Соцветие и простой лист бразильской гевеи».

На гербарном листе – соцветие гевеи, внизу справа фотография соцветия. К стеблю прикреплена бирка с номером 15-3, 30/4.

ЧАСТЬ 4

Два гербарных листа, вложенные в рубашку большого формата.

Слева сверху на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «На добрую память Многоуважаемому т. Ермакову О совместной работе на юге Китая от всех китайских селекционеров сектора селекции научно-исследовательского ин-та тропических культур в юге Китая 5 июня 1956 г. В г. Кантоне».

В центре на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «Узел листьев, простой лист, соцветие, семена и каучук от естественного коагулирования бразильской гевеи (Лян-чань 8-15, О. Хайнань)».

Внутри рубашки находятся два гербарных листа.

Лист 1 (29 × 40 см). 8-15 «Простой лист, каучук от естест. коагулир. и семена бразильской гевеи 8-15 плантации Лян-чань О. Хайнань».

На листе размещена верхняя часть побега гевеи с тремя листьями и круглая пластинка каучука. Семена не сохранились.

Лист 2 (39 × 58 см). 8-015 «Узел листьев бразильской гевеи».

На листе размещена верхняя часть побега гевеи с пучком листьев и фотография справа вверху.

ЧАСТЬ 5

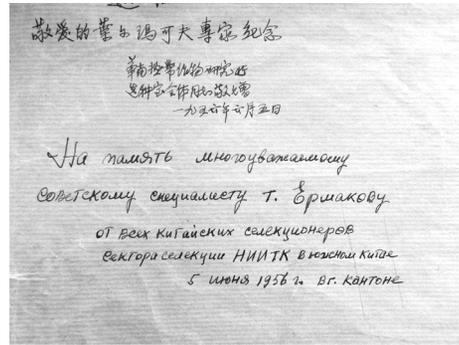
Один гербарный лист (39 × 58 см), вложенный в рубашку.

Слева сверху на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «На добрую память Многоуважаемому учителю т. Ермакову от всех китайских селекционеров сектора селекции научно-исследовательского ин-та тропических культур в юге Китая 5 июня 1956 г. В г. Кантоне».

В центре на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «Узел листьев, соцветие и простой (слово «простой» зачеркну-



Надпись на рубашке

то. — Г. А.) лист Бразильской гевеи (Лян-чань 20-3 О. Хайнань)».

Внутри рубашки – один гербарный лист без подписи.

20-3. На листе размещена верхушка побега с листьями и соцветием и фотография справа вверху.

ЧАСТЬ 6

Один гербарный лист (39 × 58 см), вложенный в рубашку.

Слева сверху на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «На добрую память Многоуважаемому т. Ермакову О совместной работе в юге Китая от всех китайских селекционеров сектора селекции научно-исследовательского ин-та тропических культур в юге Китая 5 июня 1956 г. В г. Кантоне».

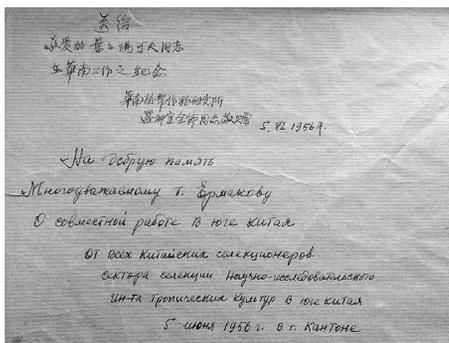
В центре на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «Узел листьев, простой лист, соцветие, семена и каучук от естественного коагулирования Бразильской гевеи (Лян-чань 8-16, О. Хайнань)».

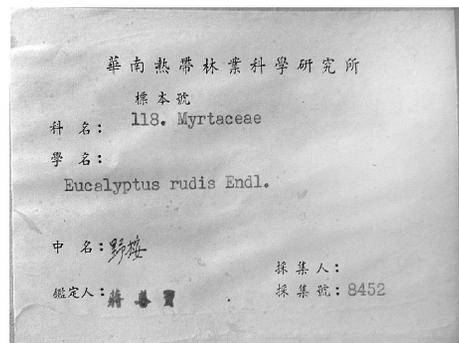
Внутри рубашки один гербарный лист без подписи.

8-016, размещен побег с листьями и фотография справа вверху.

У этого листа надпись на рубашке не полностью соответствует содержимому рубашки.



Надпись на рубашке



Гербарная этикетка

ЧАСТЬ 7

Один гербарный лист (39 × 58 см), вложенный в рубашку.

Слева сверху на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «На добрую память Уважаемому учителю т. Ермакову О совместной работе на юге Китая от всех селекционеров сектора селекции научно-исследовательского ин-та тропических культур в юге Китая. 5 июня 1956 г. В г. Кантоне».

В центре на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «Узел листьев, соцветие и простой лист Бразильской гевеи (Лянчань 15-3 О. Хайнань)».

Внутри рубашки один гербарный лист без подписи

15-003. На листе размещена верхняя часть побега гевеи с листьями и соцветием и фотография справа сверху.

ЧАСТЬ 8

Один лист (39 × 58 см) с пластиной каучука, вложенный в рубашку.

Слева сверху на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «На память многуважаемому советскому специалисту т. Ермакову от всех китайских селекционеров сектора селекции НИИТК в южном Китае 5 июня 1956 г. В г. Кантоне».

В центре рубашки надпись на китайском языке.

Ниже приклеен машинописный лист с текстом на русском языке:

«Процесс изготовления светлого крепа» со схемой процесса.

Внутри рубашки – гербарный лист с надписью только на китайском языке сверху по центру. На листе прикреплена пластина светлого крепа⁶.

ЧАСТЬ 9

Один лист (39 × 58 см) с пластиной каучука, вложенный в рубашку.

Слева сверху на рубашке надписи на китайском и русском языках.

Надпись на русском языке: «На память многуважаемому советскому специалисту т. Ерма-

华南热带作物科学研究所
採集記錄
標本號數 2178
地點 海南島
採集人 俄國專家
採集日期 1956年 6月 5日
附記
名

Гербарная этикетка

кову от всех китайских селекционеров сектора селекции НИИТК в южном Китае 5 июня 1956 г. В г. Кантоне».

В центре рубашки надпись на китайском языке.

Ниже приклеен машинописный лист с текстом на русском языке:

«Процесс изготовления смокед-шита» со схемой процесса⁷.

Внутри рубашки – пластина каучука без гербарного листа. На пластину сверху помещен лист бумаги с двумя рукописными схемами на русском языке: сверху – «Процесс изготовления концентрированного отстаиванием латекса» (вероятно, здесь пропущено слово, должно быть «...концентрированного латекса...»). – Г. А.), внизу – «Метод предохранения аммиаком концентрированного латекса».

БЛАГОДАРНОСТИ

Эта статья посвящается памяти Владимира Ивановича Ермакова. В 1975–1985 годах автор статьи училась в аспирантуре Института леса Карельского филиала АН СССР и затем работала в лаборатории биологии лесных почв. С глубоким уважением и благодарностью мы помним требовательное и внимательное отношение директора к аспирантам и молодым ученым, его поддержку в проведении полевых исследований, участии в научных конференциях, публикациях, защите диссертаций.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Ермаков Владимир Иванович (1919–1999) – кандидат сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки Карельской АССР, коммунист, участник Великой Отечественной войны, орденносец, лесовод, крупный специалист по выращиванию и селекции древесных растений, исследователь карельской березы, директор Института леса Карельского филиала АН СССР. В. И. Ермаков окончил Воронежский лесохозяйственный институт, работал в Крыму, защитил кандидатскую диссертацию «Методы акклиматизации секвойи в лесах Южного берега Крыма» [7], [21] (то есть современные насаждения секвойи в окрестностях города Ялты, вероятно, связаны и с его именем). В 1954–1958 годах В. И. Ермаков работал советником в КНР. После возвращения из Китая он начал работу в Карельском филиале АН СССР (ныне – Карельский научный центр РАН). В течение длительного периода времени (1968–1986) был директором Института леса КФ АН СССР, а затем старшим научным сотрудником лаборатории цитологии, генетики и селекции [7].

² Му – традиционная китайская мера площади, равная 1/15 га (667 кв. м) [20].

³ Цзинь – традиционная китайская мера веса, равная 500 г [20].

⁴ Рубашка – сложенный вдвое лист бумаги, в который вкладывается гербарный лист с прикрепленным растением.

⁵ Надписи на русском языке приведены дословно, с сохранением стиля и орфографии, знаков препинания, строчных и прописных букв.

⁶ Светлый креп – марка натурального каучука; производится из свежего латекса путем коагуляции, осветления и пресования, имеет светлую окраску [19].

⁷ Смокед-шит – марка натурального каучука; производится из листов коагулированного каучука путем сушки и копчения, имеет темно-коричневый цвет [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гевея бразильская и ее выращивание [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ecosystema.ru> (дата обращения 15.01.2017).
2. Герасимов И. П. Путешествие на китайский остров Хайнань // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 1. М.: Памятники исторической мысли, 2009. С. 226–234.
3. Запись беседы посла СССР в КНР П. Ф. Юдина с группой руководящих работников в провинции Гуандун и города Кантона 20 октября 1955 г. // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 305–309.
4. Запись второй беседы И. В. Сталина с Чжоу Энлаем. 1952 г., сентября 3 // Русско-китайские отношения в XX веке. Т. 5. Кн. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2005. С. 324–330.
5. Китайская Народная Республика в 1950-е годы: Сб. документов: В 2 т. Т. 1. Взгляд советских и китайских ученых. М.: Памятники исторической мысли, 2009. 348 с.
6. Китайская Народная Республика в 1950-е годы: Сб. документов: В 2 т. Т. 2. Друг и союзник нового Китая. М.: Памятники исторической мысли, 2010. 526 с.
7. Крутов В. И. Ермаков Владимир Иванович // Карелия: Энциклопедия. Т. 1. Петрозаводск: Изд. дом «Петропресс», 2007. С. 325.
8. Крыжановский В. К., Бурлов В. В., Паниматченко А. Д., Крыжановская Ю. В. Технические свойства полимерных материалов. СПб.: Профессия, 2005. 248 с.
9. Курапова Е. Р., Мясников В. С., Чернобаев А. А. Археографическое введение // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 15–21.
10. Натуральный каучук [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vibor-shin.ru> (дата обращения 15.01.2017).
11. Остров Хайнань [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hainan-kitaj.ru> (дата обращения 15.01.2017).
12. Письмо И. В. Сталина Мао Цзэду о китайском плане насаждения каучуковых деревьев в КНР 10 сентября 1951 г. // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 102–103.
13. Письмо И. В. Сталина Мао Цзэду по вопросам натурального каучука и поставках советской техники КНР 4 апреля 1952 г. // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 144–145.
14. Письмо И. В. Сталина Мао Цзэду с просьбой о закупке натурального каучука для СССР 21 ноября 1950 г. // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 62–63.
15. Письмо Мао Цзэду И. В. Сталину с изложением плана насаждения каучуковых деревьев на материковой территории КНР 17 августа 1951 г. // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 98–102.
16. Письмо Мао Цзэду И. В. Сталину по вопросам натурального каучука, поставках оборудования и направлении в КНР советских специалистов 28 марта 1952 г. // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 138–140.
17. Письмо Мао Цзэду И. В. Сталину по вопросу насаждения каучуковых деревьев 16 сентября 1951 г. // Китайская Народная Республика в 1950-е годы. Т. 2. М.: Памятники исторической мысли, 2010. С. 104.
18. Русско-китайские отношения в XX веке. Документы и материалы. Советско-китайские отношения. Т. 5. 1946 – февраль 1950. Кн. 2: 1949 – февраль 1950 гг. М.: Памятники исторической мысли, 2005. 608 с.
19. Страны-экспортеры каучука [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vitrubber.ru> (дата обращения 15.01.2017).
20. Традиционные китайские меры площади и веса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ru.wikipedia.org>. (дата обращения 15.01.2017).
21. Хохлов С. К. Карельский Мичурин. О селекционере Владимире Ермакове и новом заказнике // Карелия (газета). 2001. № 15 (8 февраля).
22. Шварц О., Эбелинг Ф. - В., Фурт Б. Переработка пластмасс. СПб.: Профессия, 2005. 320 с.

Antipina G. S., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

V. I. ERMAKOV'S "CHINESE" COLLECTION OF PETROZAVODSK STATE UNIVERSITY HERBARIUM

A herbarium collection of Petrozavodsk State University has a "Chinese" assemblage put together by Vladimir Ivanovich Ermakov. V. I. Ermakov (1919–1999) is known as a Soviet forester and a specialist in selection and cultivation of woody plants. From 1968–1986 he worked as a director of the Forest Institute of Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences. From 1954–1958 V. I. Ermakov worked as an advisor at the Research Institute for Tropical Agriculture (Hainan, Chinese People's Republic). After the Second World War the Soviet Union experienced a great demand for natural rubber. In order to produce this strategic raw material a few plantations of *Hevea brasiliensis*, as world cultivated rubber species, were established in the tropical areas of China. Lots of Soviet specialists were involved in this work, including V. I. Ermakov. The collection in focus includes 30 specimens – herbarium leaves of shoots of *Hevea brasiliensis*, different species of eucalyptus (the strips of eucalyptus were planted to protect plantations of *Hevea brasiliensis*), as well as layers of natural rubber, obtained by different methods of treating the latex of *Hevea brasiliensis*. The covers of some herbarium collections have gift inscriptions of V. I. Ermakov written in Chinese and Russian. One of them says: "To our dear teacher Ermakov for good memories from all Chinese selectors of the Department of Selection of the Research

Institute of Tropical Plants in South China. June, 5, 1956, the city of Canton". The "Chinese" collection of V. I. Ermakov represents not only a particular Chinese period of his scientific work, but also opens up one of the pages describing the history of the Soviet-Chinese relations in the middle of the XX century.

Key words: herbarium, Petrozavodsk State University, Ermakov V. I., *Hevea brasiliensis*, eucalyptus, natural rubber

REFERENCES

1. Geveya brazil'skaya i ee vyrashchivanie [Hevea brasiliensis and its cultivation]. Available at: <http://www.ecosystema.ru> (accessed 15.01.2017).
2. Gerasimov I. P. Travel to Chinese island of Hainan [Puteshestvie na kitayskiy ostrov Khaynan']. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 1. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2009. P. 226–234.
3. The record of the conversation the Soviet Ambassador to China P. F. Yudin with a group of executives in the province of Guangdong and the city of Canton, 20 October 1955 [Zapis' besedy posla SSSR v KNR P. F. Yudina s gruppoy rukovodyashchikh rabotnikov v provintsii Guandun i goroda Kantona 20 oktyabrya 1955 g.]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 305–309.
4. Record the second conversation I. V. Stalin and Zhou Enlai. 1952, September 3 [Zapis' vtoroy besedy I. V. Stalina s Chzhou En'laem. 1952 g., sentyabrya 3]. *Russko-kitayskie otnosheniya v XX veke*. Vol. 5. Book 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2005. P. 324–330.
5. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody: Sb. dokumentov: V 2 t. T. 1. Vzglyad sovetskikh i kitayskikh uchenykh* [Chinese People's Republic in the 1950s]. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2009. 348 p.
6. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody: Sb. dokumentov: V 2 t. T. 2. Drug i soyuznik novogo Kitaya* [Chinese People's Republic in the 1950s]. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. 526 p.
7. Krutov V. I. Ermakov Vladimir Ivanovich [Ermakov Vladimir Ivanovich]. *Kareliya: Entsiklopediya*. Vol. 1. Petrozavodsk, Izd. dom "Petropress" Publ., 2007. P. 325.
8. Kryzhanovskiy V. K., Burlov V. V., Panimatchenko A. D., Kryzhanovskaya Yu. V. *Tekhnicheskie svoystva polimernykh materialov* [Technical properties of polymeric materials]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2005. 248 p.
9. Kurapova E. R., Myasnikov V. S., Chernobaev A. A. Archeographic introduction [Arheograficheskoe vvedenie]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 15–21.
10. *Natural'nyy kauchuk* [Natural rubber]. Available at: <http://www.vibor-shin.ru> (accessed 15.01.2017).
11. *Ostrov Khaynan'* [Hainan Island]. Available at: <http://www.hainan-kitaj.ru> (accessed 15.01.2017).
12. Letter of I. V. Stalin to Mao Zedong about the Chinese plan planting rubber trees in China September 10, 1951 [Pis'mo I. V. Stalina Mao Tszedunu o kitayskom plane nasazhdeniya kauchukovykh derev'ev v KNR 10 sentyabrya 1951 g.]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 102–103.
13. Letter of I. V. Stalin to Mao Zedong about the natural rubber and Soviet equipment supply to China April 4, 1952 [Pis'mo I. V. Stalina Mao Tszedunu po voprosam natural'nogo kauchuka i postavkakh sovetskoy tekhniki KNR 4 aprelya 1952 g.]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 144–145.
14. Letter of I. V. Stalin to Mao Zedong with a request for the purchase of natural rubber for the USSR 21 November 1950 [Pis'mo I. V. Stalina Mao Tszedunu s pros'бой o zakupke natural'nogo kauchuka dlya SSSR 21 noyabrya 1950 g.]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 62–63.
15. Letter of Mao Zedong to I. V. Stalin outlining the plan planting rubber trees on the mainland of China August 17, 1951 [Pis'mo Mao Tszeduna I. V. Stalinu s izlozheniem plana nasazhdeniya kauchukovykh derev'ev na materikovoy territorii KNR 17 avgusta 1951 g.]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 98–102.
16. Letter of Mao Zedong to I. V. Stalin on natural rubber, equipment supply and in the direction of Soviet specialists to China Mar. 28, 1952 [Pis'mo Mao Tszeduna I. V. Stalinu po voprosam natural'nogo kauchuka, postavkakh oborudovaniya i napravlenii v KNR sovetskikh spetsialistov 28 marta 1952 g.]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 138–140.
17. Letter of Mao Zedong to I. V. Stalin on planting rubber trees September 16, 1951 [Pis'mo Mao Tszeduna I. V. Stalinu po voprosu nasazhdeniya kauchukovykh derev'ev 16 sentyabrya 1951 g.]. *Kitayskaya Narodnaya Respublika v 1950-e gody*. Vol. 2. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2010. P. 104.
18. *Russko-kitayskie otnosheniya v XX veke: Dokumenty i materialy. Sovetsko-kitayskie otnosheniya. T. 5. 1946 – fevral' 1950. Kniga 2: 1949 – fevral' 1950 gg.* [Russian-Chinese relations in the twentieth century. Documents and materials]. Moscow, Pamyatniki istoricheskoy mysli Publ., 2005. 608 p.
19. *Strany-eksportery natural'nogo kauchuka* [Countries exporting natural rubber]. Available at: <http://www.vitrubber.ru> (accessed 15.01.2017).
20. *Traditsionnye kitayskiye mery ploshchadi i vesa* [Traditional Chinese measures the area and weight]. Available at: <http://www.wikipedia.org> (accessed 15.01.2017).
21. Kholov S. K. Karelian Michurin. About breeder Vladimir Ermakov and the new reserve [Karel'skiy Michurin. O selektsionere Vladimire Ermakove i novom zakaznike]. *Kareliya (gazeta)*. 2001. № 15 (8 fevralya).
22. Shvarts O., Ebeling F. - V., Furt B. *Pererabotka plastmass* [Plastic processing]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2005. 320 p.

Поступила в редакцию 19.01.2017

МАКСИМ ЮРЬЕВИЧ АЛЕКСЕЕВ

кандидат биологических наук, заместитель заведующего лабораторией биоресурсов внутренних водоемов, Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича (Мурманск, Российская Федерация)
mal@pinro.ru

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ЗУБЧЕНКО

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоресурсов внутренних водоемов, Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича (Мурманск, Российская Федерация)
zav@pinro.ru

ПРИЧИНЫ ДЕПРЕССИВНОГО СОСТОЯНИЯ СТАДА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ РЕКИ ВАРЗУГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Рассмотрены причины негативных тенденций в динамике численности атлантического лосося (семги), населяющего р. Варзуга (бассейн Белого моря). Приведен ретроспективный обзор промысла и мер по его регулированию. Рассмотрена динамика численности нерестового стада, оценено воздействие различных видов лова. На основании многолетних непрерывных исследований, характеризующих плотности расселения молоди на выростных угодьях, получены сведения о значительном, вплоть до полного отсутствия на отдельных участках реки, уменьшении численности пестряток. Этот факт в совокупности с наблюдаемым в это же время резким падением количества нерестовых мигрантов свидетельствует о неудовлетворительном состоянии воспроизводства запаса семги. Причина заключается в нерациональной эксплуатации запаса, связанной с массовым нелегальным и недекларируемым ловом. На имитационной математической модели определен современный уровень промысловой эксплуатации лососевого стада р. Варзуга. Сделан вывод, что современное изъятие производителей всеми видами промысла составляет не менее 85 %. При условии выполнения рекомендованных рыбоохранных мероприятий популяция атлантического лосося способна восстановиться в течение 6–12 лет.

Ключевые слова: динамика численности, естественное воспроизводство, имитационная модель, плотность расселения молоди

ВВЕДЕНИЕ

Река Варзуга – одна из наиболее продуктивных лососевых рек России. Суммарная площадь выявленных нерестово-выростных угодий (НВУ) в бассейне реки составляет 1249 га, что может обеспечить продукцию более 3 млн смолтов атлантического лосося, а потенциальная численность производителей оценивается величиной 155 тыс. экз. [8]. Максимальная численность лососей, зашедших на нерест в р. Варзуга, была зарегистрирована в 1987 году, когда на рыбоучетном заграждении (РУЗ) было учтено около 137,5 тыс. экз. нерестовых мигрантов.

Несмотря на интенсивную эксплуатацию, состояние воспроизводства лосося в р. Варзуга в течение столетий не вызывало опасений. Здесь обитало крупнейшее на Европейском Севере России стадо семги со средней численностью около 70 тыс. экз.

В последние годы наблюдается резкое сокращение запасов семги в реке. Появление угрожающих тенденций в динамике ее численности определило цель настоящей работы, которая заключалась в

оценке современного состояния воспроизводства семги в р. Варзуга. Решались следующие задачи: выявление причин уменьшения ее запаса, оценка реальной величины промысловой эксплуатации и определение мер по снижению рисков длительной депрессии численности.

ИСТОРИЯ ПРОМЫСЛА СЕМГИ И МЕРЫ ПО ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЮ

Представление о промысле семги в р. Варзуга до второй половины XX столетия дает обзор немногочисленных источников. Лов семги в реке существует с тех времен, когда ее берега начали заселять люди, что, по данным И. Ф. Ушакова [19], произошло в III тысячелетии до н. э. Семга р. Варзуга во все времена играла ведущую роль в формировании беломорского комплекса запасов этого вида. Известно, что в XVIII веке в благополучные годы на заборе (прообразе современного РУЗ) в р. Варзуга вылавливалось до 7 тыс. пудов (примерно 112 т) семги [19]. В 1882–1898 и 1899–1908 годах средний вылов в реке составлял соответственно 1229 и 951 ц [12], а в 1925–1929

годах – 954,4 ц (уловы в реках и на морских тонях) [9]. В 1928 и 1929 годах уловы семги составляли соответственно 32,8 и 55,2 т [18].

Во второй половине XX века ситуация не изменилась. В 1954 году доля семги, выловленной на промысловых участках Варзугского района, составила 65 % от ее общего улова в Терском районе и 48 % от общего улова в Мурманской области [13], а в 2000 году – 71,4 и 68,9 % соответственно [8].

До 50-х годов XX века промысел семги в р. Варзуга не регулировался, как, впрочем, и везде на Севере России. В нижнем течении реки выставлялось до 40 неводов – заграждений, которые перекрывали русло на 2/3 его ширины [10], каких-либо правил лова и норм изъятия не было. Начиная с 1959 года коммерческий лов семги в р. Варзуга был сконцентрирован на РУЗ, где изымалось 50 %. Промысел осуществлялся чередованием суток лова с сутками пропуска лососей на нерест. Количество пропускаемой рыбы принималось равным изъятной в предыдущий день лова. Такая форма промысла предпочтительна, поскольку дает возможность тотального учета нерестовых мигрантов и получения репрезентативного материала по структуре нерестового стада и позволяет пропорционально изымать рыб разного пола и возраста.

Промысловый лов семги, помимо самой реки, осуществлялся на Терском берегу Мурманской и Зимнем берегу Архангельской областей. Прибрежный промысел долгое время не ограничивался квотой. В отдельные годы уловы на тонях беломорского побережья Кольского п-ова, на треть состоявшие из семги р. Варзуга, достигали 200 т и более. По данным мечения, атлантический лосось в реке облавливался и иностранным промыслом, который велся в районах нагула и на путях миграций российского лосося [7].

До начала нового столетия численность лосося р. Варзуга в целом соответствовала репродуктивным возможностям реки, несмотря на имевшую место в 1970–1980-е годы депрессию численности.

Организация на реке в 80-е годы XX века рыбохозяйственного заказника и развитие в 90-е рекреационного рыболовства, особенно лова по принципу «поймал-отпустил», сыграли положительную роль. К началу нового столетия по своей численности стадо лосося в реке являлось крупнейшим в России и одним из крупнейших в мире, уступая только стадам в р. Тана (Норвегия – Финляндия) и р. Мирамиши (Канада).

В настоящее время для р. Варзуга установлена величина сохраняющего запаса семги (conservation limit), равная 19,98 тыс. экз. [17]. Этот расчетный показатель соответствует необходимому для устойчивого воспроизводства количеству ежегодно нерестящихся рыб.

С 2004 по 2007 год в связи с изменением федерального законодательства промысел семги в

реке не велся, и РУЗ устанавливался в научно-исследовательских целях для учета производителей и сбора биологических данных. В последние годы рекомендуемый объем добычи на РУЗ составляет 4,5 т. Приоритет получил спортивный и любительский лов, занимающий ведущее место в рыбохозяйственном освоении запаса семги р. Варзуга.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили результаты исследований, проведенных в р. Варзуга в июле – сентябре 2014–2015 годов. Кроме этого в работе использованы материалы ФГБНУ «ПИНРО» за период с 2003 по 2013 год, данные ФГБУ «Мурманрыбвод», собранные на рыбоучетном заграждении в 2001–2011 годах, и ретроспективные данные ФГБНУ «ПИНРО» и ФГБУ «Мурманрыбвод».

Плотности молоди семги на НВУ изучались методом электролова [22] на 22 стандартных станциях (рис. 1), расположенных в притоках Индьяль и Пана и в основном русле р. Варзуга от устья Паны до порога Морской.

Сбор и обработка ихтиологических материалов проводились по стандартным методикам [11], [16].

Для изучения динамики численности семги определялись параметры основных демографических процессов – естественной смертности, роста и воспроизводства [21], которые легли в основу имитационной модели [3], [4], блок-схема которой представлена на рис. 2.

Модель состоит из функциональных разделов, описывающих формирование пополнения,

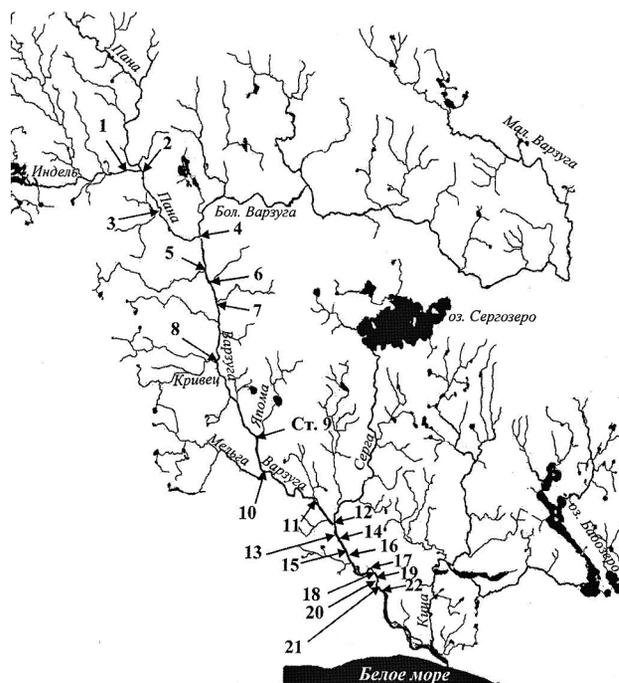


Рис. 1. Расположение станций электролова в бассейне р. Варзуга

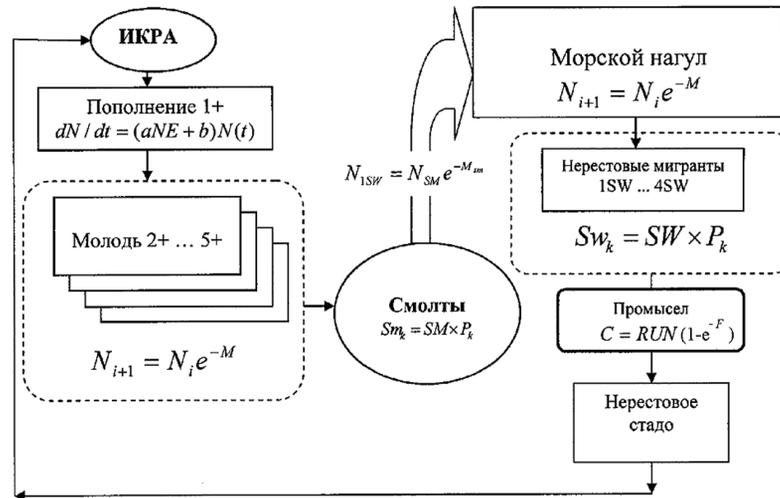


Рис. 2. Блок-схема имитационной модели

естественную смертность на разных этапах жизни, промысловую смертность и формирование нерестового стада. Схема модели повторяет мозаичную возрастную структуру, характерную для атлантического лосося, и охватывает период в 110 лет. Популяционная плодовитость определяется как сумма произведений средневзвешенных значений индивидуальной абсолютной плодовитости самок данного возраста на долю самок этого возраста в нерестовом стаде.

Процесс формирования пополнения выражен уравнением Рикера:

$$dN/dt = (a \cdot NE + b) \cdot N(t),$$

где N – величина пополнения (молодь в возрасте 1 год), экз., NE – величина запаса (количество икры, содержащейся в самках, составляющих нерестовое стадо), экз., a и b – параметры, выражающие соответственно зависящую от плотности компоненту естественной смертности и не зависящую от нее [21].

Естественная ежегодная убыль в период речной жизни, начиная от годовика до смолта, а также смертность взрослых рыб в период после первого года морского нагула (1SW) описывались уравнением:

$$N_{i+1} = N_i \cdot e^{-M},$$

где N_i – количество рыб в год i (экз.), N_{i+1} – численность рыб в последующий год (экз.), M – мгновенный коэффициент естественной смерти, принимается величиной постоянной ($0,2 \text{ год}^{-1}$) [3], [15]. Естественная смертность на этапе от смолта до окончания первого года морского нагула, на основании данных мечения М. Я. Яковенко [20], задана величиной $2,26 \text{ год}^{-1}$. Процентное соотношение смолтов, мигрирующих в море в том или ином возрасте, определялось по среднелетним величинам:

$$Sm_k = SM \cdot P_k,$$

где Sm_k – количество смолтов в возрасте k (экз.), SM – общее число смолтов (экз.), P_k – доля смолтов в возрасте k . Аналогичным образом описывалось относительное количество рыб, достигших начала полового созревания и совершающих нерестовую миграцию (Sw_k).

Промыслом изымается заданное количество нерестовых мигрантов, что математически описывалось как:

$$C = RUN \cdot (1 - e^{-F}),$$

где C – величина улова (экз.), RUN – численность мигрирующего на нерест лосося (экз.), F – мгновенный коэффициент промысловой смертности (год^{-1}). Не изъятая промыслом часть нерестового стада формирует последующий фонд икры с учетом того, что осенняя биологическая группа лосося нерестится на год позже летней.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что семга р. Варзуга относится к двум биологическим группам (сезонным расам) – летней и осенней. Последняя составляет около 65–70 % от общей годовой численности нерестовых мигрантов. Ход рыб летней биологической группы обычно приходится на период со второй декады мая по вторую декаду августа. Массовый ход осенней семги начинается в первой-второй декаде сентября и заканчивается во второй-третьей декаде декабря.

В последнее десятилетие учет семги на РУЗ ведется со значительными перебоями и не охватывает весь период нерестового хода, поэтому материалы учета не всегда отображают действительное состояние численности лосося в реке. Однако и такие усеченные данные дают возможность судить о современном состоянии запаса семги в р. Варзуга. Из рис. 3 видно, что численность рыб, пропущенных на нерест, только несколько раз и в основном незначительно превышала величину сохраняющего запаса. Здесь следует обратить

внимание на численность рыб летней биологической группы, данные учета которых вполне репрезентативны, несмотря на отсутствие сведений за ряд лет. Эта биологическая группа, участвующая в нересте текущего года, на 70–75 % состоит из самцов, на 20–25 % – из самок в возрасте 1 SW (1 sea winter, или один год нагула в море) и немногочисленных самок (4–5 %), пробывших в море не менее двух лет (2 SW, 3 SW). В 1984–1990 годах численность этих рыб составляла в среднем около 10,6 (7,6–13,4) тыс. экз., в 2000–2011 годах – 2,7 (0,94–7,2) тыс. экз.

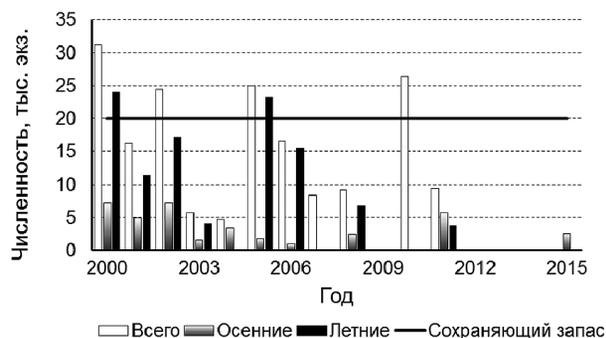


Рис. 3. Учетная численность производителей семги разных биологических групп в р. Варзуга в 2000–2015 годах и величина сохраняющего запаса

С учетом того факта, что численность лососей летней расы составляет менее трети от нерестового стада, несложный подсчет показывает, что современная численность производителей значительно меньше уровня сохраняющего запаса.

О снижении численности семги свидетельствуют не только статистика учета нерестовых мигрантов на РУЗ, но и данные, характеризующие динамику плотности расселения молоди семги. С 1994 по 2000 год на некоторых НВУ плотность молоди в возрасте 1+ и старше достигала 100 экз./100 м² и более, а в среднем по реке – около 51 экз./100 м², что говорит о благополучном состоянии среды обитания, кормовой базы, низком уровне ННН-лова (незаконный, нерегулируемый, недекларируемый) и о сбалансированности промысла.

В последние 14 лет средние ежегодные показатели плотности в семи случаях из четырнадцати едва достигали 20 экз./100 м² (граничный показатель, указывающий на высокий уровень ННН-лова), причем в большинстве случаев значительно. Крайне критичным является то, что на некоторых участках реки молодь вообще не встречается или встречается единично. Из рис. 4 видно, что наименьшие плотности были зарегистрированы на перекатах в районе впадения притока Серга (участок 12), где молодь отсутствовала, на перекатах Студенец, Порокушка (участки 15 и 16), в районе впадения ручья Мельничный (участок 16). Нулевые или близкие к этому плотности расселения молоди семги были на всем протяжении

Морского порога (участки 20–22). Аномально низкие плотности зарегистрированы на участках 3 и 4. Первый расположен на р. Пана, второй – в районе впадения р. Пана в р. Варзуга (рис. 4, см. рис. 1).

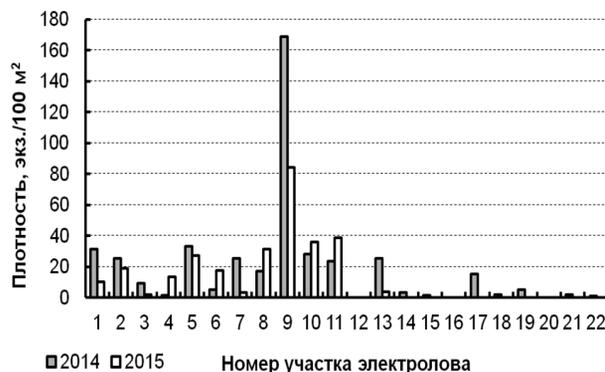


Рис. 4. Плотность расселения молоди семги в возрасте 1+ и старше в р. Варзуга в 2014 (1) и 2015 (2) годах на участках, где осуществлялся электролов

Следует особо подчеркнуть, что продолжающееся год за годом выведение из воспроизводства производителей семги на одних и тех же участках реки представляет собой серьезный удар по субпопуляционной структуре стада, поскольку из воспроизводства выпадают группировки рыб, происходившие из данных участков. Нерест на этих НВУ рыб из других группировок, если учитывать выраженный «домашний инстинкт» семги, может быть лишь случайным [6]. Иначе говоря, воспроизводство семги здесь будет восстанавливаться многие годы даже при условии прекращения промысла.

Основная причина наблюдаемого сокращения числа нерестовых мигрантов и молоди – значительно возросший уровень ННН-лова в реке, которым занимаются как многочисленные туристы, сплавляющиеся по притокам и по основному руслу р. Варзуга, так и рыбаки-любители. Последние легально (по лицензии) ловят семгу по принципу «поймал-изъял» в нижнем течении реки, но не декларируют полностью или частично свой улов.

В период с 1982 по 1997 год, когда на реке существовал рыбохозяйственный заказник, туризм и другие формы отдыха были запрещены. В 2000 году на р. Варзуга был организован государственный природный биологический (рыбохозяйственный) заказник регионального значения «Варзугский», одной из задач которого являлась организация спортивного рыболовства и туризма.

На наш взгляд, проверка временем показала, что разрешение сплава туристов по реке оказалось преждевременным, если учитывать низкий уровень законодательной дисциплины российских граждан. Только за один световой день 4 сентября 2014 года мимо стоянки экспедиционной группы ПИНРО в районе притока Пятка просле-

довало вниз по течению на разных плавсредствах 48 человек. Все были вооружены спиннингами. Туристический сезон на р. Варзуга продолжается более 100 дней, а летом количество туристов заметно больше. И какие бы допущения мы ни делали, урон, который наносят туристы-рыбаки варзугскому стаду семги, реален и весьма значителен. Он исчисляется тысячами изъятых производителей.

То же самое относится к рыбакам-любителям, использующим принцип «поймал-изъял». Разрешение спиннингового лова на семужьих реках наносит чрезвычайно большой вред воспроизводству семги [2], [14].

Статистика уловов рыбаков-любителей, соотнесенная с численностью рыб летней биологической группы, показывает выраженный рост уловов на фоне снижения численности рыб. При этом лов с изъятием ведется в нижнем течении реки в мае – июне, в период хода крупных особей в возрасте 2SW и 3SW.

Анализ промыслово-биологических данных показал, что современная численность нерестового запаса семги в р. Варзуга снизилась до критических значений и оценивается величиной меньшей, чем установленный для этой реки сохраняющий лимит. Судя по низким плотностям расселения молоди, в ближайшие годы увеличения численности семги не будет.

Одним из эффективных инструментов для изучения динамики численности популяции рыб при разном промысловом усилии является ее воспроизведение на математических моделях [4], [5].

В имитационной модели лососевого стада р. Варзуга мы задали показатели возрастной, половой структуры популяций и сезонных рас, полученные на основании данных, собранных в период работы рыбоучетного заграждения в 70–90-е годы XX столетия, когда популяция еще не испытывала значительного пресса ННН-лова. В качестве влияющего фактора использовали различные промысловые нагрузки – от нулевой до предельной, допуская, что промысел охватывает лососей всех возрастных групп и рас.

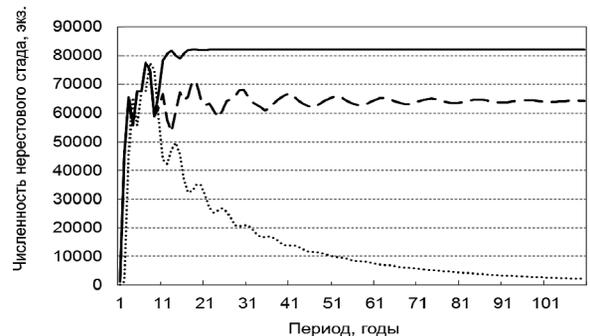
В условиях отсутствия промысла и неизменных условиях жизни модельной популяции свойственны незначительные затухающие автоколебания (рис. 5а). Численность лососей относительно стабильна и составляет около 65 000. При постепенном повышении значения коэффициента промысловой смертности ($F = 0,2 \text{ год}^{-1}$ и более) популяция приходит в равновесное состояние, а ее численность возрастает, достигая максимума при изъятии 50–60 % нерестовых рыб (значения F в диапазоне от 0,7 до 0,9 год^{-1}) (см. рис. 5а).

Дальнейшее увеличение промысловой смертности ведет к постепенному снижению численности популяции, а начиная со значений $F = 2,0 \text{ год}^{-1}$, соответствующих изъятию 85–86 %, –

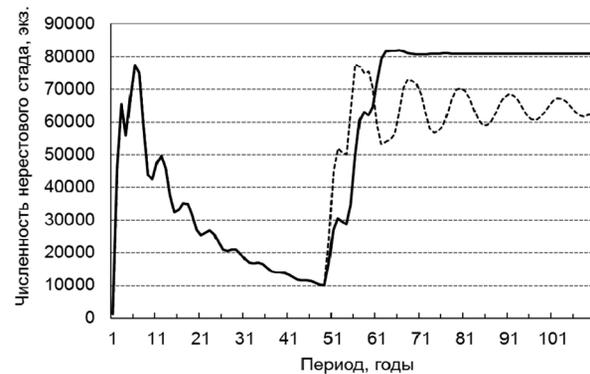
к скачкообразному переходу системы в неравновесное состояние и асимптотическому снижению численности к оси абсцисс, что равносильно вымиранию популяции (см. рис. 5а).

Для того, чтобы численность нерестового стада стабилизировалась на уровне сохраняющего запаса (около 20 тыс. особей), вылов должен составлять 83 % ($F = 1,77 \text{ 1/год}$), что, по сути, является пороговым показателем [5]. С учетом неполных данных учета лососей 2016 года (с конца июня по конец октября зарегистрировано лишь около 5000 нерестовых мигрантов) приходится констатировать, что современная численность семги опустилась намного ниже биологически допустимого уровня, а уровень промыслового изъятия семги составляет не менее 85–86 % нерестовых мигрантов.

Для определения периода времени, необходимого лососевому стаду для восстановления после продолжительного перелома, в течение первых 50 лет задавалась предельная промысловая нагрузка (86 % изъятия), а в последующее время промысел либо полностью отсутствовал (рис. 5б, пунктирная линия), либо соответствовал постоянному изъятию 50 % нерестовых лососей (рис. 5б, сплошная линия). В первом случае стадо лососей р. Варзуга восстанавливается до равновесного состояния в течение 6 лет, во втором случае – 12 лет.



а



б

Рис. 5. Динамика численности нерестового стада атлантического лососа в р. Варзуга

Высокую воспроизводительную способность туломской семги отмечал В. В. Азбелев [1], по расчетам которого с 1945 по 1949 год после войны и открытия туломского рыбихода коэффициент возврата достигал 7,3 от одного производителя и 15,0 от самки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ данных позволяет оценить состояние воспроизводства стада семги р. Варзуга как неудовлетворительное. Основной урон запасам наносит незаконный и недекларируемый лов в реке, который в первом случае осуществляется многочисленными туристами, сплавляющимися по реке от верхних притоков до с. Варзуга, а во втором – рыбаками-любителями, осуществляющими легально (по лицензии) лов по принципу «поймал-изъял», но не декларирующими полностью или частично свой улов.

Учитывая, что в течение ряда последних лет нерестовый запас семги испытывает значительные колебания, а в некоторые из них лишь незначительно превышает уровень сохраняющего запаса, нельзя считать, что современная численность нерестовых мигрантов лосося р. Варзуга находится в безопасных биологических границах, то есть популяция лосося подвержена серьезному риску катастрофического снижения уровня естественного воспроизводства и длительной депрессии численности.

На имитационной математической модели показано, что современный уровень изъятия анадромных мигрантов семги всеми видами промысла оценивается величиной не менее 85 %. Переориентирование эксплуатации запасов с

промышленного на любительское и спортивное рыболовство с сохранением небольшого объема добычи для промышленного лова имело целью обеспечить щадящую эксплуатацию запасов атлантического лосося. Тем не менее, в отсутствие должной охраны рек, самые разумные управленческие решения не приводят к ожидаемому результату и большая доля улова приходится на ННН-лов.

Практические действия по восстановлению запасов должны быть направлены на увеличение числа производителей, в первую очередь самок. Эту задачу можно решить эффективной охраной устьевой и эстуарной зон рек в период осеннего хода семги, охраной нерестилищ в летне-осенний период, а также установлением контроля за соблюдением установленных квот при всех видах добычи (вылова) атлантического лосося.

В качестве крайне необходимых мер предлагается:

- Запретить минимум на пять лет лов семги по принципу «поймал-изъял» на нижнем участке реки (руч. Мельничный – порог Порокушка) в весенне-летний период (май – июнь).
- Решить вопрос об изменении статуса существующего заказника и ввести мораторий на сплав туристов на период не менее 5 лет.
- Ввести в практику инспектирование реки смешанными группами (рыбоохрана, природоохранные организации, лесное хозяйство), так как помимо нарушений в сфере рыболовства, нарушаются Водный, Земельный кодексы и другие законодательные акты; увеличить штат госинспекторов рыбоохраны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азбелев В. В. Некоторые данные по возврату семги от известного числа производителей // Научно-технический бюллетень ПИНРО. 1958. № 2 (6). С. 53–55.
2. Азбелев В. В. Опыт регулирования лова семги в водах Кольского полуострова // Труды ВНИРО. 1970. Т. LXXI. С. 68–74.
3. Алексеев М. Ю. Изучение динамики численности нерестового стада атлантического лосося реки Тулома с помощью математической модели // Вопросы рыболовства. 2003. Т. 4. № 2 (14). С. 246–263.
4. Алексеев М. Ю., Самохвалов И. В. Моделирование динамики численности семги при различных модификациях структуры популяции // Экологические проблемы пресноводных рыбохозяйственных водоемов России: Всероссийская науч. конф. с международным участием, посвящ. 80-летию Татарского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ». Казань, 2011. С. 18–22.
5. Алексеев М. Ю., Зубченко А. В. Угрожающие тенденции в естественном воспроизводстве семги реки Варзуга (Кольский п-ов): причины и пути устранения // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования: Материалы докл. Всероссийской конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Татарского отделения ГОСНИОРХ. Казань, 2016. С. 39–47.
6. Алтухов Ю. П., Салменкова Е. А., Омельченко В. Т. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука, 1997. 228 с.
7. Гринюк И. Н. Промысел, воспроизводство и прогнозирования численности нерестового стада семги реки Поной // Труды ПИНРО. 1977. Вып. XXXII. С. 156–182.
8. Зубченко А. В., Веселов А. Е., Калужин С. М. Биологические основы управления запасами семги в реке Варзуге и варзугском рыбопромысловом районе. Мурманск; Петрозаводск, 2002. 77 с.
9. Исаченко В. Л. Исследования семги и ее промысла и выяснение в реках севера мест, пригодных для проведения мероприятий по искусственному ее разведению // Известия Ленинградского научно-исследовательского ихтиологического института. 1931. Т. 13. Вып. 2. С. 31–59.
10. Казаков Р. В., Кузьмин О. Г., Шустов Ю. А., Щуров И. Л. Атлантический лосось р. Варзуги. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 108 с.
11. Мартынов В. Г. Сбор и первичная обработка биологических материалов из промысловых уловов атлантического лосося: Метод. рекомендации. Сыктывкар, 1987. 36 с.

12. Мейснер В. И. Семужий промысел на Севере России, его прошлое, настоящее и будущее // Известия отдела рыбодства и научно-промысловых исследований. 1920. Т. 1. Вып. 2. С. 87–91.
13. Михин В. С. Рыбы р. Варзуги и их взаимоотношения с молодью семги // Известия ВНИОРХ. 1959. Т. 48. С. 101–107.
14. Никифоров Н. Д. Запретить спиннинговый лов на нерестовых семужьих реках // Рыбное хозяйство. 1958. № 34. С. 22.
15. Никифоров Н. Д. Развитие, рост и выживаемость эмбрионов и молоди семги в естественных условиях // Известия ВНИОРХ. 1959. Т. 48. С. 65–79.
16. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М., 1966. 376 с.
17. Прусов С. В., Зубченко А. В., Самойлова Е. Н. Сохраняющие лимиты (CL) и их роль в управлении запасами атлантического лосося из рек Кольского полуострова // Биология, воспроизводство и состояние запасов анадромных и пресноводных рыб Кольского полуострова. Мурманск, 2005. С. 204–215.
18. Смирнов А. Г. Исследования биологии и промысла семги в реках восточной части Терского берега и на Мурмане в 1932 и 1933 гг. // Известия ВНИОРХ. 1935. Т. 20. С. 114–186.
19. Ушаков И. Ф. Кольская земля. Мурманск, 1972. 672 с.
20. Яковенко М. Я. Выживаемость атлантического лосося при естественном воспроизводстве // Труды ВНИРО. 1976. Т. СХІІІ. С. 43–45.
21. Ricker W. E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population // Bull. Fish. Res. Board of Can. 1975. № 191. 382 p.
22. Zippin C. The removal method of population estimation // J. of Wildlife Management. 1958. Vol. 22. № 1. P. 82–90.

Alekseev M. Yu., Inland Waters of Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography
(Murmansk, Russian Federation)

Zubchenko A. V., Inland Waters of Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography
(Murmansk, Russian Federation)

DEPRESSED STATE CAUSES OF ATLANTIC SALMON STOCK IN THE WATERS OF VARZUGA RIVER (KOLA PENINSULA)

The problem of negative trends in numerical strength dynamics in the species of Atlantic salmon inhabiting the Varzuga River (the White Sea basin) is studied in the article. A retrospective review of the fisheries in focus and their regulations are described. Dynamics of the spawning stock's numerical strength are considered; the impact of different volumes of the fish yield is estimated. Based on the results of the long-term ongoing research describing the density of juveniles' distribution on the nursery grounds, research data on the significant decrease in the parrs' numerical strength (up to a complete absence in some parts of the river) were obtained. This fact coupled together with plummeting numbers of spawning migrants speaks of the unsatisfying state of salmon stock reproduction. This effect was conditioned by the unsustainable exploitation of the stock by massive illegal and unreported fishing. The method of mathematical simulation has defined a contemporary level of commercial exploitation of the Varzuga River's salmon stock. It was concluded that a contemporary harvest of local producers, obtained by all types of fisheries, composes no less than 85 %. The implementation of the advised fish protection activities can assist in Atlantic salmon population recovery during 6–12 years.

Key words: abundance dynamics, natural reproduction, simulation model, density of juveniles' distribution

REFERENCES

1. Azbelev V. V. Some data on salmon return from the known number of producers [Nekotorye dannye po vozvratu semgi ot izvestnogo chisla proizvoditeley]. *Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' PINRO*. 1958. № 2 (6). P. 53–55.
2. Azbelev V. V. Experience of salmon fisheries management in waters of the Kola Peninsula [Opyt regulirovaniya lova semgi v vodakh Kol'skogo poluostrova]. *Trudy VNIRO*. 1970. Vol. LXXI. P. 68–74.
3. Alekseev M. Yu. The study of abundance dynamics of Atlantic salmon spawning stock in the Tuloma river using mathematical model [Izuchenie dinamiki chislennosti nerestovogo stada atlanticheskogo lososya reki Tuloma s pomoshch'yu matematicheskoy modeli]. *Voprosy rybolovstva* [Problems of fisheries]. 2003. Vol. 4. № 2 (14). P. 246–263.
4. Alekseev M. Yu., Samokhvalov I. V. Simulation of salmon abundance dynamics under various modifications of population structure [Modelirovanie dinamiki chislennosti semgi pri razlichnykh modifikatsiyakh struktury populyatsii]. *Ekologicheskie problemy presnovodnykh rybokhozyaystvennykh vodoemov Rossii: Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennaya 80-letiyu Tatarskogo otdeleniya FGBNU "GosNIORKh"*. Kazan, 2011. P. 18–22.
5. Alekseev M. Yu., Zubchenko A. V. Threatening trends in salmon natural reproduction in the Varzuga river (the Kola Peninsula): causes and ways of elimination [Ugrozhayushchie tendentsii v estestvennom vosproizvodstve semgi reki Varzuga (Kol'skiy p-ov): prichiny i puti ustraneniya]. *Sovremennoe sostoyanie bioresursov vnutrennikh vodoemov i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya: Materialy dokladov Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 85-letiyu Tatarskogo otdeleniya GOSNIORKh*. Kazan, 2016. P. 39–47.
6. Altukhov Yu. P., Salmenkova E. A., Omeletchenko V. T. *Populyatsionnaya genetika lososevykh ryb* [Population genetic of Salmonidae]. Moscow, 1997. 228 p.
7. Grinyuk I. N. Fishery, reproduction and forecasts of salmon spawning stock abundance in the Ponoj River [Promysel, vosproizvodstvo i prognozirovaniya chislennosti nerestovogo stada semgi reki Ponoj]. *Trudy PINRO*. 1977. Vol. XXXII. P. 156–182.
8. Zubchenko A. V., Veselov A. E., Kalyuzhin S. M. *Biologicheskie osnovy upravleniya zapasami semgi v reke Varzuge i varzugskom rybopromyslovom rayone* [Biological grounds of salmon stocks management in the Varzuga River and the Varzuga's fisheries area]. Murmansk, Petrozavodsk, 2002. 77 p.

9. Isachenko V. L. A study of salmon and its fishery. Determination of areas for salmon farming in the Northern rivers [Issledovaniya semgi i ee promysla i vyyasnenie v rekakh severa mest, prigodnykh dlya provedeniya meropriyatiy po iskusstvennomu ee razvedeniyu]. *Izvestiya Leningradskogo nauchno-issledovatel'skogo ikhtiologicheskogo instituta*. 1931. Vol. 13. Issue 2. P. 31–59.
10. Kazakov R. V., Kuz'min O. G., Shustov Yu. A., Shchurov I. L. *Atlanticheskii losos' r. Varzugi* [Atlantic salmon of the Varzuga River]. St. Petersburg, 1992. 108 p.
11. Martynov V. G. *Sbor i pervichnaya obrabotka biologicheskikh materialov iz promyslovykh ulovov atlanticheskogo lososya: Metodicheskie rekomendatsii* [Collection and primary procession of biological samples from Atlantic salmon commercial catches (guidelines)]. Syktyvkar, 1987. 36 p.
12. Meysner V. I. Salmon fishery in the Northern Russia, its past, present and future [Semuzhiy promysel na Severe Rossii, ego proshloe, nastoyashchee i budushchee]. *Izvestiya otdela rybovodstva i nauchno-promyslovykh issledovaniy*. 1920. Vol. 1. Issue 2. P. 87–91.
13. Mikhin V. S. Fish of the Varzuga River and its interactions with salmon juveniles [Ryby r. Varzugi i ikh vzaimootnosheniya s molod'yu semgi]. *Izvestiya VNIORKh*. 1959. Vol. 48. P. 101–107.
14. Nikiforov N. D. Spinning fishing in spawning salmon rivers are to be banned [Zapretit' spinningovyy lov na nerestovykh semuzh'ikh rekakh]. *Rybnoe khozyaystvo*. 1958. № 34. P. 22.
15. Nikiforov N. D. Development, growth and survival of salmon embryos and juveniles under natural conditions [Razvitie, rost i vyzhivaemost' embrionov i molodi semgi v estestvennykh usloviyakh]. *Izvestiya VNIORKh*. 1959. Vol. 48. P. 65–79.
16. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)* [Fish study guidelines (mainly freshwater fish)]. Moscow, 1966. 376 p.
17. Prusov S. V., Zubchenko A. V., Samoylova E. N. Conservation limits (CL) and their role in Atlantic salmon management of the Kola Peninsula rivers [Sokhranyayushchie limity (CL) i ikh rol' v upravlenii zapasami atlanticheskogo lososya iz rek Kol'skogo poluostrova]. *Biologiya, vosпроизводство i sostoyanie zapasov anadromnykh i presnovodnykh ryb Kol'skogo poluostrova*. Murmansk, 2005. P. 204–215.
18. Smirnov A. G. Study of salmon biology and fishery in rivers of the Eastern Tersk coast and Murman (1932–1933) [Issledovaniya biologii i promysla semgi v rekakh vostochnoy chasti Terskogo berega i na Murmane v 1932 i 1933 godakh]. *Izvestiya VNIORKh*. 1935. Vol. 20. P. 114–186.
19. Ushakov I. F. *Kol'skaya zemlya* [The Kola land]. Murmansk, 1972. 672 p.
20. Yakovenko M. Ya. Survival of Atlantic salmon against natural reproduction [Vyzhivaemost' atlanticheskogo lososya pri estestvennom vosпроизводstve]. *Trudy VNIRO*. 1976. Vol. CXIII. P. 43–45.
21. Ricker W. E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population // *Bull. Fish. Res. Board of Can.* 1975. № 191. 382 p.
22. Zippin C. The removal method of population estimation // *J. of Wildlife Management*. 1958. Vol. 22. № 1. P. 82–90.

Поступила в редакцию 21.11.2016

ПАВЕЛ АЛЕКСЕЕВИЧ ИГНАШОВ

аспирант лаборатории болотных экосистем, Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
paul.ignashov@gmail.com

ВИКТОР ЛЕОНИДОВИЧ МИРОНОВ

ведущий биолог лаборатории болотных экосистем, Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
vict.mironoff@yandex.ru

ОЛЕГ ЛЕОНИДОВИЧ КУЗНЕЦОВ

доктор биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией болотных экосистем, Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
kuznetsov@krc.karelia.ru

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БОЛОТ АККУМУЛЯТИВНЫХ ЛЕДОРАЗДЕЛЬНЫХ ВОЗВЫШЕННОСТЕЙ НА ЮГЕ КАРЕЛИИ*

Приводятся результаты исследования растительного покрова 48 болот аккумулятивных ледораздельных возвышенностей юга Карелии. В силу особенностей рельефа на их территориях располагается множество мелкоконтурных болот. Мелкоконтурные болота распространены по всей Карелии и в совокупности занимают значительные территории, однако остаются малоизученными. Во флоре исследованных болот выявлено 127 видов сосудистых растений и 54 вида мхов. Выделено 12 ассоциаций растительных сообществ с использованием тополого-экологического подхода. Дана характеристика выделенных ассоциаций. С помощью DCA-ординации представлено положение выделенных ассоциаций на градиентах трофности и увлаженности местообитаний. Описаны особенности состава и структуры растительного покрова на болотах, развивающихся в замкнутых и проточных котловинах. На болотах замкнутых котловин распространены маловидовые омбротрофные растительные сообщества, олиготрофные и мезотрофные сообщества, вносящие значительный вклад в разнообразие, приурочены к болотам проточных котловин.

Ключевые слова: флора, растительность, пространственная структура, классификация, болота, аккумулятивные ледораздельные возвышенности

ВВЕДЕНИЕ

На территории Карелии располагается 12 аккумулятивных ледораздельных возвышенностей (ЛВ). Образованные в результате ледниковых процессов, эти возвышенности имеют сложное геологическое строение. Они обладают мощным четвертичным покровом (60–80 м), сложным перекрывающимися друг друга суглинистой моренной и песчано-гравийными отложениями. Рельеф возвышенностей имеет выраженную ярусность: по краям возвышенности расположены моренные гряды, а центр представлен комплексом куполообразных холмов и впадин [16].

Расчлененность рельефа и обилие впадин способствовали развитию множества болот небольшой площади. Болота малых площадей (до 100 га) – мелкоконтурные, в Карелии они изучены довольно слабо. Наиболее полные сведения имеются о мелкоконтурных болотах, существующих или планируемых, охраняемых природных территорий: заповедника «Кивач» [12], Заонежского полуострова и о. Кижы [9], [13]. Отдельные болота ЛВ были изучены в некоторых районах северной

Карелии [3], [6], [17]. По южной Карелии имеются лишь краткие сведения о болотах Вешкельской и Вохтозерской возвышенностей как элементе водно-ледникового холмисто-грядового ландшафта [1], [7].

Целью нашего исследования было изучить разнообразие и структуру растительного покрова экосистем мелкоконтурных болот, расположенных на аккумулятивных ледораздельных возвышенностях в подзоне средней тайги Карелии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вешкельская ЛВ (61°51'23" с. ш., 34°17'41" в. д.) ограничена на юге озером Шотозеро, на юго-востоке Корзинской низиной, на севере озером Сямозеро. Ее площадь около 200 кв. км. Отметки высот от 115 до 225 м н. у. м. – самые высокие отметки на западной стороне возвышенности. В пределах возвышенности расположено около 300 озер, которые занимают 10 % территории. Заболоченность территории около 15 %. Большая часть болот развиваются в бессточных замкнутых котловинах [2], они небольшого размера (от 2 до 50 га), имеют четкие контуры, вытянуты

с северо-запада на юго-восток, окружены песчаными грядами и изолированы друг от друга. Однако на юго-востоке возвышенности около оз. Савала несколько массивов образуют болотную систему площадью более 150 га.

Вохтозерская ЛВ (62°08'57" с. ш., 33°22'56" в. д.) находится северо-восточнее оз. Сямозеро. Занимает площадь около 400 кв. км, высоты поверхности от 100 до 200 м н. у. м. Примерно 20 % территории заболочено. Болота располагаются в понижениях между холмами и озами и часто имеют сложную конфигурацию.

Исследования выполнялись маршрутным методом в течение полевого сезона 2014 года. Предварительный выбор объектов и планирование маршрута осуществлялись по анализу космоснимков и топографических карт. Было исследовано 48 болотных массивов площадью от 2,5 до 90 га (35 – Вешкельская ЛВ, 13 – Вохтозерская ЛВ). Как показали наши исследования, они имеют как озерный, так и суходольный генезис. Мощность торфяных залежей и озерных отложений достигает на некоторых из них 6–9 м.

Геоботанические описания выполнялись на временных пробных площадях (10 × 10 м) или в границах конкретного фитоценоза. Оценивалось проективное покрытие (в процентах) всех видов в сообществе. Впоследствии проективное покрытие было переведено в баллы по 6-балльной шкале (+ – до 1 %; 1 – 1–10 %; 2 – 11–25 %; 3 – 26–50 %; 4 – 51–75 %; 5 – 76–100 %). В биотопах (болотных участках) с комплексным строением определялись соотношение форм микрорельефа, их размеры, описания выполнялись для всех сообществ, выделенных в биотопе.

Для характеристики фитоценотического разнообразия была использована тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии [10], [11]. Описания были сведены в таблицу с выделением 12 эколого-ценотических групп видов. На основании данных о видовом составе, проективном покрытии, положении в микрорельефе был выделен ряд синтаксонов, которые мы рассматриваем в ранге ассоциаций. Название сосудистых растений дано по А. В. Кравченко [8], мхов – согласно работе М. С. Игнатова, О. М. Афоной и др. [4].

Ординация выделенных ассоциаций выполнялась методом бестрендового анализа соответствия [21]. В качестве анализируемого параметра была использована встречаемость вида в синтаксоне по 6-балльной шкале (г – вид встречается менее чем в 10 % описаний; I – 11–20 %; II – 21–40 %; III – 41–60 %; IV – 61–80 %; V – 81–100 %). Для проведения DCA-ординации была использована программа PAST 2.17 [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Флора. В составе флоры исследованных болот выявлено 127 видов сосудистых растений,

относящихся к 44 семействам и 80 родам, что составляет 40 % от болотной флоры Карелии [11]. Мхи представлены 54 видами из 11 семейств и 19 родов (40 % от бриофлоры болот Карелии [11]). Флора отдельных массивов составляет от 21 до 90 видов в зависимости от сложности структуры растительного покрова [5].

Относительную бедность флоры исследованных болот ЛВ, а также редкую встречаемость большинства видов (около 100 видов были встречены лишь на 1–10 болотах) мы связываем с особенностями распространенных в условиях возвышенности маловидовых сообществ омбротрофных местообитаний. Минеротрофные (олиготрофные и мезотрофные) местообитания встречаются довольно редко, главным образом на массивах, расположенных вдоль ручьев или в зарастающих заливах озер.

Классификация растительности. На основе анализа 121 геоботанического описания выделено 12 ассоциаций (таблица). Из них 7 ассоциаций из омбротрофного класса (1 относится к древесно-сфагновой группе, 2 – кочковой, 2 – ковровой, 2 – мочажинной), 1 ассоциация олиготрофная ковровая и 4 мезотрофные ассоциации (1 относится к древесной группе, 2 – мочажинной, 1 – топяной аллювиальной). Классы, группы и ассоциации рассматриваются в соответствии с классификацией О. Л. Кузнецова [11] с некоторыми дополнениями на уровне ассоциаций.

Омбротрофный класс

1. Ассоциация *Pinus sylvestris* – *Chamaedaphne calyculata* – *Sphagnum angustifolium*

Древесный ярус, представленный сосной, разреженный (сомкнутость 0,1–0,3), высотой 2–8 м, редко встречается береза (высотой до 2 м). Имеет развитый кустарничково-травяной ярус с доминированием *Chamaedaphne calyculata* и *Eriophorum vaginatum*. В моховом покрове доминируют *Sphagnum angustifolium* или *S. fuscum*. На некоторых болотах сообщества ассоциации занимают значительную площадь, что является признаком хорошей дренированности болота и его динамики в направлении дальнейшего большего облесения. Это характерно для болот в данном типе ландшафта [7], [19].

2. Ассоциация *Chamaedaphne calyculata* – *Sphagnum fuscum*

В нее входят сообщества кочек и гряд, в составе которых часто встречаются низкие формы сосны, также они имеют развитый кустарничковый ярус с доминированием в моховом покрове *Sphagnum fuscum*. Видовое богатство (ценофлора) насчитывает 34 вида, самое высокое среди выделенных ассоциаций в омбротрофном классе. Поскольку кочки молодые и довольно низкие, то в одном сообществе могут встретиться как гидрофильные виды (*Scheuchzeria palustris*), так и виды более сухих местообитаний (*Empetrum nigrum*). Однако только 18 видов имеют класс постоянства

Видовой состав ассоциаций болот аккумулятивных ледораздельных возвышенностей юга Карелии

№ ассоциации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во описаний	13	24	16	4	5	26	7	11	3	4	3	5
Кол-во видов	26	34	31	18	21	24	25	29	50	42	14	40
Видовая насыщенность	16	15	13	13	12	10	11	12	26	16	10	22
Кол-во видов с III–V классами постоянства	16	18	13	13	10	12	13	12	19	13	9	17
<i>Betula pubescens</i>	r	I	I					IV ⁽⁺¹⁾	3 ⁽²⁻³⁾	1		
<i>Pinus sylvestris</i>	V ⁽²⁻³⁾	IV ⁽⁺²⁾	IV ⁽⁺²⁾		I	r		III ⁽⁺¹⁾	3 ⁽⁺¹⁾	1		
1. * <i>Ledum palustre</i>	IV ⁽⁺²⁾	III ⁽⁺²⁾	II									
<i>Vaccinium uliginosum</i>	III ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾	II					r	2 ⁽⁺⁾			
<i>Sphagnum capillifolium</i>		III ⁽⁺²⁾		4 ⁽⁵⁻³⁾			I					
2. <i>Empetrum nigrum</i>	V ⁽¹⁻²⁾	III ⁽⁺²⁾	II									
<i>Oxycoccus microcarpus</i>	III ⁽⁺⁾	III ⁽⁺¹⁾	r	1								
<i>Rubus chamaemorus</i>	V ⁽⁺³⁾	IV ⁽⁺¹⁾	II	3 ⁽⁺¹⁾		r						
<i>Drosera rotundifolia</i>	V ⁽⁺¹⁾	V ⁽⁺¹⁾	V ⁽⁺⁾	4 ⁽¹⁾	V ⁽⁺⁾	III ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾	II	1	1		
<i>Sphagnum fuscum</i>	V ⁽²⁻⁵⁾	V ⁽³⁻⁵⁾	III ⁽⁺²⁾	4 ⁽⁺³⁾	II		I	II				
<i>Polytrichum strictum</i>	IV ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺²⁾	III ⁽⁺¹⁾					II	1			
<i>Mylia anomala</i>	II	II		2 ⁽⁺⁾	I							
3. <i>Andromeda polifolia</i>	V ⁽¹⁻²⁾	V ⁽²⁾	V ⁽¹⁻²⁾	4 ⁽²⁾	V ⁽⁺²⁾	IV ⁽⁺²⁾	III ⁽⁺²⁾	IV ⁽⁺³⁾	2 ⁽⁺⁾	1		
<i>Betula nana</i>	IV ⁽⁺²⁾	III ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾				I	I	2 ⁽⁺¹⁾			
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	V ⁽¹⁻²⁾	V ⁽¹⁻²⁾	V ⁽⁺²⁾	3 ⁽⁺¹⁾	IV ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾	II	V ⁽¹⁻²⁾	1		2 ⁽⁺²⁾	
<i>Oxycoccus palustris</i>	V ⁽⁺²⁾	V ⁽⁺¹⁾	V ⁽⁺¹⁾	2 ⁽¹⁾	V ⁽⁺¹⁾	IV ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾	V ⁽¹⁻²⁾	3 ⁽¹⁾	2 ⁽⁺¹⁾	3 ⁽⁺¹⁾	
<i>Eriophorum vaginatum</i>	V ⁽⁺²⁾	V ⁽¹⁻²⁾	V ⁽¹⁻²⁾	3 ⁽¹⁻²⁾	V ⁽²⁾	IV ⁽⁺²⁾	III ⁽⁺¹⁾	V ⁽⁺⁾		1		
<i>Carex pauciflora</i>	II	II	III ⁽⁺⁾	1	II	r		I	1	1		
<i>Sphagnum magellanicum</i>	V ⁽⁺³⁾	IV ⁽⁺³⁾	V ⁽⁺⁵⁾	3 ⁽⁺¹⁾	V ⁽⁺²⁾	IV ⁽¹⁻²⁾	II	IV ⁽¹⁻²⁾				
4. <i>Carex limosa</i>		I	I		II	IV ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾	1	1	2 ⁽⁺⁾	
<i>Scheuchzeria palustris</i>	II	III ⁽⁺²⁾	III ⁽⁺¹⁾	4 ⁽⁺¹⁾	V ⁽²⁾	V ⁽²⁾	V ⁽²⁾	IV ⁽¹⁻²⁾	1	1		
<i>Rhynchospora alba</i>		r	r	3 ⁽¹⁾	I	III ⁽⁺²⁾	V ⁽²⁾					
<i>Drosera anglica</i>		II	II	4 ⁽⁺¹⁾	III ⁽⁺¹⁾	V ⁽⁺¹⁾	V ⁽¹⁾	r		1		
<i>Sphagnum balticum</i>		II	I	3 ⁽¹⁻²⁾	V ⁽³⁻⁵⁾	III ⁽⁺⁵⁾	I					
<i>Sphagnum compactum</i>							III ⁽¹⁻³⁾					
<i>Sphagnum jensenii</i>		r				I	III ⁽¹⁻³⁾					
<i>Sphagnum majus</i>		r	r		IV ⁽¹⁻³⁾	V ⁽¹⁻⁵⁾	III ⁽²⁻³⁾	r				
<i>Cladopodiella fluitans</i>					I		V ⁽²⁻⁵⁾	r				
5. <i>Sphagnum fallax</i>						r	I	III ⁽¹⁻⁵⁾	1		3 ⁽¹⁻³⁾	
<i>Sphagnum papillosum</i>	r	r	r		II	II ⁽¹⁻⁵⁾	III ⁽⁺²⁾			1		
6. <i>Dactylorhiza incarnata</i>									3 ⁽⁺⁾	1		
<i>Sphagnum centrale</i>									3 ⁽²⁻⁴⁾	1		
<i>Sphagnum warnstorffii</i>									1	1		
<i>Aulacomnium palustre</i>	II	r							2 ⁽⁺²⁾			
7. <i>Sphagnum subsecundum</i>										3 ⁽¹⁻³⁾		
8. <i>Carex chordorrhiza</i>										2 ⁽⁺¹⁾		
<i>Carex lasiocarpa</i>						r		r	3 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾		I
<i>Carex rostrata</i>		r				I	I	V ⁽²⁻³⁾	3 ⁽¹⁾	3 ⁽⁺¹⁾	3 ⁽²⁻³⁾	V ⁽⁺¹⁾
<i>Eriophorum angustifolium</i>						r		I	2 ⁽⁺⁾	1	1	
<i>Eriophorum gracile</i>									1	2 ⁽⁺⁾		
<i>Equisetum fluviatile</i>								r	3 ⁽⁺²⁾	3 ⁽⁺¹⁾	1	V ⁽³⁻⁵⁾
<i>Menyanthes trifoliata</i>		r			I	r		IV ⁽⁺²⁾	3 ⁽²⁾	4 ⁽¹⁻²⁾	2 ⁽⁺²⁾	I
<i>Utricularia intermedia</i>										2 ⁽¹⁻²⁾		
9. <i>Calla palustris</i>									I		2 ⁽⁺¹⁾	V ⁽¹⁻²⁾
<i>Caltha palustris</i>												V ⁽⁺¹⁾

Окончание таблицы

№ ассоциации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Filipendula ulmaria</i>										1		IV ⁽⁺²⁾
<i>Lycopus europaeus</i>												IV ⁽⁺¹⁾
<i>Sphagnum squarrosum</i>									2 ⁽¹⁻²⁾			
10. <i>Salix cinerea</i>									2 ⁽⁺²⁾			II
<i>Salix phylicifolia</i>									1	1		V ⁽⁺¹⁾
<i>Calamagrostis neglecta</i>									1	1		IV ⁽⁺¹⁾
<i>Comarum palustre</i>								I	3 ⁽⁺²⁾	2 ⁽¹⁻²⁾	1	III ⁽⁺²⁾
<i>Galium palustre</i>										1		V ⁽⁺⁾
<i>Naumburgia thyrsoflora</i>										2 ⁽¹⁾	1	V ⁽⁺¹⁾
<i>Stellaria palustris</i>										1		III ⁽⁺¹⁾
<i>Sphagnum obtusum</i>										2 ⁽¹⁻²⁾		
<i>Sphagnum riparium</i>								I	2 ⁽¹⁻²⁾		3 ⁽³⁻⁵⁾	I
11. <i>Cardamine dentata</i>												IV ⁽⁺⁾
14. <i>Cicuta virosa</i>										2 ⁽⁺⁾		V ⁽⁺¹⁾
<i>Lysimachia vulgaris</i>										1		IV ⁽⁺¹⁾
<i>Scutellaria galericulata</i>												III
<i>Rumex aquaticus</i>												IV ⁽⁺⁾
<i>Myosotis cespitosa</i>												III ⁽⁺¹⁾

Примечание. Ассоциации: 1 – *Pinus sylvestris* – *Chamaedaphne calyculata* – *Sphagnum angustifolium*; 2 – *Chamaedaphne calyculata* – *Sphagnum fuscum*; 3 – *Chamaedaphne calyculata* – *Sphagnum angustifolium*; 4 – *Andromeda polifolia* – *Sphagnum capillifolium*; 5 – *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum balticum*; 6 – *Scheuchzeria palustris* – *Sphagnum majus*; 7 – *Scheuchzeria palustris* – *Hepaticae*; 8 – *Carex rostrata* – *Sphagnum angustifolium*; 9 – *Betula pubescens* – *Menyanthes trifoliata*; 10 – *Carex lasiocarpa* – *Menyanthes trifoliata*; 11 – *Carex rostrata* – *Sphagnum riparium*; 12 – *Equisetum fluviatile* – *Calla palustris*. * – эколого-ценотические группы видов; I–V – классы постоянства; +, 1–5 – проективное покрытие.

III–V, средняя видовая насыщенность описания – 15 видов.

3. Ассоциация *Chamaedaphne calyculata* – *Sphagnum angustifolium*

Сообщества ассоциации схожи с предыдущими, однако из-за более влажных условий в них снижена доля участия кустарничков. В моховом покрове доминирует *Sphagnum angustifolium*, также встречается сообщества с доминированием *S. magellanicum*, характерные для верховых болот подзоны южной тайги [18]. Ценофлора ассоциации включает 31 вид, видовая насыщенность – 13 видов.

4. Ассоциация *Andromeda polifolia* – *Sphagnum capillifolium*

Ассоциация характеризуется редким покровом из угнетенных кустарничков (*Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*), *Rubus chamaemorus* и гидрофильных трав *Scheuchzeria palustris* и *Drosera anglica*. Моховой ярус образует плотный ковер из *Sphagnum capillifolium* с примесью *S. fuscum*. Нередко на таком ковре обнаруживаются пятна голого торфа с печеночниками (*Mylia anomala* и др.) и кустистыми лишайниками рода *Cladonia*. Сообщество образует обширные подушкообразные ковры на берегах болотных озерков. Ранее на болотах Карелии не выделялась, подобные сообщества включались в ассоциацию *Chamaedaphne calyculata* – *Sphagnum fuscum* без придания им синтаксономическо-

го статуса [11]. Сообщества с высоким участием *Sphagnum capillifolium* на грядах дистрофных болот Прибеломорья, относящиеся к ассоциации *Calluna vulgaris* – *Sphagnum fuscum* – *Cladina* spp. [11], сильно отличаются от данной ассоциации по составу и динамическим связям.

5. Ассоциация *Eriophorum vaginatum* – *Sphagnum balticum*

Ковровая ассоциация с высоким покрытием *Eriophorum vaginatum*, ей содоминирует *Scheuchzeria palustris*. Из кустарничков постоянно встречаются только *Andromeda polifolia* и *Oxycoccus palustris*. В моховом ярусе доминирует *Sphagnum balticum* с примесью *Sphagnum magellanicum*, *S. majus* и *S. papillosum*. Ценофлора бедная, всего 21 вид, видовая насыщенность сообществ низкая – 12 видов, что характерно для мозаичных сообществ верховых болот.

6. Ассоциация *Scheuchzeria palustris* – *Sphagnum majus*

Это наиболее распространенная ассоциация на исследованных болотах, довольно часто ее сообщества образуют топяные участки в центральной части болотных массивов или занимают мочажины в комплексных биотопах. В редком травяном ярусе доминирует *Scheuchzeria palustris*, в более обводненных застойных местах доминантом иногда выступает *Rhynchospora alba*. Наряду с ними наиболее часто встречаются *Carex limosa*, *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifo-*

lia. Моховой покров образует *Sphagnum majus*, в некоторых случаях ему содоминируют *S. papillosum* и *S. balticum*.

7. Ассоциация *Scheuchzeria palustris* – *Hepaticae*

Сообщества этой ассоциации развиваются на месте шейхцериево-сфагновых мочажин из-за застойного режима увлажнения. Редкий травяной покров образуют *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Drosera anglica*. Моховой покров находится на разных стадиях деградации: от участков с сильно угнетенными сфагновыми мхами (*Sphagnum majus*, *S. jensenii*, *S. compactum*, *S. papillosum*) с большой примесью печеночных мхов (*Cladopodiella fluitans* и др.) до участков с обнажениями торфа и черной коркой печеночников и водорослей.

Олиготрофный класс

8. Ассоциация *Carex rostrata* – *Sphagnum angustifolium*

Осоково-сфагновые минеротрофные ковровые сообщества развиваются на массивах, имеющих уклоны поверхности и слабую проточность болотных вод. В ценозах встречаются единичные угнетенные деревья сосны и березы пушистой. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Carex rostrata*, из кустарничков ей сопутствуют *Chamaedaphne calyculata* и *Oxycoccus palustris*, из гидрофильных трав встречаются *Carex limosa* и *Menyanthes trifoliata*. В сплошном моховом покрове доминирует *Sphagnum angustifolium* или *S. fallax*, нередко они встречаются в смеси. Сообщества с доминированием каждого из них рассматриваются в ранге соответствующих ассоциаций [11]. Ценофлора ассоциации включает 29 видов, видовая насыщенность – всего 12 видов.

Мезотрофный класс

9. Ассоциация *Betula pubescens* – *Menyanthes trifoliata*

Древесно-травяно-сфагновые сообщества, характеризующиеся самым богатым видовым составом – 50 видов, средняя видовая насыщенность – 26 видов. Довольно редкие сообщества, встречены лишь на 3 болотах (2 – Вешкельская ЛВ, 1 – Вохтозерская ЛВ). Располагаются вдоль ручьев, протекающих по болотам. Древостой высотой до 5 м с сомкнутостью 0,1–0,3 представлен березой с примесью сосны. В кустарничковом ярусе встречается *Salix aurita* и *S. cinerea*. Травяно-кустарничковый ярус довольно развит и представлен *Vaccinium uliginosum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Oxycoccus palustris*, *Carex lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile*, на приствольных кочках встречаются лесные виды *Vaccinium vitisidaea*, *Dryopteris carthusiana*, *Pyrola minor*. В моховом покрове содоминируют *Sphagnum angustifolium* и *S. centrale*, также встречаются гипновые мхи (*Aulacomnium palustre*, *Calliergon cordifolium*).

10. Ассоциация *Carex lasiocarpa* – *Menyanthes trifoliata*

Осоково-травяные сообщества, занимающие периодически заливаемые участки на приречных и приозерных массивах. Травяной ярус образует *Carex lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata* с участием *Equisetum fluviatile*, *Comarum palustre*, *Utricularia intermedia*. В разреженном моховом ярусе встречаются *Sphagnum subsecundum*, *S. obtusum*, *Warnstorfia fluitans*. Ценофлора включает 42 вида, насыщенность ценозов в среднем 16 видов.

11. Ассоциация *Carex rostrata* – *Sphagnum riparium*

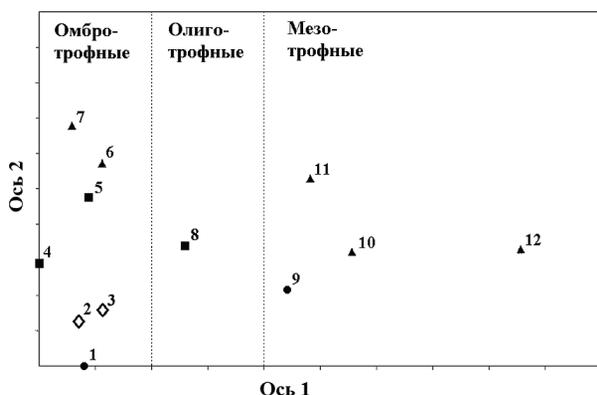
Осоково-сфагновые сообщества, встречающиеся узкой полосой у окраек массивов, где вода задерживается высоким минеральным берегом. С берега вместе с осадками поступает некоторое количество питательных веществ. Сообщество представляет собой моховой ковер, подпираемый водой, с густым покровом из *Carex rostrata* с участием *Menyanthes trifoliata*, *Calla palustris*. Ковер образован *Sphagnum riparium* с примесью *S. fallax*.

12. Ассоциация *Equisetum fluviatile* – *Calla palustris*

Разнотравные сообщества, приуроченные к местам, которые заливаются озерными или речными водами. Характеризуются кустарничковым ярусом из ив (*Salix pentandra*, *S. phylicifolia*), густым ярусом *Equisetum fluviatile*, разнообразием травянистых растений (36 видов), многие из которых были встречены только в этих сообществах (*Solanum dulcamara*, *Carex acuta*, *Persicaria amphibia*, *Carex appropinquata*, *Carex omskiana*). Напочвенный покров практически отсутствует, лишь изредка встречаются мхи *Sphagnum riparium* и *S. squarrosum*. Ценофлора включает 40 видов, насыщенность ценозов в среднем 22 вида.

Для определения положения выделенных синтаксонов в экологическом пространстве был проведен бестрендовый анализ соответствия. Его результаты показывают следующее: первые две оси ординационной диаграммы объясняют около 49 % изменчивости (ось 1 – 37 %, ось 2 – 12 %) (рисунок).

Распределение ассоциаций таково, что ось 1 интерпретирована нами как градиент степени трофности местообитаний, а ось 2 – степень увлажнения. По оси 1 четко распределяются ассоциации по уровню минерального питания: омбротрофные, олиготрофные и мезотрофные. Обособленное положение ассоциации *Equisetum fluviatile* – *Calla palustris* (№ 12) связано с аллювиальным влиянием на местообитания, создающим, скорее, мезоевтрофные условия [14], [15]. По оси 2 выделяются группы ассоциаций, отличающиеся условиями увлажнения: облесенные с переменным режимом увлажнения (1 и 9); кочковые (2 и 3); ковровые (4, 5 и 8); мочажинные и топяные (6, 7, 10, 11, 12) ассоциации.



DCA-ординация ассоциаций растительных сообществ болот ледораздельных возвышенностей (названия ассоциаций приведены в таблице)
 (● – облесенные асс.; ◊ – кочковые асс.; ■ – ковровые асс.; ▲ – мочажинные и топяные асс.)

Структура болотных экосистем. Большинство болот ледораздельных возвышенностей располагаются в бессточных котловинах. Они имеют омбротрофный тип питания и им присуща схожая структура распределения болотных участков (биотопов) на массивах. В обводненной центральной части располагаются омбротрофные участки простого строения, занятые мочажинными сообществами – шейхцериево-сфагновыми и сукцессионно связанными с ними шейхцериево-печеночными, здесь встречаются единичные кочки с сообществами ассоциации *Chamaedaphne*

calyculata – *Sphagnum angustifolium*. Центральную часть окружают узкие ковровые пушицево-сфагновые сообщества. Края массивов занимают кустарничково-сфагновые и сосново-кустарничково-сфагновые сообщества.

На болотах, расположенных в проточных котловинах, имеющих ручьи, развиваются более богатые растительные сообщества, они агрегируются у источников поступления питательных минеральных веществ, растительный покров таких массивов нередко представляет динамический ряд из нескольких полос. Однако и на таких болотах крайки и удаленные от водотоков участки заняты омбротрофными сообществами.

ВЫВОДЫ

1. Геологическое строение и гидрологический режим понижений рельефа ледораздельных возвышенностей способствует развитию болот с преобладанием маловидовых омбротрофных растительных сообществ. Болота, расположенные в проточных котловинах, вносят существенный вклад в разнообразие флоры и растительных сообществ болот ледораздельных возвышенностей.

2. Растительный покров болот бессточных котловин ледораздельных возвышенностей имеет микропоясную структуру: обводненные мочажинные сообщества в центре, к периферии сменяемые ковровыми сообществами, а ближе к крайкам кочковыми и древесными сообществами.

* Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института биологии КарНЦ РАН (проект № 0221-2014-0035).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков А. Д., Громцев А. Н., Еруков Г. В. и др. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура и динамика). Петрозаводск: Карелия, 1990. 284 с.
2. Галкина Е. А. Болотные ландшафты Карелии и принципы их классификации // Труды Карельского филиала АН СССР. Вып. 15. Петрозаводск, 1959. С. 3–48.
3. Елина Г. А., Юрковская Т. К. Растительность и стратиграфия болотных массивов в камовом рельефе у Луусальмы // Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск: Карелия, 1971. С. 95–102.
4. Игнатов М. С., Афолина О. М., Игнатова Е. А. и др. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии // *Arctoa*. 2006. Вып. 15. С. 1–130.
5. Игнашов П. А. Флора и растительность болот Вешкельской ледораздельной возвышенности (Карелия) // Международное совещание «Проблемы изучения и сохранения растительного мира Восточной Финноскандии»: Тез. докл. Апатиты, 2015. С. 35–36.
6. Козлова Р. П. О некоторых болотных массивах одного из камовых ландшафтов Сегежского района // Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск: Карелия, 1971. С. 103–111.
7. Коломыцев В. А. Болотообразовательный процесс в среднетаежных ландшафтах Восточной Финноскандии. Петрозаводск, 1993. 172 с.
8. Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск, 2007. 404 с.
9. Кузнецов О. Л., Бразовская Т. И., Стойкина Н. В. Флора, растительность и генезис болот в охранной зоне музея-заповедника «Кижы» // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 1. Острова Кижского архипелага. Биогеографическая характеристика. Петрозаводск, 1999. С. 48–54.
10. Кузнецов О. Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 8. Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем восточной Финноскандии. Петрозаводск, 2005. С. 15–46.
11. Кузнецов О. Л. Структура и динамика растительного покрова болотных экосистем Карелии: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2006. 53 с.
12. Кузнецов О. Л., Кутенков С. А. Болота заповедника «Кивач», их разнообразие, генезис и динамика // Природные процессы и явления в уникальных условиях среднетаежного заповедника: Материалы научно-практ. конф., посвящ. 80-летию ФГБУ «Государственный природный заповедник «Кивач». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 58–64.

13. Кузнецов О. Л., Антипин В. К., Токарев П. Н. Болота // Сельговые ландшафты Заонежского полуострова: природные особенности, история освоения и сохранение. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 54–61.
14. Миронов В. Л. Разнообразии приозерных болот Карелии // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы Четвертого Междунар. полевого симпозиума (Новосибирск, 4–17 августа 2014). Томск, 2014. С. 83–85.
15. Миронов В. Л., Кузнецов О. Л. Травяные ассоциации приозерных болот южной Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2011. № 6 (119). С. 24–27.
16. Шелехова Т. С. Ледораздельные аккумулятивные возвышенности Карелии // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: Материалы VIII Университетских геол. чтений (Минск, Беларусь, 3–4 апр., 2014 г.). Минск: Цифровая печать, 2014. Ч. 1. С. 68–70.
17. Юрковская Т. К. О болотных массивах камовых ландшафтов северной Карелии // Научная конференция института биологии, посвященная 25-летию Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена: Тез. докл. Петрозаводск, 1965. С. 144–145.
18. Юрковская Т. К. География и картография растительности болот Европейской России и сопредельных территорий. СПб., 1992. 256 с.
19. Юрковская Т. К. Взаимоотношения таежных лесов и болот в пространстве и времени // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1 (5). С. 1416–1419.
20. Hammer R., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4. № 1. P. 1–9.
21. Hill M. O., Gauch H. G. Detrended Correspondence analysis: an improved ordination technique // *Vegetation*. 1980. Vol. 42. P. 47–58.

Ignashov P. A., Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
(Petrozavodsk, Russian Federation)

Mironov V. L., Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
(Petrozavodsk, Russian Federation)

Kuznetsov O. L., Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
(Petrozavodsk, Russian Federation)

MIREs' VEGETATION STRUCTURE ON ACCUMULATIVE GLACIAL UPLANDS OF SOUTHERN KARELIA

The presence of numerous small scale mires (less than 100 ha) on the territory of Karelia is rather common for this territory. According to our research most of the small size mires are understudied. The goal of our research was to evaluate the state of floral diversity and vegetation communities in small mires of accumulative glacial uplands located in southern Karelia. The research results of the floral and geobotanical studies on 48 mires of Veshkelskii and Vohtozerskii accumulative glacial uplands are presented. The checklist of mires' flora includes 127 species of vascular plants and 54 species of moss. 12 associations of plant communities were defined using the topological-ecological approach. The detrended correspondence analysis helped to allocate associations in gradients of ecological factors reflecting both the nutrient status and moisture characteristic of the habitats. Ombrotrophic plant communities are located on mires in closed hollows with no outflow. Oligotrophic and mesotrophic plant communities are located on mires with flow-through hollows.

Key words: flora, vegetation, spatial structure, classification, mires, glacial accumulative uplands

REFERENCES

1. Volkov A. D., Gromtsev A. N., Erukov G. V. i dr. *Ekosistemy landshaftov zapada sredney taygi (struktura i dinamika)* [Ecosystems in landscapes of the western middle taiga (structure and dynamics)]. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1990. 284 p.
2. Galkina E. A. Mire landscapes of Karelia and the principles of their classification [Bolotnye landshafty Karelii i printsipy ikh klassifikatsii]. *Trudy Karel'skogo filiala AN SSSR*. Petrozavodsk, 1959. Issue 15. P. 3–48.
3. Elina G. A., Yurkovskaya T. K. Mires vegetation and stratigraphy in kame relief from Luusalmy [Rastitel'nost' i stratigrafiya bolotnykh massivov v kamovom rel'efe u Luusal'my]. *Ocherki po rastitel'nomu pokrovu Karel'skoy ASSR*. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1971. P. 95–102.
4. Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. i dr. Check-list of mosses of Eastern Europe and Northern Asia [Spisok mkhov Vostochnoy Evropy i Severnoy Azii]. *Arctoa*. 2006. Issue 15. P. 1–130.
5. Ignashov P. A. Flora and vegetation of mires on Veskelskaya glacial accumulative upland (Karelia) [Flora i rastitel'nost' bolot Veshkel'skoy ledorazdel'noy vozvyshennosti (Kareliya)]. *Mezhdunarodnoe soveshchanie "Problemy izucheniya i sokhraneniya rastitel'nogo mira Vostochnoy Fennoskandii": Tezisy dokladov*. Apatity, 2015. P. 35–36.
6. Kozlova R. P. About some mires of kame landscapes in Segezha region [O nekotorykh bolotnykh massivakh odnogo iz kamovykh landshaftov Segezhskego rayona]. *Ocherki po rastitel'nomu pokrovu Karel'skoy ASSR*. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1971. P. 103–111.
7. Kolomytsev V. A. *Bolotoobrazovatel'nyy protsess v srednetazhnykh landshaftakh Vostochnoy Fennoskandii* [Bog formation process in the middle-taiga landscapes of the East Fennoscandia]. Petrozavodsk, 1993. 172 p.
8. Kravchenko A. V. *Konspekt flory Karelii* [A Compendium of Karelian Flora]. Petrozavodsk, 2007. 404 p.
9. Kuznetsov O. L., Brazovskaya T. I., Stoykina N. V. Flora, vegetation and genesis of mires in the Museum-Reserve "Kizhi" [Flora, rastitel'nost' i genesis bolot v okhrannoy zone muzeya-zapovednika "Kizhi"]. *Trudy Karel'skogo NTs RAN. Ostrova Kizhskogo arhipelaga. Biogeograficheskaya kharakteristika*. Petrozavodsk, KarNTs RAN Publ., 1999. Issue 1. P. 48–54.

10. Kuznetsov O. L. Topology-ecological classification of mire vegetation in the Republic of Karelia (ombrotrophic and oligotrophic communities) [Topologo-ekologicheskaya klassifikatsiya rastitel'nosti bolot Karelii (ombrotrofnye i oligotrofnye soobshchestva)]. *Trudy Karelskogo NTs RAN. Bioraznoobrazie, dinamika i resursy bolotnykh ekosistem vostochnoy Fennoskandii*. Petrozavodsk, 2005. Issue 8. P. 15–46.
11. Kuznetsov O. L. *Struktura i dinamika rastitel'nogo pokrova bolotnykh ekosistem Karelii: Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk* [Structure and Dynamics of Vegetation in Mire Ecosystems in the Republic of Karelia. Author's abst. Dr. biol. sci. diss]. Petrozavodsk, 2006. 53 p.
12. Kuznetsov O. L., Kutenkov S. A. Diversity, Dynamics and Genesis of Mires in the Reserve "Kivach" [Bolota zapovednika "Kivach", ikh raznoobrazie, genezis i dinamika]. *Prirodnye protsessy i yavleniya v unikal'nykh usloviyakh srednetaezhnogo zapovednika*. Petrozavodsk, 2012. P. 58–64.
13. Kuznetsov O. L., Antipin V. K., Tokarev P. N. Mires [Bolota]. *Sel'govye landshafty Zaonezhskogo poluostrova: prirodnye osobennosti, istoriya osvoeniya i sokhranenie*. Petrozavodsk, 2013. P. 54–61.
14. Mironov V. L. Diversity of limnogenous mires of Karelia [Raznoobrazie priozernykh bolot Karelii]. *Torfyaniki Zapadnoy Sibiri i tsikl ugleroda: proshloe i nastoyashchee: Materialy Chetvertogo Mezhdunarodnogo polevogo simpoziuma*. Tomsk, 2014. P. 83–85.
15. Mironov V. L., Kuznetsov O. L. Herbal association of limnogenous mires of southern Karelia [Travyanye assotsiatsii priozernykh bolot yuzhnoy Karelii]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2011. № 6 (119). P. 24–27.
16. Shelekhova T. S. Glacial accumulative uplands in Republic of Karelia [Ledorazdel'nye akumuliyativnye vozvyshehnosti Karelii]. *Geologiya i poleznye iskopaemye chetvertichnykh otlozheniy: Materialy VIII Universitetskikh geol. chteniy (Minsk, Belarus', 3–4 apr., 2014 g.)*. Minsk, 2014. Part 1. P. 68–70.
17. Yurkovskaya T. K. Mires of Kame Landscapes in the north of the Republic of Karelia [O bolotnykh massivakh kamovykh landshaftov severnoy Karelii]. *Nauchnaya konferentsiya instituta biologii, posvyashchennaya 25-letiyu Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta im. O. V. Kuusinen: Tezisy dokladov*. Petrozavodsk, 1965. P. 144–145.
18. Yurkovskaya T. K. *Geografiya i kartografiya rastitel'nosti bolot Evropeyskoy Rossii i sopredel'nykh territoriy* [Geography and cartography of mire vegetation of Russia and neighbouring territories]. St. Petersburg, 1992. 256 p.
19. Yurkovskaya T. K. Spatial-temporal Interrelationships between Forest and Mires within the Taiga Ecosystems [Vzaimootnosheniya taezhnykh lesov i bolot v prostranstve i vremeni]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2012. Vol. 14. № 1 (5). P. 1416–1419.
20. Hammer R., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4. № 1. P. 1–9.
21. Hill M. O., Gauch H. G. Detrended Correspondence analysis: an improved ordination technique // *Vegetation*. 1980. Vol. 42. P. 47–58.

Поступила в редакцию 07.12.2016

ЗИНАИДА ПЕТРОВНА КОТОВА

доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом семеноводства картофеля, Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция (Петрозаводск, Российская Федерация)
zinaida_kotova@mail.ru

СЕРГЕЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ КОТОВ

аспирант, научный сотрудник отдела семеноводства картофеля, Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция (Петрозаводск, Российская Федерация)
kgshos@onego.ru

ЛАРИСА АНАТОЛЬЕВНА КУЗНЕЦОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии, рыбоводства, агрономии, землеустройства и кадастров Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
lar814@yandex.ru

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

Ценность земель как основного средства сельскохозяйственного производства в конкретно взятом хозяйстве определяется уровнем ее плодородия или способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, обеспеченности теплом, водой и светом с целью получения высоких урожаев выращиваемых культур с единицы площади. Такая продуктивность земледелия возможна лишь при всесторонней оценке и учете всех агроклиматических и экологических факторов, необходимых для нормального роста и развития растений. В связи с этим особенно важно осуществлять комплексный мониторинг плодородия почв в отдельно взятом хозяйстве для разработки агротехнических, агрохимических, мелиоративных и других мероприятий, направленных на улучшение не только агрохимических, но и физических, водно-физических и биологических свойств почв сельскохозяйственных угодий. Мониторинг плодородия сельскохозяйственных угодий Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станции проводится с целью оценки изменения показателей почвенного плодородия за три тура обследования (2005, 2008, 2012 годы) после прекращения хозяйственной деятельности опытно-производственного предприятия. В результате снижения интенсивности использования сельскохозяйственных угодий, принадлежащих учреждению, не произошло снижения почвенного плодородия по таким агрохимическим показателям, как кислотность, содержание подвижного фосфора, содержание органического вещества. Несколько снизились запасы обменного калия (на 0,1 мг 100 г⁻¹ почвы). По содержанию основных элементов питания в целом почвы сельскохозяйственных угодий являются высококультурными, способными давать высокие урожаи возделываемых в регионе сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: сельскохозяйственные угодья, кислотность, элементы минерального питания, содержание органического вещества, индекс почвенного плодородия

ВВЕДЕНИЕ

Качественное состояние земель в Республике Карелия – одна из главных проблем сельского хозяйства региона [3]. С целью контроля изменения плодородия почв, определения характера и уровня их загрязнения под воздействием антропогенных факторов проводится комплексное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий¹. Результаты проведения такого обследования дают информацию для оценки плодородия почв и реальную возможность наметить мероприятия по его сохранению и повышению. Кроме того, на основе представленных данных могут быть разработаны технологии получения экологически чистой растениеводческой продук-

ции, что особенно важно в развитии производства в каждом хозяйстве [2: 10].

Территория Карелии полностью находится в зоне подзолистых почв. На юге – дерново-подзолистые, в бассейнах рек – аллювиальные. Наряду с подзолистыми, значительное количество болотно-подзолистых и болотных (торфяных) почв. В структуре пахотных земель 56 % занимают подзолистые почвы, 35 % – болотно-подзолистые, 7 % – болотные, 1 % – дерново-шунгитовые, 1 % – аллювиальные [4].

Общая площадь сельскохозяйственных угодий на 01.01.2016 составила 145,4 тыс. га. В структуре сельскохозяйственных угодий пашня занимает 68,8 тыс. га, сенокосы – 44,5 тыс. га,

пастбища – 26,7 тыс. га, многолетние насаждения – 5,4 тыс. га².

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель наших исследований – оценить изменения показателей почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий, закрепленных за Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станцией (Карельская ГСХОС) за три тура обследования (2005, 2008 и 2012 годы).

Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственных угодий Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станции проводится с периодичностью четыре года ФГБУ САС «Карельская». Изучение агрохимических показателей, характеризующих почвенное плодородие, проводится на основе как имеющегося картографического материала, так и электронных карт, создаваемых в результате почвенного объезда, с использованием GPS-навигаторов. В результате анализа почвенных образцов, отобранных сотрудниками станции, получены данные агрохимических показателей, характеризующих почвенное плодородие земельных участков³.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Территория землепользования Карельской ГСХОС расположена в третьей агроклиматической зоне республики, согласно агроклиматическому районированию, предложенному А. А. Романовым (1959). Третий агроклиматический район занимает южную часть территории Карелии, расположенную к югу от 63° северной широты в зоне европейской средней тайги⁴. По данным А. В. Барановской и Е. М. Перевозчикова, сильно пересеченный рельеф, с постоянным чередованием гряд, лощин, котловин, способствует значительной неоднородности почвенного покрова и частой смене хорошо дренированных подзолистых почв, развитых на повышениях и склонах, заболоченными и болотными почвами, покрывающими нижние части склонов и понижения [1: 4].

Уникальность расположения сельскохозяйственных угодий станции заключается в том, что они охватывают площади двух муниципальных районов (Прионежского и Пряжинского), а также имеют различный вид сельскохозяйственных угодий – пашня осушенная (51,8 %) и неосушенная (7,5 %), долголетние культурные пастбища (11,1 %), улучшенные сенокосы (29,6 %). Общая площадь обследованных сельскохозяйственных угодий предприятия составляет 1391 га. Дерново-подзолистые почвы занимают 65,9 %, пойменные дерновые – 2,6 %, торфяные – 31,5 %. По гранулометрическому составу почвы распределились следующим образом: песчаные и супесчаные – 36 %, легко- и среднесуглинистые – 32 %, торфяные – 30 %.

Большинство пахотных почв республики являются антропогенными. Верхний пахотный слой создан распашкой гумусово-аккумулятивного и подзолистого горизонтов, а на коротко-профильных почвах припахан и иллювиальный горизонт⁵. Внесение органических и минеральных удобрений, возделывание многолетних трав усиливают дерновый процесс, то есть накопление в пахотном горизонте органического вещества почвы и других элементов питания.

Одним из важнейших показателей окультуренности почвы на имеющихся сельскохозяйственных угодьях является реакция среды в почве, так как от величины обменной кислотности ($pH_{\text{сол}}$) зависит формирование урожая возделываемых сельскохозяйственных культур. По данным XI тура обследования, в 2012 году в хозяйстве насчитывалось 311 га кислых пахотных почв, или 38 %. Площадь пахотных земель с нейтральной кислотностью или близкой к нейтральной реакцией среды составила 62 % (514 га), что на 21 % больше, чем в X туре обследования (2008). Такая же тенденция наблюдается и на долголетних культурных пастбищах, площадь кислых почв уменьшилась на 18 % (33 га). На землях обследованных сенокосов 48 % площадей имеют близкую к нейтральной степень кислотности, но за четыре года произошел сдвиг кислотности в сторону подкисления на 10 % площадей (табл. 1). Как правило, в почвах сенокосов статистически достоверно повышается степень кислотности по сравнению с почвой залежи и пашни [5]. На необрабатываемой пашне и неиспользуемых пастбищах образуется большое количество надземной и подземной фитомассы, поступающей в почву, а с сенокосами этого не происходит, так как зеленая масса скашивается на сено.

На территории Карелии преобладают подзолистые почвы, естественным свойством которых является повышенная кислотность [4]. В кислых почвах имеющийся в почве фосфор переходит в малодоступные формы, подавляется деятельность азотфиксирующих и нитрифицирующих

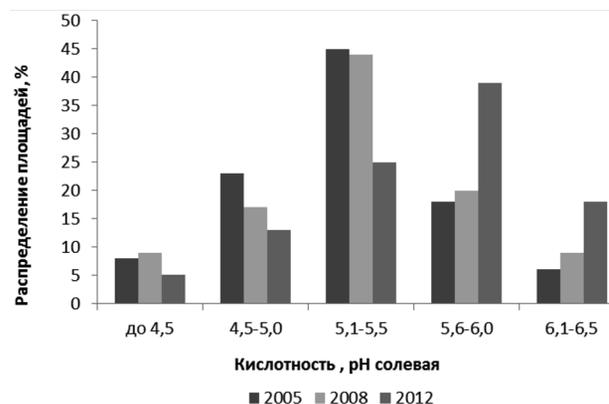


Рис. 1. Распределение сельскохозяйственных угодий Карельской ГСХОС на сопоставимой площади по трем турам обследования, %

Таблица 1

Распределение сельскохозяйственных угодий по кислотности на сопоставимой площади по двум турам обследования

Вид сельскохозяйственных угодий, показатели	Площадь сельскохозяйственных угодий по степени кислотности (га), в том числе:					
	общая		кислые		близкие к нейтральным	
	2008 год	2012 год	2008 год	2012 год	2008 год	2012 год
Пашня	825	825	412	311	413	514
% от площади			50	38	50	62
отклонение, +, –				–12		12
Долголетние культурные пастбища	162	154	112	79	50	75
% от площади			69	51	31	49
отклонение, +, –				–18		18
Улучшенные сенокосы	393	412	166	213	227	199
% от площади			42	52	58	48
отклонение, +, –				10		–10
Итого:	1380	1391	690	603	690	788
% от площади			50	43	50	57
отклонение, +, –				–7		7

бактерий, замедляется минерализация органики, вследствие чего ухудшается структура почв. Как видно из рис. 1, в среднем за семь лет кислотность сельскохозяйственных угодий Карельской ГСХОС сместилась от кислой и среднекислой в сторону слабокислой и близкой к нейтральной реакции среды.

По сравнению с IX туром обследования (2002–2005 годы) доля сильнокислых почв уменьшилась на 3 %, среднекислых – на 10 %, слабокислых – на 20 %, вместе с тем возросла доля почв со слабокислой реакцией среды – на 21 %, а близких к нейтральной – на 12 %. Средневзвешенное значение рН возросло на 0,2 единицы и составило 5,4. Мы связываем это с тем, что почвы не подвергаются антропогенному воздействию из-за прекращения деятельности опытно-производственного предприятия. На таких почвах идет процесс восстановления естественной растительности, и, как следствие, постепенно восстанавливается естественный круговорот органического вещества в соответствии с совокупностью природных факторов⁶.

Одним из основных показателей окультуренности почвы является содержание в ней фосфора. Значительную часть в пахотном слое составляет фосфор органических соединений (20–50 %). В кислых пахотных подзолистых почвах минеральные фосфаты находятся в значительной степени в соединении с окислами алюминия и железа и практически недоступны для растений. На хорошо окультуренных известкованных почвах большая часть минерального фосфора приходится на долю фосфатов кальция [4].

Содержание подвижного фосфора в пахотных почвах учреждения достаточно высокое. Очень высокое и высокое содержание фосфора имеют

88 % (726 га) пахотных земель. Площадь пашни с низким содержанием этого элемента составляет всего 2 %, или 14 га.

Содержание подвижного фосфора на почвах культурных пастбищ высокое: 97 % (150 га) площадей имеют высокое и очень высокое его содержание. На улучшенных сенокосах 23 % (94 га) земель с низким содержанием подвижного фосфора, при использовании которых необходимо внесение фосфорных удобрений (рис. 2).

По сравнению с двумя турами обследования средневзвешенное содержание фосфора в почвах учреждения увеличилось на 0,7 мг и составило 23,8 мг на 100 г почвы.

Запасы калия на сельскохозяйственных угодьях учреждения, наоборот, уменьшились, так как калий в отличие от фосфора не образует прочных комплексов с органическим веществом и подвержен миграции по почвенному профилю. По данным агрохимического обследования 2012 года, в целом наблюдается дефицит элемента на 48 % всех угодий. Наиболее заметно это на пашне. Так, в период между турами обследования в пахотных почвах на 13 % увеличилось число земель с низким и очень низким содержанием обменного калия, которое составило 50 % (401 га). Уменьшились площади пашни со средним и повышенным содержанием калия в целом на 18 % площадей. Высокое и очень высокое содержание калия наблюдается лишь на площади 135 га, или на 9 % пашни. Недостаток обменного калия испытывают 36 % (55 га) площадей культурных пастбищ и 59 % (244 га) улучшенных сенокосов. В среднем по всем сельскохозяйственным угодьям учреждения за два тура обследования произошло уменьшение площадей со средним, низким и очень низким



Рис. 2. Картограмма содержания подвижного фосфора на сельскохозяйственных угодьях Карельской ГСХОС

содержанием обменного калия на 10 % (139 га) и несколько увеличились площади (на 6 %) с повышенным содержанием обменного калия (табл. 2).

Средневзвешенное содержание обменного калия в почвах сельскохозяйственных угодий по сравнению с IX туром обследования (2002–2005 годы) уменьшилось на 0,6 мг и составило 10 мг на 100 г почвы.

Известно, что ценность сельскохозяйственных угодий как основного средства производства сельскохозяйственной продукции в конкретно взятом хозяйстве определяется уровнем плодородия или способностью почвы удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде. Плодородие почв включает не только все виды ресурсов, необходимых растениям за вегетационный период, но и доступность их растениям, что зависит от строения верхней части почвенного профиля, минералогического состава почв, запасов доступной растению влаги, агрофизических свойств, определяющих водно-воздушный и тепловой режимы почв, биологических свойств почв. Федеральным законом РФ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (1998) проведение почвенных, агрохимических, фитосанитарных и эколого-токсикологических обследований и мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения определено одним из основных направлений агрохимического обслуживания. Этот закон определяет научные исследования по разработке таких показателей, как состояние плодородия земель сельскохозяйственного назначения с учетом районирования земель, а также методики

Таблица 2
Изменение содержания обменного калия на сельскохозяйственных угодьях Карельской ГСХОС по данным двух туров обследования, га

Вид сельскохозяйственных угодий	Туры обследования	Содержание обменного калия			
		очень низкое и низкое	среднее	повышенное	высокое и очень высокое
Пашня	X	37	39	15	16
	XI	50	25	11	9
	+,-	+13	-14	-4	-7
Долголетние культурные пастбища	X	69	26	5	-
	XI	36	39	22	3
	+,-	-33	+13	+17	+3
Улучшенные сенокосы	X	54	32	9	5
	XI	59	19	14	8
	+,-	+5	-13	+5	+3
Среднее по сельскохозяйственным угодьям	X	53	32	10	7
	XI	48	28	16	7
	+,-	-5	-5	+6	0

Таблица 3

Агрохимические показатели сельскохозяйственных угодий по турам обследования, среднее

Агрохимические показатели	Фактические значения				Оптимальные значения	
	минеральные почвы		торфяные почвы		минеральные почвы	торфяные почвы
	2008	2012	2008	2012		
pH _{сол}	5,3	5,4	5,3	5,3	6,4	5,2
P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	215,8	226,4	1018	1083	300	800
K ₂ O, мг/кг почвы	98,4	102	195,8	263,2	250	500
Содержание органического вещества, %	5,6	5,8	–	–	4	–
Обследованная площадь, га	939,6	962,4	440,9	428,7	–	

оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения и учета показателей состояния их плодородия⁷.

Нами произведен расчет показателя почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий Карельской ГСХОС за три тура обследования (2005, 2008 и 2012 годы), который рассчитывается как среднее от суммы соотношений фактических значений четырех агрохимических показателей к их оптимальным значениям по всем типам почв (минеральной и торфяной)⁸. При расчете учитываются такие показатели, как обменная кислотность почв (pH_{сол}), содержание органического вещества для минеральных почв (в процентах), содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅, мг/кг почвы), содержание обменного калия (K₂O, мг/кг почвы) (табл. 3).

$$K_{\text{пп1}} = \left(\frac{\text{орг.в-во ф.} \quad P_2O_5 \text{ ф.}}{\text{орг.в-во опт.} \quad P_2O_5 \text{ опт.}} - \frac{K_2O \text{ ф.} \quad pH_{\text{сол}} \text{ ф.}}{K_2O \text{ опт.} \quad pH_{\text{сол}} \text{ опт.}} \right) \div 4, \quad (1)$$

где K_{пп1} – показатель почвенного плодородия минеральных почв; (органическое в-во), (pH_{сол}), (P₂O₅), (K₂O) – агрохимические показатели; ф. – фактические значения показателей; опт. – оптимальные значения показателей.

$$K_{\text{пп2}} = \left(\frac{P_2O_5 \text{ ф.} \quad K_2O \text{ ф.} \quad pH_{\text{сол}} \text{ ф.}}{P_2O_5 \text{ опт.} \quad K_2O \text{ опт.} \quad pH_{\text{сол}} \text{ опт.}} \right) \div 3, \quad (2)$$

где K_{пп2} – показатель почвенного плодородия торфяных почв; (pH_{сол}), (P₂O₅), (K₂O) – агрохимические показатели; ф. – фактические значения показателей; опт. – оптимальные значения показателей.

$$K_i = \frac{K_{\text{пп1}} \times S_1 + K_{\text{пп2}} \times S_2}{S_i}, \quad (3)$$

где K_i – показатель почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий; S₁ – площадь минеральных почв, га; S₂ – площадь торфяных почв, га; S_i – общая площадь почв, га.

Таблица 4

Показатели почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий за три тура обследований

Показатели почвенного плодородия в зависимости от типа почв	Туры обследования	
	2005–2008 годы	2008–2012 годы
Минеральные почвы	0,83	0,86
Торфяные почвы	0,89	0,97
Всех сельскохозяйственных угодий	0,85	0,89

По комплексу агрохимических свойств выделяют четыре степени окультуренности почв: очень низкая – индекс менее 0,4; низкая – индекс 0,41...0,6; средняя – индекс 0,61...0,81; высокая – индекс 0,81...1,0. Рассчитав показатели почвенного плодородия по типам почв и турам обследования и соотнеся их по индексам, мы выявили, что минеральные почвы несколько уступают по показателям почвенного плодородия торфяным почвам, так как последние представлены хорошо обогащенными питательными веществами низинными торфами. По шкале индекса почвенного плодородия оба типа почв относятся к высокой степени окультуренности. Также выявлено, что все сельскохозяйственные угодья относятся к высоко окультуренным почвам. Причем по сравнению с предыдущим туром обследования индекс плодородия почв несколько повысился и составил 0,89 (табл. 4).

Полученные нами данные подтверждаются выводами ряда авторов о том, что прекращение антропогенного влияния на почву и зарастание пашни естественной растительностью с экологической точки зрения – явление положительное, ведущее к восстановлению плодородия почв, а развитие в почвах залежи и сенокоса дернового процесса приводит к гумусонакоплению, биологической аккумуляции азота и обменных оснований⁹ [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате снижения интенсивности использования сельскохозяйственных

угодий, принадлежащих Карельской ГСХОС, не произошло заметного снижения почвенного плодородия по таким агрохимическим показателям, как кислотность, содержание подвижного фосфора, содержание органического вещества. Несколько снизились запасы обменного калия вследствие миграции калия по почвенному профилю. По содержанию основных элементов питания почвы являются высококультурными,

способными давать высокие урожаи возделываемых в регионе сельскохозяйственных культур.

Полученные нами результаты говорят о необходимости дальнейших научных исследований, направленных на поиск путей рационального использования потенциала таких сельскохозяйственных угодий с учетом экологических и экономических факторов, складывающихся в современных условиях.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинфорагротех», 2003. 240 с.; Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, вышедших из активного сельскохозяйственного оборота / Под ред. акад. Г. А. Романенко. М.: ФГНУ «Росинфорагротех», 2008. 64 с.

² Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2015 году / Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия; Редакционная коллегия: А. Н. Громцев (главный редактор), О. Л. Кузнецов, Г. Т. Шкиперова, Т. Б. Ильмаст. Петрозаводск: ООО «Два товарища», 2016. 300 с.

³ Объяснительная записка к материалам агрохимического обследования почв ФГУП ОПХ «Вилга» Прионежского района Республики Карелия. Петрозаводск, 2008. 31 с.; Объяснительная записка к материалам агрохимического обследования почв ГНУ Карельская ГСХОС Россельхозакадемии Прионежского района Республики Карелия. Петрозаводск, 2012. 33 с.

⁴ Агроклиматический справочник по Карельской АССР. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 183 с.

⁵ Справочник агрохимика / М. Ф. Федорченко, Ю. А. Трынкин, Л. С. Алексеев. Петрозаводск: Карелия, 1989. 140 с.

⁶ Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинфорагротех», 2003. 240 с.

⁷ Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ.

⁸ Методика расчета показателей почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации. Приложение к приказу № 5 Минсельхоза России от 11 января 2013 г.

⁹ Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинфорагротех», 2003. 240 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановская А. В., Перевозчикова Е. М. Краткая характеристика условий почвообразования и природных районов южной Карелии // Труды Карельского филиала Академии наук СССР «Почвы южной Карелии и мероприятия по повышению их плодородия». 1958. Вып. IX. С. 4–26.
2. Кизиллов О. А. Динамика агрохимических показателей пахотных почв ООО «Агрофирма Манчжарская» // Молодежь и наука. 2015. № 1. С. 10–15.
3. Морозова Р. М., Федоренко Н. Г. Земельные ресурсы Карелии и их охрана. Петрозаводск, 2004. 152 с.
4. Морозова Р. М., Володин А. М., Федорченко М. В., Володина Г. Ф., Нестеренко И. М. Почвы Карелии: Справочное пособие. Петрозаводск: Карелия, 1981. 192 с.
5. Рыбакова А. Н. Трансформация свойств серых почв при различном их использовании: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2016. 16 с.

Kotova Z. P., Karelia State Agricultural Experimental Station (Petrozavodsk, Russian Federation)

Kotov S. E., Karelia State Agricultural Experimental Station (Petrozavodsk, Russian Federation)

Kuznetsova L. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

DYNAMICS OF SOIL FERTILITY INDICATORS' CHANGES IN AGRICULTURAL LANDS OF KARELIA

The value of the land as the main area of agricultural production is determined by the level of its fertility or ability to meet the needs of the plants for nutrients, warmth, water, and light. The assessment of the value is conducted to guarantee production of the high yield of crops per unit area. The productivity of agricultural territories is assured by the comprehensive assessment and consideration of all agro-climatic and environmental factors necessary for the normal growth and development of plants. Therefore, a complex of monitoring procedures on the level of soil fertility in a particular farming sector should be conducted to secure promotion of the agro-technical, agrochemical, and ameliorative technologies. Together with other measures they address the need to improve agrochemical, physical, water-physical, and biological properties of the soils in agricultural lands in focus. The process of monitoring agricultural lands of Karelian State Agricultural Experimental Station on the level of soil fertility is conducted

to assess all occurring changes in fertility indicators. The survey was carried out in two stages (2008–2012) after all operations of the experimental production facility were terminated. Regardless of the significant decrease in the intensity of agricultural lands' exploitation, no reduction in soil fertility according to such agrochemical indicators as acidity, content of available phosphorus, and organic matter content was revealed. The stocks of exchangeable potassium decreased marginally (0,1 mg 100 g-1 soil). In terms of the content of major nutrients the soil of regional farmlands appears to be highly-cultivated with the possibility to produce heavy yields of cultivated crops.

Key words: agricultural land, acidity, mineral elements, organic matter content, soil fertility index

REFERENCES

1. Baranovskaya A. V., Perevozchikova E. M. Brief description of the conditions of soil formation and natural areas of Southern Karelia [Kratkaya kharakteristika usloviy pochvoobrazovaniya i prirodnykh rayonov yuzhnoy Karelii]. *Trudy Karel'skogo filiala Akademii nauk SSSR "Pochvy yuzhnoy Karelii i meropriyatiya po povysheniyu ikh plodorodiya"*. 1958. Issue IX. P. 4–26.
2. Kizilov O. A. Dynamics of agrochemical parameters of the arable soil "Agrofirma Madjarska" [Dinamika agrokhimicheskikh pokazateley pakhotnykh pochv OOO "Agrofirma Manchzharskaya"]. *Molodezh' i nauka*. 2015. № 1. P. 10–15.
3. Morozova R. M., Fedorets N. G. *Zemel'nye resursy Karelii i ikh okhrana* [Land resources of Karelia and their protection]. Petrozavodsk, 2004. 152 p.
4. Morozova R. M., Volodin A. M., Fedorchenko M. V., Volodina G. F., Nesterenko I. M. *Pochvy Karelii: Spravochnoe posobie* [Soils Of Karelia]. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1981. 192 p.
5. Rybakova A. N. *Transformatsiya svoystv serykh pochv pri razlichnom ikh ispol'zovanii: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [The transformation properties of grey soils under different use / Author's abst. PhD boil. sci. diss.]. Tyumen, 2016. 16 p.

Поступила в редакцию 17.02.2017

УДК 574.52

ЯРОСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ КУЧКО

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных, Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
y-kuchko@mail.ru

НИКОЛАЙ ВИКТОРОВИЧ ИЛЬМАСТ

доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии рыб и водных беспозвоночных, Институт биологии Карельского научного центра РАН, профессор кафедры зоотехнии, рыбоводства, агрономии и землеустройства Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
ilmast@petrsu.karelia.ru

ТАМАРА ЮРЬЕВНА КУЧКО

кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
kuchko@petrsu.karelia.ru

НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ МИЛЯНЧУК

аспирант лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных, Институт биологии Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
milyanchuk90@mail.ru

ЗООПЛАНКТОН КАК КОРМОВАЯ БАЗА ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ ШХЕРНОГО РАЙОНА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА*

Представлены данные о современном состоянии зоопланктона шхерного района северной части Ладожского озера. Показано, что наибольшее значение в составе зоопланктона литоральной зоны имеют виды тепловодного комплекса. В пелагиали наряду с круглогодичными эвритермными видами большей численности достигают сезонные умеренно-тепловодные виды. По величине численности характеристик планктонной фауны исследуемый район Ладожского озера можно отнести к α -мезотрофному типу. Кормовые условия для роста личинок и молоди, а также для нагула взрослых особей ряпушки можно оценить как благоприятные. Ведущую роль в питании ряпушки играют веслоногие и ветвистоусые ракообразные, соотношение которых в пищевом спектре зависит от сезона года и определяется температурным режимом водоема.

Ключевые слова: зоопланктон, видовой состав, численность, биомасса, ихтиофауна, европейская ряпушка, Ладожское озеро

ВВЕДЕНИЕ

Состояние биологических ресурсов водоемов Европейского Севера России зависит от многих факторов, среди которых все более значимую роль играют различные формы хозяйственной деятельности человека [1], [2], [16], [20].

Ладожское озеро – крупнейший пресноводный водоем Европы. Его площадь составляет 17700 км². В административных границах Республики Карелия находится 40 % его акватории. Водоем глубоководный, наибольшая глубина – 228 м, глубины более 100 м характерны для северной части озера. Средняя глубина озера составляет 51 м. Являясь важным рыбопромысловым водоемом Северо-Запада РФ, озеро принимает сток с водосборного бассейна площадью 258 км² [14].

Природные условия сформировали экосистему озера с высоким качеством воды, однако

в начале 1960-х годов в озере стали наблюдаться признаки антропогенного эвтрофирования. Как известно, район водосбора Ладожского озера характеризуется высоким уровнем экономического развития с концентрацией промышленного производства выше общероссийского [7]. В результате усиления хозяйственной деятельности человека на водосборной территории в последние десятилетия отмечается увеличение содержания соединений азота и фосфора в водах Северного Приладожья [13].

Наиболее четко процессы эвтрофирования проявляются в заливах озера, подвергающихся наибольшему загрязнению. Так, на территории Северного Приладожья развиты сельскохозяйственное и промышленное (предприятия деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, лесозаготовительной отраслей, черной металлургии) производства. Признаки биогенного и токсичес-

кого загрязнения вод по гидробиологическим показателям отмечаются вблизи г. Питкяранты [3]. В настоящее время в прилегающих к г. Сортавалле шхерных районах расположено несколько форелевых хозяйств. Действующие рыболовные фермы являются локальными, но весьма значимыми источниками эвтрофирования водоема. Перечисленные факторы оказывают влияние на развитие кормовой базы водоема, что отражается на состоянии популяций промысловых видов рыб.

Цель работы – оценка современного состояния зоопланктона северной части шхерного района Ладожского озера как кормового ресурса для местной популяции европейской ряпушки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в летний и осенний периоды 2016 года в северной части Ладожского озера. Пробы зоопланктона отбирались на 4 станциях в глубоководной части Якимварского залива на глубинах до 15 м и на 5 станциях в зоне зарослевой литорали на глубинах до 1,5 м. Для отбора проб в пелагиали использовали планктобатор Рутнера объемом 2 л, на литоральных станциях применяли процеживание 50 л воды через планктонную сеть (диаметр ячеек 0,064 мм). Пробы концентрировались до 100 мм³ и фиксировались 4 % формалином. Камеральная обработка проводилась согласно общепринятым методикам гидробиологического мониторинга [12], [18]. Зоопланктон оценивался по видовому составу, численности (N), биомассе (B), индексу Шеннона, рассчитанному по численности (H_N), индексу доминирования Бергера – Паркера ($I_{B/P}$), трофический статус водоема приводится по шкале трофности С. П. Китаева [9]. При определении планктонных ракообразных и коловраток использовался ряд руководств [15], [22].

Материал по ихтиофауне собран из сетных уловов (сети с ячейкой 15–60 мм). Обработку ихтиологических проб проводили по общепринятым методикам [6], [17], [19]. Рыб измеряли, взвешивали, устанавливали пол, степень зрелости половых гонад. Возраст рыб определяли по чешуе, жаберным крышкам и отолитам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам наших наблюдений в составе зоопланктона исследованного района Ладожского озера было отмечено 39 таксонов коловраток и ракообразных: *Rotifera* – 12, *Copepoda* – 10 (в том числе *Calaniformes* – 4, *Cyclopyformes* – 6), *Cladocera* – 17 (табл. 1).

Таксономический состав типичен для фауны водоемов Европейского Севера [11]. В число массовых видов ракообразных входят широко распространенные в карельских водоемах представители эвритермного и умеренно тепловодного комплексов: *Heterocope appendiculata*, *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckarti*,

Thermocyclops oithonoides, *Daphnia cristata*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*. Из элементов зоны смешанных лесов отмечены *Diaphanosoma brachyurum* и *Bosmina coregoni*. Холодноводный стенотермный реликт морского происхождения *Limnocalanus macrurus*, обычный для открытой части Ладожского озера, занимает субдоминирующее положение и не играет заметной роли в образовании общей биомассы.

К числу доминирующих видов коловраток *Rotifera* относятся *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, которые являются типичными представителями ротаторного северного планктонного комплекса.

В июне 2016 года основа биомассы зоопланктона в пелагиали создается коловратками (50 %), главным образом крупной *A. priodonta* (табл. 2). На долю ракообразных *Cladocera* и *Copepoda* приходится 13 и 37 % соответственно. По численности доминирование коловраток возрастает до 67 %, мелкие циклопиды *Mesocyclops* и *Thermocyclops*, представленные главным образом в этот период науплиальными и младшими копепоидными стадиями, занимают субдоминирующее положение (до 20 %). В литоральной зоне количественные показатели зоопланктона существенно выше, чем в центральной части залива, что может быть связано как с более ранними сроками прогревания воды, так и наличием большего числа экологических ниш. За счет развития фитфильных и придонно-бентических видов (*Syda crystallina*, *Polyphemus pediculus*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Macrocyclus albidus*, *Megacyclus viridis*) доля ракообразных в общей численности и биомассе зоопланктона возрастает до 70 и 75 % соответственно.

В осенний период (октябрь) в пелагиали численность мелких циклопов *Mesocyclops* и *Thermocyclops*, являющихся обычными компонентами летнего планктона, снижается, и их место занимает более холодолюбивый вид *Eudiaptomus gracilis* (до 37 % от общей биомассы). Доля коловраток в образовании численности и биомассы зоопланктона также уменьшается и составляет 26 %.

Несмотря на выпадение из планктонного комплекса теплолюбивых форм, в пелагиали сохраняются высокие количественные показатели зоопланктона за счет взрослых и эфиппидальных самок клadoцер (*Holopedium gibberum*, *Daphnia*, *Bosmina*) и сохранения достаточно высокой численности крупных видов коловраток (*Asplanchna*) и веслоногих (*Eudiaptomus*) (табл. 3).

В литоральной зоне в осенний период также сохраняются достаточно высокие количественные показатели зоопланктона. Основа биомассы (61 %) создается ветвистоусыми ракообразными (виды родов *Daphnia*, *Bosmina*, *Ch. sphaericus*), на долю циклопид и калянид приходится 10 и 14 % соответственно.

Видовой состав и встречаемость видов зоопланктона

Таблица 1

Таксон	03–06.06.2016	07–11.10.2016
Тип Rotifera Коловратки		
Класс Eurotatoria (De Ridder, 1957)		
<i>Polyarthra dolychoptera</i> (Idelson, 1925)	+	++
<i>P. euryptera</i> (Wierzejski, 1891)	+	
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)	++	++
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	+++	+++
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+
<i>E. triquetra</i> (Ehrenberg, 1838)	+	+
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	++	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	++	++
<i>K. quadrata</i> (Muller, 1786)	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+++	+++
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet, 1892)	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+	
Тип Arthropoda		
Класс Maxillopoda (Edwards, 1840)		
Подкласс Copepoda (Edwards, 1840)		
Отряд Calaniformes (Dussart, Defaye, 2002)		
<i>Limnocalanus macrurus</i> (Sars, 1892)	+	+
<i>Eurytemora lacustris</i> (Poppe, 1887)	+	+++
<i>Heterocope appendiculata</i> (Sars, 1863)	++	++
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	+++	+++
Отряд Cyclopiformes (Burmeister, 1834)		
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	+	
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	+++	+++
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+++	+++
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+	
<i>Cyclops strenuus strenuus</i> (Fisher, 1851)	+	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+	+
Класс Branchiopoda (Latreille, 1816)		
Надотряд Cladocera		
<i>Syda crystallina</i> (O. F. Muller, 1776)	++	+
<i>Limnospira frontosa</i> (Sars, 1862)	+	+
<i>Holopedium gibberum</i> (Zaddach, 1855)	+	++
<i>Daphnia cristata</i> (Sars, 1862)	+++	+++
<i>D. longispina</i> (O. F. Muller, 1785)	++	+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Muller, 1785)		
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	+	
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller, 1785)	+++	+++
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	+	+
<i>Pleuroxus truncatus</i> (O. F. Muller, 1785)	+	+
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Muller, 1776)	+	
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O. F. Muller, 1776)	+	+
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O. F. Muller, 1785)	+++	+++
<i>B. (Eubosmina) coregoni</i> (Baird, 1857)	+++	+++
<i>B. (Eubosmina) longispina</i> (Leydig, 1860)	+	
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linne, 1761)	+	
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	

Примечание. Встречаемость: +++ – вид широко распространен (> 50 % проб); ++ – вид обычен (25–50 % проб); + – вид редок (< 25 % проб).

Сравнение полученных результатов с данными мониторинговых исследований 1992–1998 годов, проводимых в северном районе Ладожского озера [11], показывает значительное сходство в видовом составе, соотношении групп и показа-

телях количественного развития зоопланктона в летний период. Так, в июне отмечается значительное развитие коловраток, которые доминируют по численности (60–80 %) и создают значительную долю биомассы (до 40–65 %) главным

Средние количественные показатели зоопланктона в июне 2016 года

Таблица 2

Группы	Пелагиаль				Литораль			
	N	%	B	%	N	%	B	%
Rotifera	6,24	67	0,150	50	11,98	30	0,400	25
Cladocera	0,59	6	0,039	13	7,21	18	0,549	35
Cyclopiformes	1,45	15	0,030	10	19,40	48	0,571	36
Calaniformes	0,36	4	0,078	26	0,58	1	0,052	3
Nauplii	0,72	8	0,002	1	1,25	3	0,002	1
Всего	9,36	100	0,299	100	40,42	100	1,574	100

Средние количественные показатели зоопланктона в октябре 2016 года

Таблица 3

Группы	Пелагиаль				Литораль			
	N	%	B	%	N	%	B	%
Rotifera	9,45	23	0,296	26	2,53	7	0,256	14
Cladocera	6,15	15	0,249	22	20,0	58	1,102	61
Cyclopiformes	9,12	23	0,151	13	8,4	24	0,178	10
Calaniformes	10,38	26	0,424	37	3,2	9	0,262	14
Nauplii	5,19	13	0,017	2	0,64	2	0,003	1
Всего	40,29	100	1,137	100	34,8	100	1,801	100

образом за счет *A. priodonta*. Из кладоцер к ценообразующим видам относятся *D. cristata* и виды р. *Bosmina*. В пелагиали возрастает роль *Eudiaptomus* и *Limnocalanus*. Для зоны побережья характерной чертой является значительная вариабельность численности и биомассы, что связано с типом формаций высшей водной растительности и степенью ее развития, наличием загрязняющих стоков и защищенностью от ветрового и волнового воздействия.

В табл. 4 приводятся показатели развития зоопланктона и ряд индексов, характеризующих видовую структуру сообщества. Показатели обилия и видового разнообразия зоопланктона тесно связаны с особенностями температурного режима водоема. Как известно, мелководные участки быстрее прогреваются в раннелетний период и, соответственно, осенью быстрее остывают. По нашим данным, разница температур составляла 4–5 °С между зоной литорали и эпилимнионом

более глубоких районов. Таким образом, в июне более благоприятные условия для развития зоопланктона складываются в литоральной зоне. В осенний период, несмотря на общее понижение температуры воды, сохраняются высокие количественные показатели планктонной фауны, что в условиях умеренных широт часто является признаком дополнительного поступления биогенов в водоем.

Различия в условиях обитания проявляются и в соотношениях показателей обилия систематических групп зоопланктона в обоих биотопах. В литоральной зоне по численности отмечается преобладание ветвистоусых ракообразных над веслоногими, в пелагической части соотношение меняется в сторону доминирования веслоногих ракообразных (показатель N_{clad}/N_{cop}). В озерной части в группе копепоид по биомассе доминируют крупные каляниды *Eudiaptomus*, *Eurytemora* и *Limnocalanus*, которые являются ценными в пи-

Структурные показатели сообщества зоопланктона

Таблица 4

Показатель	Июнь 2016 года		Октябрь 2016 года	
	Пелагиаль	Литораль	Пелагиаль	Литораль
Число видов в пробе $S_{пр}$	13,9 ± 3,31	15,6 ± 3,25	17,6 ± 1,36	13,2 ± 2,25
Индекс Шеннона (H_N), бит/экз.	1,84 ± 0,23	1,98 ± 0,42	2,43 ± 0,08	1,78 ± 0,26
Индекс Бергера – Паркера	0,45 ± 0,09	0,36 ± 0,08	0,18 ± 0,02	0,38 ± 0,08
Средняя численность, тыс. экз./м ³ (min-max)	9,36 (5,36–19,1)	40,43 (19,5–129,7)	40,30 (15,83–64,8)	34,8 (17,2–62,9)
Средняя биомасса, г/м ³ (min-max)	0,299 (0,132–0,572)	1,574 (0,570–3,090)	1,14 (0,373–1,853)	1,80 (0,552–3,502)
B_{cycl}/B_{cal}	0,64	11,0	0,36	0,68
N_{clad}/N_{cop}	0,23	2,94	0,25	1,63
B_{crus}/B_{rot}	0,99	2,94	2,84	6,03

щевом отношении объектами (показатель $V_{суд}/V_{ска}$).

Ихтиофауна Ладожского озера представлена 44 видами, принадлежащими к 16 семействам [10]. Первостепенное промысловое значение имеют такие виды, как сиг, ряпушка, корюшка, окунь, плотва, судак, лещ, щука, ерш, налим. Анализ промысловой статистики показывает, что в водоеме наблюдаются периодические колебания величин уловов, что связано как с изменением состояния запасов промысловых видов, так и с производственной базой рыбодобывающих организаций и долговременными колебаниями продукционного потенциала Ладожского озера. Запасы мелкочастиковых рыб (плотва, окунь, ерш и др.) находятся в удовлетворительном состоянии, но используются не полностью. В среднем промышленный вылов для всего озера за последние 5 лет составил 2–3 тыс. т, средний ежегодный вылов в карельской части – 550 т (колебания от 118 т в 2014 году до 1345 т в 2010 году) (рис. 1).

Ряпушка *Coregonus albula* в Ладожском озере распространена по всему озеру и представлена двумя формами (мелкая форма и крупная – рипус). В водоеме имеются локальные стада ряпушки, каждое из которых характеризуется принадлежностью к определенному району. В карельской части водоема выделяются три отдельные популяции: шхерная, мантсинсарская и восточная.

Анализ данных вылова шхерной популяции ряпушки (2016 год) показал, что в уловах доминировали рыбы на третьем – четвертом году жизни (около 70 %). Предельный возраст рыб составлял 10+. Половозрелой ряпушка становится на втором году жизни при достижении длины тела 10–14 см (в среднем 12 см) и массы 9–17 г (в среднем 12 г). По показателям линейно-весагого роста ряпушка шхерной популяции занимает промежуточное положение среди трех стад Северной Ладоги (рис. 2). В целом среднегодовой вылов ряпушки в карельской части озера составляет 90 т.

Ряпушка по типу питания является типичным планктофагом [21]. Основу летнего и осеннего питания на втором и третьем году жизни ряпушки составляли веслоногие ракообразные, из которых в желудках преобладают *Eudiaptomus gracilis*, *Eurytemora lacustris*, *Limnocalanus macrurus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*. Доля ветвистоусых ракообразных колеблется в пределах 10–20 %, в небольших количествах встречаются коловратки и прочие организмы (рис. 3). Индексы наполнения желудков невысокие.

ВЫВОДЫ

Полученные данные подтверждают выводы ряда авторов о высоком уровне развития зоопланктона шхерного района северной части Ладожского озера [5], [11].

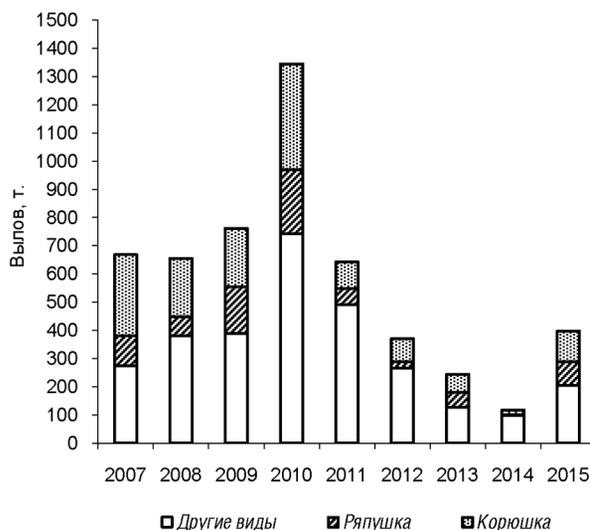


Рис. 1. Промысловый вылов рыбы (т) в карельской части Ладожского озера

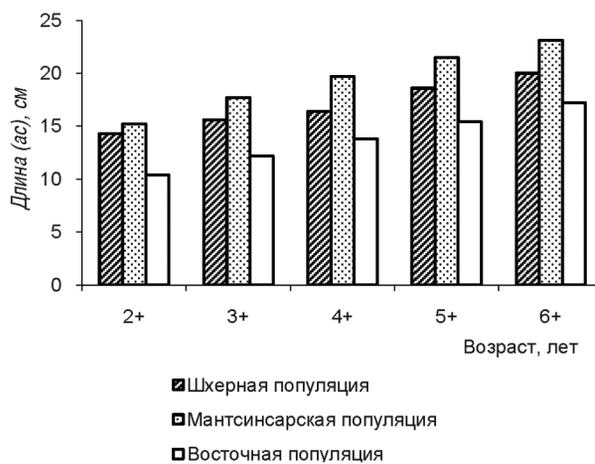


Рис. 2. Линейный рост ряпушки Ладожского озера (шхерная популяция – наши данные, мантсинсарская и восточная – по [8])

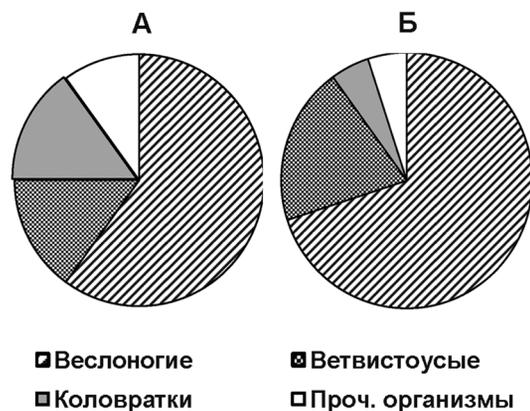


Рис. 3. Питание ряпушки северной части Ладожского озера: А – лето, Б – осень

В зоне зарослевой литорали наибольшее значение в составе зоопланктона имеют эвритермные виды тепловодного комплекса (*S. crystallina*, *P. pediculus*, *C. quadrangula*, *M. albidus*, *M. viridis*). В пелагиали распространение этого комплекса заметно слабее и в основном приурочено к эпи- и металимниону. Наряду с круглогодичными эвритермными видами (*D. cristata*, *E. gracilis*, *C. strenuus* и др.) летом большой численности здесь достигают многие сезонные умеренно-тепловодные виды (*H. gibberum*, *B. coregoni kessleri*, *B. longirostris*, *D. longispina*).

По величине количественных характеристик планктонной фауны в раннелетний и осенний периоды 2016 года исследуемый район Ладожского озера можно отнести к α -мезотрофному типу [9]. Средние индексы сапробности составили 1,68 в июне и 1,76 в октябре, что

соответствует классу β -мезосапробных водных объектов (умеренно загрязненные природные воды).

В целом основа общей биомассы зоопланктона (60–75 %) создается за счет крупных форм ветвистоусых и веслоногих ракообразных, ценных в пищевом отношении. Таким образом, кормовые условия для роста личинок и молоди, а также нагула взрослых особей рыб-планктофагов можно оценить как благоприятные. Большинство перечисленных кормовых объектов относятся к эвритермным видам и присутствуют в планктоне на протяжении всего периода открытой воды. В рационе ряпушки Ладожского озера ведущую роль играют веслоногие и ветвистоусые ракообразные, их соотношение в пищевом спектре зависит от сезона года и определяется температурным режимом водоема.

* Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0221-2014-0005, программы Президиума РАН № 21 «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» (проект № 0221-2015-0003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А. Ф., Богущкая Н. Г., Орлова М. И. и др. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2004. 436 с.
2. Алимов А. Ф., Бульон В. В., Голубков С. М. Динамика структурно-функциональной организации экосистем континентальных водоемов // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами: Сборник научных статей. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. С. 241–253.
3. Андроникова И. Н. Зоопланктон как индикатор эколого-токсикологического состояния районов загрязнений прибрежной зоны Ладожского озера // Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии. СПб., 1991. Т. 1. С. 17–18.
4. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных тропических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
5. Андроникова И. Н., Распопов И. М. Литоральный зоопланктон доминирующих сообществ макрофитов в Ладожском озере // Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. С. 207–215.
6. Дгебадзе Ю. Ю., Чернова О. Ф. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 315 с.
7. Драбкова В. Г., Вильянен М. Современное состояние экосистемы Ладожского озера и тенденции его изменения // Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. С. 8–17.
8. Дятлов М. А. Рыбы Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 281 с.
9. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 390 с.
10. Кудерский Л. А. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежным наукам. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 526 с. (Сб. науч. тр. ФГНУ «ГосНИОРХ». Вып. 342. Т. 3.)
11. Куликова Т. П., Власова Л. И. Зоопланктон северного шхерного района Ладоги (мониторинговые исследования 1992–1998 гг.) // Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. С. 207–215.
12. Кучко Я. А., Ильмаст Н. В., Кучко Т. Ю. Методы сбора и обработки проб зоопланктона на пресноводных водоемах: Учеб. пособие. Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2016. 26 с.
13. Мартынова Н. Н., Лозовик П. А. Северный район Ладожского озера и его притоки. Химический состав воды притоков // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2007. С. 64–77.
14. Озера Карелии: Справочник. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
15. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалыхина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
16. Павлов Д. С., Стриганова Б. Р. Биологические ресурсы России и основные направления фундаментальных исследований // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами: Сб. науч. ст. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. С. 4–20.
17. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
18. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы / Под ред. В. Д. Федорова, В. И. Капкова. М.: ПИМ, 2006. 367 с.
19. Решетников Ю. С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 301 с.
20. Стерлигова О. П., Павлов В. Н., Ильмаст Н. В. и др. Экосистема Сямозера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 120 с.
21. Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Савосин Д. С. Круглоротые и рыбы пресных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 224 с.

22. Radwan S., Bielanska-Grajner I., Ejsmont-Karabin J. Wrotki (Rotifera) / S. Radwan (red.). Lodz: Oficyna Wydawnicza Tercja, 2004. 447 p.

Kuchko Ya. A., Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

Il'mast N. V., Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Kuchko T. Yu., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Milyanchuk N. P., Institute of Biology, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

ZOOPLANKTON AS A FOOD BASE OF EUROPEAN VENDACE FOUND IN THE SKERRY PARTS OF THE NORTHERN LADOGA LAKE

Multiple research data on the current state of zooplankton found in the northern skerry area of the Lake Ladoga are presented. It is shown that eurythermic warm water species' complex consisting of zooplankton found in the littoral zone of the lake is of great value. Along with the year-round eurythermic species, seasonal warm-water species reach high numerical strength in the pelagic zone of the lake. By quantitative indicators of zooplankton the study area of the Lake Ladoga can be referred to α -mesotrophic type. Nutrition circumstances for the growth of larvae, fry, and adult vendace can be assessed as favourable. The leading role in the diet of vendace was played by Copepods and Cladocera. Their ratio in the food spectrum depends on the season and is determined by the temperature regime of the water body.

Key words: zooplankton, species composition, abundance, biomass, fish fauna, European vendace, Lake Ladoga

REFERENCES

1. Alimov A. F., Bogutskaya N. G., Orlova M. I. i dr. *Biologicheskie invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh* [Biological invasions in water and land ecosystems]. Moscow, 2004. 436 p.
2. Alimov A. F., Bul'on V. V., Golubkov S. M. Dynamics of the structurally functional organization of ecosystems of continental reservoirs [Dinamika strukturno-funktsional'noy organizatsii ekosistem kontinental'nykh vodoemov]. *Fundamental'nye osnovy upravleniya biologicheskimi resursami: Sbornik nauchnykh statey*. Moscow, 2005. P. 241–253.
3. Andronikova I. N. Zooplankton as an indicator of an ekologo-toxicological condition of areas of pollution of a coastal zone of Lake Ladoga [Zooplankton kak indikator ekologo-toksikologicheskogo sostoyaniya rayonov zagryazneniy pribrezhnoy zony Ladozhskogo ozera]. *Tez. dokl. 2-y Vsesoyuz. konf. po rybokhozyaystvennoy toksikologii*. St. Petersburg, 1991. Vol. 1. P. 17–18.
4. Andronikova I. N. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh tropicheskikh tipov* [Structurally functional organization of zooplankton of lake ecosystems of different tropical types]. St. Petersburg, 1996. 189 p.
5. Andronikova I. N., Raspopov I. M. Littoral zooplankton of the dominating communities of makrofits in Lake Ladoga [Litoral'nyy zooplankton dominiruyushchikh soobshchestv makrofitov v Ladozhskom ozere]. *Ladozhskoe ozero. Monitoring, issledovanie sovremennogo sostoyaniya i problemy upravleniya Ladozhskim ozerom i drugimi bol'shimi ozerami*. Petrozavodsk, 2000. P. 207–215.
6. Dgebuadze Yu. Yu., Chernova O. F. *Cheshuya kostistykh ryb kak diagnosticheskaya i registriruyushchaya struktura* [Scales of bony fishes as the diagnostic and registering structure]. Moscow, 2009. 315 p.
7. Drabkova V. G., Vil'yanen M. Current status of an ecosystem of Lake Ladoga and tendency of his change. [Sovremennoe sostoyanie ekosistemy Ladozhskogo ozera i tendentsii ego izmeneniya]. *Ladozhskoe ozero. Monitoring, issledovanie sovremennogo sostoyaniya i problemy upravleniya Ladozhskim ozerom i drugimi bol'shimi ozerami*. Petrozavodsk, 2000. P. 8–17.
8. Dyatlov M. A. *Ryby Ladozhskogo ozera* [Fishes of Lake Ladoga]. Petrozavodsk, 2002. 281 p.
9. Kitaev S. P. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtiologov* [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, 2007. 390 p.
10. Kuderskiy L. A. *Issledovaniya po ikhtiologii, rybnomu khozyaystvu i smezhnym naukam* [Researches on ichthyology, fishery and interdisciplinary sciences]. Moscow, St. Petersburg, 2013. 526 p.
11. Kulikova T. P., Vlasova L. I. Zooplankton of the northern shkherny region of Lake Ladoga (monitoring researches of 1992–1998) [Zooplankton severnogo shkhernogo rayona Ladogi (monitoringovye issledovaniya 1992–1998 gg.)]. *Ladozhskoe ozero. Monitoring, issledovanie sovremennogo sostoyaniya i problemy upravleniya Ladozhskim ozerom i drugimi bol'shimi ozerami*. Petrozavodsk, 2000. P. 207–215.
12. Kuchko Ya. A., Il'mast N. V., Kuchko T. Yu. *Metody sbora i obrabotki prob zooplanktona na presnovodnykh vodoemakh: Uchebnoe posobie* [Methods of collecting and processing of samples of zooplankton in fresh-water reservoirs. Work-book]. Petrozavodsk, 2016. 26 p.
13. Martynova N. N., Lozovik P. A. Northern region of Lake Ladoga and its inflows. Chemical composition of water of inflows [Severnnyy rayon Ladozhskogo ozera i ego pritoki. Khimicheskii sostav vody pritokov]. *Sostoyanie vodnykh ob'ektov Respubliki Kareliya. Po rezul'tatam monitoringa 1998–2006 gg.* Petrozavodsk, 2007. P. 64–77.
14. *Ozera Karelii: Spravochnik* [Lakes of Karelia. Reference book]. Petrozavodsk, 2013. 464 p.
15. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii. T. 1. Zooplankton* [Identification guide of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of the European Russia. Vol. 1. Zooplankton]. Moscow, 2010. 495 p.
16. Pavlov D. S., Striganova B. R. Biological resources of Russia and main directions of basic researches [Biologicheskie resursy Rossii i osnovnye napravleniya fundamental'nykh issledovaniy]. *Fundamental'nye osnovy upravleniya biologicheskimi resursami: Sbornik nauchnykh statey*. Moscow, 2005. P. 4–20.
17. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Guideline for studying of fishes]. Moscow, 1966. 376 p.
18. *Prakticheskaya gidrobiologiya. Presnovodnye ekosistemy* [Practical hydrobiology. Fresh-water ecosystems]. Moscow, 2006. 367 p.
19. Reshetnikov Yu. S. *Ekologiya i sistematika sigovykh ryb* [Ecology and systematization of whitefishes]. Moscow, 1980. 301 p.
20. Sterligova O. P., Pavlov V. N., Il'mast N. V. i dr. *Ekosistema Syamozera* [Ecosystem of Lake Syamozero]. Petrozavodsk, 2002. 120 p.
21. Sterligova O. P., Il'mast N. V., Savosin D. S. *Krugloroty i ryby presnykh vod Karelii* [Cyclostomatous and fishes of fresh waters of Karelia]. Petrozavodsk, 2016. 224 p.
22. Radwan S., Bielanska-Grajner I., Ejsmont-Karabin J. Wrotki (Rotifera) / S. Radwan (red.). Lodz: Oficyna Wydawnicza Tercja, 2004. 447 p.

МАРИЯ АЛЕКСАНДРОВНА ЛЕСОНЕН

аспирант кафедры зоологии и экологии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

manika007@rkmil.ru

ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ШУСТОВ

доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

shustov@petrsu.ru

ПИТАНИЕ РЕЧНОГО ОКУНЯ (*PERCA FLUVIATILIS* L.) В ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЕ РЕКИ ПИСТА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Представлен сравнительный анализ питания речного окуня (*Perca fluviatilis* L.) в озерно-речных условиях Республики Карелия. Выявлены существенные различия в озерно-речной системе реки Писта Калевальского района Республики Карелия между качественными и количественными показателями питания окуня в озерных и речных условиях. В пищевом рационе окуня в реке Писта, наряду с типично озерными жертвами (плотвой и окунем), появляется и речной вид – бычок-подкаменщик. Установлено, что в речных условиях у окуня значительно возрастает общий индекс наполнения желудков (примерно на 40 %). Переход на хищничество в речных условиях у окуня во все сезоны наблюдается при меньших размерах по сравнению с озером.

Ключевые слова: питание, речной окунь, озеро, река, Карелия

ВВЕДЕНИЕ

Речной окунь (*Perca fluviatilis* L.) во многих водоемах России, в том числе и в Карелии, является одним из многочисленных пресноводных видов рыб¹ [2], [10]. По питанию окуня в карельских озерах имеется довольно много сведений – изучены возрастные особенности состава пищи и рассчитаны суточные рационы, установлены сроки перехода окуня на хищничество, выявлены изменения рационов при появлении в Онежском озере инвазионного вида – байкальского бокоплава² [3], [7], [10]. В то же время данные о питании окуня в речных условиях весьма немногочисленны и пока представлены только нашими исследованиями питания окуня в ряде рек Карелии. Так, например, в рационе речного окуня в реке Суна (государственный заповедник «Кивач») нами был найден типично речной вид рыб – бычок-подкаменщик (*Cottus gobio*), обитающий на порогах и перекатах горных рек [5]. В реке Оланга (национальный парк «Паанаярви») в желудках всех размерных групп окуней было отмечено полное отсутствие зоопланктона и рыб, а главным и единственным компонентом являлся зообентос [4].

Данная статья посвящена исследованию питания речного окуня в озерно-речной системе реки Писта Калевальского района Республики Карелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований был речной окунь, один из массовых аборигенных видов рыб в озер-

но-речной системе реки Писта. Отлов рыб проводили с мая по октябрь 2016 года. В основу работы положены материалы, собранные на порожищем участке реки Писта, расположенном выше деревни Кушеванда, и в озере Пистаярви.

В реке Писта окунь отлавливался крючковой снастью два раза в сутки (утром и вечером) с берега на пороге с довольно быстрым течением (более 0,5 м/с), ширина реки около 50 м, глубина 1,5 м, крупнокаменистый грунт и валуны. Около берега реки водная растительность представлена осокой и хвощом.

В озере Пистаярви вылов рыбы проводился с помощью сетей, а также крючковой снастью – бортовыми удочками с подсадкой дождевых червей. Отлавливался окунь на отдаленном от берега участке (300–400 м) с глубинами до 5 метров.

После отлова рыб измеряли, взвешивали, извлекали желудки и сразу фиксировали 4 % раствором формалина. Камеральная обработка проводилась согласно традиционному, а также современным методам исследования питания рыб в естественных условиях [8]. Пищевой комок извлекали из желудка рыбы для определения общего индекса наполнения. Подсчитывалось количество организмов (N) – общее и для основных кормовых объектов. Определялась встречаемость (F) и доля основных кормовых объектов от массы всего корма (P). Для характера спектра питания использовали индекс относительной значимости (IR – index of relative significance), вычисляемый по формуле 1.

$$IR = \left(\frac{F_i P_i}{\sum F_i P_i} \right) \times 100\%, \quad (1)$$

где F_i – частота встречаемости каждого вида корма, P_i – доля по массе, i меняется от 1 до n (n – число видов кормовых организмов в пищевом комке) [7].

В последние годы этот индекс обязательно применяется во всех исследованиях по питанию рыб в естественных условиях. Например, Р. Р. Рафиков [9] использовал индекс относительной значимости при анализе питания рыб искусственных водоемов на территории Республики Коми. Общий индекс наполнения желудка рассчитывался в процимилле (‰) как отношение массы пищи (мг) к массе рыбы (г), умноженное на величину 10.

Всего нами исследовано 375 экз. окуней из озерно-речной системы реки Писта для определения их питания, из них в реке Писта – 193 экз., в озере Пистаярви – 182 экз.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многочисленные исследования показали, что окунь следует рассматривать как вид со смешан-

ным типом питания. Обычно в его пищевом рационе присутствуют организмы зоопланктона, бентоса, воздушные насекомые, растительные остатки и рыба. Аналогичная ситуация складывается и с исследованными нами окунями. Изучение содержимого желудков окуня в речных и озерных условиях показало достаточно большое сходство пищевых спектров рыб. Как в озере Пистаярви, так и в реке Писта в желудках рыб присутствовал достаточно большой набор организмов зообентоса, из зоопланктона встречались представители кладоцер и копепод, также найдены воздушные насекомые и рыбы (табл. 1, 2). Несмотря на большое разнообразие кормовых объектов (видов и форм) в питании окуня, их число в среднем не превышает одного организма (N, экз.) как в речных, так и в озерных условиях. По частоте встречаемости пищевых организмов (F, %) в озерно-речной системе реки Писта в весенний и летний периоды основное место занимают из бентоса – нимфы поленок, личинки ручейников и хирономид, куколки хирономид (в весенний период). С весны по лето преобладают личинки стрекоз, а осенью этот показатель снижается в реке Писта до 11,5, в озере Пистаярви – до 3. Второстепенные компоненты питания окуня в реке

Таблица 1
Питание речного окуня (*Perca fluviatilis* L.) в реке Писта по сезонам 2016 года

Состав пищи	Май – июнь (весна) 2016 года				Июль – август (лето) 2016 года				Сентябрь (осень) 2016 года			
	N	F	P	IR	N	F	P	IR	N	F	P	IR
Зоопланктон:												
Cladocera	< 1	16	2	1	< 1	20	3	2	< 1	29	6	0,97
Scolecopoda	< 1	6	3	0,7	< 1	5	2	0,4	< 1	1	2	0,1
Бентос:												
Chironomidae (L.)	< 1	22	2	1,7	< 1	27	7	7,8	< 1	1	6	0,3
Chironomidae (P.)	< 1	20	2	1,6	< 1	9	2	1	< 1	0,1	2	0,01
Ephemeroptera (N.)	< 1	48	25	46,6	< 1	48	23	45	< 1	9,5	12	6,5
Plecoptera (L.)	–	–	–	–	< 1	15	3	1,8	–	–	–	–
Mollusca	< 1	16	11	6,8	< 1	10	5	2	< 1	1	4	0,2
Odonata (L.)	< 1	26	16	16	< 1	21	15	13	< 1	11,5	12	8
Trichoptera (L.)	< 1	24	6	5,6	< 1	27	10	11	< 1	4	10	2,22
Воздушные насекомые	< 1	22	11	9	< 1	11	5	2	< 1	18	21	21
Рыба:												
Окунь, быч.-подк.	< 1	10	7	3	< 1	8	5	2	< 1	16	15	13
Карповые	< 1	14	11	6	< 1	12	9	4	< 1	9	12	6
Сильно переваренная	< 1	10	4	2	< 1	18	11	8	< 1	26	29	42
Длина рыбы M (lim), см	15 (9–28)				15,6 (9,3–26,5)				16,5 (9–25,2)			
Вес рыбы M (lim), г	37 (12–73)				44 (9,5–200)				54,7 (6,5–181)			
Пустые желудки, %	5				5				10			
Индекс наполнения M (lim), ‰	151 (4,7–1410)				121 (0,4–1220)				114 (0,4–883)			
n, экз.	50				91				52			
Возраст	от 2+ до 13+				от 2+ до 12+				от 2+ до 12+			

Примечание. F (%) – частота встречаемости кормового объекта; P (%) – доля каждого компонента по массе; IR (%) – индекс относительной значимости; N (экз.) – число пищевых организмов; L. – личинки; P. – куколки; N. – нимфы.

Таблица 2

Питание речного окуня (*Perca fluviatilis* L.) по сезонам 2016 года
в озере Пистаярви

Состав пищи	Май – июнь (весна) 2016 года				Июль – август (лето) 2016 года				Сентябрь (осень) 2016 года			
	N	F	P	IR	N	F	P	IR	N	F	P	IR
Зоопланктон:												
Cladocera	< 1	17	9	11	< 1	15	8	8	< 1	13	4	3
Copepoda	< 1	8	5	3	< 1	12	7	5,5	< 1	13	5	3
Бентос:												
Chironomidae (L.)	< 1	20	5	7,2	< 1	17	6	7	< 1	28	6	8
Chironomidae (P.)	< 1	25	9	16	< 1	22	7	10	< 1	28	8	11
Ephemeroptera (N.)	< 1	14	7	7	< 1	19	12	15	< 1	15	8	6
Heleidae (L.)	< 1	6	4	2	–	–	–	–	–	–	–	–
Mollusca	< 1	8	5	3	< 1	13	10	9	< 1	–	–	–
Odonata (L.)	< 1	22	14	22	< 1	17	11	12	< 1	3	3	0,4
Trichoptera (L.)	< 1	15	8	9	< 1	19	11	14	< 1	21	15	15,4
Воздушные насекомые	< 1	15	9	10	< 1	14	9	8	< 1	21	15	15,4
Рыба:												
Окунь, ерш и др.		6	5	2,2	< 1	6	6	2	< 1	10	5	2
Карповые	< 1	5	4	2	< 1	1	1	0,1	< 1	27	21	28
Ряпушка	< 1	15	15	5	< 1	12	11	9	< 1	–	–	–
Сильно переваренная	< 1	8	1	0,6	< 1	6	1	0,4	< 1	21	6	6,2
Длина рыбы M (lim), см	17,7 (10–27)				17 (9,3–27)				19 (10,7–25,7)			
Вес рыбы M (lim), г	88 (30–179)				82 (12–210)				84 (29–220)			
Пустые желудки, %	2				8				2			
Индекс наполнения M (lim), ‰	87 (4,5–474)				75 (4,5–468)				112 (4,5–466)			
n, экз.	65				78				39			
Возраст	от 2+ до 12+				от 2+ до 12+				от 2+ до 12+			

Примечание. F (%) – частота встречаемости кормового объекта; P (%) – доля каждого компонента по массе; IR (%) – индекс относительной значимости; N (экз.) – число пищевых организмов; L. – личинки; P. – куколки; N. – нимфы.

– моллюски, показатель которых уменьшается от весны к осени; в озерных условиях наибольшее количество моллюсков отмечено летом, наименьшее – весной, осенью отсутствуют. Единично встречались в речных условиях веснянки только в летний период. В озере весной обнаружены мотыльки. По частоте встречаемости в озерно-речных условиях из зоопланктона преобладают кладоцеры (*Bosmina*, *Daphnia cristata*). В озере показатель кладоцер уменьшается от весны к осени, а в реке, наоборот, увеличивается. Второй по значимости представитель копепоид *Succinea* в реке уменьшается от весны к осени, а в озере увеличивается.

Воздушные насекомые в питании окуня в реке преобладают весной и осенью, в озере – осенью (см. табл. 1, 2).

Основным видом корма окуня в реке Писта с весны по осень из бентоса являются нимфы поденок (весной – 25 % по массе от пищевого комка, летом – 23 %, осенью – 12 %), личинки стрекоз

(весной – 16 %, летом – 15 %, осенью – 12 %) (см. табл. 1). Эти показатели уменьшаются от весны к осени. Вторыми по значимости компонентами бентоса в весенний период являются моллюски (11 %), а летом и осенью – ручейники (10 %). В озере Пистаярви основным видом корма в весенний период были личинки стрекоз (14 %); летом – нимфы поденок (12 %), личинки стрекоз и ручейники (11 %), моллюски (10 %); осенью – ручейники (15 %) (см. табл. 2).

Из зоопланктона в питании окуня в озере Пистаярви чаще встречаются кладоцеры в весенний (по массе 9 %) и летний (8 %) периоды и копепоиды (7 %) в летний период. Доля кладоцер в реке Писта составила в осенний период 6 %, в летний – 3 %, в весенний – 2 %; доля копепоид весной – 3 %, летом и осенью – 2 %.

Наибольшая доля воздушных насекомых зафиксирована осенью как в речных (по массе 21 %), так и в озерных (15 %) условиях. Наименьший показатель – 5 % в реке Писта в летний период.

Важную роль в рационе окуня играет рыба (см. табл. 1, 2). Доля по массе переваренной рыбы составила в речных условиях в осенний период 29 %, здесь окунь поедает себе подобных окуней и бычка-подкаменщика (15 %), карповые рыбы составили 12 %. В весенний период наибольшая доля по массе у окуня приходится на карповых рыб (11 %), на окуня и бычка-подкаменщика (7 %), сильно переваренную рыбу (4 %). В летний период сильно переваренная рыба составила 11 %, карповые – 9 %, окунь и ерш – 5 %. В озерных условиях в осенний период на карповых рыб приходится 21 %, на окуня и ерша – 5 %, сильно переваренную рыбу – 6 %. В весенний и летний периоды наибольшее предпочтение в питании окунь отдавал ряпушке (15 % и 11 % соответственно).

Следует отметить, что в речных условиях летом и осенью окунь поедает рыбу в большем объеме, чем в озере, возможно, из-за наличия в реке Писта дополнительного источника питания – бычка-подкаменщика, который обитает на порогах и перекатах. Так, например, в реке Суна рацион питания окуня расширяется за счет речных рыб (бычок-подкаменщик), обитающих обычно на порогах и перекатах лососевых рек [5], [6].

Наши исследования показали, что в речных условиях (рис. 1) в весенний и летний периоды окунь отдает предпочтение в питании зообентосу (по массе 62 % и 65 % соответственно), рыба составила в весенний период 22 %, в летний – 25 %. Осенью главным компонентом в питании окуня является рыба (56 %) и зообентос (46 %). В озере Пистаярви (рис. 2) основным компонентом в питании окуня в весенний (61 %), летний (57 %) и осенний (40 %) периоды является зообентос. На втором месте – рыба, наибольший показатель которой в осенний период составил 32 %, в весенний – 25 %, в летний – 19 %. Также в озерных условиях в питании окуня присутствует зоопланктон (в летний период он составил по массе 15 %, в весенний – 14 %, осенний – 9 %) и воздушные насекомые (наибольший показатель по массе в осенний период – 15 %, а весной и летом – всего 9 %). Таким образом, нами установлены некоторые различия в отношении качественного состава питания окуней в речных и озерных условиях и доли по массе пищевых компонентов.

Анализ данных показал, что имеются отличия и в объеме потребления пищи у окуня в р. Писта и оз. Пистаярви. Так, индекс накормленности в речных условиях у окуня уменьшается от весны к осени (в среднем от 151 до 114 ‰), а в озере наименьший показатель – в летний период (75 ‰), наибольший – в осенний (112 ‰).

Таким образом, установлены существенные отличия в питании озерного и речного окуня. Во-первых, в реке Писта в пищевом рационе окуней существенно снижается доля зоопланктона в весенний, летний и осенний периоды, что

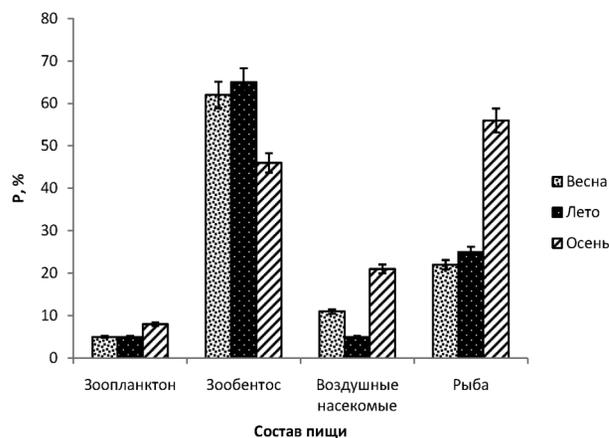


Рис. 1. Доля каждого компонента по массе (%) в питании окуня по сезонам в речных условиях

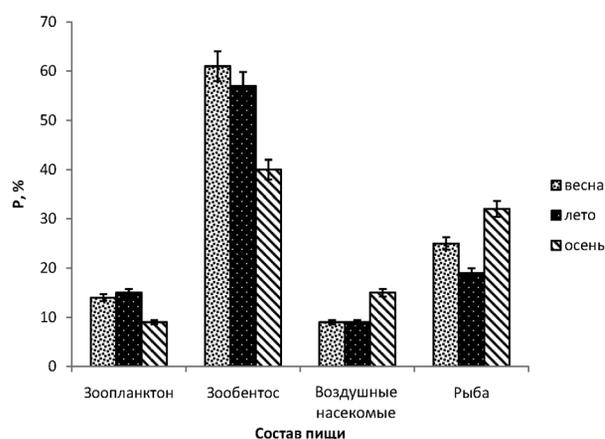


Рис. 2. Доля каждого компонента по массе (%) в питании окуня по сезонам в озерных условиях

вполне закономерно, так как в реках, особенно горного типа, численность и биомасса зоопланктона значительно ниже по сравнению со стоячими водоемами [4]. Большинство форм и видов зоопланктона (коловратки, ветвистоусые и веслоногие ракообразные) ведут свободно плавающий образ жизни, и поэтому они характерны именно для планктических комплексов озер, водохранилищ и больших равнинных рек [1]. Во-вторых, в речных условиях в летний и осенний периоды окунь активно поедает рыбу по сравнению с озером. В летний период окунь в оз. Пистаярви поедает рыбу более активно, чем в реке. Из литературных источников известно, что окунь в озерах Карелии начинает переходить на хищничество при разных размерах [1]. Установлен тот факт, что в речных условиях хищничество исследованных нами окуней начинает проявляться при меньших линейных размерах по сравнению с озером – 13,5 см летом и 14,2 см весной, а осенью при длине 15,3 см. В озере Пистаярви эти показатели выше – 18,6 см весной, 19 см летом и 19,5 см осенью. Причем у окуня в речных условиях в желудках рыбные объекты доминируют. Возможно, это связано с тем, что у жертв речного окуня на

течении снижается ориентация в окружающей среде, и, как результат, окуню легче схватить сносимых течением рыб – плотву и окуня. Также рацион окуня в р. Писта расширяется за счет речных видов (бычок-подкаменщик) [5]. В-третьих, у окуня, обитающего в речных условиях, выявлены более высокие индексы наполнения желудка.

ВЫВОДЫ

Анализ данных свидетельствует, что в целом в питании окуня основными кормовыми объектами являются бентосные организмы и рыба. При этом в озерно-речной системе реки Писта между качественными и количественными показателя-

ми питания окуня в озерных и речных условиях выявлены существенные различия. Нами установлено, что по сравнению с озером Пистаярви в реке Писта окунь меньше потребляет организмы зоопланктона. В его пищевом рационе, наряду с типично озерными жертвами (плотвой и окунем), появляется и речной вид – бычок-подкаменщик. Хищничество у окуня в речных условиях начинает проявляться значительно раньше, при сравнительно меньших линейных размерах. Индексы наполнения желудков рыб в реке были существенно выше по сравнению с озером, что объясняется большей долей в пищевом рационе окуня рыбных объектов.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Атлас пресноводных рыб России. Т. 2. М.: Наука, 2003. 253 с.; Озера Карелии: Справочник. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 461 с.

² Озера Карелии: Справочник. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 461 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Жадин В. И., Герд С. В. Реки, озера и водохранилища СССР. Их флора и фауна. М., 1961. 599 с.
- Ивантер Д. Э., Рыжков Л. П. Рыбы. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2004. 176 с.
- Ильмаст Н. В., Кучко Я. А. Байкальский бокоплав *Gamelinodes fasciatus* (Stebbing) как кормовой объект окуня литоральной зоны Онежского озера // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. № 1 (49). С. 35–40.
- Лесонен М. А., Тыркин А. И. Питание речного окуня (*Perca fluviatilis* L.) и сига обыкновенного (*Coregonus lavaretus* L.) в реке Оланге (национальный парк «Паанаярви») // Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика): Труды 5-й Междунар. конф. молодых ученых. Т. 2. 2016. С. 295–300.
- Лесонен М. А., Шустов Ю. А., Гусаров И. А., Сухов А. В. Питание речного окуня (*Perca fluviatilis* L.) в реке Суна (Государственный заповедник «Кивач») // Национальный парк «Водлозерский»: Тезисы Всероссийской научно-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 25-летию юбилею биосферного резерва ЮНЕСКО. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. С. 138–139.
- Лесонен М. А., Шустов Ю. А., Онищенко Н. А., Онищенко И. Н., Сухов А. В. Особенности питания речного окуня (*Perca fluviatilis* L.) в озерных и речных условиях Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2016. № 8 (161). С. 46–51.
- Первозванский В. Я. Рыбы водоемов района Костомукшского железорудного месторождения (экология, воспроизводство, использование). Петрозаводск: Карелия, 1986. 216 с.
- Попова О. А., Решетников Ю. А. О комплексных индексах при изучении питания рыб // Вопросы ихтиологии. 2011. Т. 51. № 5. С. 712–717.
- Рафиков Р. Р. Формирование рыбного населения искусственных водоемов на территории Республики Коми: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2016. 18 с.
- Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Савосин Д. С. Окунь *Perca fluviatilis* (Percidae) разнотипных водоемов Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2016. № 2 (155). С. 57–62.

Lesonen M. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Shustov Yu. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

FEEDING HABITS OF THE PERCH (*PERCA FLUVIATILIS* L.) FOUND IN THE RIVER LAKE SYSTEM OF THE PISTA RIVER (REPUBLIC OF KARELIA)

A comparative analysis of the feeding habits characteristic of the perch (*Perca fluviatilis* L.) inhabiting the waters of Karelian river-lake system is submitted. Significant differences in qualitative and quantitative indicators of the perch nutrition habits in the lake and river conditions of the river Pista are revealed. In conditions of the river the perch consumes multiple organisms of zooplankton. The perch's nutrition ration, along with the typical lake victims – roach and perch includes some river species – bychek sculpin. It was found out that in river conditions the perch's stomach fullness reaches 40 % of the initial volume. The transfer to predatory habits is observed in perch of smaller sizes when compared to the sizes of perch feeding of lake waters. Therefore, the samples of catches and a subsequent analysis of their stomach contents showed that the ration of perch inhabiting the waters of the river Pista is very flexible. These indicators are explained by a large share of fish food (bychek sculpin, roach, perch) in the perch's nutrition.

Key words: food, river perch, lake, river, Karelia

REFERENCES

- Zhadin V. I., Gerd S. V. *Reki, ozera i vodokhranilishcha SSSR. Ikh flora i fauna* [Rivers, lakes and reservoirs of the USSR. Their flora and fauna]. Moscow, 1961. 599 p.

2. Ivanter D. E., Ryzhkov L. P. *Ryby* [Fishes]. Petrozavodsk, Izdatel'stvo PetrGU, 2004. 176 p.
3. Il'mast N. V., Kuchko Ya. A. Baikal amphipod *Gamelinodes fasciatus* (Stebbing) as a food item of perch in the littoral zone of the Lake Onega [Baikal'skiy bokoplav *Gamelinodes fasciatus* (Stebbing) kak kormovoy ob'ekt okunya litoral'noy zony Onezhskogo ozera]. *Voprosy rybolovstva*. 2012. Vol. 13. № 1 (49). P. 35–40.
4. Lesonen M. A., Tyrkin A. I. The diet of perch (*Perca fluviatilis* L.) and common whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) inhabiting the river Olanga (NP "Paanajarvi") [Pitanie rechnogo okunya (*Perca fluviatilis* L.) i siga obyknovennogo (*Coregonus lavaretus* L.) v reke Olange (natsional'nyy park "Paanajarvi")]. *Vodnye resursy: izuchenie i upravlenie (limnologicheskaya shkola-praktiki): Trudy 5 mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh*. Petrozavodsk, 2016. Vol. 2. P. 295–300.
5. Lesonen M. A., Shustov Yu. A., Gusev I. A., Sukhov A. V. Food of the perch (*Perca fluviatilis* L.) in the river Suna (Reserve "Kivach") [Pitanie rechnogo okunya (*Perca fluviatilis* L.) v reke Suna (Gosudarstvennyy zapovednik "Kivach")]. *Natsional'nyy park "Vodlozerskiy": Tezisy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 25-letnemu yubileyu biosfernogo rezerva YuNESKO*. Petrozavodsk, KarNTs RAN Publ., 2016. P. 138–139.
6. Lesonen M. A., Shustov Yu. A., Onishchenko N. A., Onishchenko I. N., Sukhov A. V. Feeding habits of perch (*Perca fluviatilis*) in the lake and river conditions of Karelia [Osobennosti pitaniya rechnogo okunya (*Perca fluviatilis*) v ozernykh i rechnykh usloviyakh Karelii]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2016. № 8 (161). P. 46–51.
7. Pervozvanskiy V. Ya. *Ryby vodoemov Kostomukshskogo zheleznorudnogo mestorozhdeniya (ekologiya, vosпроизводство, ispol'zovanie)* [Fish of Kostomuksha iron ore deposit ponds (ecology, reproduction, use)]. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1986. 216 p.
8. Popova O. A., Reshetnikov Yu. A. About complex indexes in studying fish nutrition [O kompleksnykh indeksakh pri izuchenii pitaniya ryb]. *Voprosy ikhtiologii*. 2011. Vol. 51. № 5. P. 712–717.
9. Rafikov R. R. *Formirovaniye rybnoy naseleniya iskusstvennykh vodoemov na territorii Respubliki Komi: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Formation of the fish population of artificial reservoirs in the Republic of Komi]. Syktyvkar, 2016. 18 p.
10. Sterligova O. P., Il'mast N. V., Savosin D. S. Perch *Perca fluviatilis* (Percidae) of different reservoirs of Karelia [Okun' *Perca fluviatilis* (Percidae) raznotipnykh vodoemov Karelii]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2016. № 2 (155). P. 57–62.

Поступила в редакцию 13.02.2017

АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВНА ЛОБАНОВА

аспирант кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
selin911@bk.ru

ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ШУСТОВ

доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
shustov@petrsu.ru

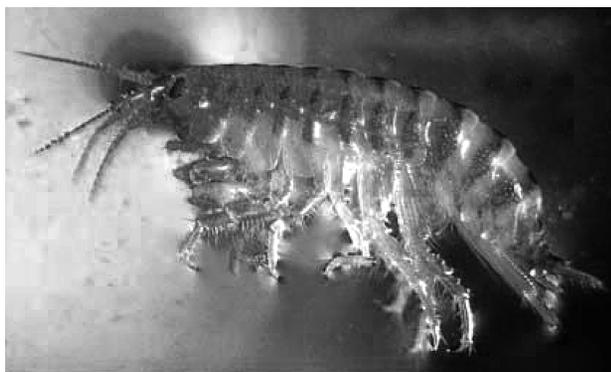
ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РЫБ ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Рассматриваются особенности питания массовых видов рыб на литорали Онежского озера в современных условиях. Интенсивное распространение в последние десятилетия инвазионного вида байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* в Онежском озере привело к тому, что этот вид стал по численности и биомассе даже доминировать в зообентосе. Наши исследования показали, что байкальская амфипода стала занимать значимое место (до 50 % от пищевого комка) в пищевом рационе окуневых рыб – речного окуня и обыкновенного ерша – на северном, западном и восточном побережье. В то же время этот новый объект зообентоса практически отсутствует в питании плотвы – массового вида карповых рыб. В настоящее время не на всех исследованных участках Онежского озера в питании рыб встречается байкальский рачок, однако можно сделать предположение о том, что со временем на многих мелководных участках озера, где будет успешно расселяться амфипода, аборигенные рыбы будут также активно питаться этим ценным пищевым объектом.

Ключевые слова: литораль Онежского озера, питание рыб, байкальская амфипода – инвазионный вид, *Gmelinoides fasciatus*

ВВЕДЕНИЕ

Ситуация с появлением в составе зообентоса на литорали в Онежском озере инвазионного вида – байкальской амфиподы (рисунок) складывалась следующим образом. Примерно 40 лет назад из озера Байкал с целью улучшения кормовой базы для местных рыб рачок *Gmelinoides fasciatus* был перенесен в верхние Волжские водохранилища (Куйбышевское, Горьковское), где, как показали результаты, этот сибирский объект весьма успешно адаптировался в новой европейской водной среде. Он проник с балластными водами судов по системам рек и озер сначала в Ладожское, а затем и в Онежское озеро, где впервые был обнаружен гидробиологами в 2001 году [2].



Амфипода под бинокляром. Фото Н. А. Березиной

Байкальская амфипода благодаря своим особенностям, а именно высокому темпу размножения, быстрой адаптации к новым условиям среды, довольно быстро освоила практически всю литоральную часть Онежского озера [6]. Успешное заселение прибрежных вод озера чужеродным видом привело также к изменению привычного питания некоторых видов аборигенных рыб – на севере Онежского озера в Кумсе-губе [6], а также в Петрозаводской губе [4] окунь стал активно питаться новым пищевым объектом. В то же время сведения о том, насколько успешно массовые виды рыб потребляют байкальскую амфиподу в других районах Онежского озера, практически отсутствуют.

Цель данной статьи – исследовать питание массовых видов рыб, в первую очередь речного окуня, обыкновенного ерша и плотвы, на мелководных участках северного, западного и восточного побережья Онежского озера в современных условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы рыб для изучения особенностей их питания были взяты из разных мест бассейна Онежского озера и в разное время года (летние и зимние сборы). Рыб отлавливали с помощью сетей и удочек на глубине от метра до двух, где обычно предпочитает расселяться байкальский рачок [6]. Далее рыб измеряли и взвешивали, желудки и кишечника извлекали и фиксировали.

ли 10 % раствором формалина. В лабораторных условиях пищевые комки рыб анализировались: определялась систематическая принадлежность пищевых объектов, рассчитывались частота их встречаемости (в %), количество и доля (в %) от всей массы пищевого комка.

Всего на десяти участках Онежского озера с 2014 по 2016 год в летний и зимний периоды было отловлено и исследовано питание 199 экз. речного окуня, 9 экз. обыкновенного ерша, 30 экз. плотвы, 1 сига и 3 хариусов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ питания рыб на литорали Онежского озера из различных участков северного, восточного и западного побережья дал следующие результаты (таблица).

Северный берег. На севере Онежского озера нами исследовалось только одно место, где ранее байкальская амфипода была обнаружена в большом количестве [5].

Кумса-губа. Пробы рыб были собраны в начале января на мелководном участке глубиной 1–1,5 метра в районе Кумса-губы (Повенецкий залив) с помощью сетей. В этом районе было выловлено 18 окуней и 6 экземпляров плотвы.

Состав пищевого комка отловленных рыб не отличался разнообразием. Половина из них оказалась с пустыми желудками или с сильно переваренной пищей. Тем не менее основу пищевого комка у окуней составлял байкальский вселенец, который по сравнению с остальными бентосными организмами был наиболее многочислен. Поэтому в желудках окуней на первом месте по доле (более 50 %) от массы пищевого комка была байкальская амфипода (см. таблицу). На втором

месте оказались полупереваренные мальки рыб; встречались также личинки стрекоз. Кишечники плотвы были практически пустыми, с небольшим присутствием организмов зоопланктона; байкальская амфипода не обнаружена.

Восточный берег. Питание рыб исследовано на четырех мелководных участках.

Челмужская губа. Летом на мелководье среди водной растительности Челмужской губы на удочку удалось поймать 9 экз. окуня. Рыбы питались зоопланктоном (80 % по массе от пищевого комка) и зообентосом (20 %), но байкальской амфиподы в составе пищи нами не обнаружено.

Мегостров. Этот высокий, поросший сосновым лесом и кустарником остров окаймлен отмелью, где летом 2015 года нами было отловлено 6 экз. окуня и 1 экз. плотвы. В пищевых комках окуней чаще всего встречался зоопланктон (75 %), из бентосных организмов присутствовали личинки хирономид и нимфы поденок. В кишечнике плотвы отмечен только зоопланктон. Байкальская амфипода в питании рыб не обнаружена.

Бесов нос. Более разнообразный состав пищи был у окуней, выловленных в Пудожском районе (Бесов нос). На первом месте по встречаемости и массе (66 %) – бентосные организмы. Они были представлены нимфами веснянок, мизидами и личинками хирономид. На втором месте по массе – переваренные мальки рыб (31 %). И только в одном из шести желудков был обнаружен байкальский рачок.

Андомский мыс. Точнее, нам удалось поймать только две плотвы из реки Андома, которая впадает в Онежское озеро в 3,2 километра

Значение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* в питании рыб литорали Онежского озера (2014–2016 годы)

Район Онежского озера, место и сроки отлова рыб	Вид рыб				
	окунь	ерш	плотва	сиг	хариус
<i>Северный берег:</i>					
Кумса-губа (зима 2016 года)	51 (18)*	с	0 (6)	–	–
<i>Восточный берег:</i>					
Челмужская губа (лето 2015 года)	0 (9)	–	–	–	–
Мегостров (лето 2015 года)	0 (6)	м	0 (1)	–	–
Бесов нос (лето 2015 года)	1 (6)	–	–	–	–
Андомский мыс, река Андома (лето 2014 года)	–	–	0 (2)		
<i>Западный берег:</i>					
Кондопожская губа (Чажнаволоок) (лето 2014 года)	0 (20)	–	0 (6)	0 (1)	–
Петрозаводская губа (у понтонного моста) (лето 2015 года)	0 (27)	–	–	–	–
Уйская губа (зима 2014 года)	60 (43)	32 (9)	0 (15)	–	–
Пухтинская губа (Сосновый бор) (лето 2014 года)	0,1 (22)	–	–	–	–
Бухта Брусно (лето 2014 года)	8 (48)	–	–	–	0 (2)

Примечание. Первая цифра – средняя доля (в %) байкальской амфиподы от массы пищевого комка, вторая – число рыб в пробе.

к северо-западу от Андомского мыса. Одна плотва оказалась с пустым кишечником; пищевой коммок второй рыбы состоял из останков мальков рыб. Байкальская амфипода в питании рыб не обнаружена.

Западный берег. Питание рыб исследовано на пяти мелководных участках.

Кондопожская губа. Рыб отлавливали в районе Чажнаволока – южной конечной точки полуострова Чаж, которая является северным входным мысом Кондопожской губы. Байкальской амфиподы не было обнаружено ни у одной из исследованных рыб. Из 20 окуней у 4 желудка были пустые. По частоте встречаемости в пищевом коммке на первом месте зоопланктон (80 %), на втором месте бентосные организмы, среди которых личинки хирономид, брюхоногие моллюски, личинки стрекоз, водяные ослики (*Asellus aquaticus*), нимфы поденок и олигохеты. В трех желудках также были найдены останки мальков рыб. У плотвы в каждом кишке был отмечен зоопланктон, в одном из шести кишечника были найдены останки двусторчатых моллюсков. Желудок сига был наполнен только организмами зоопланктона.

Петрозаводская губа. В июле 2009–2010 годов Н. В. Ильмастом и Я. А. Кучко в Петрозаводской губе на противоположном берегу от города были отловлены окуни, у которых в желудках обнаружено более 40 % байкальских бокоплавов по биомассе [4]. Поэтому несколько удивительно, что в вершинной части губы – у понтонного моста, куда впадает река Шуя (не так далеко от места отлова окуней Н. В. Ильмастом и Я. А. Кучко), нами не была обнаружена байкальская амфипода ни у одного из 27 окуней. Возможно, что в этом месте на байкальских рачков уже оказывают депрессивное воздействие кислые воды водосбора крупной реки Шуя, протекающей через многочисленные болотистые участки [6].

Уйская губа. В январе 2015 года на побережье Уйской губы в районе поселка Деревянное было выловлено 67 экз. трех видов рыб: окунь, ерш и плотва. Питание окуня было достаточно разнообразно – из зообентоса встречались личинки стрекоз, *Gammarus lacustris*, нимфы поденок и веснянок, личинки ручейников и хирономид. Однако на первом месте, как по частоте встречаемости, так и по средней доле (60 %) от массы пищевого комка, была байкальская амфипода. У ершей первенство по частоте встречаемости и весу составляли бентосные организмы, в основном нимфы веснянок и *Gammarus lacustris*. Однако и байкальская амфипода в желудках ершей присутствовала в больших количествах – свыше 30 % от массы пищевого комка. Были найдены также ручейники, однако ни в одном кишечнике байкальского рачка обнаружено не было.

Пухтинская губа. Сосновый бор находится в Пухтинской губе, которая расположена с запад-

ной стороны Пухтинских островов. В этом районе было выловлено 22 окуня. По частоте встречаемости на первом месте оказался зоопланктон (50 %), на втором бентосные организмы (40 %), среди которых личинки хирономид, брюхоногие моллюски, нимфы веснянок, водные черви, личинки ручейников, водяные ослики (*Asellus aquaticus*), личинки стрекоз. Присутствовали также переваренные останки взрослых насекомых и мальков рыб. И только в одном желудке была обнаружена байкальская амфипода.

Бухта Брусно. Бухта Брусно заходит в берег Онежского озера к юго-востоку от острова с тем же названием. Берег бухты высокий, поросший хвойным лесом, имеет узкий песчаный пляж. Грунт в виде песка, а ближе к берегу – в виде крупных камней. В этом месте нами было выловлено 50 рыб, из которых 48 окуней и 2 хариуса. По частоте встречаемости зоопланктон занял первое место (47 %), бентосные организмы – второе (41 %). Были обнаружены личинки хирономид, водяные ослики, личинки стрекоз, нимфы веснянок и поденок, брюхоногие моллюски. Встречались также переваренные останки взрослых насекомых. Хищничество среди выловленных окуней было выражено слабо – только в 6 желудках были обнаружены частично переваренные мальки рыб. Байкальская амфипода была отмечена только у 3 окуней, однако в очень большом количестве. Так, в одном желудке было найдено 28 рачков. В пищевом коммке хариуса были обнаружены мальки рыб, личинки стрекоз, нимфы поденок и ручейники, однако байкальская амфипода не зафиксирована.

Таким образом, наши исследования питания рыб на мелководье Онежского озера в 2014–2016 годах показали, что байкальская амфипода встречается в пище рыб на северном, восточном и западном берегах. Однако из пяти видов исследованных рыб рачок был найден только у окуневых рыб – окуня и ерша, а из десяти обследованных участков – только на половине мест.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Места отлова рыб на мелководье Онежского озера были нами выбраны приблизительно с одинаковыми характеристиками. Это участки глубиной до двух метров с зарослями тростника и других водорослей и каменисто-песчаным грунтом, на которых и предпочитает обитать байкальский рачок. Массовые рыбы Онежского озера (окунь, ерш и плотва) обитают на этих литоральных участках, где питаются зоопланктоном, зообентосом и молодью рыб. Сеголетки окуня в Онежском озере питаются планктоном. Более взрослые особи (второй год жизни) переходят к смешанному питанию бентосом и планктоном. Трехлетки окуня питаются бентосом, и, только достигнув размеров 10 см и более, молодь окуня начинает хищничать. Молодь ерша в Онежском озере

питаются в основном мелкими объектами – личинками хирономид, придонными кладоцерами и копеподами, но с возрастом переходит на крупные объекты – моллюски, палассею и понтопорею [1]. Характер питания плотвы также различен. Это не только планктонные и донные беспозвоночные, но и высшие растения – рдест, элодея, мягкие части тростника.

Учитывая широкий спектр питания вышеперечисленных рыб, не удивительно, что после переселения байкальской амфиподы в европейские водоемы (Волжские водохранилища) и их самостоятельного расселения по озерам и рекам на север, вплоть до Онежского озера, аборигенные рыбы стали активно питаться этим новым пищевым объектом. Так, например, по данным Н. А. Березиной и А. П. Стрельниковой [7], в Ладожском озере инвазионным видом *G. fasciatus* успешно питаются такие виды рыб, как налим, окунь и ерш.

ВЫВОДЫ

Наши исследования питания массовых видов рыб на литорали Онежского озера показали, что окуневые рыбы также перешли на активное потребление рачка. Однако в настоящее время не все рыбы и не на всех мелководных участках перешли на потребление инвазионного вида – бай-

кальской амфиподы *G. fasciatus*. Вероятнее всего, на сегодня незначительная степень потребления рачка в местах отлова рыб на восточном и западном побережье Онежского озера объясняется низкими показателями численности и биомассы рачка в этих конкретных местах. Там, где сибирский вид имеет высокие популяционные показатели, этот рачок и в рационе составляет высокую долю. В районе Кумса-губы нами был отмечен высокий процент встречаемости байкальской амфиподы в пищевом рационе рыб. Сложно сказать, достигли ли популяционные показатели инвазионного вида *G. fasciatus*, такие как численность и биомасса, максимальных значений с момента освоения новых условий водоема-реципиента (Онежское озеро), поэтому требуются дальнейшие исследования в этой области. Необходимо продолжить изучение рационов питания рыб в сезонном аспекте, поскольку в течение сезона популяционные показатели вида-вселенца существенно изменяются.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность за участие в полевых работах и сборе материалов по питанию рыб научным сотрудникам Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН А. И. Сидоровой и А. П. Георгиеву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Б. М., Беляева К. И., Дмитренко Ю. С. и др. Озеро Онежское // Озера Карелии: природа, рыбы и рыбное хозяйство: Справочник. Петрозаводск: Государственное издательство Карельской АССР, 1959. С. 86–135.
2. Березина Н. А., Панов В. Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) в Онежское озеро // Зоологический журнал. 2003. Т. 82. Вып. 6. С. 731–734.
3. Гуляева А. М. Материалы по биологии окуня (*Perca fluviatilis* L.) Онежского озера // Труды Карело-Финского отделения ВНИОРХ. 1951. Т. III. С. 150–168.
4. Ильмаст Н. В., Кучко Я. А. Байкальский бокоплав (*Gmelinoides fasciatus*) как кормовой объект рыб литоральной зоны Онежского озера // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. № 1 (49). С. 37.
5. Июдина Е. Ф. К биологии молоди окуня (*Perca fluviatilis* L.) Онежского озера // Труды Карело-Финского отделения научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. Петрозаводск, 1951. Т. 3. С. 169–180.
6. Сидорова А. И. Структурно-функциональные характеристики популяции байкальского вселенца *Gmelinoides fasciatus* (Crustacea: Amphipoda) на северной границе ареала (Онежское озеро): Дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2013. 106 с.
7. Berezina N. A., Strelnikova A. P. The role of the introduced amphipod *Gmelinoides fasciatus* and native amphipods as fish food in two large-scale north-western Russian inland water bodies: Lake Ladoga and Rybinsk Reservoir // J. Applied Ichthyology. 2010. Vol. 26. P. 89–95.

Lobanova A. S., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Shustov Yu. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

CHARACTERISTIC FEATURES OF NUTRITION HABITS INHERENT TO FISH SPECIES FOUND IN THE LITTORAL ZONE OF THE LAKE ONEGO

Characteristic nutrition features of massive fish species found in the littoral zone of the lake Onega are considered in the article. The intensive distribution of such invasive species as Baikal amphipods *Gmelinoides fasciatus* in the lake Onega has led to its significant numerical strength and growth in biomass. Our research showed that Baikal amphipod became an important ingredient (up to 50 % of the food bolus) in the diet of perch fish – perch and ruff in the northern, western and eastern coasts. This new object of zoobenthos is not included into the diet of local roach – a rather mass species of carp fish. The Baikal crustacean was found in

the diet of some types but not all types of fish inhabiting investigated in our research areas of Onega Lake. An assumption can be made that the aboriginal fish will start consuming amphipod once it spreads in multiple shallow areas.

Key words: the littoral zone of Onega Lake, nutrition of fishes, the Baikal amphipods, *Gmelinoides fasciatus*

REFERENCES

1. Aleksandrov B. M., Belyaeva K. I., Dmitrenko Yu. S. et al. The Lake Onega [Ozero Onezhskoe]. *Ozera Karelii: priroda, ryby i rybnoe khozyaystvo: Spravochnik*. Petrozavodsk, 1959. P. 86–135.
2. Berezina N. A., Panov V. E. The Earliest Baikal amphipods *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) in Lake Onega [Vselenie baykal'skoy amfipody *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) v Onezhskoe ozero]. *Zoologicheskiy zhurnal*. 2003. Vol. 82. Issue 6. P. 731–734.
3. Gulyaeva A. M. Materials on the biology of perch (*Perca fluviatilis* L.) found in Onega Lake [Materialy po biologii okunya (*Regca fluviatilis* L.) Onezhskogo ozera]. *Trudy Karelo-Finskogo otdeleniya VNIORKh*. 1951. Vol. III. P. 150–168.
4. Il'mast N. V., Kuchko Ya. A. Baikal amphipod (*Gmelinoides fasciatus*) as a food item of the fish littoral zone of the Lake Onega [Baykal'skiy bokoplav (*Gmelinoides fasciatus*) kak kormovoy ob'ekt ryb litoral'noy zony Onezhskogo ozera]. *Voprosy rybolovstva*. 2012. Vol. 13. № 1 (49). P. 37.
5. Iyudina E. F. On biology of juvenile perch (*Perca fluviatilis* L.) Lake Onega [K biologii molodi okunya (*Perca fluviatilis* L.) Onezhskogo ozera]. *Trudy Karelo-Finskogo otdeleniya nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaystva*. 1951. Vol. 3. P. 169–180.
6. Sidorova A. I. *Strukturno-funktsional'nye kharakteristiki populyatsii baykal'skogo vselentsa Gmelinoides fasciatus (Crustacea: Amphipoda) na severnoy granitse areala (Onezhskoe ozero): Dis. ... kand. biol. nauk* [Structural and functional population characteristics of Baykalsk invader *Gmelinoides fasciatus* (Crustacea: Amphipoda) on the northern border of the area (Lake Onega)]. Petrozavodsk, 2013. 106 p.
7. Berezina N. A., Strelnikova A. P. The role of the introduced amphipod *Gmelinoides fasciatus* and native amphipods as fish food in two large-scale north-western Russian inland water bodies: Lake Ladoga and Rybinsk Reservoir // *J. Applied Ichthyology*. 2010. Vol. 26. P. 89–95.

Поступила в редакцию 25.11.2016

ЛЮДМИЛА АЛЕКСАНДРОВНА СЕРГИЕНКО

доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
saltmarch@mail.ru

ТАМАРА ЮРЬЕВНА ДЬЯЧКОВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
tdyachkova@mail.ru

ВЕРА ИВАНОВНА АНДРОСОВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
vera.androsova28@gmail.com

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТООБИТАНИЙ И СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *TRIGLOCHIN MARITIMA* L. (*JUNCAGINACEAE*) В ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЕ ЛИТОРАЛИ БЕЛОГО МОРЯ

Представлены результаты изучения популяций циркумбореального умеренно-арктического вида *Triglochin maritima* L. – одного из доминантов приливно-отливной зоны побережья Белого моря, представляющего собой эталон побережий Голарктических морей. На литоральной территории западного побережья Белого моря (модельные участки – устья рек Колежма и Кереть), в направлении от коренного берега к линии уреза воды, выделены три зоны, отличающиеся по типу субстрата и растительности. Дана экологическая характеристика местообитаний вида, включающая геоморфологический тип берега, волновое воздействие, механический и химический состав субстрата, тип дренажа. Выявлено, что по градиенту суточной динамики заливания открытого берега и берега залива на илистых и песчано-галечных субстратах в пределах выделенных зон у растений *T. maritima* наблюдается увеличение некоторых организменных и популяционных параметров вида, что позволяет ему динамично адаптироваться к нестабильным условиям существования на приморской полосе.

Ключевые слова: *Triglochin maritima* L., популяция, приливно-отливная зона, Белое море, Голарктика

ВВЕДЕНИЕ

Приморские экосистемы арктических морей являются участками земной поверхности, где происходит наиболее активный рост биомассы растений и животных, а также отмечается значительное разнообразие живых организмов и среды их обитания [11]. Основное функционирование приморских систем в переменной среде возможно лишь при условии нахождения их в постоянном колебательном режиме [2], [6]. В условиях приливно-отливной зоны устойчивость приморских экосистем поддерживается за счет компенсированного повышения качественного биоморфологического разнообразия, отражающего сложность взаимодействий между различными компонентами сообщества за счет наличия на изученной приморской территории многочисленных микрониз с особыми гидрологическими условиями [3], [4]. Эти особенности, а также многофакторность природных условий на этой территории создают множество вариантов организации популяционной структуры высших рас-

тений. Популяционная биология видов растений, обитающих на приморских экотопах побережья Белого моря, изучена слабо.

Целью данного исследования являются характеристика местообитаний, изучение структуры популяций и биоморфологии особей доминирующего вида приморских местообитаний *Triglochin maritima* L. (*Juncaginaceae*) – триостренника морского (Ситниковидные) на приливно-отливной зоне Белого моря, выбранного в качестве эталона побережий Голарктических морей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования были проведены на западном побережье Белого моря (Республика Карелия): в окрестностях пос. Колежма (64°22'81" N 35°93'14" E) и поселка Кереть (66°16'39" N 33°33'44" E) (рис. 1).

Изучение популяций *T. maritima* в условиях литоральной зоны проводили на модельных трансектах (МТ) шириной 10 м от зоны импัลверизационной супралиторали до нижней границы средней литорали. Ширина литоральной зоны



Рис. 1. Район исследования (основа – сайт <http://www.uchportfolio.ru/blogs/read/?id=2375>)

определялась визуально в течение проведения полевых работ.

В пределах каждой МТ были выделены три зоны, отличающиеся по типу субстрата и растительности. Для каждой МТ была составлена полная экологическая характеристика, включающая такие показатели, как тип берега, волновое воздействие, механический и химический состав субстрата, тип дренажа. Геоморфологические типы берега и подтипы расчленения морских берегов установлены на основе классификации типов берегов [1]; тип береговой линии, тип склона береговой линии определяли по модифицированной шкале А. С. Ионина и др. [3], [4]. Волновое воздействие устанавливали по модифицированной шкале Ю. С. Дологова [2], гранулометрический состав почвы определяли по классическим шкалам [7], [18], тип дренажа почвы – по модифицированной шкале Д. Н. Цыганова [10]. Определение pH и химического состава почв: для МТ 1 – pH определяли pH-метром 150 МИ; содержание калия, магния, натрия, кальция (только кислоторастворимые формы) – методом капиллярного электрофореза, содержание хлоридов и сульфатов – спектрофотометром «Unico 2804» (ООО «Северная Аналитическая лаборатория»). Для МТ 2 – pH – pH-метром «Hanna» (Германия), содержание (валовое) калия, магния, натрия, кальция – на атомно-абсорбционном спектрофотометре «AA-7000» (Япония), пробоподготовка – разложения в микроволновой системе в концентрации кислот HCl : HNO₃ (3:1). Содержание хлоридов и сульфатов – методом потенциометрии на иономере «Анион-4110» (Россия) (КарНЦ РАН).

В каждой зоне выполнены геоботанические описания на учетных площадках 1 м² по общепринятым методикам [5]. Популяции изучали по классическим в популяционной биологии методам [9]. Счетной единицей в популяции выбран клон – разрастающаяся вегетативно особь

(в тексте далее термины «клон» и «особь» употребляются как синонимы) с многочисленными партикулами (надземными побегами вегетативного происхождения). Для оценки биоморфологических параметров особей (количества партикул в одном клоне, высоты побегов, линейных размеров листьев, длины соцветия и др.) и проведения сравнительного анализа отбирали особи только одного онтогенетического состояния – средневозрастные генеративные, которые выделяли визуально по размерам клонов и партикул, наличию соцветий. Измерения и подсчеты были выполнены на 10 растениях в десятикратной повторности. В работе анализируются результаты 240 описаний растительного покрова на учетных площадках.

Объем и название таксонов даются в основном в соответствии со сводкой «Pan Arctic Flora» [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Triglochin maritima L. 1753, Sp. Pl.: 339 (как *maritimum*); Ledeb., 1853, Fl. Ross., IV: 35; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 119; Б. Федченко, 1934, Фл. СССР, 1: 276, р. max. p.; Говорухин, 1937, Фл. Урала: 81; Цвел. 1979, Фл. Европ. части СССР, 4: 172; Stace, 1991, New flora Br. Isl.: 903; Elven, 2005, Nørsk flora: 865; Кравченко, 2007, Конспект фл. Карелии: 293; Пospelова, 2007, Флора сосуд. раст. Таймыра и сопред. терр.: 101, как «*Triglochin maritimum*».

T. maritima – гемикриптофит высотой 10–70 см с толстым горизонтальным корневищем, имеет узколинейные мясистые листья 10–40 см длиной и до 2 мм шириной, собранные в прикорневую розетку, и соцветие – верхушечную кисть длиной от 6 до 25 см.

Первая модельная трансекта с участием в растительном покрове *T. maritima* (МТ 1 – пос. Колежма) расположена в зоне небольшого песчано-илистого порога на входе в ковшовую

губу с постоянным волновым воздействием. Поверхность осушки нередко перекрыта слоем ила, который имеет толщину порядка 10 см. Субстрат – маршевые примитивные слабодерновые (илистые и песчаные) почвы, характеризуется низкой обеспеченностью подвижным калием, натрием, кальцием, магнием и кислоторастворимыми формами хлоридов и сульфатов, pH водной вытяжки 6,68 (табл. 1).

Вторая модельная трансекта (МТ 2 – пос. Кереть) расположена во внутренней акватории губы Лебяжья на ее правом, низком, каменисто-песчаном аккумулятивном берегу. Субстрат – примитивные дерновые песчаные почвы и примитивные дерновые каменисто-песчаные почвы [7], [18], характеризуется достаточным содержанием калия, натрия, кальция, магния, средней валовой обеспеченностью хлоридами и сульфатами, pH водной вытяжки – 6,11 (см. табл. 1). В верхней части МТ 2 отмечены значительные валунно-галечниковые скопления (размер валунов от 30 до 50 см).

В пределах МТ 1 и МТ 2 были, как уже отмечалось, выделены три зоны.

Зона I (зона импульверизационной супралиторали) начинается от нижней границы плакорной растительности, распространенной на слабодерновых почвах заросшей приморской террасы,

и четко отделяется от нее линией штормовых выбросов. Основной субстрат этой зоны – легкий песок с гравием (25 % камни + гравий, песок – 30 %), микрорельеф не выражен, дренаж слабый, застойного переувлажнения нет, наблюдается периодическое переувлажнение в результате таяния снегов и выпадения дождей, разливов рек и морских приливов.

Зона II (зона верхней литорали) находится ниже зоны I примерно на 3 м, субстрат – задернованный суглинок с гравием (гравий 10 %, песок 10 %), микрорельеф в виде приподнимающихся до 15 см над грунтом небольших кочек *P. maritima*, дренаж довольно слабый, застойное переувлажнение сохраняется значительную часть вегетационного периода, удержание влаги происходит за счет органического горизонта.

Зона III (зона средней литорали) расположена ниже зоны I примерно на 6 м, основной субстрат – средний суглинок с илистыми пятнами на поверхности (гравий 2 % и песок 20 %), микрорельеф не выражен, дренаж очень слабый, местообитания с застойным переувлажнением в течение всего вегетационного периода и во влажные годы – в течение всего года.

Растительный покров МТ 1 и МТ 2 с *T. maritima* разреженный, проективное покрытие сосудистых растений в целом на трансек-

Таблица 1

Экологическая характеристика местообитаний *Triglochin maritima*

Показатели	МТ 1	МТ 2
Местоположение (ГИС-информация)	64°22'81"N 35°93'14"E	66°16'39"N 33°33'44"E
Геоморфологический тип берега	Берега, сформированные волновыми процессами	Берега, сформированные волновыми процессами
Тип береговой линии	Открытое побережье	Залив
Подтипы расчленения морских берегов	Аккумулятивно-бухтовый берег	Аккумулятивно-бухтовый берег
Доминирующий тип склона береговой линии	Плоский	Пологий
Волновое воздействие	Прямое волновое воздействие на берег, не ограниченное преградами порогов	Ослабленное влияние волн, ограниченное порогом на входе в губу
Ширина литоральной зоны (м)	70	40
Гранулометрический состав почвы	Примитивная илистая маршевая почва со слабым глеевым горизонтом	Слабозадреванная песчано-галечная почва
Тип дренажа почвы	Очень слабый дренаж – местообитания с застойным переувлажнением в течение всего вегетационного периода и во влажные годы – в течение всего года	Неудовлетворительный, застойное переувлажнение сохраняется в течение ряда лет
pH (водная вытяжка)	6,68 ± 0,05	5,52
K ⁺ содержание (мг/100 г абсолютно сухой почвы)	4,75 ± 0,76	227,92
Na ⁺ содержание (мг/100 г абсолютно сухой почвы)	92,6 ± 14,8	263,79
Ca ²⁺ содержание (мг/100 г абсолютно сухой почвы)	20,4 ± 3,3	249,01
Mg ²⁺ содержание (мг/100 г абсолютно сухой почвы)	6,9 ± 1,1	670,41
Cl ⁻ содержание (мг/100 г абсолютно сухой почвы)	16,0 ± 2,4	131,46
SO ₄ ²⁺ содержание (мг/100 г абсолютно сухой почвы)	3,4 ± 0,5	657,33

тах в пределах выделенных зон колебалось от 17 (МТ 1) до 42 % (МТ 2). На МТ 1 общее проективное покрытие видов по зонам изменялось незначительно и было в пределах 15–20 %, а на МТ 2 прослеживалось уменьшение числа видов и соответственно их проективного покрытия от I к III зоне – от 72 до 10 % (табл. 2). Видовое богатство сообществ на обеих МТ составляют 18 видов сосудистых растений, на МТ 1 – 12, на МТ 2 – 13 видов, видовая насыщенность – 1–3 вида. Общими для сообществ обеих трансект являются 6 видов: *Carex subspathacea*, *Glaux maritima*, *Juncus gerardii* ssp. *atrofuscus*, *Leymus arenarius*, *Plantago maritima*, *Tripolium vulgare*.

Проективное покрытие изучаемого *T. maritima* было больше на МТ 2, в среднем для всей трансекты оно составило почти 16 %, причем больше особей было сосредоточено в зоне II – 25 %. Следует отметить, что в пределах всей МТ 1 и отдельных зон проективное покрытие вида изменялось совсем незначительно и составило в среднем от 10 до 12 % (см. табл. 2).

Возрастная структура популяций *T. maritima* характеризовалась преобладанием зрелых генеративных особей, доля особей ювенильного и имматурного возрастного состояния семенного происхождения составила не более 5 % от общей

численности. Самоподдержание популяций осуществляется в основном вегетативным путем – партикуляцией разрастающихся вегетативно особей, практически без их омоложения. В работах зарубежных авторов [14] отмечено, что быстрое формирование общего «кольца» особи, приподнимающего всю структуру клона над уровнем ила, увеличивает видовое разнообразие окружающего это кольцо сообщества и обеспечивает более комфортное существование рядом расположенных клонов *T. maritima*.

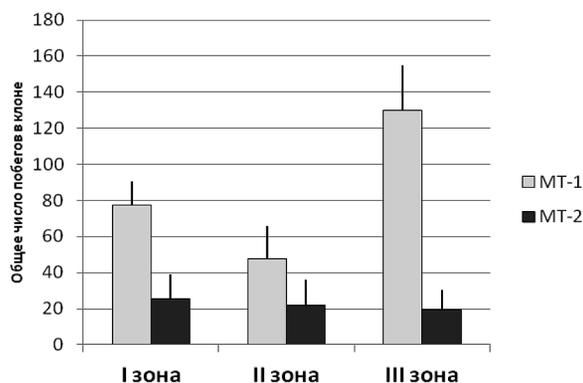
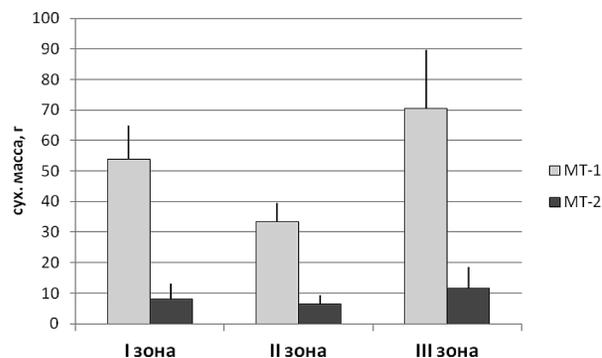
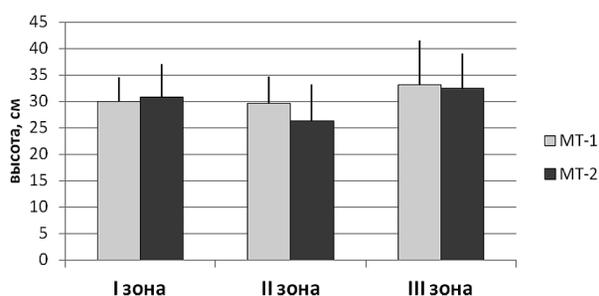
В изученных популяциях *T. maritima* преобладали особи средневозрастные генеративные, которые сформировали клоны с разным числом вегетативных и генеративных побегов, причем на МТ 1 особи по числу побегов значительно превышали этот показатель у особей на МТ 2 во всех трех зонах (рис. 2). Если сравнить показатель численности по зонам отдельно на МТ 1 и МТ 2, то наблюдаются следующие различия: на МТ 1 самые крупные клоны по общему числу побегов были в зоне III, меньше в зоне I и зоне II. На МТ 2 число побегов в клонах уменьшается очень незначительно по направлению от береговой линии к урезу воды.

Таблица 2

Характеристика растительного покрова на модельных трансектах с *Triglochin maritima*

Параметры	МТ 1*			МТ 2		
	I**	II	III	I	II	III
Общее проективное покрытие видов, %	18,7	15,6	17,9	72,4	33,5	10,2
Число видов в каждой зоне	10	10	7	12	7	3
Число видов в описании на учетной площадке, шт.	1,6	0,9	1,0	2,8	1,3	0,7
Среднее значение проективного покрытия отдельных видов, %						
<i>Agrostis straminea</i>	0	0	0	21,4	0	0
<i>Alopecurus arundinacea</i>	0	0	0	3,1	0	0
<i>Atriplex nudicaulis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Bolboshoenus maritimus</i>	0	0	0,6	0	0	0
<i>Carex subspathacea</i>	0,1	1,2	0	0	0,1	0
<i>Conioselinum tataricum</i>	0	0	0	0,1	0	0
<i>Glaux maritima</i>	0,1	< 0,1	0,2	0,9	< 0,1	0
<i>Heleocharis uniglumis</i>	0	0	0	1,2	3,7	0,7
<i>Juncus gerardii</i> ssp. <i>atrofuscus</i>	0,7	0,7	2,3	23,2	1,8	0
<i>Leymus arenarius</i>	1,4	< 0,1	0	5,4	0	0
<i>Phragmites australis</i>	< 0,1	0	0	0	0	0
<i>Plantago maritima</i>	2,2	0,8	2,1	3,5	1,2	0
<i>Potentilla egedei</i>	0	0	0	< 0,1	0	0
<i>Puccinellia maritima</i>	1,8	0,8	0,2	0	0	0
<i>Salicornia europaea</i>	0,2	0,1	0	0	0	0
<i>Sonchus humilis</i>	0	0	0	0,1	0	0
<i>Triglochin maritima</i>	10,4	11,8	10,9	11,4	25,4	9,2
<i>Tripolium vulgare</i>	3,2	1,1	0,1	1,9	1,2	0,3

Примечание. * – модельные территории: МТ 1 – Колежма, МТ 2 – Кереть, ** – выделенные в пределах трансект зоны.

Рис. 2. Общее число побегов в клоне *Triglochin maritima* в изученных популяцияхРис. 4. Общая биомасса *Triglochin maritima* в изученных популяцияхРис. 3. Высота надземных побегов *Triglochin maritima* в изученных популяциях

Незначительные различия в обеих популяциях можно отметить по размерам побегов, высота которых находилась в пределах 30–45 см (рис. 3).

Наибольшая высота побегов на обеих МТ наблюдалась в зоне III, наименьшая – в зоне II. По градиенту изменения экологических факторов произрастания растений в пределах МТ от зоны импульверизационной супралиторали к зоне средней литорали наблюдается увеличение биоморфологических параметров – числа побегов в клоне и их размеров. Изученные популяции *T. maritima* имели отличия и по весовым характеристикам зрелых клонов. Наблюдается такая же тенденция: наибольшей биомассой характеризовались клоны в зоне средней литорали на обеих МТ (рис. 4).

Размерные и количественные характеристики организменных параметров растений *T. maritima*

на разных МТ представлены в табл. 3. Из данных таблицы следует, что основные морфологические признаки отдельных побегов на разных МТ также различаются по зонам и также наблюдается увеличение показателей к зоне нижней литорали. Хотя морфологические признаки растения как организма в популяциях варьируют не так значительно, как показатели для клона в популяции.

Возможно, отмеченные различия вышеуказанных показателей у растений *T. maritima* по зонам вызваны их произрастанием на субстрате различного механического и химического состава и с разной степенью волнового воздействия. По результатам исследований можно предположить, что в зоне II, отличающейся более высокой энергией волн и течений, с наличием отложений из грубого материала с признаками размыва и волнистой слоистости [19] клоны *T. maritima* реагируют на избыточное воздействие волновых факторов и структуру почвенного слоя уменьшением определенных биометрических показателей [15], [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в ходе исследования популяции доминантного вида приморских сообществ *T. maritima* результаты свидетельствуют об изменениях структурных параметров по градиенту заливания на средней и верхней литорали и нижней супралиторали. Растения *T. maritima* адаптируются к определенным значениям абиотических и биотических факторов путем изменения орга-

Таблица 3
Биоморфологические параметры побегов *Triglochin maritima* по градиенту заливания

Параметры	MT 1			MT 2		
	I	II	III	I	II	III
Число листьев на побеге, шт.	3,9 ± 0,9	4,2 ± 1,6	4,3 ± 1,3	4,5 ± 1,1	4,3 ± 1,4	5,5 ± 2,1
Длина листа, см	30,9 ± 4,0	28,2 ± 5,2	33,1 ± 8,9	28,7 ± 6,0	27,4 ± 6,9	31,4 ± 6,9
Ширина листа, см	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1
Длина цветоноса, см	38,2 ± 7,9	37,4 ± 7,7	47,1 ± 8,4	39,2 ± 7,5	33,2 ± 1,5	43,6 ± 6,5
Длина соцветия, см	20,1 ± 5,3	18,9 ± 6,6	24,0 ± 3,9	24,6 ± 8,0	21,6 ± 9,0	28,1 ± 3,8

низменных и популяционных параметров. Однако значения общего проективного покрытия растений не изменяются за счет ротации факультативных галофитных видов в соответствии с их эколого-ценотическим оптимумом.

Таким образом, проведенное исследование популяций *T. maritima* на приливно-отливной зоне Голарктических морей (на примере запад-

ного побережья Белого моря) показало, что этот облигатный галофит, пришедший из Средней Азии на побережья Белого и Баренцева морей только в позднекайнозойское время [8], [11], [12], [13], является хорошо адаптированным и широко распространенным видом на новых территориях и в эволюционно новых для него условиях обитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики. М.: WWF России, 2011. 64 с.
2. Дологов Ю. С. Динамические обстановки прибрежно-морского рельефообразования и осадконакопления. М.: Наука, 1989. 269 с.
3. Ионин А. С., Каплин П. А., Медведев В. С. Классификация типов берегов Земного шара (применительно к картам Физико-географического атласа мира) // Труды Океанографической комиссии АН СССР. 1961. Т. 12. С. 94–108.
4. Ионин А. С., Медведев В. С., Павлидис Ю. А. Шельф: рельеф, осадки и их формирование. М.: Мысль, 1987. 204 с.
5. Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Фитоценология. СПб.: СПбГУ, 1997. 316 с.
6. Сергиенко Л. А. Флора и растительность побережий Российской Арктики и сопредельных территорий. Петрозаводск: ПетрГУ, 2008. 225 с.
7. Сидорова В. А., Святлова Е. Н., Цейц М. А. Пространственное варьирование свойств маршевых почв и их влияние на растительность (Кандалакшский залив) // Почвоведение. 2015. № 3. С. 259–267.
8. Толмачев А. И., Юрцев Б. А. История арктической флоры в ее связи с историей Северного Ледовитого океана // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Л.: Гидрометеиздат, 1970. С. 87–101.
9. Ценопопуляции растений: Учеб. пособие. М.: Наука, 1988. 184 с.
10. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 196 с.
11. Чернов Ю. И. Биологические предпосылки освоения арктической среды организмами различных таксонов // Фауногенез и филоценогенез. М.: Наука, 1984. С. 154–174.
12. Чернов Ю. И. Экология и биогеография. М.: КМК, 2008. 582 с.
13. Юрцев Б. А., Толмачев А. И., Ребристая О. В. Флористическое ограничение и разделение Арктики // Арктическая флористическая область. Л.: Наука, 1978. С. 9–104.
14. Fogel B. N., Crain C. M., Bertness M. D. Community level engineering effects of *Triglochin maritima* (seaside arrowgrass) in a salt marsh in northern New England, USA // Journal of Ecology. 2004. Vol. 92. P. 589–597.
15. Gedan K. B., Altieri A. H., Bertness M. D. Uncertain future of New England salt marshes // Marine Ecology Progress Series. 2011. Vol. 434. P. 229–237.
16. Karlsons A., Osvalde A., Ievins G. Growth and mineral nutrition of two *Triglochin* species from saline wetlands: adaptation strategies to conditions of heterogeneous mineral supply // Environmental and Experimental Biology. 2011. Vol. 9. P. 83–90.
17. Checklist of the Panarctic Flora (PAF) Vascular Plants. 2003 / Editor-in-chief Reidar Elven. Available at: <http://nhm2.uio.no/paf>.
18. Tseyts M. A., Dobrynin D. V. Classification of Marsh Soils in Russia // Eurasian Soil Science. 2005. Vol. 38. № 1. P. 44–48.
19. Woods P. J., Brown R. G. Carbonate sedimentation in an arid zone tidal flat, Nilemah embayment, Shark Bay, Western Australia // Tidal deposits. A casebook of recent examples and fossil counterparts. Berlin; Heidelberg; N. Y.: Springer, 1975. P. 274–286.

Sergienko L. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
 D'yachkova T. Yu., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
 Androsova V. I., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

HABITATS' CHARACTERISTICS AND POPULATION STRUCTURE OF *TRIGLOCHIN MARITIMA* L. (*JUNCAGINACEAE*) FOUND IN THE INTERTIDAL ZONE OF THE WHITE SEA LITTORAL

Populations of the dominant halophyte circumboreal-polar species *Triglochin maritima* L. found on the western coast of the White Sea, in the estuaries of the rivers (Kolezhma, Keret') were studied. Three experimental plots located along the transect line of the coast, which differ by the type of substrate and vegetation were assessed. Different eco-coenotic conditions of the species habitat, including geomorphic shore types, wave actions, mechanical and chemical composition of the substrate, and the types of drainage were observed. The increase in some biometric and population parameters of the *T. maritima* plants located in the tidal zone of the open coast, on the bay coasts, on muddy-silty and sand-gravel substrates within allocated areas was revealed. These structural features allow *T. maritima* to adapt dynamically to the unstable conditions of existence in the tidal zone of White Sea.

Key words: *Triglochin maritima* L., population, tidal zone, White Sea, Holarctic

REFERENCES

1. *Atlas biologicheskogo raznoobraziya morey i poberezhnyy rossiysskoy Arktiki* [Atlas of biodiversity of the seas and coastlines of the Russian Arctic]. Moscow, WWF Rossii Publ., 2011. 64 p.
2. Dolotov Yu. S. *Dinamicheskie obstanovki pribrezhno-morskogo rel'efoobrazovaniya i osadkonakopleniya* [Dynamic environment of the coastal marine relief formation and sedimentation]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 269 p.
3. Ionin A. S., Kaplin P. A., Medvedev B. C. Classification of the shores of the globe (in relation to the maps of the Physical atlas of the world) [Klassifikatsiya tipov beregov Zemnogo shara (primeritel'no k kartam Fiziko-geograficheskogo atlasa mira)]. *Trudy Okeanograficheskoy komissii AN SSSR*. 1961. Vol. 12. P. 94–108.
4. Ionin A. S., Medvedev B. C., Pavlidis Yu. A. *Shel'f: rel'ef, osadki i ikh formirovanie* [Shelf sea: relief, precipitation and formation]. Moscow, Mysl' Publ., 1987. 204 p.
5. Ipatov B. S., Kirikova L. A. *Fitotsenologiya* [Phytocenology]. St. Petersburg, SPbGU Publ., 1997. 316 p.
6. Sergienko L. A. *Flora i rastitel'nost' poberezhnyy Rossiysskoy Arktiki i sopredel'nykh territoriy* [Flora and vegetation of the Arctic coasts of Russia and adjacent territories]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2008. 225 p.
7. Sidorova V. A., Svyatova E. N., Tseyts M. A. Spatial variation of soil properties and their impact on vegetation (Kandalaksha Bay) [Prostranstvennoe var'irovanie svoystv marshevyykh pochv i ikh vliyanie na rastitel'nost' (Kandalakshskiy zaliv)]. *Pochvovedenie*. 2015. № 3. P. 259–267.
8. Tolmachev A. I., Yurtsev B. A. History of the Arctic flora in its connection with the history of the Arctic Ocean [Istoriya arkticheskoy flory v ee svyazi s istoriey Severnogo Ledovitogo okeana]. *Severnyy Ledovityy okean i ego poberezh'e v kaynozoe*. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1970. P. 87–101.
9. *Tsenopulyatsii rasteniy: Uchebnoe posobie* [Cenopopulations of plants: handbook]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 184 p.
10. Tsyganov D. N. *Fitoindikatsiya rezhimov v podzone khvoynno-shirokolistvennykh lesov* [Phytoindication regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 196 p.
11. Chernov Yu. I. Biological background of development of the Arctic environment by organisms of different taxa [Biologicheskie predposylki osvoeniya arkticheskoy sredy organizmami razlichnykh taksonov]. *Faunogenez i filotsenogenez*. Moscow, Nauka Publ., 1984. P. 154–174.
12. Chernov Yu. I. *Ekologiya i biogeografiya* [Ecology and Biogeography]. Moscow, KMK Publ., 2008. 582 p.
13. Yurtsev B. A., Tolmachev A. I., Rebristaya O. V. Floral limitation and division of the Arctic [Floristicheskoe ogranichenie i razdelenie Arktiki]. *Arkticheskaya floristicheskaya oblast'*. Leningrad, Nauka Publ., 1978. P. 9–104.
14. Fogel B. N., Crain C. M., Bertness M. D. Community level engineering effects of *Triglochin maritima* (seaside arrowgrass) in a salt marsh in northern New England, USA // *Journal of Ecology*. 2004. Vol. 92. P. 589–597.
15. Gedan K. B., Altieri A. H., Bertness M. D. Uncertain future of New England salt marshes // *Marine Ecology Progress Series*. 2011. Vol. 434. P. 229–237.
16. Karlsons A., Osvalde A., Ievinsh G. Growth and mineral nutrition of two *Triglochin* species from saline wetlands: adaptation strategies to conditions of heterogeneous mineral supply // *Environmental and Experimental Biology*. 2011. Vol. 9. P. 83–90.
17. Checklist of the Panarctic Flora (PAF) Vascular Plants. 2003 / Editor-in-chief Reidar Elven. Available at: <http://nhm2.uio.no/paf>.
18. Tseyts M. A., Dobrynin D. V. Classification of Marsh Soils in Russia // *Eurasian Soil Science*. 2005. Vol. 38. № 1. P. 44–48.
19. Woods P. J., Brown R. G. Carbonate sedimentation in an arid zone tidal flat, Nilemah embayment, Shark Bay, Western Australia // *Tidal deposits. A casebook of recent examples and fossil counterparts*. Berlin; Heidelberg; N. Y.: Springer, 1975. P. 274–286.

Поступила в редакцию 27.01.2017

ИРИНА МИХАЙЛОВНА ДЗЮБУК

кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
ikrup@petrsu.ru

НАТАЛЬЯ АНАТОЛЬЕВНА ОРЕХОВА

сотрудник лаборатории экологических проблем Севера эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
ona-mart@yandex.ru

ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА КЛЮКИНА

кандидат технических наук, доцент кафедры теории вероятностей и анализа данных факультета математики и информационных технологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
elena_k_79@mail.ru

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ НЕГЛИНКИ (КАРЕЛИЯ) С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА

Статья затрагивает проблему загрязнения вод малых рек. Представлены материалы по динамике качества вод реки Неглинка, протекающей через территорию города Петрозаводска (Республика Карелия). Приведены результаты анализа вод реки Неглинка по десяти гидрохимическим показателям в 2013 и 2014 годах с учетом сезона года и станции отбора проб. Доказано, что при транзите через городскую территорию качество вод реки ухудшается: из десяти исследуемых показателей пять превышали значения ПДК рыбохозяйственных. Статистическая обработка полученных результатов проведена с помощью компонентного анализа, который позволил выявить определенные взаимозависимости гидрохимических показателей, а также группы сходных объектов (объект – станция, год). Указывается на необходимость продолжения мониторинговых наблюдений за качеством вод реки Неглинка.

Ключевые слова: река Неглинка, гидрохимические показатели, компонентный анализ, главные компоненты, факторные нагрузки

Водные ресурсы имеют важное значение в обеспечении устойчивого социально-экономического развития страны. С началом интенсивной урбанизации северных территорий обострились проблемы загрязнения вод малых рек как наиболее уязвимого элемента речных систем [3]. Именно они определяют особенности физико-химического состава воды, состояние биоценозов, гидролого-гидрохимический и гидробиологический режимы, качество воды в средних, крупных реках и водоемах-приемниках [4]. В настоящее время наряду с загрязнением актуальной является проблема деградации малых рек в результате интенсивного развития городской территории. Для обустройства, возрождения и охраны малых рек урбанизированных территорий большое значение имеет организация постоянного мониторинга, оценка состояния и динамики качества вод с применением современных методов математической статистики.

Река Неглинка – малая река, протекающая по территории города Петрозаводска (Республика Карелия). Химический состав вод реки транс-

формируется при прохождении по городской территории, а это объективный показатель их загрязнения. Вследствие того что река является притоком Петрозаводской губы Онежского озера, она влияет на качество вод литоральной зоны губы, так как выносит большое количество биогенных элементов [2], [6], [8].

Целью исследования было определение качества вод реки Неглинка при транзите их через городскую территорию по гидрохимическим параметрам и оценка изменений с применением методов математической статистики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась река Неглинка, которая вытекает из ламбушки в 12 км к юго-западу от города Петрозаводска и впадает в Петрозаводскую губу Онежского озера. Длина реки 14 км, средний уклон 10,3, ширина 30–35 м, высота склонов до 8 м [3], [7]. Средний годовой сток равен 0,51 м³/с, наименьший и наибольший – 0,24 м³/с и 1,03 м³/с соответственно. Река служит приемником поверхностных и ливневых стоков.

Поверхностный сток приносит в реку большое количество нефтепродуктов, мусора и других веществ на всем ее протяжении.

Пробы для гидрохимического анализа отбирались в течение 2013 и 2014 годов в весенний, летний и осенний периоды на трех постоянных станциях: 1-я станция (фон) – верховье реки, 2-я станция – центр города Петрозаводска, 3-я станция – устье реки. Исследовались следующие гидрохимические показатели: pH, цветность, биологическое потребление кислорода за пять суток (БПК₅), кислород растворенный, перманганатная окисляемость (ПО), азот (аммоний-ион – NH₄⁺, нитрит-ион – NO₂⁻, нитрат-ион – NO₃⁻), фосфор (общий – Робщ., фосфаты – Рмин.). Анализ проб воды осуществлялся по стандартным методикам, принятым в гидрохимической практике [1]. Всего было проведено 180 анализов. Полученные результаты сравнивали с предельно допустимыми концентрациями для рыбохозяйственных водоемов (ПДКр/х). При статистической обработке полученных результатов исследования использовался компонентный анализ [5]. Графические построения и статистическая обработка данных проведены с помощью статистических пакетов Excel и StatGraphicsCenturionXV.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлено, что значения таких гидрохимических

показателей вод реки Неглинки, как pH, растворенный в воде кислород, количество NO₃⁻, Робщ. и Рмин., входили в диапазон ПДКр/х. Однако цветность, БПК₅, ПО, NH₄⁺ и NO₂⁻ превышали значения ПДКр/х в среднем в 2 раза. Превышение ПДКр/х по биогенным элементам указывает на негативное влияние речного стока на прибрежные воды Петрозаводской губы Онежского озера, откуда осуществляется водозабор на хозяйственно-питьевые нужды города Петрозаводска (табл. 1).

Было установлено, что при транзите вод реки Неглинки через городскую территорию от истока к устью pH среды сдвигалось в щелочную сторону, увеличивалось количество NO₃⁻, NO₂⁻ и растворенного в воде кислорода, при этом уменьшались значения цветности и ПО. В центральной части реки воды характеризуются максимальными значениями БПК₅, NH₄⁺, Робщ. и Рмин. Это связано с разбавлением природных вод реки Неглинки стоками с городской территории.

Высокие значения цветности в устье реки обусловлены ее болотным питанием, а также повышенным количеством лигнина, который поступил в воду с дождевым стоком в результате рубки ельника чернично-зеленомошного под площадки для двух жилых комплексов. Далее по течению реки было отмечено уменьшение значений этого показателя, что связано с разбавле-

Таблица 1
Значения гидрохимических показателей вод реки Неглинки за 2013–2014 годы

Год	Сезон	Станция отбора проб	Показатели									
			pH	Цветность, град.	Растворенный O ₂ , мгO ₂ /л	БПК ₅ , мгO ₂ /л	ПО, мгO/л	NH ₄ ⁺ , мгN/л	NO ₂ ⁻ , мгN/л	NO ₃ ⁻ , мгN/л	Рмин., мгP/л	Робщ., мгP/л
2013	Весна	1	6,60	356	6,04	1,53	40,55	0,36	0,002	0,07	0,011	0,012
		2	6,75	312	6,65	1,15	31,85	0,41	0,006	0,20	0,041	0,082
		3	6,75	276	6,27	1,23	29,55	0,34	0,006	0,42	0,010	0,034
	Лето	1	6,90	468	7,64	5,50	31,60	0,38	0,079	0,05	0,008	0,010
		2	7,31	138	8,29	4,93	15,50	0,56	0,191	0,72	0,008	0,036
		3	7,40	120	7,64	4,00	6,80	0,32	0,097	1,12	0,006	0,034
	Осень	1	7,00	690	9,66	3,02	43,80	0,22	0,007	0,12	0,067	0,088
		2	7,50	216	9,04	4,48	17,10	0,13	0,172	1,11	0,051	0,116
		3	7,60	214	10,44	3,24	16,30	0,11	0,083	1,72	0,043	0,098
2014	Весна	1	6,25	286	10,40	3,43	25,04	2,10	0,016	0,26	0,010	0,019
		2	6,70	250	10,47	5,98	16,68	2,03	0,204	0,59	0,076	0,142
		3	6,95	230	10,68	6,62	13,60	2,00	0,243	0,67	0,085	0,164
	Лето	1	7,20	147	7,13	1,23	31,60	0,85	0,027	0,22	0,037	0,038
		2	7,50	59	5,25	5,19	14,56	1,86	0,092	0,05	0,038	0,134
		3	7,60	21	6,47	1,62	9,16	0,23	0,050	1,10	0,076	0,078
	Осень	1	6,40	310	8,50	0,69	41,28	1,55	0,039	0,07	0,069	0,112
		2	7,15	132	7,01	1,39	17,12	1,56	0,056	1,19	0,070	0,136
		3	7,50	55	9,98	0,58	15,08	0,34	0,069	2,86	0,060	0,133

нием природных вод реки городскими сточными водами. Превышение значений ПДКр/х по БПК₅ обусловлено интенсивным биохимическим окислением органических веществ из сточных вод. На большое количество органических веществ в водах реки также указывают превышения по значениям ПО. Количество органических веществ (NH₄⁺, NO₂⁻) превышало ПДКр/х в связи с поступлением в природные воды реки азотсодержащих веществ, которые присутствуют в бытовых, строительных и промышленных стоках. Максимальные значения БПК₅, ПО и NH₄⁺ в центральной части реки, возможно, связаны с несанкционированным сбросом сточных вод с прилегающей территории.

Полученные в ходе гидрохимических исследований результаты были подвергнуты компонентному анализу для выявления основных направлений изменчивости и групп сходных объектов. В результате были получены четыре значимые главные компоненты (ГК), описывающие 85,1 % изменчивости признаков (табл. 2).

Таблица 2
Дисперсии главных компонент

Номер ГК	Значение дисперсии	Относительный вес, %
1	3,14403	31,4
2	2,22826	22,3
3	1,99521	20
4	1,137	11,4

Факторные нагрузки показали, что взаимные корреляции всех признаков невелики. Первая компонента создается в основном за счет переменной, касающейся увеличения значений цветности и количества Рмин. Вторая компонента создается за счет переменной, касающейся увеличения количества растворенного кислорода и Робщ. при уменьшении количества NO₃⁻. Третья компонента касается переменной, показываю-

щей увеличение количества NH₄⁺ при уменьшении NO₂⁻, а четвертая – увеличение количества NO₃⁻ при уменьшении значений БПК₅ и ПО (табл. 3).

Ординация объектов по ГК-1 и ГК-2 демонстрирует разделение исследуемых объектов (станций отбора проб с учетом сезона и года) на группы. В первую группу (по ГК-1: наибольшие значения цветности, Рмин.; по ГК-2: наибольшие значения растворенного кислорода, Робщ., при наименьшем – NO₃⁻) входят следующие объекты: 2 – станция летом, осенью 2013 и 2014 годов, 3 – станция осенью 2013 и 2014 годов, летом 2014 года. Во вторую (по ГК-1: наименьшие значения цветности, Рмин.; по ГК-2: наименьшие значения растворенного кислорода, Робщ. и наибольшие – NO₃⁻): 1 – станция весной, осенью 2013 и 2014 годов, летом 2013 года (рис. 1).

Ординация объектов по ГК-1 и ГК-3 демонстрирует разделение объектов на следующие группы: в первую из них (по ГК-1: наибольшие значения цветности, Рмин.; по ГК-3: наибольшие значения NH₄⁺, наименьшие – NO₂⁻) входят: 2 – станция летом 2013 и 2014 годов, осенью 2013 года и весной 2014 года, 3 – станция осенью 2013 года и весной 2014 года; во вторую (по ГК-1: наименьшие значения цветности, Рмин.; по ГК-3: наименьшие значения NH₄⁺, наибольшие – NO₂⁻) входят следующие объекты: 1 – станция летом 2014 года, осенью 2013 года, 2 – станция весной 2013 года (рис. 2).

Выявленные зависимости согласуются с абсолютными значениями гидрохимических показателей. Полученные результаты подтверждаются сравнением средних арифметических величин для каждого исследуемого показателя в зависимости от станции и времени года. Таким образом, основные признаки, которые отражаются в ГК (за 2013–2014 годы), это цветность, количество растворенного в воде кислорода, аммоний-, нитрит- и нитрат-ионов, Робщ. и Рмин.

Таблица 3
Факторные нагрузки по главным компонентам

Показатели	ГК-1	ГК-2	ГК-3	ГК-4
pH	0,389149	-0,141729	-0,352178	-0,0833409
Цветность	0,475941	-0,101828	-0,251013	0,0684229
Растворенный O ₂	0,251115	0,538827	0,0906116	0,0246906
БПК ₅	-0,24343	-0,370849	0,068555	-0,56829
ПО	0,317452	-0,216138	0,0509026	-0,601868
NH ₄ ⁺	0,25646	-0,210684	0,56606	0,0396184
NO ₂ ⁻	0,00282067	-0,199844	-0,574977	0,0333329
NO ₃ ⁻	0,200925	-0,473831	-0,0342463	0,469597
Рмин.	0,442451	-0,080428	0,340795	0,0619197
Робщ.	0,31151	0,423857	-0,170661	-0,274825

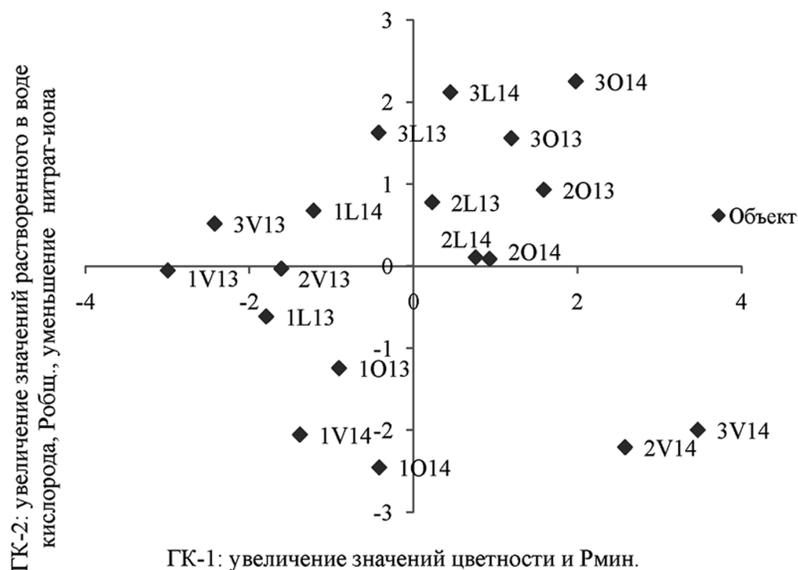


Рис. 1. Ординация объектов по ГК-1 и ГК-2

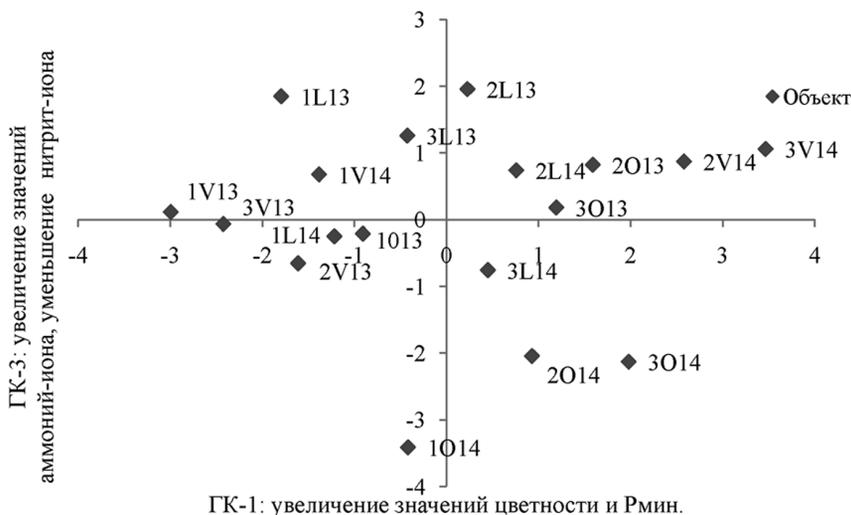


Рис. 2. Ординация объектов по ГК-1 и ГК-3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время остается актуальной проблема загрязнения малых рек в пределах городских территорий, которые продолжают испытывать интенсивное антропогенное влияние. В этих условиях исключительную необходимость и важность приобретают мониторинговые исследования, результаты которых могут быть основой для разработки мер по сохранению качества вод городских рек.

Это полностью подтверждают результаты нашего исследования реки Неглинка (Карелия). Так, в ходе исследований было выявлено, что из десяти исследуемых гидрохимических показателей пять превышали значения ПДКр/х. При транзите вод реки Неглинка через городскую территорию от истока к устью рН среды сдвигалось в щелочную сторону, увеличивалось

количество нитрат- и нитрит-ионов, растворенного в воде кислорода, при этом уменьшались значения цветности и ПО. В центральной части реки воды характеризовались максимальными значениями БПК₅, аммоний-иона, Робщ. и Рмин. Это связано с разбавлением природных вод реки Неглинка стоками с городской территории.

Выявлено, что в истоке реки в 2013 году цветность была больше в 3 раза, а ПО, аммоний- и нитрит-ионы были меньше в 10, 6 и 8 раз соответственно, чем в 2014 году. В устье реки в 2013 году показатели растворенного кислорода и БПК₅ были меньше в 2 и 5 раз соответственно, чем в 2014 году. В сезонном аспекте выявлены закономерные различия в динамике показателей растворенного в воде кислорода, БПК₅, Рмин., аммоний- и нитрит-ионов.

Проведение компонентного анализа позволило выявить следующие зависимости: увеличение количества $R_{\text{мин}}$, цветности сопровождается увеличением растворенного в воде кислорода, Робщ. и уменьшением количества нитрат-ионов, а также увеличением количест-

ва аммоний-ионов и уменьшением количества нитрит-ионов; увеличение количества растворенного в воде кислорода, Робщ. и уменьшение количества нитрат-ионов сопровождается увеличением количества аммоний-ионов и нитрит-ионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А л е к и н О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1970. 444 с.
2. Биомониторинг и разработка мер экологической защиты рек Неглинка, Лососинка, Томица и устьевой части Шуи: Отчет о научно-исследовательской работе. Петрозаводск, 1994. 86 с.
3. Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карело-финляндского сотрудничества / Ред. Н. Филатов, А. Литвиненко, А. Сярконая, Р. Порттикови, Т. Регеранд. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. 263 с.
4. Г о л у б ч и к о в С. Малые реки как индикатор природопользования // Энергия: экономика, техника, экология. 2005. № 1. С. 56–60.
5. К о р о с о в А. В., Г о р б а ч В. В. Компьютерная обработка биологических данных: Метод. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. 84 с.
6. Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия / Под ред. П. А. Лозовика, В. А. Фрейндлинга. Петрозаводск: Карелия, 1991. 211 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 3. Гидрографические описания рек и озер / Под ред. В. Е. Водогрещкого. Л.: Гидрометеиздат, 1997. 959 с.
8. Экосистема Онежского озера / Под ред. Т. В. Ефремова, Н. В. Альшуллера, Т. Е. Гершензона и др. Л.: Наука, 1990. 264 с.

Dzyubuk I. M., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Orekhova N. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Klyukina E. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

COMPONENT ANALYSIS ASSESSMENT OF NEGLINKA RIVER WATER QUALITY DYNAMICS

The article is concerned with the problem of small rivers' pollution. Materials reflecting dynamics of Neglinka water quality are presented. The river flows through the territory of the city of Petrozavodsk (Republic of Karelia). Comprehensive results of the water analysis conducted in 2013 and 2014 are provided. The study of the water quality was based on ten hydrochemical indicators. The obtained results take into consideration both the seasons and locations of the places where the samples were taken from. It was proven that during the transit through the city territory the water quality of the river worsened: five from ten studied indicators exceeded the Mac values. A statistical assessment, based on the principles of component analysis, helped to reveal certain dependences between different hydrochemical indicators. It was concluded that the process of monitoring waters of the river Neglinka should be continued.

Key words: Neglinka River, hydro-chemical indicators, component analysis, principal components, factor loadings

REFERENCES

1. A l e k i n O. A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo Publ., 1970. 444 p.
2. *Biomonitoring i razrabotka mer ekologicheskoy zashchity rek Neglinka, Lososinka, Tomitsa i ust'evoy chasti Shui. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote* [Biomonitoring and development of measures of ecological protection of rivers Neglinka, Lososinka, Tomica and the mouth of the Shui]. Petrozavodsk, 1994. 86 p.
3. *Vodnye resursy Respubliki Kareliya i puti ikh ispol'zovaniya dlya pit'evogo vodosnabzheniya. Opyt karelo-finlyandskogo sotrudnichestva* [Water resources of the Republic of Karelia and ways of their use for drinking water. Experience of Karelian-Finnish cooperation]. Ed. N. Filatov, A. Litvinenko, A. Syarknoya, R. Porttikivi, T. Regerand. Petrozavodsk, Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ., 2006. 263 p.
4. G o l u b c h i k o v S. Small rivers as an indicator of the use of nature [Malye reki kak indikator prirodopol'zovaniya]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*. 2005. № 1. P. 56–60.
5. К о р о с о в А. В., Г о р б а ч В. В. *Kompyuternaya obrabotka biologicheskikh dannykh: Metod. posobie* [Computer processing of biological data: Methodical manual]. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU, 2010. 84 p.
6. *Poverkhnostnye vody ozerno-rechnoy sistemy Shui v usloviyakh antropogennoy vozdeystviya* [The water surface of the lake-river system of Feng Shui in conditions of anthropogenic impact]. Ed. by P. A. Lozovik, V. A. Freyndling. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1991. 211 p.
7. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 2. Kareliya i Severo-Zapad. Chast' 3. Gidrograficheskie opisaniya rek i ozer* [Surface water resources of the USSR. Karelia and the Northwest. Part 3. Geographical description of the lakes and rivers]. Ed. by V. E. Vodogretskogo. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1997. 959 p.
8. *Ekosistema Onezhskogo ozera* [The ecosystem of Onega Lake] / Ed. by T. V. Efremov, N. V. Al'tshuller, T. E. Gershenzon et al. Leningrad, Nauka Publ., 1990. 264 p.

Поступила в редакцию 28.09.2016

ВЕРА ЛЕОНИДОВНА ЗАЙЦЕВА

младший научный сотрудник Вологодского отделения, Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства имени Л. С. Берга (Вологда, Российская Федерация)
zayceva_v@inbox.ru

ДМИТРИЙ АНДРЕЕВИЧ ФИЛИППОВ

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории высшей водной растительности, Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина РАН (Борок, Российская Федерация)
philippov_d@mail.ru

ЕКАТЕРИНА ВАЛЕНТИНОВНА ЛОБУНИЧЕВА

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Вологодского отделения, Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства имени Л. С. Берга (Вологда, Российская Федерация)
lobunicheva_ekat@mail.ru

СОСТАВ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА РУЧЬЯ ВЕРХОВОГО БОЛОТА*

Представлены результаты трехлетних (2012–2014) исследований зоопланктона болотного ручья верхового болота Шиченгское (Вологодская область). Всего обнаружено 52 вида гидробионтов (22 вида коловраток, 18 – ветвистоусых и 12 – веслоногих ракообразных). Выявлено, что в сообществе преобладали зарослевые и ацидофильные виды, а максимальное число таксонов отмечалось в конце лета и начале осени. Наибольшие величины численности и биомассы ежегодно фиксировались в июле – августе за счет массового развития ветвистоусых ракообразных. При этом установлено, что на протяжении большей части вегетационного сезона в составе сообщества доминировали циклопы. В состав доминантов входили преимущественно эврибионтные виды. Средние значения численности и биомассы зоопланктона ручья значительно превышали аналогичные показатели в малых водотоках неболотного происхождения.

Ключевые слова: зоопланктон, болотный ручей, болото Шиченгское, Вологодская область

ВВЕДЕНИЕ

Болота имеют сложную структуру поверхностной гидрографической сети. В таежной зоне она наиболее разнообразна на верховых болотах (первичные озера, мочажины, озерки, топи, реки и ручьи). Каждый тип болотных водоемов имеет свои специфические особенности, часто очень близкие в пределах одного болотного массива, поэтому формируемые в них гидроценозы также должны иметь некоторые черты сходства.

В Вологодской области гидробиологические исследования болот единичны [18]. Изучением микрофауны болотных водоемов и водотоков в регионе фактически начали заниматься лишь в последние десять лет [2], [3], [6], [7], [21]. Немногочисленные гидробиологические исследования болот и в других регионах, например Карелии [13], [14], [15], [16].

Настоящая работа посвящена исследованию разнообразия, количественных показателей и сезонной динамики зоопланктона болотных ручьев верховых болот. Подобные исследования ранее на территории Вологодской области не проводились.

ТЕРРИТОРИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в центральной части Вологодской области. В качестве модельной территории было выбрано Шиченгское болото, расположенное в южной части подзоны средней тайги, в границах Сямженского муниципального района. Оно представляет собой крупную (15,9 тыс. га) болотную систему, сформировавшуюся в озерно-ледниковой котловине и имеющую лимногенное происхождение. В центральной части расположено внутриволотное дистрофное озеро Шиченгское (1,06 тыс. га). В настоящее время болото находится на олиготрофной стадии развития [19]. Значительная часть Шиченгского болота с 1987 года входит в состав регионального комплексного заказника «Шиченгский» [9].

Ручьи верховых болот формируются либо из проточных топей, либо имеют окрайковое/лагговое положение. Изучаемый нами ручей (59°56'25" с. ш., 41°16'06" в. д.) протекает по евтрофной и мезоевтрофной облесенной окрайке Шиченгского болота. Он имеет слегка извилистое русло, слабо выраженное течение (обычно скорость не превышает 0,01–0,05 м/с, в середине лета течения, как правило, нет), небольшую глубину (0,1–

0,8 м, в среднем 0,4–0,6) и ширину русла (от 0,5 до 1,2 м). Дно торфянистое. Зарастает рясками и гигрофитами (*Calla palustris* L., *Comarum palustre* L., *Cardamine pratensis* L., *Sparganium natans* L. и некоторые другие). Долина ручья выражена слабо, обычно облесена или закустарена [19].

На Шиченгском болоте приручевые болотные участки сложены древесными, древесно-гипновыми и древесно-травяными низинными торфами. В верхних горизонтах залежи торф хорошо минерализован, слабокислый (рН = 6,6), богат поглощенными основаниями (степень насыщенности – 98 %). Массовая доля подвижного нитратного азота (0,4 мг/100 г абсолютно сухой почвы), подвижного калия (53 мг/100 г) и подвижного фосфора (15 мг/100 г) мала. Высокая доля подвижных форм Mn (202,65 мг/кг), по-видимому, объясняется влиянием подстилающих пород [11].

Характеристика основных физико-химических параметров вод болотного ручья приводится по работе Д. А. Филиппова [17] с дополнениями (табл. 1). По сравнению с другими типами водных объектов данного болотного массива воды ручья характеризуются более низкими температурами, повышенной цветностью, нейтральными показателями кислотности, относительно высокой минерализацией.

Отбор проб зоопланктона проводили ежемесячно с мая по сентябрь 2012 года, а также в мае, июле и сентябре 2013 и 2014 годов. Сбор осуществлялся путем процеживания фиксированного объема воды (от 5 до 50 л) через количественную планктонную сеть Джеди (размер ячеи 74 мкм).

Пробы фиксировали 4 %-ным формалином. Всего было собрано и обработано 36 проб.

Камеральная обработка гидробиологических проб проводилась в соответствии с рядом методик¹. В рамках анализа выделяли виды с высокой встречаемостью (вид обнаружен в более 60 % от общего числа проб), доминирующей комплекс видов (виды с относительной численностью более 5 %), счетно-весовым методом оценивали численность и биомассу видов и групп в среднем за месяц и период наблюдений, рассчитывали стандартное отклонение, стандартную ошибку и коэффициент вариации показателей. Достоверность различий средних значений анализируемых характеристик оценивали преимущественно по критерию Стьюдента ($\alpha = 0,05$), для некоторых характеристик в связи с небольшим объемом выборки использовали критерий Розенбаума ($\alpha = 0,05$) [4].

Для сравнительного анализа при обсуждении полученных результатов использованы материалы о структуре и динамике зоопланктона ряда водотоков Вологодской области: р. Куношь [6], р. Вожега [1], реки-притоки Верхней Сухоны (неопубл. материалы К. Н. Ивичевой и В. Л. Зайцевой).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования позволили обнаружить в ручье верхового болота 52 вида и таксона надвидового ранга планктонных животных (табл. 2). В составе зоопланктона велика роль коловраток (22 вида, 18 родов, 12 семейств) и ветвистоусых ракообразных (18, 9, 2). Таксономическое разнообразие цикло-

Физико-химическая характеристика вод болотного ручья

Таблица 1

Параметры	Год	Месяц				
		V	VI	VII	VIII	IX
Температура, °С	2012	9	17	16	12	9
	2013	11	–	17	–	12
	2014	15	–	17	–	10
Цветность	2012	258,2	350,0	432,2	210,0	368,5
	2013	235,5	–	248,7	–	136,5
	2014	314,0	–	308,5	–	276,0
Минерализация, мг/л	2012	49,4	103,0	162,1	237,2	144,4
	2013	106,9	–	244,2	–	302,7
	2014	126,4	–	250,3	–	204,4
рН	2012	6,4	6,1	6,9	6,5	5,9
	2013	6,2	–	6,3	–	6,7
	2014	5,6	–	6,5	–	6,8
Перманганатная окисляемость, мгО/л	2012	43,2	5,6	82,4	50,4	71,2
	2013	32,0	–	49,6	–	50,4
	2014	60,0	–	77,6	–	38,0
Карбонаты, мг/л	2012	21,0	45,0	30,0	162,0	9,0
	2013	21,0	–	138,0	–	237,0
	2014	30,0	–	144,0	–	84,0

Окончание табл. 2

Таксон	2012					2013			2014		
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VII	IX	V	VII	IX
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Müller, 1785	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Daphnia</i> sp.	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	⊕	⊕	+	–	+	+	–	+	+
COPEPODA											
Cyclopidae											
<i>Cyclops furcifer</i> Claus, 1857	–	–	–	⊕	+	–	–	–	–	–	–
<i>C. strenuus</i> Fischer, 1851	–	–	⊕	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cyclops</i> sp.	⊕	–	+	+	⊕	+	⊕	⊕	⊕	+	⊕
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	–	–	–	–	–	+	–	⊕	–	–	–
<i>Ectocyclops phaleratus</i> (Koch, 1838)	–	–	+	–	–	–	⊕	–	–	–	–
<i>Eucyclops macruroides</i> (Lilljeborg, 1901)	+	+	–	+	⊕	–	–	–	⊕	⊕	⊕
<i>E. serrulatus</i> (Fischer, 1851)	–	–	–	–	–	–	⊕	–	–	–	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	⊕	+	⊕	+	+	+	⊕	⊕	+	⊕
<i>Microcyclops varicans</i> (Sars, 1863)	–	–	–	–	⊕	–	–	⊕	–	–	–
<i>Paracyclops affinis</i> (Sars, 1863)	⊕	⊕	⊕	+	⊕	⊕	+	+	+	⊕	⊕
Diaptomidae											
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Eudiaptomus</i> sp.	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
Всего таксонов	18	19	19	18	16	11	13	15	12	19	21
			39				26			28	

Примечание. «–» – вид не обнаружен, «+» – вид обнаружен, «⊕» – доминирующий вид.

пов несколько меньше (12, 8, 2), что характерно для планктона водных объектов Вологодской области [10].

Видовое богатство зоопланктона ручья соизмеримо с другими водными объектами исследуемого болота. Так, по результатам гидробиологической съемки 2012 года во внутриболотном озере Шиченгском зафиксировано 45 видов, проточной топи – 42, болотном ручье – 39, мочажинах – 33 [20]. При этом среднее число видов в единичной пробе составило 10 ± 1 и было достоверно ниже, чем в других изученных водных объектах болота Шиченгское, а также наиболее сильно варьировало ($CV = 28\%$).

В течение вегетационного сезона число обнаруженных видов колебалось от 11 до 21 (в среднем 17). Наибольшее их количество было отмечено в конце лета и осенью. При этом межгодовые различия не столь значительны (2012 год – 39 видов, 2013 и 2014 годы – 26 и 28 видов соответственно) и во многом находятся в зависимости от частоты отбора проб. Это подтверждается и количеством видов зоопланктона в единичной пробе, которое менялось от 8 ± 1 (2013 год) до 11 ± 1 (2012 и 2014 годы) и достоверно отличалось в 2012 году.

Средние значения индекса видового разнообразия Шеннона, рассчитанные по численности, составляли $2,9 \pm 0,08$, по биомассе – $2,1 \pm 0,11$. При этом достоверных различий величин данного показателя в течение трех лет наблюдений не выявлено.

Среди зоопланктона болотного ручья отмечены свойственные для водотоков и водоемов данных широт зарослевые (например, *Dissotrocha aculeata*, *Mytilina mucronata*, *Alona guttata*) и ацидофильные (*Keratella serrulata*, *Lecane scutata*, *Chydorus ovalis*) виды. Кроме того, были встречены и нетипичные для болотных местообитаний планктонные организмы (*Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*, *Daphnia longispina*), а также представители мейобентоса (*Eucyclops* sp., *Ectocyclops phaleratus*, *Paracyclops affinis*).

Высокой встречаемостью среди зоопланктона характеризовались в основном эврибионтные виды ракообразных (*Chydorus sphaericus*, *Simocephalus vetulus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Paracyclops affinis*). Данные виды широко распространены в регионе и часто доминируют в зоопланктоне различных водоемов неболотного происхождения. Часть видов (*Colurella* sp., *Polyarthra longiremis*, *Acroperus harpae*, *Alona quadrangularis*, *Alonella exigua*, *Daphnia longispina*, *Cyclops strenuus*) были отмечены лишь в один из летних месяцев и характеризовались встречаемостью не более 3%.

Наибольшая численность и биомасса планктонных организмов в ручье зафиксированы в июле – августе (рис. 1). Осенью наблюдалось закономерное снижение обилия зоопланктона, при этом значения численности и биомассы были достоверно выше, чем в мае – июне, что подтверждается значениями критерия Стьюдента. Подобные закономерности отмечались нами ранее и для других типов болотных водоемов вер-

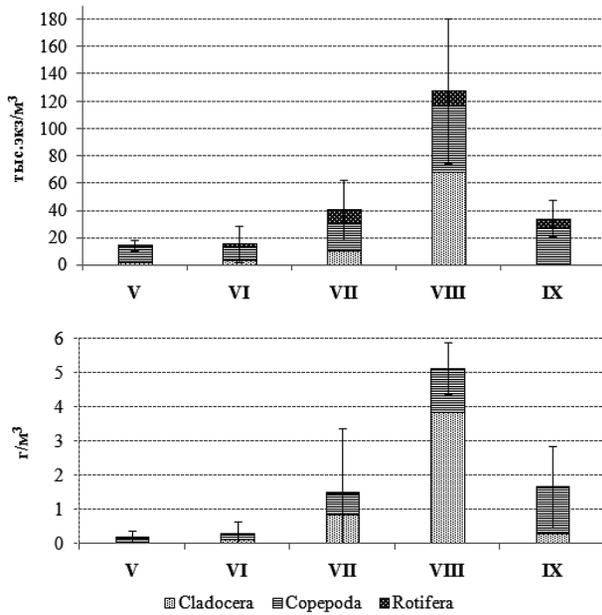


Рис. 1. Сезонная динамика средних численности и биомассы разных групп зоопланктона болотного ручья в мае – сентябре 2012 года. Планки погрешностей обозначают величину стандартного отклонения

ховых болот [2], [7], [21]. Это можно объяснить сравнительно поздним переходом планктонных организмов в стадию покоя, что, скорее всего, обусловлено как гидрофизическими особенностями верховых болот (сравнительно высокой теплоемкостью торфов, значительным запасом воды, гигроскопичностью субстратов и др.) [12], так и микроклиматическими колебаниями.

Основу численности и биомассы сообществ зоопланктона в течение всего вегетационного сезона составляли веслоногие ракообразные (*Eucyclops macruroides*, *Mesocyclops leuckarti*, *Paracyclops affinis*). Количественные показатели развития ветвистоусых ракообразных увеличивались постепенно, достигая максимума в августе ($68 \pm 18,4$ тыс. экз./м³; $3,85 \pm 0,546$ г/м³). Доминировал в этот период сравнительно крупный *Sitocephalus vetulus*. В осенний период клadoцеры, являющиеся преимущественно более теплолюбивыми организмами, резко снижали свою численность (до весеннего уровня). Доля коловраток в общих численности и биомассе во все периоды наблюдений не превышала 10 % и 1 % соответственно. Максимальных численности и биомассы эта группа зоопланктеров достигала в июле – августе, когда были многочисленны *Mytilina mucronata*, *Platyias quadricornis*, *Cephalodella* sp. В результате численность коловраток составляла $11 \pm 6,4$ тыс. экз./м³ при биомассе $0,05 \pm 0,006$ г/м³.

В течение трех лет наблюдений закономерности динамики развития основных групп зоопланктона сохранялись (рис. 2). Минимальные значения численности и биомассы отмечены в 2012 году ($17 \pm 11,9$ тыс. экз./м³; $1,76 \pm 0,500$ г/м³), в 2013 году они возросли до $76 \pm 16,9$ тыс. экз./м³

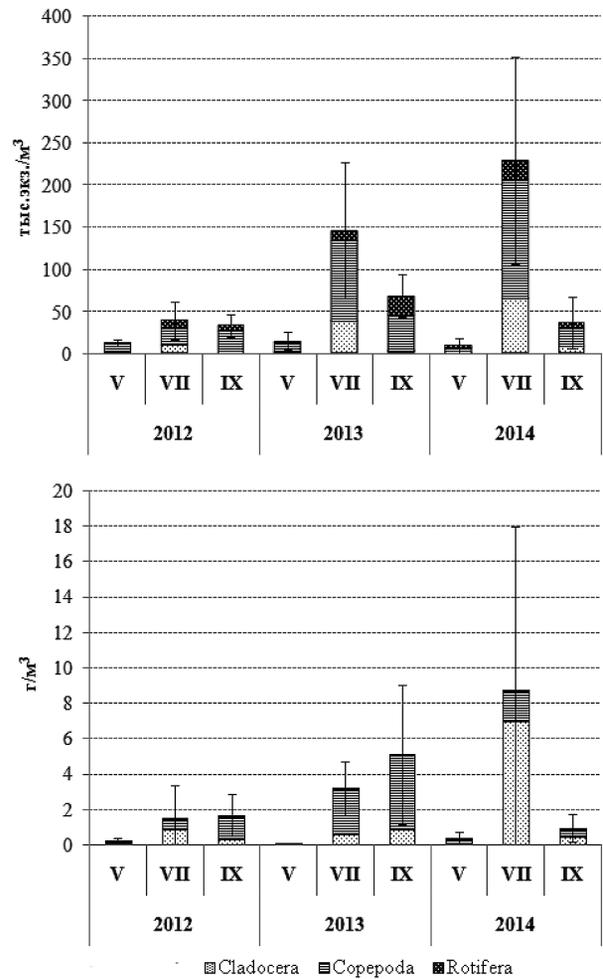


Рис. 2. Сезонная динамика средних численности и биомассы разных групп зоопланктона болотного ручья в мае (V), июле (VII), сентябре (IX) 2012–2014 годов. Планки погрешностей обозначают величину стандартного отклонения

и $2,94 \pm 0,796$ г/м³ соответственно. Максимальные численность и биомасса зоопланктеров зафиксированы в 2014 году ($88 \pm 29,2$ тыс. экз./м³; $3,18 \pm 1,476$ г/м³).

Средние значения коэффициента вариации численности зоопланктона составили 57 % (52–58 %), биомассы – 76 % (71–79 %). При этом достоверных различий данного показателя в разные периоды наблюдений выявлено не было. В целом это связано с естественными микроклиматическими и гидрологическими флуктуациями, интенсивность которых зависит во многом от случайных факторов и погодных условий года. В течение вегетационного сезона уровень воды в ручье подвержен сильным изменениям и зависит от обилия атмосферных осадков и таяния снега (весной и осенью имеется ярко выраженное течение, летом же ручей фактически превращается в стоячий водоем). Изменения уровня воды и степени проточности сказываются и на гидрохимическом режиме (летом воды становятся

более минерализованными, имеют близкий к нейтральному уровень кислотности, повышается доля карбонатов, наибольших величин достигает перманганатная окисляемость (см. табл. 1)).

Полученные сведения о зоопланктоне ручья болота Шиченгское сравнимы с опубликованными данными о состоянии гидрофауны некоторых болотных водоемов Республики Карелия [13], [14], [15], [16]. В работе [14] приводятся сведения о зоопланктоне двух ручьев евтрофно-мезотрофных болот (Приручейное и Раутасуо). Видовое богатство планктонных животных данных ручьев в аналогичные периоды наблюдений в целом сходно (16 видов в Карелии, 17 – в болоте Шиченгское). Однако при этом таксономическая структура планктона сравниваемых водотоков значительно различается. В составе ветвистых ракообразных ручья на болоте Шиченгское не были обнаружены *Scapholeberis mucronata* и представители семейства Bosminiidae, составляющие при этом основу зоопланктона в карельских болотных водотоках. Основной доминирующей группой планктона ручья Шиченгского болота являлись копеподы. Доля коловраток в сравниваемых ручьях схожа и составляла не более 30 % от общей численности зоопланктона.

Сравнение структуры зоопланктона изученного болотного ручья и нескольких малых рек Вологодской области [1], [6] показало, что видовое богатство в ручье сходно с таковым в других водотоках региона, но при этом таксономическая структура планктона также значительно различается (табл. 3). Наибольшее видовое богатство характерно для коловраток и ветвистых ракообразных, что свойственно для большинства малых водотоков [5]. При этом в составе ветвистых ракообразных болотного ручья не было обнаружено представителей семейств Sididae, Bosminiidae, характерных для подавляющего большинства водных объектов Вологодской области. Большинство видов из семейства Daphniidae встречались в изученном водотоке единично.

В условиях смешанного питания, малого объема воды и отмирающих растительных остатков формируются специфические трофические условия, благоприятные для детритофагов и хищников. Широко распространенные в регионе фитオフィльные виды кладоцер в ручье не встречались в связи с малым количеством фитопланктона (содержание хлорофилла «а» в середине июля не превышает 0,1 мкг/л) [20], а также с отсутствием сформированных зарослей высших водных растений. При этом не встречаются в ручье и типичные пелагические виды.

Отличительной особенностью зоопланктона болотного ручья является высокая численность (см. табл. 3), сравнимая с таковой для зарастающих макрофитами участков рек с очень малыми скоростями течения [5], [6]. Несмотря на преобладание в составе сообщества организмов небольших модальных размеров, благодаря высокой плотности общая биомасса зоопланктона ручья превышает таковую в водотоках неболотного происхождения. Доминантами на протяжении большей части вегетационного сезона, как и в других водотоках, были циклопы. Малые глубина и скорость течения способствуют интенсивному прогреву воды в ручье, а высокая теплоемкость торфа – медленному ее остыванию. В этих условиях массово развиваются потенциальные кормовые объекты веслоногих ракообразных – коловратки, бактерии, мелкие кладоцеры.

Специфика термического режима и гидродинамических условий ручья определяет и особенности динамики зоопланктона. Сезонные изменения численности и биомассы зоопланктонов болотного ручья сходны с таковыми в водотоках, уровень воды в которых значительно сокращается в меженный период, например в притоках Верхней Сухоны. Планктонные животные и в болотном ручье, и в данных малых реках достигают наибольших численности и биомассы в конце лета. Сходные величины численности зоопланктона (48,1 тыс. экз./м³) отмечались в межень (июль

Таблица 3
Сравнительный анализ некоторых структурных показателей зоопланктона ряда водотоков Вологодской области

Показатели	Малые водотоки*			
	Болотный ручей	р. Вожега	р. Куность	Притоки Верхней Сухоны
Число видов	52	41	35	37
Индекс Шеннона (H _N)	2,9 ± 0,08	1,8 ± 0,04	1,6 ± 0,07	1,6 ± 0,12
Индекс Шеннона (H _B)	2,1 ± 0,11	1,6 ± 0,05	1,0 ± 0,10	1,5 ± 0,14
Средневегетационная численность, тыс. экз./м ³	66 ± 11,0	11 ± 3,2	25 ± 11,3	1 ± 0,3
Средневегетационная биомасса, г/м ³	2,48 ± 0,41	0,55 ± 0,183	0,55 ± 0,246	0,01 ± 0,003
Доминирующая группа	Copepoda	Copepoda, Cladocera	Copepoda	Copepoda, Cladocera
Период максимальных численности и биомассы	июль – август	июнь	июнь	август
Средняя индивидуальная масса, мг	0,031 ± 0,0052	0,047 ± 0,0022	0,024 ± 0,0037	0,009 ± 0,003

Примечание. Материалы по р. Куность и р. Вожега приводятся по: [1], [5]; после знака «±» указаны значения стандартной ошибки.

1970 года) в ручье болота Раутасуо (Карелия) [14]. В этот период в подобных водотоках практически отсутствует течение воды, ее уровень близок к минимальному, вода интенсивно прогревается, что в комплексе создает благоприятные условия для развития многих зоопланктеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первые исследования микрофауны верхового болота центральной части Вологодской области показали, что зоопланктон болотного ручья характеризуется относительно высокими видовым богатством, численностью и биомассой. В составе изученных сообществ были обнаружены как виды, адаптированные к обитанию в условиях болотных массивов, так и эврибионтные таксоны,

широко распространенные в регионе. Структурообразующим в сообществе является широкий спектр видов, преимущественно копепод. Зоопланктон ручья характеризуется одним максимумом численности и биомассы в конце лета, что свойственно и другим изученным болотным водоемам региона. В разные годы количественные показатели развития зоопланктона водотока варьировали, что обусловлено метеоусловиями конкретного года.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят К. Н. Ивичеву за предоставленные материалы по притокам Верхней Сухоны, В. А. Филиппова – за помощь в полевых исследованиях.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-04-32258 мол_a).

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Гл. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской. М.: Наука, 1975. 240 с.; Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1982. 33 с.; Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов М. Я., Лобуничева Е. В., Растопчинова Е. С. Особенности гидробионтов реки Вожеги (Вологодская область) // Вестник Вологодского государственного педагогического университета. 2011. № 1. С. 87–91.
2. Зайцева В. Л., Филиппов Д. А., Лобуничева Е. В. Зоопланктон мочажин верховых болот центральной части Вологодской области // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3. Биология. 2016. Вып. 2. С. 4–17.
3. Зайцева В. Л., Филиппов Д. А., Лобуничева Е. В., Михайлова А. А. Влияние *Utricularia intermedia* на структуру сообществ водных беспозвоночных болотных водоемов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5. С. 276–281.
4. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия: Учеб. пособие для студентов биол. спец. 2-е изд. Петрозаводск, 2010. 104 с.
5. Крылов А. В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
6. Лобуничева Е. В. Зоопланктон реки Куность (Вологодская область) // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: Лекции и материалы докл. Всероссийской школы-конф. Борок, 2008. С. 191–193.
7. Лобуничева Е. В., Филиппов Д. А. Зоопланктон мочажин печорско-онежских олиготрофных болот (Вологодская область) // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2009. Вып. 3 (81). С. 82–86.
8. Лобуничева Е. В., Филиппов Д. А. Зоопланктон пойменных болот и рек северо-запада Вологодской области // Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. 2012. Т. 18. № 5. С. 9–13.
9. Особо охраняемые природные территории, растения и животные Вологодской области. Вологда, 1993. 256 с.
10. Разнообразие водных беспозвоночных Вологодской области / Сост. Н. В. Думнич, Е. В. Лобуничева, М. Я. Борисов, И. В. Филоненко. Вологда, 2008. 128 с.
11. Романис Т. В., Филиппов Д. А. Свойства торфяных отложений болотных водоемов верхового болота Шиченгское (Вологодская область) // V Международная молодежная научная конференция «Экология – 2015»: Материалы конф. (22–24 сентября 2015 г.). Архангельск, 2015. С. 53–54.
12. Романов В. В. Гидрофизика болот. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 365 с.
13. Филимонова З. И., Белоусова Н. А. О микрофауне малых болотных водоемов Карелии // Вопросы комплексного изучения болот. Петрозаводск, 1973. С. 69–84.
14. Филимонова З. И., Козлова Р. П. Биоценозы различных элементов гидрографической сети болот в Калевальском районе // Пути изучения и освоения болот Северо-Запада. Л.: Наука, 1974. С. 25–31.
15. Филимонова З. И., Юрковская Т. К. О биоценозах некоторых типов водоемов прибалтийских болот в бассейне реки Нюхчи // Болота Карелии и пути их освоения. Петрозаводск, 1971. С. 80–88.
16. Филимонова З. И., Юрковская Т. К. К вопросу изучения биоценозов ультрадистрофных водоемов болот южной Карелии // Ученые записки Карельского педагогического института. Петрозаводск, 1964. Т. 15. Вопросы гидробиологии водоемов Карелии. С. 97–103.
17. Филиппов Д. А. Гидрохимическая характеристика внутриболотных водоемов (на примере Шиченгского верхового болота, Вологодская область) // Вода: химия и экология. 2014. № 7 (73). С. 10–17.
18. Филиппов Д. А. Растительный покров, почвы и животный мир Вологодской области (ретроспективный библиографический указатель) / Под ред. А. А. Шабунова. Вологда: Сад-Огород, 2010. 217 с.
19. Филиппов Д. А. Флора Шиченгского водно-болотного угодья // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2015. Т. IX. № 4. С. 86–117.
20. Филиппов Д. А., Лобуничева Е. В., Гусев Е. С., Стройнов Я. В., Зайцева В. Л., Романис Т. В., Юрченко В. В. Разнотипные болотные водоемы и их структурные компоненты // XXII Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии» 6–10 апреля 2015 г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия: Материалы докл. Сыктывкар, 2015. С. 5–11.
21. Lobunicheva E. V., Philippov D. A. Zooplankton in Hollow-Pools (Using Raised Bogs in Vologda Oblast, Russia, As an Example) // Inland Water Biology. 2011. Vol. 4. № 2. P. 173–178.

Zaytseva V. L., Vologda Department, L. S. Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries (Vologda, Russian Federation)

Filippov D. A., I. D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences (Borok, Russian Federation)

Lobunicheva E. V., Vologda Department, L. S. Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries (Vologda, Russian Federation)

THE COMPOSITION STRUCTURE AND SEASONAL DYNAMICS OF ZOOPLANKTON FOUND IN THE UPPER BOG STREAM

The obtained research results of the three-year study (2012–2014) of the bog stream zooplankton found in Shichengskii mire (Vologda Region, Russia) are presented. In total, 52 species were discovered (22 – Rotatoria, 18 – Cladocera, 12 – Copepoda). Phytophilic and acidophilic species were prevalent: the maximum richness of species was observed at the end of the summer season and at the beginning of the fall. The maximum level in the number of species was recorded in July–August of every year due to a strong increase in the growth of Cladocera. At the same time, cyclops were dominant in the coenosis during the most part of the vegetation season. The dominant complex was formed mainly by eurybiontic species. The average values of zooplankton abundance and biomass in the bog stream in focus were significantly higher when compared to small rivers of non-mire origin.

Key words: zooplankton, bog stream, raised bog, Shichengskoe mire, Vologda Region

REFERENCES

1. Borisov M. Ya., Lobunicheva E. V., Rastopchinova E. S. Features of hidrobionts of Vozhega River (Vologda Region) [Osobennosti gidrobiontov reki Vozhegi (Vologodskaya oblast')]. *Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Vestnik of Vologda State Pedagogical University]. 2011. № 1. P. 87–91.
2. Zaytseva V. L., Filippov D. A., Lobunicheva E. V. Zooplankton of upper bogs hollows in the central part of the Vologda Region [Zooplankton mochazhin verkhovykh bolot tsentral'noy chasti Vologodskoy oblasti]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 3. Biologiya* [Vestnik of Saint Petersburg University. Ser. 3. Biology]. 2016. Issue 2. P. 4–17.
3. Zaytseva V. L., Filippov D. A., Lobunicheva E. V., Mikhaylova A. A. The influence of *Utricularia intermedia* on the aquatic invertebrate community structure in mire water tracks [Vliyanie *Utricularia intermedia* na strukturu soobshchestv vodnykh bespozvonochnykh bolotnykh vodoemov]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2014. Vol. 16. № 5. P. 276–281.
4. Ivantsev E. V., Korosov A. V. *Elementarnaya biometriya: Uchebnoe posobie* [Elementary biometrics: tutorial for students]. 2nd edition. Petrozavodsk, 2010. 104 p.
5. Krylov A. V. *Zooplankton ravninnykh malykh rek* [Zooplankton of small rivers' lowland]. Moscow, Nauka Publ., 2005. 263 p.
6. Lobunicheva E. V. Zooplankton of river Kunost' (Vologda Region) [Zooplankton reki Kunost' (Vologodskaya oblast')]. *Ekosistemy malykh rek: bioraznoobrazie, ekologiya, okhrana: Lektsii i materialy dokladov Vserossiyskoy shkoly-konferentsii*. Borok, 2008. P. 191–193.
7. Lobunicheva E. V., Filippov D. A. Zooplankton of the upper bogs hollows of Pechora-Onegensis province (Vologda Region) [Zooplankton mochazhin pechorsko-onezhskikh oligotrofnnykh bolot (Vologodskaya oblast')]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Tomsk State Pedagogical University Bulletin]. 2009. Vol. 3 (81). P. 82–86.
8. Lobunicheva E. V., Filippov D. A. Zooplankton of floodplain swamps and rivers of the North-West of Vologda Region [Zooplankton poymennykh bolot i rek severo-zapada Vologodskoy oblasti]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. A. Nekrasova* [Vestnik of Nekrasov Kostroma State University]. 2012. Vol. 18. № 5. P. 9–13.
9. *Osobo okhranyaemye prirodnye territorii, rasteniya i zhivotnye Vologodskoy oblasti* [Specially protected natural areas, plants and animals of Vologda Region]. Vologda, 1993. 256 p.
10. *Raznoobrazie vodnykh bespozvonochnykh Vologodskoy oblasti* [Diversity of aquatic invertebrates of Vologda Region]. Vologda, 2008. 128 p.
11. Romanis T. V., Filippov D. A. Properties of peat sediments in mire waterbodies of Shichengskoe upper bog (Vologda Region) [Svoystva torfyanykh otlozheniy bolotnykh vodoemov verkhovogo bolota Shichengskoe (Vologodskaya oblast')]. *V Mezhdunarodnaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya "Ekologiya – 2015": Materialy konferentsii*. Arkhangelsk, 2015. P. 53–54.
12. Romanov V. V. *Gidrofizika bolot* [Gydrophysics of mires]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1961. 365 p.
13. Filimonova Z. I., Belousova N. A. On the microfauna of small mire waterbodies in Karelia [O mikrofaune malykh bolotnykh vodoemov Karelii]. *Voprosy kompleksnogo uzucheniya bolot*. Petrozavodsk, 1973. P. 69–84.
14. Filimonova Z. I., Kozlova R. P. Biocoenoses of different elements of the hydrographic network of swamps in the Kaleva district [Biotsenozy razlichnykh elementov gidrograficheskoy seti bolot v Kaleval'skom rayone]. *Puti izucheniya i osvoeniya bolot Severo-Zapada*. Leningrad, Nauka Publ., 1974. P. 25–31.
15. Filimonova Z. I., Yurkovskaya T. K. On biocoenoses of certain types of waterbodies in dystrophic bogs of the River Nyukhcha basin [O biotsenozakh nekotorykh tipov vodoemov pribelomorskikh bolot v bassejne reki Nyukhchi]. *Bolota Karelii i puti ikh osvoeniya*. Petrozavodsk, 1971. P. 80–88.
16. Filimonova Z. I., Yurkovskaya T. K. On the study of biocoenosis of ultradistrophic waterbodies of mires of Southern Karelia [K voprosu izucheniya biotsenozov ul'tradistofnykh vodoemov bolot yuzhnoy Karelii]. *Uchenie zapiski Karel'skogo pedagogicheskogo instituta. T. 15. Problemy gidrobiologii vodoemov Karelii* [Transactions of Karelian Pedagogical Institute. Vol. 15. Problems of hydrobiology of waterbodies of Karelia]. Petrozavodsk, 1964. P. 97–103.
17. Filippov D. A. Hydrochemical characteristics of mire water tracks (by the example of Shichengskoe raised bog, Vologda Region) [Gidrokhimicheskaya kharakteristika vnutribolotnykh vodoemov (na primere Shichengskogo verkhovogo bolota, Vologodskaya oblast')]. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2014. № 7 (73). P. 10–17.
18. Filippov D. A. *Rastitel'nyy pokrov, pochvy i zhivotnyy mir Vologodskoy oblasti (retrospektivnyy bibliograficheskiy ukazatel')* [Plants, soils and animals of Vologda Region (retrospective bibliographical index)]. Vologda, Sad-Ogorod Publ., 2010. 217 p.
19. Filippov D. A. Flora of the wetland "Shichengskoe" (Vologda Region, Russia) [Flora Shichengskogo vodno-bolotnogo ugod'ya (Vologodskaya oblast')]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoy Evropy* [Phytodiversity of Eastern Europe]. 2015. Vol. IX. № 4. P. 86–117.
20. Filippov D. A., Lobunicheva E. V., Gusev E. S., Stroynov Ya. V., Zaytseva V. L., Romanis T. V., Yurchenko V. V. Polytypic mire waterbodies and their structural components [Raznotipnye bolotnye vodoemy i ikh strukturnye komponenty]. *XXII Vserossiyskaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya "Aktual'nye problemy biologii i ekologii"*. *Materialy dokladov*. Syktyvkar, 2015. P. 5–11.
21. Lobunicheva E. V., Filippov D. A. Zooplankton in Hollow-Pools (Using Raised Bogs in Vologda Oblast, Russia, As an Example) // *Inland Water Biology*. 2011. Vol. 4. № 2. P. 173–178.

Поступила в редакцию 24.08.2016

ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА ЛАВРУКОВА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, патологической анатомии, судебной медицины Медицинского института, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
olgalavrukova@yandex.ru

СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА ЛЯБЗИНА

кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
slyabzina@petsu.ru

АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ ПРИХОДЬКО

начальник ГБУЗ Республики Карелия «Бюро судебно-медицинской экспертизы» (Петрозаводск, Российская Федерация)
andrey_prihodko@list.ru

АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ ПОЛЯКОВ

врач-эксперт ГБУЗ Республики Карелия «Бюро судебно-медицинской экспертизы» (Петрозаводск, Российская Федерация)
polyakowalexey@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПЛАМЕНИ ТРУПОВ

Работа посвящена изучению особенностей разложения трупов, подвергшихся воздействию пламени. Исследования проводили в Карелии в 2016 году. На модельных объектах, тушках кур (*Gallus gallus* Linnaeus, 1758), симитирована термическая травма. Производилось опаление в костре до обугливания, что выражалось в полном уничтожении кожных покровов, уплотнении и уменьшении в объеме подлежащих мышц, частичном обнажении костной ткани и в некоторых местах ее растрескивании и разрушении. Параллельно в одинаковых условиях проводились исследования на неизмененных объектах, которые служили контролем. Всего отмечено 20 видов некрофильных насекомых, относящихся к трем отрядам. На трупах, подвергшихся воздействию пламени, выявлено 11 видов. Установлена разница в сроках заселения трупов насекомыми, их сукцессии во время разложения между модельными объектами. Встречаемость некрофильных насекомых на разных типах приманок имеет значимые отличия ($\chi^2 > 259,4$; $df = 17$; $p < 0,001$). Время разложения мягких тканей, подвергавшихся и не подвергавшихся воздействию высокой температуры, было сходным. Приводится случай из судебно-медицинской экспертной практики, когда на трупе человека, найденном в кострище лесной делянки и значительно разрушенном пламенем, обнаружены личинки мясной мухи новоземельской (*Protophormia terraenovae*). Исследование выполнялось в соответствии с международными этическими нормами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Рекомендации для врачей по проведению биомедицинских исследований на людях», и требованиями, изложенными в основных нормативных документах.

Ключевые слова: разложение, обугливание тканей, термическая травма, судебная энтомология, некрофильные насекомые

Разрушение трупа насекомыми является перспективной темой научно-практических исследований в области судебной медицины. Наш авторский коллектив на протяжении ряда лет изучает трупную энтомофауну Карелии в части ее видового состава [2], сукцессии, времени, прошедшего с момента наступления смерти [7], взаимосвязи между различными ее представителями, зависимости от биотопа нахождения трупа [6], климатических факторов. Для успешного применения на практике энтомологических данных при производстве судебно-медицинских экспертиз необходимо знание не только эколого-

биологических особенностей насекомых-некробионтов, но и факторов, влияющих на состояние конкретного трупа.

Целью работы являлось изучение особенностей некрофильного состава, заселения, сукцессии и сроков разложения трупов, подвергшихся воздействию открытого пламени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование выполнялось в соответствии с международными этическими нормами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Рекомендации для

врачей по проведению биомедицинских исследований на людях» и в Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях, а также требованиями, изложенными в Приказе Минздрава СССР от 12 августа 1977 года № 755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» и других нормативных документах (заключение Комитета по медицинской этике при Министерстве здравоохранения и социального развития РК и Петрозаводском государственном университете от 6 ноября 2015 года № 35).

Исследования проводили на потрошенных тушках домашних кур (*Gallus gallus*, Linnaeus, 1758) массой 1,5–2 кг. Объекты закладывались в условия городской экосистемы (г. Петрозаводск) на территории плодово-культурных посадок частного сектора. Для изучения тушку предварительно подвергали воздействию открытого пламени (опаление в костре) в течение часа. Опаление производилось до обугливания, что выражалось в полном уничтожении кожных покровов, уплотнении и уменьшении объема подлежащих мышц, частичном обнажении костной ткани и в некоторых местах ее растрескивании и разрушении. Для контроля бралась тушка курицы без повреждений и закладывалась в аналогичных условиях на расстоянии более 100 м. Приманки раскладывали на поверхность почвы. Все приманки были защищены с помощью клеток из металлической сетки с крупной ячейкой от воздействия падальщиков (птиц и других животных). Всего было выполнено два варианта в двух повторностях весной и летом 2016 года.

С объектов собирали насекомых, около 20 % от присутствующих на трупе, с периодичностью 2–3 дня. Всего было собрано 645 особей. Живой материал сразу (в день его забора) помещали в термостат с регулируемым освещением и температурой в специально подготовленные садки и банки. В качестве субстрата использовался песок, опилки или сфагнум, который заполнял емкость наполовину, сверху ее закрывали марлей или легкой тканью и плотно зажимали резинкой. Личинок докармливали мясом, печенью или рыбой. Пупарии и куколки содержали отдельно от личинок, так как их не надо докармливать. Собранные куколки и пупарии переносили в банку с песком и слегка прикрывали мхом. Сверху банку накрывали тканью и оставляли в лаборатории до выведения имаго.

Значимость отличий частот встречаемости некрофильных насекомых на разных типах приманок проверяли с помощью критерия χ^2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ

Структура населения некрофильных насекомых при сравнении фауны на обгоревших трупах

и контроле имела особенности. На обгоревших трупах зафиксировано всего 11 видов некрофильных насекомых. В контроле – наибольшее число 20 видов (таблица). Встречаемость некрофильных насекомых на разных типах приманок имеет значимые отличия ($\chi^2 > 259,4$; $df = 17$; $p < 0,001$).

Из двух типов приманок выведено шесть видов некрофильных двукрылых. Видовой состав на разных типах приманок отличался. На тушках с термической травмой отмечено три вида – синяя мясная муха и зеленые мухи. В контроле выведены все шесть видов, причем массовым видом также являлась синяя мясная муха (см. таблицу). Для этих видов установлена сезонная динамика – в мае труп массово заселяла синяя мясная муха, а в июне – зеленые мухи.

Первыми труп обнаруживают и колонизируют двукрылые, по мере роста их личинок труп заселяют хищные виды жуков (карапузики и коротконогакрылые). Они нападают на личинок мух, уничтожая их в большом количестве. Личинки жесткокрылых и взрослые жуки появляются на трупе и скапливаются преимущественно в его ложе.

Отмечено 12 видов некрофильных жесткокрылых, выявлены отличия в их видовом составе. Меньше видов отмечено на трупах с термической травмой – восемь, наибольшее число – на контроле (см. таблицу).

На трупах обнаружены представители перепончатокрылых – муравьи. Труп, не подвергавшийся термическому воздействию, активно посещали муравьи р. *Myrmica* и р. *Lasius*, которые встречались с первых дней и на протяжении всего периода наблюдения. На обгоревшем трупе встречались мелкие мирмики с низкой численностью.

Отмечены особенности заселения насекомыми трупа, подвергнутого воздействию пламени. Первые яйцекладки мух на таких трупах появлялись позже. Например, при закладке трупной приманки весной на трупе без повреждений они появились на 4-й день наблюдения, на трупе с имитацией термической травмы – на 5-й день. При закладке приманки летом на контроле – на 2-й день наблюдения, на обгоревшем трупе – на 3-й день. Тем не менее летом яйцекладки двукрылых на обеих тушках были гораздо более обильными. На обгоревшем трупе мухи откладывали яйца в трещинах мягких тканей, где наблюдалась наименее измененная ткань. В контроле на тушках мухи могли откладывать яйца в любой части тела.

Последовательность заселения (сукцессия) некрофильными насекомыми разных типов трупных приманок имела общие черты и значительные отличия. Общим являлось то, что первыми трупы обнаруживали двукрылые мясные мухи (*Calliphoridae*) (рис. 1). Двукрылые намного более активны в поисках субстрата, чтобы первыми

Структура населения некрофильных насекомых на трупах животных, подвергшихся и не подвергшихся воздействию высокой температуры

Таксон	Термическая травма	Контроль
Отряд Coleoptera (Жесткокрылые) Сем. Carabidae (Жужелицы) <i>Carabus nemoralis</i> (O. F. Müller, 1764) – жужелица лесная	0	2
<i>Pterosticus niger</i> (Schaller, 1783) – птеростих черный	0	2
Сем. Cleridae (Пестряки) <i>Necrobia violacea</i> (Linnaeus, 1758) – костоед синий	0	8
Семейство Histeridae (Карапузики) <i>Saprinus semistriatus</i> (Scriba, 1790) – карапузик полубороздчатый	26	14
<i>Margarinotus sp.</i> (Marseul, 1853)	0	8
Сем. Hydrophilidae (Водолюбы) <i>Cercyon spp.</i>	3	8
Сем. Silphidea (Мертвоеды) <i>Oiceoptoma thoracica</i> (Linnaeus, 1758) – мертвоед красногрудый	2	6
<i>Thanatophilus sinuatus</i> (Fabricius, 1775) – падальник выемчатокрылый	42	84
Сем. Staphylinidae (Коротконодкрылые) <i>Aleochara curtula</i> (Goeze, 1777)	5	26
<i>Philonthus politus</i> (Linnaeus, 1758) – обыкновенный стафилин	12	22
<i>Philonthus laminatus</i> (Creutz., 1799)	0	1
<i>Philonthus succicola</i> (Thomson, 1860)	3	6
Отряд Diptera (Двукрылые) Сем. Calliphoridae (Мясные мухи) <i>Lucilia illustris</i> (Meigen, 1826) – зеленая мясная муха	4	24
<i>Lucilia caesar</i> (Linnaeus, 1758) – обыкновенная падальница	8	10
<i>Calliphora vicina</i> (Robineau-Desvoidy, 1830) – синяя мясная муха	44	126
<i>Calliphora vomitoria</i> (Linnaeus, 1758) – черноголовая синяя муха	0	31
<i>Cynomya mortuorum</i> ((Linnaeus, 1761) – муха мертвых	0	1
<i>Protophormia terraenovae</i> (Robineau-Desvoidy, 1830) – мясная муха новоземельская	0	118
Отряд Нуменоптера (Перепончатокрылые) Сем. Formicidae (Муравьи) р. <i>Myrmica</i> (Latreille, 1804)	единично	много
р. <i>Lasius</i> (Fabricius, 1804)		много
Всего	151	494

отложить яйца. Облигатные виды жуков-некрофагов – падальник выемчатокрылый и мертвоед красногрудый – отмечены в те же сроки. Отличия выявлены у группы кератофагов (*Necrobia violacea*), которые при обычных условиях разложения появлялись на трупах на 10–15-й день, а на трупах с термической травмой отмечены уже на 2-й день.

Изучая время утилизации трупов при разном их состоянии, установлено, что обугленные уничтожаются в такие же сроки, как и неиз-

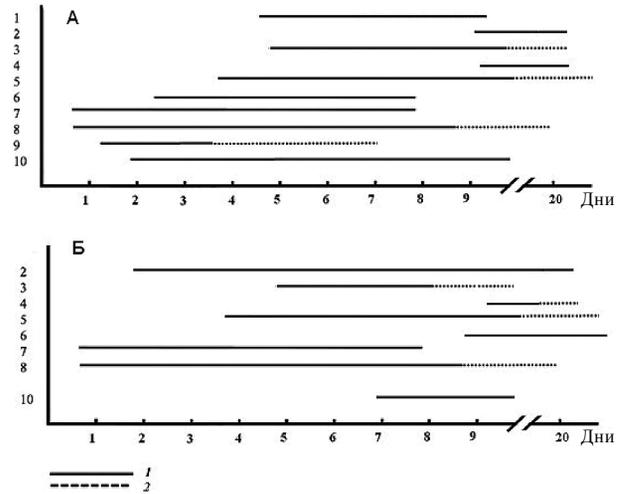


Рис. 1. Сукцессия некрофильных насекомых на трупах животных: А – контроль, Б – термическая травма. Жесткокрылые: 1 – Carabidae, 2 – Cleridae, 3 – Histeridae, 4 – Hydrophilidae, 5 – Silphidea, 6 – Staphylinidae; двукрылые: 7 – *Lucilia spp.*, 8 – *Calliphora vicina*, 9 – *Cynomya mortuorum*; перепончатокрылые: 10 – Formicidae. 1 – некробионты в большом количестве, 2 – присутствие вероятно

менные. Срок утилизации до костных останков в мае составлял около месяца, в июне укорачивался, и разложение происходило в течение двух недель. Таким образом, период разрушения трупа с участием насекомых более зависит от сезона года, но менее от воздействия на ткани высоких температур.

Случай из практики

В сентябре 2014 года на участке грунтовой дороги лесной делянки в кострище обнаружены фрагменты трупа человека со следами воздействия пламени, а также остатки материалов, которые были использованы для сжигания тела. Из костей скелета обнаружены: череп с нижней челюстью, фрагменты верхних и нижних конечностей, шеи, груди, тазовые кости, левая стопа, частично удерживающиеся вместе за счет уплотненных обугленных мягких тканей. Фрагменты костей скелета в состоянии белого, серого и черного каления легко крошились и разрушались при осмотре. В некоторых местах (на левой боковой поверхности шеи, на основании головного мозга и уплотненной матке) на обгорелых участках находились личинки двукрылых (рис. 2). В области фрагментов ребер и позвонков сохранилась уплотненная печень, в ткани которой также располагались белые личинки мух в большом количестве.

Личинки длиной около 0,3 см в количестве 20 особей были сняты с трупа и в лабораторных условиях доразвивались до имаго. В результате было определено, что все личинки относились к виду мясная муха новоземельская (*Protophormia terraenovae*).



Рис. 2. Труп человека со следами воздействия пламени: А – внешний вид фрагмента тела, Б – личинки некрофильных насекомых на тканях, измененных в результате термического воздействия

ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав некрофильных членистоногих в Карелии в естественных биоценозах насчиты-

вает 136 видов [2]. В наших экспериментах установленный видовой состав некробионтов на неизменных трупах значительно беднее. Это связано с условиями закладки приманок: в городской среде количество видов меньше [1]. Из отмеченных видов двукрылых все имеют важное судебно-медицинское значение, но обугленные трупы некоторые из них не заселяли. Например, ни имаго, ни личинки мухи мертвых не были отмечены. Вероятно, это объясняется ее избирательностью к состоянию трупных тканей. Личинки развиваются в определенных типах субстрата [3].

Также изменяется ход сукцессии на обгорелых трупах. Раннее появление кератофильных насекомых объясняется резким уменьшением объема мягких тканей в результате воздействия высокой температуры, что облегчает доступ к костям и сухожилиям.

Имеются данные о том, что обширное обгорание тканей является одним из факторов, замедляющих разрушение трупа насекомыми [4], [5], [8]. В наших исследованиях сроки разложения трупов, подвергавшихся и не подвергавшихся воздействию пламени, сходны. Вероятнее всего, это связано со степенью воздействия пламени на мягкие ткани.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлены различия в аттрактивности обугленных и неизменных тканей для некробионтов, видовом составе, сроках и последовательности заселения ими приманок. В исследованиях не установлено существенных различий в скорости утилизации данных трупов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клауснитцер Б. Экология городской фауны. М.: Мир, 1990. 246 с.
2. Лябзина С. Н. Видовой состав и структура комплекса членистоногих-некробионтов Южной Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2011. № 4 (117). С. 10–19.
3. Лябзина С. Н., Приходько А. Н., Лаврукова О. С., Сиккиля Н. С. Эколого-биологические особенности мухи мертвых (*Synomya mortuorum*) в Карелии и применение этих данных в судебно-медицинской практике // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2016. № 6 (159). С. 82–87.
4. Марченко М. И. К вопросу о разрушении трупа насекомыми // Судебно-медицинская экспертиза. 1978. Т. 21. № 1. С. 17–19.
5. Марченко М. И., Скрижинский С. Ф. Энтомологические исследования при судебно-медицинской экспертизе трупа // Судебно-медицинская экспертиза. 1985. Т. 28. № 3. С. 42–44.
6. Попов В. Л., Лаврукова О. С., Приходько А. Н., Лябзина С. Н. Установление времени заселения трупа некрофильной мухой *Protophormia terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) для определения продолжительности постмортального интервала // Вестник судебной медицины. 2016. № 3. С. 4–8.
7. Приходько А. Н., Лаврукова О. С., Лябзина С. Н., Горбач В. В. Судебно-медицинское значение определения видовой состава некрофильных двукрылых // Судебно-медицинская экспертиза. 2016. Т. 59. № 5. С. 53–55.
8. Smith K. G. V. A manual of forensic entomology. London: Trustees of the British Museum, 1986. 205 p.

Lavrukova O. S., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Lyabzina S. N., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Prikhod'ko A. N., Forensic Medical Expertise Bureau of the Republic of Karelia (Petrozavodsk, Russian Federation)
Polyakov A. Yu., Forensic Medical Expertise Bureau of the Republic of Karelia (Petrozavodsk, Russian Federation)

DECOMPOSITION FEATURES OF CORPSES UPON FIRE EXPOSURE

The article summarizes obtained research data on the nature of necrophilic insects involved in the process of dressed chickens' (*Gallus gallus* L.) decomposition upon exposure to fire. Their carcasses were used as exposed to fire models for the study of biological characteristics inherent to the mechanisms of decay. During the course of our research it was revealed that 8 particular species of insects contributed to the process of decomposition in corpses upon their thermal exposure. The results on the prevalence, abundance, and diversity of flies and beetles found in studied corpses are presented. A particular forensic medicine case on the study of the body of a dead man found at the bonfire site is provided. The research of the remains of the body destructed by fire revealed an accumulation of larvae species (*Protophormia terraenovae*)

Key words: decomposition, carcasses, charring of tissue, forensic entomology, necrobionts

REFERENCES

1. Klausnitter B. *Ekologiya gorodskoy fauny* [Ecology urban fauna]. Moscow, 1990. 246 p.
2. Lyabzina S. N. Arthropod community of nekrobionts in southern Karelia [Vidovoy sostav i struktura kompleksa chlenistonogikh-nekrobiontov Yuzhnoy Karelii]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2011. № 4 (117). P. 10–19.
3. Lyabzina S. N., Prikhod'ko A. N., Lavrukova O. S., Sikkilya N. S. Biologocal and ecological features of Karelian *Cynomya Mortuorum* and their employment in forensic practice [Ekologo-biologicheskie osobennosti mukhi mertvykh (*Cynomya Mortuorum*) v Karelii i primeneniye etikh dannykh v sudebno-medsitsinskoy praktike]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2016. № 6 (159). P. 82–87.
4. Marchenko M. I. Studies on cadaveric destruction by insects [K voprosu o razrushenii trupa nasekomymi]. *Sudebno-medsitsinskaya ekspertiza*. 1978. Vol. 21. № 1. P. 17–19.
5. Marchenko M. I., Skrizhinskiy S. F. Entomological analysis in medicolegal cadaver examination [Entomologicheskie issledovaniya pri sudebno-medsitsinskoy ekspertize trupa]. *Sudebno-medsitsinskaya ekspertiza*. 1985. Vol. 28. № 3. P. 42–44.
6. Popov V. L., Lavrukova O. S., Prikhod'ko A. N., Lyabzina S. N. Time definition of the corpse invasion by the necrophilic fly *Protophormia terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) to determine the duration of postmortem interval [Ustanovleniye vremeni zaseleniya trupa nekrofil'noy mukhoi *Protophormia terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) dlya opredeleniya prodolzhitel'nosti postmortal'nogo intervala]. *Vestnik sudebnoy meditsiny*. 2016. № 3. P. 4–8.
7. Prikhod'ko A. N., Lavrukova O. S., Lyabzina S. N., Gorbach V. V. Forensic medical implications on determination of species' composition of necrophilic dipterans [Sudebno-medsitsinskoe znachenie opredeleniya vidovogo sostava nekrofil'nykh dvukrylykh]. *Sudebno-medsitsinskaya ekspertiza*. 2016. Vol. 59. № 5. P. 53–55.
8. Smith K. G. V. *A manual of forensic entomology*. London: Trustees of the British Museum, 1986. 205 p.

Поступила в редакцию 23.12.2016

ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА МАМОНТОВА

кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
olga.mamontova.73@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПАРАЗИТОФАУНЫ ПРЭСНОВОДНОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Пресноводный лосось встречается повсеместно и является уникальным с научной точки зрения и ценнейшим в хозяйственном отношении представителем ихтиофауны Ладожского озера. В последнее время численность ладожского лосося резко сократилась. Главной причиной такого положения явилось длительное и интенсивное антропогенное воздействие, которое повлекло за собой нарушение нормальных условий естественного воспроизводства лосося. При этом следует заметить, что его искусственное разведение происходит в незначительных масштабах. В статье представлены результаты изучения паразитофауны туводной (жилой) формы атлантического лосося Ладожского озера. Проведен сравнительный анализ паразитофауны лосося Онежского и Ладожского озер, выявлены специфичные виды паразитов, отмечены массовые виды. Определена экстенсивность и интенсивность инвазии, отмечены различия в паразитофауне атлантического лосося.

Ключевые слова: *Salmo salar*, Ладожское озеро, паразитофауна, сравнительный анализ

ВВЕДЕНИЕ

Естественное воспроизводство ладожского лосося сохранилось в 21 реке, включая р. Свирь, где лосось размножается лишь в ее притоках. После того как на лососевых реках были возведены каскады гидротехнических сооружений, появились первые признаки снижения численности локальных стад ладожского лосося. В результате этого общая протяженность миграционных путей лосося в притоках северной Ладоги сократилась [3]. В настоящее время большинство плотин не используются по назначению и частично разобраны, однако они по-прежнему являются препятствием для мигрирующих производителей лосося [3].

К настоящему времени фауна паразитов лосося бассейнов Баренцева и Белого морей довольно подробно изучена. Однако проведенные исследования касаются, главным образом, проходных форм лосося (семги) и почти не затрагивают озерно-речных жилых форм, в частности, в бассейне Балтийского моря [8].

Проведенное нами исследование касается туводной формы атлантического лосося Ладожского озера, которое почти не изучено в паразитологическом отношении. Имеющиеся в литературе данные такого рода немногочисленны и касаются в основном паразитофауны рыб Онежского озера и Пяозера [6]. До сих пор нет полного представления о паразитофауне лосося в Ладожском озере.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор и обработка материала по паразитам рыб проводилась методом полного паразитологического вскрытия [2]. Учитывались модификации, предложенные для изучения микоспоридий,

дактилогирид и гиродактилид, метацеркарий трематод [5]. Для количественной характеристики зараженности рыб использовались такие показатели, как экстенсивность зараженности, интенсивность инвазии и индекс обилия. Учитывались все группы паразитов, кроме паразитов крови [4].

При обычных паразитолого-фаунистических исследованиях водоема принято обследовать методом полного вскрытия живую или только что уснувшую рыбу по 15 экземпляров каждого вида. Исследование проводилось в весенне-летний период, когда фауна паразитов наиболее богата.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования позволили установить, что фауна паразитов лосося Ладожского озера включает 16 видов и несколько уступает таковой Онежского озера (таблица).

Среди доминирующих видов паразитов выделяются простейшие *Capriniana piscium* и *Chloromyxum truttae*, цестоды *Eubotrium salvelini*, *Diphyllbothrium ditremum* и *Diphyllbothrium dendriticum*, скребни *Echinorhynchus salmonis*, нематоды *Samallanus lacustris*, рачки *Caligus lakustris*. Аккумуляция этих паразитов у лосося связана с его хищничеством [9].

Интерес представляет сравнение паразитофауны лосося Ладожского озера с таковой лосося Онежского озера [8]. Фауна паразитов рыб Онежского и Ладожского озер обнаруживает очень большое сходство в том, что имеет максимальное видовое разнообразие, которое не достигается в других внутренних водоемах Европейского Севера.

Паразитофауна пресноводного лосося

Вид паразита	Ладожское озеро [3]	Онежское озеро [9]
<i>Hexamita truttae</i>		7/+
<i>Chloromyxum truttae</i>	20/+	
<i>Sphaerospora</i> sp.	10/+	
<i>Capriniana piscium</i>	80/0,6	73/2,0
<i>Gyrodactylus</i> sp.		13/2,0
<i>Dermocystidium salmonis</i>		7/+
<i>Discocotyle sagittata</i>	20/0,4	
<i>Eubotrium salvelini</i>	100/280,0	100/450,0
<i>Diphyllbothrium dendriticum</i>	80/18,0	100/16,0
<i>Diphyllbothrium ditremum</i>	30/1,8	7/0,9
<i>Trienophorus nodulosus</i>		20/2
<i>Trienophorus crassus</i>	10/0,1	60/6,0
<i>Diplostomum spathaceum</i>	10/0,1	20/0,4
<i>Azygia lucii</i>		60/1,2
<i>Crepidostomum metoecus</i>		20/0,9
<i>Capillaria salvelini</i>		20/2,2
<i>Cystidicola farionis</i>	10/0,1	7/0,1
<i>Raphidascaris acus</i>		47/4,7
<i>Echinorhynchus salmonis</i>	90/7,5	73/3,7
<i>Corynosoma semerme</i>	30/1,8	
<i>Corynosoma strumosum</i>	10/1,1	
<i>Camallanus lacustris</i>	20/0,6	
<i>Camallanus truncatus</i>	30/3,2	20/11
<i>Desmidocercella numidica</i>		40/6,8
<i>Caligus lacustris</i>	30/5,6	
<i>Salmincola salmoneus</i>		7/0,1
Всего видов	16	19
Вскрыто рыб, экз.	15	15

Примечание. Первая цифра – %, вторая – индекс обилия (экз.)

Хотя Ладожское озеро в большей степени, чем Онежское, подверглось загрязнению и эвтрофикации в литоральной зоне, в целом оно сохраняет свой олиготрофный статус. Формирование фауны паразитов рыб в этих озерах в послеледниковую эпоху происходило сходным образом [7].

Общность типологии Онежского и Ладожского озер и большое сходство их фаун вовсе не означают их идентичности. В фаунах имеются и весьма существенные различия [7]. В первую очередь, Ладожское озеро по сравнению с Онежским имеет большее разнообразие фауны. В первом из них обитает 53 вида (с разновидностями) рыб, тогда как во втором – 47. Самое главное отличие состоит в том, что в Ладожском озере сохраняются некоторые морские реликты, такие как морской таракан и нерпа [3].

Один из главных отличительных признаков паразитофауны рыб Ладожского озера сводится к зараженности их скребнями рода *Corynosoma*. Эти морские реликты являются живым свиде-

тельством былых связей водоема с Балтийским морем. Они отсутствуют в Онежском озере.

В то же время в Онежском озере весьма характерно присутствие таких видов, как нематода *Crepidostomum metoecus* и моногенея *Gyrodactylus salaris*. Будучи ледниковым реликтом, *Gyrodactylus salaris* сохранился лишь в тех озерах, которые претерпели наименьшие изменения, в частности в водоемах, близких к первичным олиготрофным.

Различия в паразитофауне лосося Ладожского и Онежского озер не ограничиваются только этими примерами. Они касаются целого ряда и других паразитов – цестоды *Trienophorus crassus*, нематоды *Dermocystidium salmonis* и *Raphidascaris acus*. Но эти различия менее существенны, носят лишь характер количественных изменений и, очевидно, не выходят за рамки особенностей экологии рыб, в частности характера питания, которые складывались в этих двух крупных озерах Европы [1].

Еще одно различие между Онежским и Ладожским озерами состоит в том, что в Онежском озере наблюдается более широкое распространение и более высокая зараженность рыб теми паразитами, жизненный цикл которых связан с реликтовыми ракообразными. В Онежском озере естественный процесс эвтрофикации сопровождается увеличением численности реликтовых ракообразных, в частности *Pontoporeia affinis*. Это привело к тому, что за последние 50 лет в Онежском озере зараженность рыб паразитами, которые развиваются при участии реликтовых ракообразных (*Echinorhynchus salmonis*), имела тенденцию к нарастанию [2].

В Ладожском озере численность и биомасса реликтовых раков не претерпевают сколько-нибудь заметного увеличения. Естественно, эта особенность не смогла не сказаться на паразитах рыб, связанных в жизненном цикле с реликтовыми раками. Поскольку лосось ведет пелагический образ жизни, вдали от берега, где процессы эвтрофикации менее всего выражены, то у него наблюдается лишь аккумуляция *Echinorhynchus salmonis* в связи с хищничеством [3].

Еще одна особенность фауны паразитов Ладожского озера – это периодическое проникновение в него морских паразитов вместе с проходными рыбами, в частности обыкновенным лососем (*Brachyphallus crenatus*, *Echinorhynchus gadi*, *Thynnascaris adunca*). Однако у пресноводной формы лосося они отсутствуют. По наличию этих видов паразитов можно различать проходную и жилую формы лосося.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что относительная обедненность паразитофауны лосося в изученных озерах, включая Ладожское озеро, находится в прямой зависимости от условий его

обитания и сравнительной узости его трофических взаимоотношений с другими гидробионтами.

Общность типологии Онежского и Ладожского озер определяет большое сходство их фаун паразитов. Но в то же время фауны не идентичны.

В Ладожском озере сохраняются морские реликты, которые являются живым свидетельством былых связей с Балтийским морем.

Формирование фауны паразитов рыб Онежского и Ладожского озер происходило в послеледниковую эпоху сходным образом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барская Ю. Ю., Иешко Е. П., Лебедева Д. И. Паразиты лососевидных рыб Фенноскандии: Учеб. пособие. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. 168 с.
2. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб: Руководство по изучению. Л., 1985. 124 с.
3. Мамонтова О. В. Паразитофауна лососевидных рыб Ладожского озера: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 28 с.
4. Определитель паразитов пресноводных рыб СССР / Под ред. Б. Е. Быховского. М.; Л., 1962. 776 с.
5. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР / Под ред. О. Н. Бауера. Л.: Наука, 1984. Т. 1. 432 с.; 1985. Т. 2. 428 с.; 1987. Т. 3. 584 с.
6. Румянцев Е. А. Паразиты рыб в озерах Европейского Севера. Петрозаводск, 2007. 250 с.
7. Румянцев Е. А. Фауна паразитов рыб Онежского и Ладожского озер (черты сходства и различия) // Паразитология. СПб., 2002. Т. 36. Вып. 4. С. 310–315.
8. Румянцев Е. А., Иешко Е. П. Паразиты рыб водоемов Карелии. Петрозаводск, 1997. 120 с.
9. Румянцев Е. А., Мамонтова О. В. Паразиты пресноводных рыб: Учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. 176 с.

Mamontova O. V., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

PARASITOFUNA FEATURES OF THE FRESHWATER LADOGA LAKE SALMON (*SALMO SALAR*)

The freshwater salmon is found worldwide. It's a scientifically unique and economically important representative of the Ladoga Lake ichthyofauna. Recently its numeric strength has drastically reduced due to a long-term anthropogenic impact. As a result, the process of salmon natural reproduction was compromised. It should be noted that a large-scale salmon farming process has not yet reached its highest potential. The investigation results of the Ladoga landlocked salmon parasitofauna are presented in the article. We performed a comparative analysis of both Ladoga and Onego salmon parasitofauna, identified its most massive types, defined the level of both extensive and intensive invasions and, noted the differences in Atlantic salmon parasitofauna.

Key words: *Salmo salar*, Ladoga Lake, parasitofauna, comparative analysis

REFERENCES

1. Barskaya Yu. Yu., Ieshko E. P., Lebedeva D. I. *Parazity lososevidnykh ryb Fennoskandii: Uchebnoe posobie* [Parasites of Salmonidae fish of Fennoscandia]. Petrozavodsk, Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ., 2008. 168 p.
2. Bykhovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazity ryb: Rukovodstvo po izucheniyu* [Fish parasite studies handbook]. Leningrad, 1985. 124 p.
3. Mamontova O. V. *Parazitofauna lososevidnykh ryb Ladozhskogo ozera: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Parasitofauna of the salmon types fish of Ladoga Lake: Dis. ... cand. biol. sciences]. Petrozavodsk, 2005. 28 p.
4. *Opredelitel' parazitov presnovodnykh ryb SSSR* [Determinant of the USSR freshwater fish parasites] / Ed. by B. E. Bykhovskiy. Moscow, 1962. 776 p.
5. *Opredelitel' parazitov presnovodnykh ryb fauny SSSR* [Determinant of the USSR freshwater fish parasites] / Ed. by O. N. Bauer. Leningrad, Nauka Publ., 1984. Vol. 1. 432 p., 1985. Vol. 2. 428 p., 1987. Vol. 3. 584 p.
6. Rumyantsev E. A. *Parazity ryb v ozerakh Evropeyskogo Severa* [Fish parasites in the lakes of the European north]. Petrozavodsk, 2007. 250 p.
7. Rumyantsev E. A. Onego and Ladoga Lake fish parasitofauna (similarities and differences) [Fauna parazitov ryb Onezhskogo i Ladozhskogo ozer (cherty skhodstva i razlichiya)]. *Parazitologiya*. St. Petersburg, 2002. Vol. 36. Issue 4. P. 310–315.
8. Rumyantsev E. A., Ieshko E. P. *Parazity ryb vodoemov Karelii* [Fish parasites in Karelian water bodies]. Petrozavodsk, 1997. 120 p.
9. Rumyantsev E. A., Mamontova O. V. *Parazity presnovodnykh ryb: Uchebnoe posobie* [Freshwater fish parasites (teaching aid/textbook)]. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU, 2008. 176 p.

Поступила в редакцию 16.02.2017

УДК 340.6:595.7

АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ ПРИХОДЬКО
начальник ГБУЗ Республики Карелия «Бюро судебно-медицинской экспертизы» (Петрозаводск, Российская Федерация)
andrey_prihodko@list.ru

ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА ЛАВРУКОВА
кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, патологической анатомии, судебной медицины Медицинского института, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
olgalavrukova@yandex.ru

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ

Изучены работы, посвященные установлению продолжительности постмортального интервала в позднем посмертном периоде. Рассмотрены различные методы определения давности наступления смерти при гнилостной трансформации трупа. Проведенный анализ научных источников свидетельствует о важности применения различных подходов к решению данного вопроса, о необходимости разработки новых методик для определения продолжительности постмортального интервала при экспертизах гнилостно измененных трупов, в том числе и с использованием биологических объектов (некрофильных насекомых, микроорганизмов, простейших).

Ключевые слова: постмортальный интервал, гниение, труп, судебная энтомология, микробиом трупа

ВВЕДЕНИЕ

Установление продолжительности постмортального интервала остается весьма актуальной и до сих пор полностью не решенной проблемой в судебной медицине [14]. Ранний посмертный период, продолжающийся примерно 2–3 суток с момента наступления смерти, наиболее хорошо изучен [10], существуют методики, позволяющие в его рамках устанавливать время смерти с приемлемой точностью в абсолютном большинстве случаев [2], [15]. Количество же работ, посвященных изучению трупов при поздних сроках посмертного периода, существенно меньше.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Как правило, в случаях исследования гнилостно измененного трупа решение вопроса о сроках наступления смерти принимается судебно-медицинским экспертом достаточно субъективно, на основании комплекса макроскопических признаков, оцениваемых визуально, и определяемый интервал может варьировать от нескольких дней до нескольких месяцев [4]. На сегодняшний день разработано сравнительно немного инструментальных, биофизических методов диагностики, применимых на поздних сроках посмертного периода. Например, предложена методика исследования электропроводящей способности стекловидного тела в позднем посмертном периоде [11] и его оптической плотности на различных диапазонах длины волн в динамике посмертного периода [5]. Также изучена возможность судебно-медицинской диагностики давности наступления

смерти методом спиновых зондов с использованием стекловидного тела [3]. Проводились спектральные исследования мягких тканей и органов трупа, костной ткани с целью установления динамики распада витаминов [1]. Учитываются изменения адгезивных и поглощающих свойств печени, динамика электрического сопротивления сухожилия [9]. Разработаны критерии давности наступления смерти по анатомо-топографическим особенностям и электронно-парамагнитным спектрам языка при гнилостной трансформации [2].

Весьма интересен ряд работ, направленных на объединение различных методик при исследовании трупа в стадии гнилостных изменений с целью определения продолжительности постмортального интервала, в которых авторы, используя комплексный подход, предлагают оригинальные методики. Например, А. А. Теньков [13] впервые предложил комплексное морфологическое и биофизическое исследование для определения продолжительности постмортального интервала в поздние сроки посмертного периода, которое включает определение диэлектрических показателей и магнитной восприимчивости интактных и травмированных мягких тканей трупов и их фрагментов по мере гнилостной трансформации и высыхания.

В нашей стране М. И. Марченко [7] впервые предложил подход к определению давности наступления смерти на основе комплексного биологического воздействия (энтомологического, микробиологического, микологического и др.).

Им изучен процесс разложения трупов насекомыми в природных условиях северо-запада европейской части СССР. По северу европейской части России имеются данные некрофильного состава беспозвоночных, выявленных на трупах животных средней массы. В наземных биоценозах двукрылых и жесткокрылых некробионтов отмечено 136 видов [6]. Однако очевидно, что для каждого региона со своими особенностями климата требуются специфические таблицы и температурные параметры развития некробионтов.

За рубежом исследования по данной тематике ведутся более обширно. Имеются данные J. A. Payne [19], полученные при изучении трупов поросят. Им выделены шесть стадий разложения, определены доминирующие виды членистоногих и экологическая преобладанность фауны падали, изменение температуры трупа в процессе его разрушения. Кроме того, автор установил, что разложение трупа без доступа насекомых продолжается в течение месяца, а при их участии за 6 суток уничтожается 90 % тканей.

Подобного рода работы проводятся в различных регионах мира, имеются указания на использование энтомологического материала в следственной практике [17], [20]. Изучение заселения трупа различными растительными и животными организмами позволяет установить не только дату, но и факт перемещения трупа, если такое имело место. В нашей стране были попытки применения результатов энтомологической экспертизы при расследовании преступлений [8]. В последнее время интерес к такого рода исследованиям возобновился. Описан случай установления давности наступления смерти по времени заселения трупа некрофильной мухой *Protophormia terraenovae* [12].

Перспективным направлением для разработки дополнительного инструмента определения давности наступления смерти при гнилостной трансформации трупа считается изучение последовательных бактериальных изменений, которые происходят в процессе разложения мертвого тела в зависимости от комплекса средовых факторов. Поскольку обязательным условием процессов разложения органического вещества, а также муфификации и образования жировоска считаются

процессы предварительной деструкции органики в период стадии «плато», или «тления», за счет последовательной смены аэробных микроорганизмов на анаэробные, сделана попытка классификации стадий разложения трупа относительно этапов микробной деструкции органики [16]. J. L. Metcalf с соавторами [18], сочетая детальную генетическую характеристику микробного сообщества, метаболическую реконструкцию на уровне сообщества и биогеохимическую оценку почвы, пытались установить принципы, регулирующие сборку микробного сообщества при разложении трупов мышей и человека на разных почвенных субстратах. Они определили набор групп бактерий и грибов, которые вносят вклад в азотный цикл, и воспроизводимые наборы редукторов, которые предсказуемо появляются на тех или иных отрезках времени. На данный момент исследовательских работ по указанному направлению очень мало, что объясняется техническими сложностями, возникающими при изучении процессов микробного разложения, разнообразием подобных процессов, а также тем, что в природных экосистемах систематические исследования не всегда бывают возможными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проблема определения продолжительности постмортального интервала на стадии гниения трупа еще далека от окончательного решения. Несмотря на постоянную научную работу над выделением критериев установления продолжительности постмортального интервала в позднем посмертном периоде, указания на возможность использования предлагаемых методов исследования, большинство судебных медиков их не применяют, определяя его субъективно – на основе результатов макроскопического метода.

Проведенный анализ научной литературы свидетельствует о важности рассмотренной проблемы и свидетельствует о необходимости разработки новых методик для решения вопроса о продолжительности постмортального интервала при экспертизах трупов, подверженных процессам гнилостной трансформации, в том числе и с использованием биологических объектов (некрофильных насекомых, микроорганизмов, простейших).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексин Г. Б., Рубежанский А. Ф. Комплексное определение аскорбиновой кислоты в костной ткани трупов на ранних стадиях гниения // Методика и практика судебной медицины. Харьков, 1990. С. 18–21.
2. Вавилов А. Ю., Витер В. И. Применение некоторых современных математических моделей посмертного охлаждения тела для определения давности наступления смерти // Судебно-медицинская экспертиза. 2007. Т. 50. № 5. С. 9–12.
3. Ермакова Ю. В. Определение давности наступления смерти в позднем постмортальном периоде методом спиновых зондов с использованием стекловидного тела: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2012. 20 с.
4. Лаврукова О. С., Приходько А. Н., Лябина С. Н. К вопросу изучения сообщества, населяющего труп, и возможности использования данных в судебно-медицинской экспертной практике в Карелии // Актуальные проблемы права и управления: Сб. науч. тр. проф.-препод. состава Северного института (филиала) ВГУЮ в г. Петрозаводске. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 28.
5. Ледянкина И. А. Определение давности наступления смерти по изменению оптической плотности стекловидного тела: Дис. ... канд. мед. наук. Ижевск, 2006. 137 с.

6. Лябзина С. Н. Видовой состав и структура комплекса членистоногих-некробионтов Южной Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2011. № 4 (117). С. 10–19.
7. Марченко М. И. Судебно-медицинское значение энтомофауны трупа для определения давности наступления смерти: Дис. ... канд. мед. наук. Каунас, 1987. Т. 1. 245 с.
8. Найнис Й.-В. Й., Марченко М. И., Казак А. Н. Расчетный метод установления времени нахождения трупа на месте его обнаружения по энтомофауне // Судебно-медицинская экспертиза. 1982. Т. 25. № 4. С. 21–23.
9. Никифоров Я. А., Прошутин В. Л. Определение давности наступления смерти в позднем помертном периоде по оценке динамики электрического сопротивления сухожилия // Проблемы экспертизы в медицине. 2003. Т. 3. № 4 (12). С. 45–49.
10. Новиков П. И., Швед Е. Ф., Нацентов Е. О., Коршунов Н. В., Вавилов А. Ю. Моделирование процессов в судебно-медицинской диагностике давности наступления смерти. Челябинск; Ижевск, 2008. 312 с.
11. Онянов А. М. Динамика импедансометрических показателей стекловидного тела в позднем постмортальном периоде: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2008. 24 с.
12. Попов В. Л., Лаврукова О. С., Приходько А. Н., Лябзина С. Н. Установление времени заселения трупа некрофильной мухой *Protophormia terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) для определения продолжительности постмортального интервала // Вестник судебной медицины. 2016. № 3. С. 4–8.
13. Теньков А. А., Плаксин В. О. Судебно-медицинская экспертиза трупа в поздние сроки постмортального периода (гниение, жировок, мумификация, оценка повреждений). Курск: КГМУ, 2005. 535 с.
14. Толстолуцкий В. Ю. Анализ тенденций научной разработки проблемы давности // Актуальные аспекты судебной медицины. Ижевск, 1995. № 4. С. 68–74.
15. Швед Е. Ф., Вавилов А. Ю. Методика автоматизированного поиска момента начала процесса постмортального охлаждения (времени смерти) с использованием стандартного табличного редактора – Microsoft® Office Excel // Проблемы экспертизы в медицине. 2005. № 3. С. 36–39.
16. Шевченко И. Н., Голубович Л. Л., Куртев А. В. Динамика разложения трупа // Судово-медицинская экспертиза. 2012. № 5. С. 26–29.
17. Венеске М. Six forensic entomology cases: description and commentary // Journal of Forensic Sciences. 1998. Vol. 43. № 4. P. 797–805.
18. Metcalf J. L., Xu Zh. Z., Weiss S. et al. Microbial community assembly and metabolic function during mammalian corpse decomposition // Science. Vol. 351. Issue 6269. P. 158–162.
19. Payne J. A. A Summer Carrion Study of the Baby Pig *Sus Scrofa* Linnaeus // Ecology. 1965. Vol. 46. № 5. P. 592–602.
20. Stærkeby M. Dead larvae of *Cynomya mortuorum* (L.) as indicators of post mortem interval – a case history from Norway // Forensic science international. Vol. 2001. № 1. P. 77–78.

Prikhod'ko A. N., Forensic Medical Expertise Bureau of the Republic of Karelia
(Petrozavodsk, Russian Federation)

Lavrukova O. S., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

ON BIOLOGICAL OBJECTS' USAGE FOR THE POSTMORTEM INTERVAL DETERMINATION

The articles on determination of the post-mortem interval in the late period of the bodies' decomposition were studied. Today we have various methods assistive in determination of the time of death. The analysis of scientific literature on the problem in focus is provided. It was revealed that most of the used methods are not effective in the identification of the exact time of death especially when it comes to rotten corpses. The possibility of using biological objects (necrophilic insects, microorganisms, protozoa) for the prescription of the time of death is discussed in the article.

Key words: postmortem interval, decay, carcass, decaying corpses forensic entomology, microflora of a corpse

REFERENCES

1. Aleksin G. B., Rubezhanskiy A. F. A comprehensive definition of ascorbic acid in the dead bone tissue in early stages of decay [Kompleksnoe opredelenie askorbinovoy kisloty v kostnoy tkani trupov na rannikh stadiyakh gnieniya]. *Metodika i praktika sudebnoy meditsiny*. Kharkov, 1990. P. 18–21.
2. Vavilov A. Yu., Viter V. I. The validity of some modern mathematical models of postmortem cooling of the human body [Primenenie nekotorykh sovremennykh matematicheskikh modeley posmertnogo okhlazhdeniya tela dlya opredeleniya davnosti nastupleniya smerti]. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza*. 2007. Vol. 50. № 5. P. 9–12.
3. Ermakova Yu. V. *Opredelenie davnosti nastupleniya smerti v pozdnem postmortal'nom periode metodom spinovykh zondov s ispol'zovaniem steklovidnogo tela: Avtoref. dis. ... kand. med. nauk* [Determination of the time of death in the late postmortem period by spin probes using vitreous]. Moscow, 2012. 20 p.
4. Lavrukova O. S., Prikhod'ko A. N., Lyabzina S. N. On the question of researching communities inhabiting the human body, and a possibility of using these data in the forensic expert practice in Karelia [K voprosu izucheniya soobshchestva, naselyayushchego trup, i vozmozhnosti ispol'zovaniya dannykh v sudebno-meditsinskoy ekspertnoy praktike v Karelii]. *Aktual'nye problemy prava i upravleniya: Sbornik nauchnykh trudov prof.-prepod. sostava Severnogo instituta (filiala) VGU Yu v g. Petrozavodske*. Petrozavodsk, KarNTs RAN Publ., 2015. P. 28.
5. Ledyankina I. A. *Opredelenie davnosti nastupleniya smerti po izmeneniyu opticheskoy plotnosti steklovidnogo tela: Dis. ... kand. med. nauk* [Determination of the time of death to change the optical density of the vitreous]. Izhevsk, 2006. 137 p.
6. Lyabzina S. N. Arthropod community of nekrobionts in southern Karelia [Vidovoy sostav i struktura kompleksa chlenistonogikh-nekrobiontov Yuzhnoy Karelii]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2011. № 4 (117). P. 10–19.
7. Marchenko M. I. *Sudebno-meditsinskoe znachenie entomofauny trupa dlya opredeleniya davnosti nastupleniya smerti: Dis. ... kand. med. nauk* [Forensic importance of the insect fauna of the corpse to determine the time of death]. Kaunas, 1987. Vol. 1. 245 p.

8. Naynis I. - V. I., Marchenko M. I., Kazak A. N. A calculation method for estimating by entomofauna the period during which the body had remained in the place where it was found [Raschetnyy metod ustanovleniya vremeni nakhozheniya trupa na meste ego obnaruzheniya po entomofaune]. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza*. 1982. Vol. 25. № 4. P. 21–23.
9. Nikiforov Ya. A., Proshutin V. L. Determination of the time of death in the late period of the post-mortem assessment of the dynamics of the electric resistance of the tendon [Opredelenie davnosti nastupleniya smerti v pozdnem posmertnom periode po otsenke dinamiki elektricheskogo soprotivleniya sukhozhiyaya]. *Problemy ekspertizy v meditsine*. 2003. Vol. 3. № 4 (12). P. 45–49.
10. Novikov P. I., Shved E. F., Natsentov E. O., Korshunov N. V., Vavilov A. Yu. *Modelirovanie protsessov v sudebno-meditsinskoy diagnostike davnosti nastupleniya smerti* [Modeling of forensic diagnosis processes in determination of the time of death]. Chelyabinsk; Izhevsk, 2008. 312 p.
11. Onyanov A. M. *Dinamika impedansometricheskikh pokazateley steklovidnogo tela v pozdnem postmortal'nom periode: Avtoref. dis. ... kand. med. nauk* [Dynamics impedansometricheskikh vitreous indicators in late postmortem period]. Moscow, 2008. 24 p.
12. Popov V. L., Lavrukova O. S., Prikhod'ko A. N., Lyabzina S. N. The timing of the settlement of a corpse necrophilic fly *Protophormia terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) to determine the duration of postmortem interval [Ustanovlenie vremeni zaseleniya trupa nekrofil'noy mukhoi *Protophormia terraenovae* (Diptera, Calliphoridae) dlya opredeleniya prodolzhitel'nosti postmortal'nogo intervala]. *Vestnik sudebnoy meditsiny*. 2016. № 3. P. 4–8.
13. Ten'kov A. A., Plaksin V. O. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza trupa v pozdnie sroki postmortal'nogo perioda (gnienie, zhirovosk, mumifikatsiya, otsenka povrezhdeniy): Monografiya* [A forensic examination of the corpse in the later stages of the postmortem period (rotting, adipocere, mummification, assessment of damages)]. Kursk, KGMU Publ., 2005. 535 p.
14. Tolstolutskiy V. Yu. Analysis of the trends of the old scientific problems development [Analiz tendentsiy nauchnoy razrabotki problemy davnosti]. *Aktual'nye aspekty sudebnoy meditsiny*. Izhevsk, 1995. № 4. P. 68–74.
15. Shved E. F., Vavilov A. Yu. Technique of the automated search of the moment of the beginning of the process of postmortal coolings (time of death) with use the standart tabulared processor Microsoft® Office Excel [Metodika avtomatizirovannogo poiska momenta nachala protsessa postmortal'nogo okhlazhdeniya (vremeni smerti) s ispol'zovaniem standartnogo tablichnogo redaktora – Microsoft® Office Excel]. *Problemy ekspertizy v meditsine*. 2005. № 3. P. 36–39.
16. Shevchenko I. N., Golubovich L. L., Kurtev A. V. Dynamics of decomposition [Dinamika razlozheniya trupa]. *Sudovo-medichna ekspertiza*. 2012. № 5. P. 26–29.
17. Benecke M. Six forensic entomology cases: description and commentary // *Journal of Forensic Sciences*. 1998. Vol. 43. № 4. P. 797–805.
18. Metcalf J. L., Xu Zh. Z., Weiss S. et al. Microbial community assembly and metabolic function during mammalian corpse decomposition // *Science*. Vol. 351. Issue 6269. P. 158–162.
19. Payne J. A. A Summer Carrion Study of the Baby Pig *Sus Scrofa* Linnaeus // *Ecology*. 1965. Vol. 46. № 5. P. 592–602.
20. Stærkeby M. Dead larvae of *Cynomya mortuorum* (L.) as indicators of post mortem interval – a case history from Norway // *Forensic science international*. Vol. 2001. № 1. P. 77–78.

Поступила в редакцию 23.01.2017

УДК 502.175:504.5:620.9:543

АНАСТАСИЯ АНАТОЛЬЕВНА ШАЙХУТДИНОВА
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования геолого-географического факультета, Оренбургский государственный университет (Оренбург, Российская Федерация)
varvarushka@yandex.ru

ОЛЬГА ВИКТОРОВНА ЧЕКМАРЕВА
кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования геолого-географического факультета, Оренбургский государственный университет (Оренбург, Российская Федерация)
mcsq@mail.ru

ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА МАРКОВА
магистрант кафедры экологии и природопользования геолого-географического факультета, Оренбургский государственный университет (Оренбург, Российская Федерация)
79228566287@mail.ru

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К САКМАРСКОЙ ТЭЦ Г. ОРЕНБУРГА

Представлены интегральная оценка степени загрязнения снежного покрова как индикатора состояния атмосферного воздуха и ранжирование территорий, прилегающих к Сакмарской ТЭЦ (г. Оренбург). Проанализированы приоритетные загрязняющие вещества по массе и токсичности, рассчитано значение категории опасности предприятия. Отобранные пробы снежного покрова исследованы на содержание вредных веществ с помощью титриметрического, фотоколориметрического и гравиметрического методов. Качество территорий, прилегающих к стационарным источникам загрязнения, оценивали по коэффициенту концентрации, показателю химического загрязнения осадков, экологической нагрузке загрязняющих веществ, абсолютной суммарной нагрузке всех примесей, выделяющихся из атмосферного воздуха при вымывании осадками. По данным показателям проведено ранжирование исследуемых территорий по зонам экологического неблагополучия с использованием существующих критериев оценки. В результате расчетов установлено, что исследуемые загрязняющие вещества разносятся на значительные расстояния от Сакмарской ТЭЦ, превышающие границы санитарно-защитной зоны предприятия. Следовательно, проживание людей в зоне загрязнения на расстоянии 1200 м от источника выброса в западном направлении от предприятия может сказаться на их здоровье.

Ключевые слова: снежный покров, концентрация загрязняющего вещества, коэффициент концентрации, показатель химического загрязнения осадков, экологическая нагрузка, суммарная экологическая нагрузка

ВВЕДЕНИЕ

Предприятия топливно-энергетического комплекса оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду и являются источником неизбежного риска для людей и природной среды [5]. Целью нашего исследования являются интегральная оценка степени загрязнения снежного покрова как индикатора состояния атмосферного воздуха и ранжирование территорий, прилегающих к предприятиям топливно-энергетического комплекса, а также выявление зон загрязнения, в которых, возможно, проживает городское население.

Одним из предприятий топливно-энергетического комплекса является Сакмарская ТЭЦ, которая входит в состав филиала «Оренбургский» ПАО «Т Плюс». Сакмарская ТЭЦ в качестве основного топлива использует природный газ, а в качестве резервного – масло и мазут¹. Она предназначена для тепло- и электроснаб-

жения жилищно-коммунального сектора и производственного комплекса города Оренбурга и располагается на северной окраине города². Исследуемая территория относится к зоне умеренно континентального климата, который переходит в резко континентальный. Данный факт оказывает непосредственное влияние на резкое колебание среднегодовой температуры. В связи с этим отмечается недостаточность атмосферных осадков, и, как следствие, загрязняющие вещества длительное время пребывают в атмосферном воздухе.

Для проведения оценки экологического состояния территорий, прилегающих к Сакмарской ТЭЦ, в качестве индикатора были использованы атмосферные осадки в виде снега [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для отбора проб снежного покрова были организованы пункты наблюдения с учетом среднего-

дового направления ветра г. Оренбурга и размера санитарно-защитной зоны предприятия (500 м). Приоритетным направлением ветра в г. Оренбурге за зимний период 2015/16 года является восточное. В связи с этим три пробы снежного покрова отобраны с западной (наветренной) стороны предприятия «Сакмарская ТЭЦ», еще три пробы взяты с восточной (подветренной) стороны предприятия. Причем две пробы были взяты на границе санитарно-защитной зоны, то есть на расстоянии 500 м от предприятия, остальные были отобраны на расстоянии 1000 и 1500 м с западной и восточной сторон от промплощадки предприятия. Контрольные образцы проб (фоновые пробы) были отобраны в Ташлинском районе на расстоянии 150 км от источника выбросов.

Химический анализ на содержание в отобранных пробах вредных веществ осуществлялся с помощью титриметрического и фотоколориметрического методов. Титриметрическим методом было выявлено содержание в пробах хлорид-ионов, ионов кальция, магния, карбонат- и гидрокарбонат-ионов, сульфид- и гидросульфид-ионов. Фотоколориметрическим методом были определены концентрации ионов цинка, железа, меди, аммония и сульфат-ионов. Также было определено значение рН каждой пробы при помощи иономера И-160МИ и содержание взвешенных веществ гравиметрическим методом [2].

Коэффициент концентрации учитывает токсичность загрязняющих веществ по отношению к фоновым территориям:

$$K_{ci} = C_i / C_{\phi i}, \quad (1)$$

где K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества; C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/л; $C_{\phi i}$ – фоновая концентрация i -го загрязнителя, мг/л.

При исследовании антропогенного воздействия веществ необходимо производить комплексную оценку степени загрязнения атмосферных осадков ($ПХЗ_{oc}$) по показателю химического загрязнения:

$$ПХЗ_{oc} = \sum_{i=1}^n K_{ci}, \quad (2)$$

где $ПХЗ_{oc}$ – показатель химического загрязнения атмосферных осадков; K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества; n – число определяемых примесей.

Ранжирование территорий по показателю $ПХЗ_{oc}$ было произведено согласно критериям, представленным в табл. 1.

Оценку качества территории по экологическим нагрузкам на почву через атмосферные осадки проводили через дифференциальные и интегральные параметры по трем схемам:

- по абсолютной нагрузке отдельной i -й примеси (N_i);
- по абсолютной суммарной нагрузке всех примесей, выделяющихся из атмосферного воздуха ($N_{сум}$);
- по относительной суммарной нагрузке, отнесенной к фоновой нагрузке (A) [3].

Ранжирование территории по экологическому неблагополучию по суммарным экологическим нагрузкам проводят согласно критериям, представленным в табл. 2.

По коэффициенту превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ можно судить о стадии трансформации экосистемы. Критерии оценки представлены в табл. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным проекта «Предельно допустимый выброс Сакмарской ТЭЦ», за 2015 год на предприятии образовалось 11054,17 тонны загрязняющих веществ³. Перечень основных загрязняющих веществ представлен в табл. 4.

Перечень загрязняющих веществ Сакмарской ТЭЦ включает 35 наименований [4], из них приоритетной примесью по массе выброса является диоксид азота, на долю которого приходится 45,57 %, на втором месте оксид углерода – 23,89 %, на третьем месте диоксид серы – 23,05 %⁴.

Количественная мера загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферный воздух, не учитывает их класс опасности, следовательно, для оценки степени воздействия Сакмарской ТЭЦ на атмосферный воздух был проведен расчет категории опасности предприятия (КОП)⁵. Установлено, что наиболее токсичной примесью в выбросах является диоксид азота, на его долю приходится 98,82 % значения КОП, на втором месте – углеводороды $C_{12} - C_{19}$ (0,65 %), на третьем – диоксид серы (0,41 %).

Согласно нашим расчетам, значение категории опасности предприятия для Сакмарской ТЭЦ составляет $386,1 \times 10^6$ м³/с. В соответствии с установленной классификацией исследуемое предприятие относится к I категории опасности, так как значение КОП от $31,7 \times 10^6$ м³/с и более [4]. Однако согласно списку П-4.2 СанПиН 2.2.1/2.1.1 1200-03, исследуемое предприятие, которое для выработки и тепло-, и электроэнергии сжигает

Критерии оценки экологического состояния компонентов окружающей среды [3]

Показатели	Параметры			
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Критическая экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
рН	от 5,0 до 5,6	от 5,7 до 6,5	от 6,5 до 7,0	7,0 и выше
ПХЗ _{oc}	более 100	от 50 до 100	от 1 до 50	менее 1

Таблица 1

Таблица 2
Критерии оценки качества территории по суммарным экологическим нагрузкам [3]

Характеристика территории	Значение суммарной экологической нагрузки
Сравнительно чистая территория	от 0 до 50 т/км ² -год
Умеренно загрязненная территория	от 50 до 100 т/км ² -год
Сильно загрязненная территория	от 100 до 200 т/км ² -год
Территория с превышением предельно допустимой нагрузки	более 200 т/км ² -год

Таблица 3
Стадии трансформации экосистемы [3]

Коэффициент превышения экологических нагрузок над фоновым значением	Стадия трансформации экологической системы
От 1,5 до 2,0	выпадение чувствительных видов
От 2,7 до 4,0	структурные перестройки экологической системы
От 6,0 до 7,0	частичное разрушение экологической системы
10 и выше	полное разрушение экологической системы

газообразное топливо, приравнивается ко II классу опасности, и размер санитарно-защитной зоны составляет 500 м.

Во всех организованных пунктах наблюдения были отобраны пробы снежного покрова и проведен химический анализ полученной талой воды. Результаты химического анализа представлены в табл. 5 и 6.

Ранжирование территории по величине рН показало, что все исследуемые территории относятся к зонам с относительно удовлетворительной

экологической ситуацией (согласно критериям оценки, представленным в табл. 1), так как значения лежат в интервалах 7,4–7,5.

Анализ данных табл. 6 показал, что на всех исследуемых территориях, прилегающих к ТЭЦ, приоритетным загрязнителем в снежном покрове по концентрации являются гидрокарбонат-ионы. Максимальная концентрация гидрокарбонат-ионов наблюдается в восточном направлении и значения концентрации находятся в интервале от 111,3 до 145,2 мг/л, на втором месте – взвешенные вещества (от 66,68 до 214 мг/л), на третьем – хлорид-ионы (от 38,31 до 65,6 мг/л), максимальные концентрации которых также наблюдаются в восточном направлении. Резкое увеличение концентрации загрязняющих веществ на расстоянии 1500 м можно объяснить тем, что рядом проходят железнодорожные пути, которые являются дополнительным источником загрязнения данной местности.

Далее были рассчитаны коэффициенты концентрации по формуле 1 (табл. 7).

При анализе выявлено, что приоритетной примесью по коэффициенту концентрации являются взвешенные вещества в восточном направлении, их значения находятся в интервале 9,95–32,02. После взвешенных веществ следуют сульфат-ионы и ионы кальция, значения которых находятся в интервале 13,75–16,41 и 7,62–28,6 соответственно.

Для определения экологического состояния прилегающей территории был рассчитан суммарный показатель химического загрязнения снежного покрова ($ПХЗ_{oc}$) по формуле 2 [3]. Согласно рассчитанным значениям суммарного показателя

Таблица 4
Ранжирование загрязняющих веществ Сакмарской ТЭЦ по массе и токсичности

№ п/п	Наименование вещества	Класс опасности	Валовый выброс, т/год	Доля, %	КОВ, м ³ /с	Доля, %
1	Азота диоксид	2	5037,4	45,57	381563759,1	98,8
2	Углерода оксид	4	2641,4	23,89	10027,7	0,003
3	Серы диоксид	3	2547,5	23,05	1615120,5	0,41
4	Азота оксид	3	818,6	7,4	432480,5	0,01
5	Мазутная зола	2	5,3	0,048	–	–
6	Масло минеральное	–	2,1	0,019	–	–
7	Углеводороды C ₁ – C ₅	–	1,8	0,016	–	–
8	Углеводороды C ₆ – C ₁₀	–	0,6	0,005	–	–
9	Углеводороды C ₁₂ – C ₁₉	4	0,4	0,003	2507109,9	0,65
10	Взвешенные вещества	3	0,3	0,003	70,2	0,001
11	Другие вещества	–	1,5	0,014	–	–
ИТОГО		–	11050,5	100	386128567,8	100

Таблица 5
Влияние выбросов Сакмарской ТЭЦ на значение рН проб талой воды

Направление	Фоновое значение рН	Значения рН талой воды на различных расстояниях от Сакмарской ТЭЦ, м		
		500	1000	1500
Восточное	7,1	7,26	7,63	7,36
Западное		7,43	7,53	7,53

Таблица 6

Концентрация загрязняющих веществ в пробах талой воды

Наименование вещества	Фоновая концентрация $C_{ф}$, мг/л	Концентрация загрязняющих веществ в различных направлениях от Сакмарской ТЭЦ, мг/л					
		западное направление, м			восточное направление, м		
		500	1000	1500	500	1000	1500
Взвешенные вещества	6,7	86,89	80,22	157,22	116	66,68	214,6
Хлорид-ионы	8,1	51,84	41,16	33,81	38,31	47,33	65,36
Ионы аммония	0,7	0,052	0,089	0,075	0,061	0,057	0,084
Гидрокарбонат-ионы	29,5	145,2	140,39	67,78	140,4	111,3	145,2
Гидросульфид-ионы	1,09	2,54	3,30	3,59	2,8	3,3	3,38
Сульфат-ионы	0,12	1,89	2	1,44	1,76	1,65	1,97
Ионы цинка	0,01	0,005	0,002	0,0002	0,005	0,004	0,001
Ионы кальция	0,5	3,49	2,54	2,54	4,44	3,81	14,3
Ионы магния	0,3	1,14	0,81	0,8048	0,95	0,76	4,5
Ионы железа	0,1	0,1672	0,15	0,105	0,175	0,169	0,181
Ионы меди	0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Таблица 7

Коэффициент концентрации загрязняющих веществ в пробах талой воды

Наименование вещества	Коэффициент концентрации загрязняющих веществ в различных направлениях от Сакмарской ТЭЦ					
	западное направление, м			восточное направление, м		
	500	1000	1500	500	1000	1500
Взвешенные вещества	12,96	11,97	23,46	17,31	9,95	32,02
Хлорид-ионы	6,4	5,08	4,17	4,72	5,84	8,06
Ионы аммония	0,0743	0,127	0,107	0,087	0,081	0,12
Гидрокарбонат-ионы	4,93	2,29	2,29	4,75	3,77	4,9
Гидросульфид-ионы	2,33	3,03	3,29	2,56	3,02	3,1
Сульфат-ионы	15,75	16,67	12	14,67	13,75	16,41
Ионы цинка	0,5	0,2	0,02	0,5	0,4	0,1
Ионы кальция	6,98	5,08	5,08	8,88	7,62	28,6
Ионы магния	3,8	2,68	2,68	3,16	2,53	15
Ионы железа	1,67	1,51	1,05	1,75	1,69	1,81
Ионы меди	0,4	0,25	0,22	0,3	0,3	0,4
ПХЗ _{св}	55,79	48,88	54,36	58,68	48,95	65,42

химического загрязнения снежного покрова, на всех исследованных территориях (см. табл. 7) наблюдаются чрезвычайная экологическая и критическая экологическая ситуации. Причем в западном и восточном направлениях на расстоянии 1000 м от источника выброса складывается критическая экологическая ситуация, на всех остальных исследованных территориях – чрезвычайная экологическая ситуация.

Далее был проведен расчет экологической нагрузки загрязняющих веществ по формуле 3 и суммарные экологические нагрузки по формуле 5 (табл. 8).

В результате проведенных расчетов было установлено, что максимальные нагрузки на всех исследуемых территориях, прилегающих к Сакмарской ТЭЦ, в зимний период года оказывают гидрокарбонат-ионы. Максимальная нагрузка гидрокарбонат-ионов наблюдается в восточном направлении (40,75–71,75 т/км²-год), на втором месте – взвешенные вещества (26,72–80,31 т/км²-год), на третьем – хлорид-ионы (15,35–26,19 т/км²-год). Следовательно, загрязняющие вещества

рассеиваются в приоритетном направлении ветра от территории города Оренбурга.

Для ранжирования территории по суммарным экологическим нагрузкам по всем исследуемым загрязняющим веществам использованы критерии оценки, представленные в табл. 2.

Таким образом, из значений суммарных экологических нагрузок, представленных в табл. 8, видно, что все исследуемые территории, прилегающие к Сакмарской ТЭЦ, относятся к сильно загрязненным (значения суммарных экологических нагрузок находятся в интервале от 100 до 200 т/км²-год), за исключением точки на расстоянии 1000 м в восточном направлении, которую можно отнести к умеренно загрязненным (значения суммарных экологических нагрузок находятся в интервале от 50 до 100 т/км²-год).

На фоновой территории суммарная экологическая нагрузка равна 48,84 т/км²-год, следовательно, это сравнительно чистая территория, согласно критериям оценки, представленным в табл. 2.

При расчете коэффициента превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ над

Экологические нагрузки загрязняющих веществ в пробах талой воды

Таблица 8

Наименование вещества	Экологические нагрузки загрязняющих веществ в различных направлениях от Сакмарской ТЭЦ, т/км ² -год					
	западное направление, м			восточное направление, м		
	500	1000	1500	500	1000	1500
Взвешенные вещества	38,31	48,23	80,31	46,49	26,72	86,02
Хлорид-ионы	22,86	24,75	17,27	15,35	18,97	26,19
Ионы аммония	0,0227	0,0533	0,0382	0,024	0,023	0,034
Гидрокарбонат-ионы	63,57	71,75	40,75	56,27	44,61	58,2
Гидросульфид-ионы	1,12	1,98	1,83	1,12	1,3	1,35
Сульфат-ионы	0,8333	1,2	0,7359	0,7	0,66	0,78
Ионы цинка	0,002	0,001	< 0,001	0,002	0,002	< 0,001
Ионы кальция	1,54	1,78	1,53	1,78	1,53	5,73
Ионы магния	0,5	0,72	0,483	0,38	0,3	1,8
Ионы железа	0,07	0,09	0,05	0,07	0,07	0,07
Ионы меди	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
N _{сум}	128,8	150,6	143,0	122,2	94,2	180,2

Таблица 9

Влияние выбросов Сакмарской ТЭЦ на коэффициент превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ

Направление	Значения коэффициентов превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ над фоновыми значениями в различных расстояниях от Сакмарской ТЭЦ, м		
	500	1000	1500
Восточное	2,5	1,9	3,6
Западное	2,6	3,1	2,9

фоновыми значениями (табл. 9) выявлено, что на расстоянии 1000 м в восточном направлении наблюдается выпадение чувствительных видов согласно критериям, представленным в табл. 3, на всех остальных исследуемых территориях происходят структурные перестройки экологических систем [1].

В результате всех проведенных расчетов видно, что исследуемые загрязняющие вещества разносятся на значительные расстояния от Сакмарской ТЭЦ, превышающие границы санитарно-защитной зоны предприятия. Следовательно, проживание людей в зоне загрязнения на расстоянии 1200 м от источника выброса в западном

направлении от предприятия может сказаться на их здоровье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по суммарной нагрузке и коэффициенту превышения нагрузок загрязняющих веществ над фоновыми значениями можно проводить оценку качества территорий, прилегающих к источнику загрязнения природной среды. По суммарным экологическим нагрузкам можно оценить уровень экологического неблагополучия, а по коэффициенту превышения экологических нагрузок – выбрать приоритетные примеси и спрогнозировать стадию трансформации экосистемы.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Сакмарская ТЭЦ ПАО «Т Плюс» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.tplusgroup.ru/org/orenburg/organization/sakmarskaia-chnp> (дата обращения 01.12.2016).

² Программы и данные по испытаниям котельного цеха Сакмарской ТЭЦ.

³ Проект «Предельно допустимый выброс Сакмарской ТЭЦ».

⁴ Форма государственной отчетности 2ТП-воздух Сакмарской ТЭЦ за 2015 год.

⁵ Проект ПДВ и программа воздухоохраных мероприятий. Оренбург: ОГУ, 1996.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куксанов В. Ф., Шайхутдинова А. А. Комплексная оценка влияния золоотвала Кумертауской ТЭЦ на экосистемы // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 7 (103). С. 36–42.
2. Тарасова Т. Ф., Гончар Л. Г., Зинюхин Г. Б. Мониторинг водных объектов. Оренбург: ОГУ, 2004. 55 с.
3. Цыцура А. А., Куксанов В. Ф., Бондаренко Е. В. Транспортно-дорожный комплекс и его влияние на экологическую обстановку города Оренбурга. Оренбург: ОГУ, 2002. 161 с.

4. Чекмарева О. В., Шабанова С. В., Бударников О. Е. Промышленная экология. Оренбург: ОГУ, 2008. 115 с.
5. Шайхутдинова А. А. Система экологического мониторинга как фактор устойчивого развития предприятия. Оренбург: ОГИМ, 2013. 148 с.

Shaykhutdinova A. A., Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)

Chekmareva O. V., Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)

Markova O. S., Orenburg State University (Orenburg, Russian Federation)

SNOW COVER ECOLOGICAL STATE ASSESSMENT OF THE TERRITORY ADJACENT TO SAKMARSKAYA CHP PLANT IN ORENBURG

An integrated assessment of the degree of the snow cover pollution, as an indicator of the state of the atmospheric air, and a subsequent ranking of the areas adjacent to Sakmarskaya CHP plant (Orenburg) are presented. Priority pollutant masses and their toxicity are analyzed. A degree of the enterprise's danger level is calculated. Selected samples of the snow cover were investigated for the content of harmful substances using titrimetric, photocolometric, and gravimetric methods. The ecological quality of the areas adjacent to stationary sources of pollution was evaluated. The assessment was calculated by the ratio of pollutant concentration, by the level of chemical pollution in precipitations, by the environmental load of contaminants, and by the total load of all impurities released by the sediment detachment into the atmospheric air in focus. According to these indicators, the ranking of studied territories in the zones of ecological challenge was conducted based on the existing evaluation criteria. In the course of our research it was established that all investigated pollutants were dispersed over considerable distances from Sakmarskaya CHP plant and crossed the sanitary-protective zone of the enterprise. Therefore, the health of the people residing in the western direction from the plant's location could be seriously affected. The area of contamination covers the territory of 1200 m from the source of emission.

Key words: snow cover, pollutants' concentration, concentration ratio, indicator of the sediments' chemical contamination, ecological burden, total environmental load

REFERENCES

1. Kuksanov V. F., Shaykhutdinova A. A. Complex estimation of ash-bin influence on ecosystems at Kumertay thermal power station [Kompleksnaya otsenka vliyaniya zolootvala Kumertayskoy TETs na ekosistemy]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2009. № 7 (103). P. 36–42.
2. Tarasova T. F., Gonchar L. G., Zinyukhin G. B. *Monitoring vodnykh ob'ektov* [Monitoring of water bodies]. Orenburg, OGU Publ., 2004. 55 p.
3. Tsytsura A. A., Kuksanov V. F., Bondarenko E. V. *Transportno-dorozhnyy kompleks i ego vliyanie na ekologicheskuyu obstanovku goroda Orenburga* [Transportation and road complex and its impact on the environment of the city of Orenburg]. Orenburg, OGU Publ., 2002. 161 p.
4. Chekmareva O. V., Shabanova S. V., Bударников O. E. *Promyshlennaya ekologiya* [Industrial Ecology]. Orenburg, OGU Publ., 2008. 115 p.
5. Shaykhutdinova A. A. *Sistema ekologicheskogo monitoringa kak faktor ustoychivogo razvitiya predpriyatiya* [Environmental monitoring system as a factor of sustainable development of the enterprise]. Orenburg, OGIM Publ., 2013. 148 p.

Поступила в редакцию 11.10.2016

ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ВАПИРОВ

доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
vapirov@petsu.ru

ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ ФЕОКТИСТОВ

кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
feoktistov@petsu.ru

АНИ АРЦУНОВНА ВЕНСКОВИЧ

инженер по охране окружающей среды сектора охраны природы северного направления Центра охраны окружающей среды, Октябрьская железная дорога (Петрозаводск, Российская Федерация)
ajdanna@yandex.ru

НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА ВАПИРОВА

старший преподаватель кафедры общей химии Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
nadin@petsu.ru

К ВОПРОСУ О ПОВЕДЕНИИ КРЕМНИЯ В ПРИРОДЕ И ЕГО БИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ

Приведены данные по содержанию кремния в природных объектах и формам кремния в водных растворах. Проанализированы основные источники поступления кремния в организм человека и показано, что основной биодоступной формой этого элемента является ортокремниевая кислота, а различия в суточном поступлении кремния в организме определяются рационом питания. Обобщены последние данные по содержанию кремния в организме человека и его биологической роли. Кремний связан с минерализацией костей и остеопорозом, синтезом коллагена и старением кожи, состоянием волос и ногтей, а также атеросклерозом. Показан антагонизм кремния к некоторым элементам и высказано мнение о возможной роли кремния в выведении алюминия из организма. Показана необходимость уточнения санитарно-гигиенических нормативов кремния в питьевой воде.

Ключевые слова: кремний, содержание кремния в организме человека, биологическая роль кремния

Кремний по праву называют королем «неорганического» мира. По содержанию в земной коре этот элемент уступает первенство только кислороду. Содержание кремния в литосфере составляет около 30 %, а это означает, что каждый шестой атом земной оболочки толщиной в 16 километров является кремнием. В элементном состоянии кремний в природе не встречается. Наибольшее содержание в земной коре кислорода и кремния, а также большое сходство этих элементов друг к другу определяют тот факт, что соединения кремния с кислородом является основной структурной единицей кристаллического вещества земной коры.

В верхних слоях литосферы кремний накапливался в процессе выплавления. В природных соединениях кремний присутствует в степени окисления +4 и входит в состав катионной и анионной частей соединений, образуя кристаллические и аморфные разновидности кремний-кислородных соединений – кремнеземов, силикатов и алюмосиликатов в сочетании с другими

химическими соединениями. Поэтому кремний является основой множества минералов, начиная от гранитов и заканчивая горным хрусталем и другими драгоценными и полудрагоценными камнями.

В мантии концентрация кремния составляет около 19 %, базальтах – 24 %, гранитах – 32 %, а в осадочных породах – 44,03 % [5].

Содержание кремния в гидросфере в среднем составляет 5 мг/л [4]. Установлено, что в водном растворе присутствуют кремниевые кислоты ($\text{SiO}_2 \cdot (0,5-2,0)\text{H}_2\text{O}$), среди которых только одна находится в мономерной форме – это ортокремниевая кислота (H_4SiO_4). Ортокремниевая кислота относится к очень слабым кислотам: $K_{a(1)} = 10^{-10}$, $K_{a(2)} = K_{a(3)} = 10^{-12}$. В свободном состоянии эта кислота не выделяется, так как подвергается поликонденсации. Соединяясь между собой, молекулы ортокремниевой кислоты в растворе образуют димеры, тримеры и олигомеры. В течение длительного времени хранения, а также при увеличении концентрации кремниевые

кислоты неустойчивы и легко конденсируются с образованием поликремниевых кислот. Конечный продукт представляет собой желеобразный осадок, а именно гидратированный кремнезем, который часто называют коллоидной кремниевой кислотой или гидратированным силикагелем. В результате обезвоживания гидратированного силикагеля образуется аморфный диоксид кремния [31].

Предел растворимости ортокремниевой кислоты составляет менее 2 ммоль/л. Основная часть кремния в гидросфере приходится на ортокремниевую кислоту; в небольшом количестве, особенно в морской воде, присутствуют также водорастворимые силикаты. Основным источником кремниевых кислот в природных водных растворах является природный аморфный кремнезем, растворимость которого более чем на порядок выше растворимости кварца [4], [10].

Кремний и углерод являются групповыми, типовыми и полными электронными аналогами. Эти два элемента IV группы периодической системы Д. И. Менделеева стали первоосновой двух противоположных субстанций: кремний – неживой, а углерод – живой природы. Первооснова кремния в неживой природе так доминировала в научных взглядах, что его биологическая роль длительное время не только не рассматривалась, но и отрицалась вообще. Это подкреплялось еще и тем, что среди органических производных кремния долгое время не было установлено соединений, которые бы обладали физиологической активностью. В настоящее время достоверно установлено, что кремний играет важную роль в физиологических процессах живых организмов.

Инвариантность положения кремния в периодической системе химических элементов определяет ряд его особенностей, а также отличительные характеристики этого элемента от предшественника по группе – углерода. Увеличение атомного радиуса от углерода к кремнию приводит к ослаблению у последнего $p_{\pi}-p_{\pi}$ – перекрывания орбиталей, вследствие чего энергия связи Si-Si и длина цепей Si_n уменьшается. Вместе с этим уменьшается устойчивость кратных связей Si=Si, Si≡Si и в целом способность к образованию кратных связей с другими элементами. К тому же наличие вакантных d-орбиталей кремния определяет возможность расширения его валентности и координационного числа, а также делает возможным образование химических связей по донорно-акцепторному механизму. Все эти особенности должны сказаться на физиологических функциях кремния как биогенного элемента.

ИСТОЧНИКИ КРЕМНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗМА

Ежедневная рекомендованная доза кремния для организма человека не определена, вместе с тем принято считать, что она должна быть на уровне 20–30 мг, что соответствует 0,28–0,43 мг

на kg^{-1} массой тела человека в 70 кг. Методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08 «Рациональное питание. Нормы потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» впервые установлен рекомендованный уровень потребления кремния, который для взрослых составляет 30 мг в сутки. Что же касается верхнего предела потребления кремния, то в этом документе он отсутствует.

Источниками кремния для организма человека являются вода, продукты питания, воздух, биологические добавки и лекарственные препараты.

Концентрация кремния в питьевых источниках может очень сильно отличаться и определяется особенностями водоносного горизонта [6], [35]. Источником кремния в природных водах являются подвергающиеся выветриванию горные породы и минералы почвы. В [3] приводятся данные, что среднее содержание кремния в речных водах составляет 13,1 мг/л, в речной воде, соприкасающейся с вулканическими туфами, концентрация SiO_2 достигает 50 мг/л. Очень сильно концентрация кремния варьирует в озерной воде и в большинстве случаев содержание SiO_2 укладывается в пределах 1–15 мг/л, однако в озерах центральной Америки эта величина достигает 50 мг/л.

Содержание кремния в питьевой воде в Российской Федерации регламентировано и составляет 10 мг/л. В 80 % водоемов Республики Карелия содержание растворенного в воде кремния изменяется от < 0,1 до 2,2 мг/л. Минимальная концентрация кремния присутствует в озерах с преобладанием атмосферного питания [11]. На территории Чувашской Республики выявлены «кремниевые» провинции с содержанием кремния в природных водах более 20 мг/л [12]. Некоторые минеральные воды содержат достаточно много кремния. Так, в минеральной воде «Боржоми» его содержание составляет 46 мг/л, а в минеральных водах Абхазии и Южной Осетии – 58 мг/л и 66 мг/л соответственно [3]. Неравномерное распределение кремния в питьевой воде наблюдается в Англии, где южные провинции характеризуются высоким, а северные низким содержанием этого элемента [26]. Минеральные воды кремниевых источников острова Фиджи содержат 86 мг/л кремния [30], высоким содержанием кремния отличается и минеральная вода «Джермук» (Армения), концентрация кремния в которой доходит до 112 мг/л. В природных терминальных источниках содержание кремния достигает 200 мг/л [6].

Вино и пиво также богаты кремнием, который находится в них в биодоступной форме в составе ортокремниевой кислоты.

Приведенные данные указывают не только на различные концентрации кремния в воде, но, учитывая, что в водных растворах устанавлива-

ется динамическое равновесие между мономерными, олигомерными и полимерными формами кремниевых кислот, могут свидетельствовать о различных вкладах этих форм в разных водах.

С водой в организм человека ежедневно поступает 20–30 % суточного потребления кремния, а его биодоступность из воды составляет 50–80 %. Это определяется тем, что в воде кремний находится в разных формах. Наиболее легко диффундирует через мембраны и проникает в кровеносную систему ортокремниевая кислота. Что же касается поликислот, то их малая подвижность и большие размеры ограничивают их всасывание [26], [27]. В исследованиях на крысах не было обнаружено отличий в концентрациях кремния в костях при добавлении и без добавления кремния в питьевую воду [25].

С питьевой водой в организм могут поступать и диатомовые водоросли, эти факты описаны в монографии [1] у некоторых жителей Казахстана. Большое количество указанных организмов, оседающих в складках слизистой оболочки ЖКТ, могут вызывать микротравмы эпителия с последующим развитием воспалительных процессов. Помимо этого, вредное влияние диатомей может быть обусловлено и избыточным влиянием на организм кремнезема.

Среди продуктов питания наиболее существенными источниками кремния являются продукты растительного происхождения: пшеница, овес, ячмень, рис, кукуруза. Высокое содержание кремния в зеленых бобах, стручковой фасоли, шпинате, кориандре и др. [13], [21].

Особенностями рациона питания определяют различия в суточном поступлении кремния в организм. Эти показатели могут существенно отличаться не только у жителей разных регионов одной страны, но и различаться между жителями разных государств и континентов. Так, например, ежесуточное поступление кремния в организм человека жителей Китая и Индии, основным продуктом рациона которых является рис, в разы отличается от этого показателя у жителей европейских государств (таблица).

Ежесуточное поступление кремния в организм

Страна	Si (мг)	Источник
Финляндия	29	Jurkic [28]
Великобритания	20–50	Jurkic [28]
Европейские страны	16–62	Jugdaohsingh [26]
США	30–33(м) 24–25(ж)	Jurkic [28]
Китай	139	Jugdaohsingh [26]
Индия	143–204	Jugdaohsingh [26]

Следует отметить, что в литературе отсутствуют данные о содержании кремния в продуктах питания жителей различных регионов Рос-

сийской Федерации, а также расчетные данные поступления кремния в организм.

Соединения кремния из пищевых продуктов, наиболее вероятно, под действием соляной кислоты в желудке превращаются в доступную для организма ортокремниевую кислоту, которая легко диффундирует через мембраны [17]. Несмотря на то, что растительная пища имеет высокое содержание кремния, его биодоступность очень ограничена из-за плохой растворимости присутствующих в ней форм кремния [31]. В целом наиболее биодоступная форма кремния в виде ортокремниевой кислоты содержится в продуктах, богатых клетчаткой, цельных злаках, фруктах и питьевой воде [17].

СОДЕРЖАНИЕ КРЕМНИЯ В ОРГАНИЗМЕ, ВСАСЫВАНИЕ И ВЫВЕДЕНИЕ

Кремний содержится во всех тканях и органах растений, животных и человека [4], [8], [21]. Общее содержание кремния у человека массой 70 кг составляет от 140 до 700 мг, поэтому этот элемент занимает третье место среди наиболее распространенных микроэлементов после цинка и железа. Наиболее богатыми кремнием являются соединительные ткани аорты, трахеи, сухожилия, кость, кожа и эпидермальные образования. Содержание кремния в коже человека составляет 49,5 мкг/г, в волосах – 42 мкг/г, а ногтях – 26,12 мкг/г. Высокое содержание кремния зафиксировано в зубной эмали человека (242 мг/кг сухой массы) и в эпифизе бедренной кости обезьян (453,6 мг/кг сухой массы).

В крови кремний присутствует в виде свободной ортокремниевой кислоты, которая не связана с белками. Концентрация этой кислоты может достигать от 50 до 200 мкг/л и зависит от содержания кремния в рационе питания [17]. По данным [19], [22], содержание кремния в сыворотке крови составляет 500–600 мкг/л, а в [16] его максимальный уровень, зафиксированный методом абсорбционной спектрометрии, оказался равным 310 мкг/л.

Интересно, что с возрастом содержание кремния в соединительной ткани уменьшается. В [1] приводятся данные, что в аорте и коже кроликов с возрастом происходит снижение концентрации кремния примерно в 5 раз, а в коже свиней до 10 раз. Такая динамика кремния может иметь определенное отношение к атеросклерозу. У человека происходит снижение концентрации кремния в аорте не только с возрастом, но и по мере развития атеросклероза [1]. Уменьшение концентрации кремния с возрастом особенно наблюдается у женщин [16]. Интересно, что уровень кремния в плазме беременных женщин снижается и составляет 33–43 мкг/л, в то время как у младенца этот показатель находится на уровне 340–690 мкг/л. Подобный факт снижения концентрации эссенциального элемента селена наблюдался

в крови у беременных женщин. Эти данные говорят о том, что плод активно потребляет все необходимые ему элементы из организма матери, а в период беременности, возможно, необходима усиленная терапия, направленная на восполнение конкретных эссенциальных элементов.

Установлено, что ортокремниевая кислота является основным легкодоступным источником кремния для организма человека, в то время как всасываемость полимерных форм растворенного кремния незначительна. В экспериментах на добровольцах показано, что 53 % поглощенной ортокремниевой кислоты выводится с мочой, в то время как при приеме внутрь полимерной кремниевой кислоты наблюдается лишь незначительное увеличение кремния в моче.

Точное место, где кремниевая кислота всасывается из желудочно-кишечного тракта, не установлено. Ортокремниевая кислота из крови распределяется по разным органам и тканям.

Основным путем экскреции кремния является путь через почки, при этом уровень кремния в сыворотке крови коррелирует с его уровнем в моче [15]. J. F. Popplewell с соавторами [33] провели эксперимент с радиоактивными изотопами по изучению всасывания и выведения кремния с мочой. Установлено, что та часть кремния, которая удерживается во внеклеточной жидкости, выводится быстро. Процесс поглощения этого элемента клеткой и выведения внутриклеточно кремния с мочой является медленным. Около 70–80 % кремния из плазмы крови выводится почками в течение 3–8 часов [33].

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СОДЕРЖАНИЕ КРЕМНИЯ В ОРГАНИЗМЕ

Известно, что степень всасывания микроэлементов определяется минеральными компонентами рациона питания. В случае кремния следует в первую очередь учесть наличие в рационе соединений тех элементов, которые способны снизить растворимость соединений кремния. Так, кремниевая кислота способна к образованию нерастворимых силикатов железа, кальция, магния, алюминия, а также с рядом других тяжелых металлов. Все эти факторы определяют и биодоступность кремния из питьевой воды. В [9] проведен эксперимент, в котором экспериментальные животные получали одинаковое количество кремния с питьевой водой разной жесткости (от 0,463 до 7,28 мг-экв/л). При этом содержание кремния в сыворотке крови оказалось выше у животных, которые получали мягкую воду, по сравнению с животными, получавшими жесткую. Этот эксперимент может свидетельствовать о том, что в мягкой воде кремний присутствует в доступной форме по сравнению с жесткой.

Физиологический антагонизм установлен между кремнием и молибденом. При включении

в рацион крыс молибдена наблюдается снижение концентрации кремния в плазме крови, органах и тканях. Важно отметить, что включение в рацион кремния, в свою очередь, приводит к существенному снижению в крови молибдена [1].

Особенно хотелось бы обратить внимание на антагонизм между кремнием и алюминием. В настоящее время установлено, что алюминий оказывает токсическое действие на организмы растений, животных и человека. В растениях токсичность алюминия проявляется в недоразвитии корневой системы. В организме человека алюминий вызывает нарушение нервной деятельности (старческая деменция по типу Альцгеймера, амиотрофический латеральный синдром по типу болезни Паркинсона) [23]. Анализ токсического действия алюминия и вероятные причины связывания алюминия кремнием приведены в обзоре [17]. Острая токсичность алюминия наиболее вероятно определяется способностью катионов этого металла связывать такие важные биологические лиганды, как фосфаты в мембранах, ДНК и АТФ. Что же касается кремния, то его антагонизм по отношению к алюминию можно объяснить как снижением абсорбции алюминия в желудочно-кишечном тракте, так и способностью увеличивать экскрецию этого элемента почками. Интересно, что ортофосфорная кислота, содержащаяся в пиве, способствует выведению алюминия из организма. Мы разделяем точку зрения авторов [14], что этот процесс может быть связан с образованием в почечных канальцах гидроксид-алюмосиликатов, что предотвращает повторную абсорбцию алюминия. Возможность образования алюмосиликатов определяется почти одинаковыми размерами атомов алюминия и кремния.

О БИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ КРЕМНИЯ

Исчерпывающий обзор литературы по биохимии и токсикологии соединений кремния на период до 1978 года дан в монографии М. Г. Воронкова с соавторами «Кремний и жизнь» [3]. Подвергнутый анализу в этой монографии объем литературных источников поражает. К первой части монографии, в которой проанализирован кремний, начиная с низших организмов и заканчивая животными и человеком, приведено 4599 ссылок. Во второй части, посвященной биологическому действию соединений кремния, проанализировано 4628 литературных источников.

Считается, что природные соединения кремния сыграли важную роль в процессе зарождения жизни на Земле. Для образования сложных органических молекул в водном растворе необходима определенная концентрация веществ, которая была очень низкой в морской воде. Одной из версий создания необходимой концентрации является процесс адсорбции на поверхности силикатов и кремнезема органических веществ. Не исключено, что указанные адсорбенты одновре-

менно и катализировали процессы дальнейших превращений органических соединений. К тому же на глине, которая очень распространена в природе, могли протекать самопроизвольные процессы хроматографического разделения веществ, из которых формировалась жизнь [3].

Имеются данные, что силикагель, который образован в присутствии органического вещества, обладает «памятью». Память заключается в том, что после удаления органического вещества силикагель сохраняет повышенную избирательную способность по отношению к удаленному веществу. Весьма интересны и свойства силикагеля, сформированного в присутствии микроорганизмов и ферментов. Так, если формирование силикагеля происходило в присутствии *Bacillus mycoides*, то он ускоряет рост этих микроорганизмов, как и левый кварц. Если же силикагель образован в присутствии ферментов, то он проясняет свойства биокатализатора [3].

Вместе с научно обоснованными фактами необычных свойств соединений кремния в научной литературе можно встретить и данные, которые вообще не подкреплены даже научной гипотезой. Это относится к способности водных растворов, содержащих кремний, «перерабатывать (?) энергию света», «в десятки раз ускорять окислительно-восстановительные реакции в организме» и др. Истину очень осторожного использования сведений из Интернета следует распространять и на биологическую роль кремния в том числе.

К настоящему времени биологическая роль кремния до конца не изучена, однако имеющиеся по данному вопросу литературные данные указывают на то, что кремний связан с минерализацией костей и остеопорозом, синтезом коллагена и старением кожи, состоянием волос и ногтей, а также атеросклерозом [24].

Есть доказательства того, что кремний способен снижать общий уровень холестерина VLDL и холестерина LDL, а также существенно ингибировать процесс атеросклероза, вызванный высоким содержанием в пище холестерина [32], [36]. Противосклеротическое действие кремния проявляется в основном путем повышения проницаемости мембраны и основного вещества артерий.

В эксперименте на животных показано, что кремний увеличивает скорость минерализации и кальцификации костей подобно витамину D [18], [20]. Известно, что витамин D ускоряет минерализацию и формирование костной ткани, а его дефицит приводит к задержке развития костей. Однако в условиях дефицита кремния наблюдается низкий уровень кальцификации и образования коллагена независимо от уровня витамина D.

Очень интересные данные получены в [25]. Добавление кремния в питьевую воду существенно не отражалось на концентрации кремния в костях крыс. Авторы делают предположение, что для максимального усвоения кремния костной

тканью необходим витамин К. Витамин К играет важную роль в минерализации костной ткани вследствие карбоксилирования остеокальцина. Именно его дефицит, по-видимому, и может повлиять на невключение кремния в костную ткань.

В последних исследованиях [34] обнаружено, что кремний в форме ортокремниевой кислоты стимулирует синтез коллагена первого типа, остеобластов и фибробластов кожи, а также повышает уровень костной дифференцировки клеток MG-63 в пробирке. Роль ортокремниевой кислоты заключается в модулировании активности фермента пролилгидроксилазы, который участвует в выработке коллагена [29].

В литературе накоплен достаточный материал о патологических процессах, связанных с избыточным поступлением кремния в организм, однако такой анализ должен стать темой отдельного обзора.

К ВОПРОСУ О САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВАХ КРЕМНИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Предельно допустимая концентрация (ПДК) кремния в воде определена СанПиН 1.2.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества» и составляет 10 мг/л. При этом обращает на себя внимание, что в третьем разделе указанного СанПиН, в табл. 2, в которой приводятся содержания вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории РФ, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение, содержание кремния не регламентировано. ПДК по кремнию 10 мг/л приведена в указанном документе в табл. 3 и в приложении 2. В табл. 3 регламентировано содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения, и относится к активированной кремниевой кислоте. Необходимость разработки ПДК активированной кремниевой кислоты в воде возникла еще в СССР в 1960-х годах. Тогда в практику подготовки питьевой воды было внедрено использование активированной кремнекислоты в качестве флокулянта, которую получают обработкой силиката натрия серной кислотой. В приложении 2 приведены ПДК вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека, для кремния величина этого норматива установлена также 10 мг/л. Таким образом, из анализа СанПиН 1.2.4.1074-01 следует, что в нем отсутствуют какие-либо указания, разъяснения и нормы в отношении кремния природного происхождения.

Анализируя современную нормативную базу, В. Т. Мазаев и Т. Г. Шлепнина [7] отмечают, что в «Руководстве по контролю качества питьевой воды» (ВОЗ, Женева, 1987, 1994, 2004), а также

в «Директиве Совета ЕС относительно качества воды, предназначенной для потребления человеком», которая принята во всех странах ЕС, нет гигиенических нормативов по кремнию. Содержание кремния не находит отражения и в нормативных документах, регламентирующих химический состав питьевой воды Франции, Германии, Японии США. Воспроизводя расчеты класса опасности кремния в воде, авторы [7] приходят к выводу, что второй класс «высокоопасные вещества» в ГН 2.1.5.1315-03 установлен для кремния по формальным признакам и противоречит действительным фактам. В связи с этим авторы предлагают аннулировать в ГН позиции, связанные с нормативами по кремнию и его классом опасности. Авторы [2] также считают целесообразным привести нормативы РФ

по содержанию кремния в питьевой воде в соответствии с Руководством ВОЗ, директивами ЕС и другими документами. В письме Министерства здравоохранения РФ от 16 апреля 2013 года № 24-5-2041554 отмечается, что одна из причин того, что в мировой практике регулирования качества питьевой воды кремний не рассматривается как элемент, приоритетный для контроля в питьевой воде, может быть связана и с незначительным уровнем его содержания в водах. По данной теме в отношении РФ в настоящее время нельзя с уверенностью ответить на вопрос о целесообразности аннулирования ПДК кремния, скорее, речь может идти о коррекции норматива с учетом как особенностей действия кремния на организм человека, так и вклада его различных форм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А. и др. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Алексеев В. С., Болдырев К. А., Тесля В. Г. О необходимости пересмотра нормативного содержания кремния в питьевой воде // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 5. С. 56–60.
3. Воронков М. Г., Зелчан Г. И., Лукевиц Э. Я. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния. Рига: ЗИНАТНЕ, 1978. 587 с.
4. Воронков М. Г., Кузнецов И. Г. Удивительный элемент жизни. Иркутск: Вост.-сиб. кн. изд-во, 1983. 105 с.
5. Еремченко О. З. Учение о биосфере. Организованность биосферы и биогеохимические циклы. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2010. 104 с.
6. Камбалина М. Г. Атомно-абсорбционное определение содержания кремния в природных водах // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 3. С. 120–124.
7. Мазеев В. Т. Оценка степени санитарной опасности соединений кремния в природной и питьевой воде // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 7. С. 13–20.
8. Матыченко В. В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Пущино, 2008. 34 с.
9. Метельская Т. Н., Новиков Ю. В., Плитман С. И. и др. О нормировании кремния в питьевой воде // Гигиена и санитария. 1987. № 8. С. 19–21.
10. Неорганическая химия / Под ред. Ю. Д. Терентьева. М.: АКАДЕМИА, 2004. Т. 2. 366 с.
11. Озера Карелии: Справочник / Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 494 с.
12. Сапожников С. П. Влияние эколого-биохимических факторов среды обитания на функциональное состояние и здоровье населения Чувашии: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2001. 32 с.
13. Шазао А. А. Разработка технологий получения и изучения потребительских свойств БАД функционального назначения на основе краснозерного риса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2010. 26 с.
14. Bellia J. P., Birchall J. P., Roberts N. B. The role of silicic acid in the renal excretion of aluminium // Ann. Clin. Lab. Sci. 1996. Vol. 26. P. 227–233.
15. Berlyne G. M. et al. Silicon metabolism. I. Some aspects of renal silicon handling in normal man // Nephron. 1986. Vol. 43. P. 5–9.
16. Bissé E. et al. Reference values for serum silicon in adults // Anal Biochem. 2005. Vol. 337. P. 130–135.
17. Boguszewska-Czubara Anna, Kazimierz Pasternak. Silicon in medicine and therapy // J. Elem. 2011. P. 489–497.
18. Carlisle E. M. A relationship between silicon and calcium in bone formation // Fed Proc. 1970. Vol. 29. P. 565.
19. Carlisle E. M. // Biochemistry of the essential ultratrace elements / E. Frieden, ed. New York: Plenum Press, 1984. P. 257–291.
20. Carlisle E. M. Silicon: an essential element for the chick // Science. 1972. Vol. 78. P. 619–621.
21. Currie H. A., Perry C. C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies // Ann Bot. 2007. Vol. 100. P. 1383–1389.
22. Dobbie J. W., Smith M. J. B. The silicon content of body fluids // Scott Med. J. 1982. Vol. 27. P. 17–19.
23. Domingo J. L. Aluminium and other metals in Alzheimer's disease: a review of potential therapy with chelating agents // J. Alzheimers. Dis. 2006. Vol. 10. P. 331–341.
24. European Food Safety Authority. Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of silicon // The EFSA Journal. 2004. Vol. 60. P. 1–11.
25. Jugdaohsingh R. et al. Increased longitudinal growth in rats on a silicon-depleted diet // Bone. 2008. Vol. 43. P. 596–606.
26. Jugdaohsingh R. Silicon and bone health // J. Nutr. Health Aging. 2007. Vol. 11. № 2. P. 99–110.
27. Jugdaohsingh R. et al. Oligomeric but not monomeric silica prevents aluminium absorption in humans // Am. J. Clin. Nutr. 2000. Vol. 71. № 4. P. 944–949.
28. Jurkic L. M., Cepanec I., Pavelic S. K., Pavelic K. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid – releasing compounds: New perspectives for therapy // Nutrition & Metabolism. 2013. Vol. 10. № 2.
29. Keeting P. E. et al. Zeolite A increases proliferation, differentiation, and transforming growth factor production in normal adult human osteoblast like cells in vitro // J. Bone Miner. Res. 1992. Vol. 7. № 11. P. 1281–1289.

30. Li Zh and al. Absorption of silicon from artesian aquifer water and its impact on bonehealth in postmenopausal women: a 12 week pilot study // Nutrition Journal. 2010. Vol. 9. P. 44.
31. Munjas Lela, Jurkić Ivica Сепанец, Sandra Kraljević Pavelić, Krešimir Pavelić. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy // Nutr. Metab. (Lond.). 2013. Vol. 10. № 2.
32. Peluso M. R., Schneeman B. O. A food-grade silicon dioxide is hypocholesterolemic in the diet of cholesterol-fed rats // J. Nutr. 1994. Vol. 124. № 6. P. 853–860.
33. Popplewell J. F. et al. Kinetics of uptake and elimination of silicic acid by a human subject: a novel application of ³²Si and accelerator mass spectrometry // J. Inorg. Biochem. 1998. Vol. 69. № 3. P. 177–180.
34. Reffitt D. M. et al. Orthosilicic acid stimulates collagen type 1 synthesis and osteoblastic differentiation in human osteoblast-like cells in vitro // Bone. 2003. Vol. 32. № 2. P. 127–135.
35. Sivasankaran M. A. Nutrient concentration in groundwater of Pondicherry region // J. Environ Sci. Eng. 2004. Vol. 46. № 3. P. 210–216.
36. Wachter H. and al. Diatomaceous earth lowers blood cholesterol concentrations // Eur. J. Med. Res. 1998. Vol. 3. № 4. P. 211–215.

Vapirov V. V., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Feoktistov V. M., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)
Venskovich A. A., Russian Railways (Petrozavodsk, Russian Federation)
Vapirova N. V., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

ON SILICON'S BEHAVIOR AND ITS BIOLOGICAL ROLE IN NATURE

The research data on the content of silicon in natural objects and its forms in water solutions are provided. The main sources providing the human body with silicon are analyzed. Orthosilicon acid is the main bioavailable form of this element. Volumes of the daily intake of silicon by the organism are conditioned by the food ration. The latest data on the content of silicon in a human body and its biological role are generalized. Silicon is connected with the bones' mineralization process and osteoporosis, synthesis of collagen and skin aging, a state of hair and nails, and atherosclerosis. Antagonism of silicon to some elements is shown and the opinion on the possible role of silicon in the removal of aluminum from the human body is provided. The need to define sanitary and hygienic standards for the level of silicon in drinking water is proven.

Key words: silicon, content of silicon in a human body, biological role of silicon

REFERENCES

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A. i dr. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya* [Mikroelementoz of the person: etiology, classification, organopatologiya]. Moscow, Meditsina Publ., 1991. 496 p.
2. Alekseev V. S., Boldyrev K. A., Teslya V. G. On the need to review the normative content of silicon for drinking water [O neobkhodimosti peresmotra normativnogo soderzhaniya kremniya v pit'evoy vode]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2011. № 5. P. 56–60.
3. Voronkov M. G., Zelchan G. I., Lukevits E. Ya. *Kremniy i zhizn'. Biokhimiya, farmakologiya i toksikologiya soedineniy kremniya* [Silicon and life. Biochemistry, pharmacology and toxicology of compounds of silicon]. Riga, ЗИНАТНЕ Publ., 1978. 587 p.
4. Voronkov M. G., Kuznetsov I. G. *Udivitel'nyy element zhizni* [A surprising element of life]. Irkutsk, Vost.-sib. kn. izd-vo, 1983. 105 p.
5. Eremchenko O. Z. *Uchenie o biosfere. Organizovannost' biosfery i biogeokhimicheskie tsikly* [The theory of biosphere. The biosphere's organization and its biogeochemical cycles]. Perm, Permskiy gos. universitet Publ., 2010. 104 p.
6. Kamalina M. G. Atomic and absorbing determination of the content of silicon in natural waters [Atomno-absorbtsionnoe opredelenie soderzhaniya kremniya v prirodnykh vodakh]. *Izvetiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [News of the Tomsk polytechnical university]. 2012. Vol. 320. № 3. P. 120–124.
7. Mazaev V. T. Assessment of the degree of sanitary danger of compounds of silicon in natural and drinking water [Otsenka stepeni sanitarnoy opasnosti soedineniy kremniya v prirodnoy i pit'evoy vode]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2011. № 7. P. 13–20.
8. Matychenkov V. V. *Rol' podvizhnykh soedineniy kremniya v rasteniyakh i sisteme pochva – rastenie: Dis. ... d-ra biol. nauk* [The role of mobile silicon compounds in plants and the system the soil plant: abstract of the thesis of the Dr. Sci. Biol.]. Pushchino, 2008. 34 p.
9. Metel'skaya T. N., Novikov Yu. V., Plitman S. I. i dr. About regulation of silicon in drinking water [O normirovanii kremniya v pit'evoy vode]. *Gigiena i sanitariya*. 1987. № 8. P. 19–21.
10. *Neorganicheskaya khimiya* [Inorganic chemistry] / Under edition Yu. D. Terenteva. Moscow, AKADEMIA Publ., 2004. Vol. 2. 366 p.
11. *Ozera Karelii: Spravochnik* [Lakes of Karelia. Reference book] / Under edition N. N. Filatova, V. I. Kuhareva. Petrozavodsk, 2013. 494 p.
12. Sapozhnikov S. P. *Vliyanie ekologo-biokhimicheskikh faktorov sredy obitaniya na funktsional'noe sostoyanie i zdorov'e naseleniya Chuvashii: Avtoref. dis. ... d-ra med. nauk* [The influence of eco-biochemical factors on the habitat, function and health of Chuvash population: abstract of the thesis of the doctor of medical sciences]. Moscow, 2001. 32 p.
13. Shazzo A. A. *Razrabotka tekhnologii polucheniya i izuchenie potrebitel'skikh svoystv BAD funktsional'nogo naznacheniya na osnove krasnozernogo risa: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Development of technology of receiving and studying consumer properties of dietary supplements and their functional purpose on the basis of Krasnozerny rice: abstract of the thesis of Candidate of Technical Sciences]. Krasnodar, 2010. 26 p.
14. Bellia J. P., Birchall J. P., Roberts N. B. The role of silicic acid in the renal excretion of aluminum // Ann. Clin. Lab. Sci. 1996. Vol. 26. P. 227–233.

15. Berlyne G. M. et al. Silicon metabolism. I. Some aspects of renal silicon handling in normal man // *Nephron*. 1986. Vol. 43. P. 5–9.
16. Bissé E. et al. Reference values for serum silicon in adults // *Anal Biochem*. 2005. Vol. 337. P. 130–135.
17. Boguszevska-Czubara Anna, Kazimierz Pasternak. Silicon in medicine and therapy // *J. Elem.* 2011. P. 489–497.
18. Carlisle E. M. A relationship between silicon and calcium in bone formation // *Fed Proc*. 1970. Vol. 29. P. 565.
19. Carlisle E. M. // *Biochemistry of essential elements* / E. Frieden, ed. New York: Plenum Press, 1984. P. 257–291.
20. Carlisle E. M. Silicon: an essential element for the chick // *Science*. 1972. Vol. 78. P. 619–621.
21. Currie H. A., Perry C. C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies // *Ann Bot*. 2007. Vol. 100. P. 1383–1389.
22. Dobbie J. W., Smith M. J. B. The silicon content of body fluids // *Scott Med. J*. 1982. Vol. 27. P. 17–19.
23. Domingo J. L. Aluminum and other metals in Alzheimer's disease: a review of potential therapy with chelating agents // *J. Alzheimers. Dis*. 2006. Vol. 10. P. 331–341.
24. European Food Safety Authority. Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of silicon // *The EFSA Journal*. 2004. Vol. 60. P. 1–11.
25. Jugdaohsingh R. et al. Increased longitudinal growth in rats on a silicon-depleted diet // *Bone*. 2008. Vol. 43. P. 596–606.
26. Jugdaohsingh R. Silicon and bone health // *J. Nutr. Health Aging*. 2007. Vol. 11. № 2. P. 99–110.
27. Jugdaohsingh R. et al. Oligomeric but not monomeric silica prevents aluminium absorption in humans // *Am. J. Clin. Nutr.* 2000. Vol. 71. № 4. P. 944–949.
28. Jurkic L. M., Cepanec I., Pavelic S. K., Pavelic K. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid – releasing compounds: New perspectives for therapy // *Nutrition & Metabolism*. 2013. Vol. 10. № 2.
29. Keeting P. E. et al. Zeolite A increases proliferation, differentiation, and transforming growth factor production in normal adult human osteoblast like cells in vitro // *J. Bone Miner. Res*. 1992. Vol. 7. № 11. P. 1281–1289.
30. Li Zh and al. Absorption of silicon from artesian aquifer water and its impact on bonehealth in postmenopausal women: a 12 week pilot study // *Nutrition Journal*. 2010. Vol. 9. P. 44.
31. Munjas Lela, Jurkić Ivica Cepanec, Sandra Kraljević Pavelić, Krešimir Pavelić. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy // *Nutr. Metab. (Lond.)*. 2013. Vol. 10. № 2.
32. Peluso M. R., Schneeman B. O. A food-grade silicon dioxide is hypocholesterolemic in the diet of cholesterol-fed rats // *J. Nutr.* 1994. Vol. 124. № 6. P. 853–860.
33. Poppewell J. F. et al. Kinetics of uptake and elimination of silicic acid by a human subject: a novel application of ^{32}Si and accelerator mass spectrometry // *J. Inorg. Biochem*. 1998. Vol. 69. № 3. P. 177–180.
34. Reffitt D. M. et al. Orthosilicic acid stimulates collagen type 1 synthesis and osteoblastic differentiation in human osteoblast-like cells in vitro // *Bone*. 2003. Vol. 32. № 2. P. 127–135.
35. Sivasankaran M. A. Nutrient concentration in groundwater of Pondicherry region // *J. Environ Sci. Eng*. 2004. Vol. 46. № 3. P. 210–216.
36. Wachter H. and al. Diatomaceous earth lowers blood cholesterol concentrations // *Eur. J. Med. Res*. 1998. Vol. 3. № 4. P. 211–215.

Поступила в редакцию 10.02.2017

I Международная конференция
«ОЗЕРА ЕВРАЗИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ»

11–15 сентября 2017 года

Петрозаводск

Организаторы конференции: Федеральное агентство научных организаций, Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Карельский научный центр РАН, Институт озераведения РАН, Институт лимнологии СО РАН, Институт наук о земле СПбГУ, Федеральное агентство водных ресурсов, Отделение Русского географического общества в Республике Карелия.

Развитие проекта Евразийской интеграции не может осуществляться без особого внимания к вопросам окружающей среды этой территории и, особенно, ее водным объектам, включая такие, как самое крупное в мире озеро – Каспий, самое глубокое – Байкал, Великие озера Европы – Ладожское и Онежское, а также имеющие трансграничное значение, как, например, Сайма, и многие другие. Основная идея первой конференции «Озера Евразии: проблемы и пути их решения» – создать платформу для обсуждения наиболее важных фундаментальных и практических проблем многочисленных водных объектов Евразии с учетом их трансграничного значения.

Материалы конференции будут представлены на сайте ИВПС КарНЦ РАН и опубликованы с регистрацией в РИНЦ. Участникам конференции предоставляются неограниченные возможности познакомиться с Республикой Карелия, участвуя в экскурсиях и полевых выездах (соорганизатор конференции – турфирма «Карелика»).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Трансграничные озерно-речные системы. Проблемы и пути решения совместного использования.
- Актуальные проблемы сохранения и использования озер аридного и полуаридного климата. Умирающие озера.
- Вселенцы и их роль в изменении экосистем озер.
- Пути решения проблем прогноза внутривековых изменений гидрологического режима и экосистем.
- Перспективные методы моделирования экосистем для поддержки принятия управленческих решений.
- Совершенствование правовых основ для сохранения ресурсов озер. Опыт и перспективы разработки законодательных актов для сохранения озерных систем.
- Зимняя лимнология.
- Инновационные методы мониторинга озер.
- Формирование химического состава воды озер и нормирование допустимого антропогенного воздействия на них.
- Современные возможности и перспективы палеореконструкций климата.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Регеранд Татьяна Ивановна, Петрозаводск, ИВПС КарНЦ РАН, regerand@nwpi.krc.karelia.ru

Назарова Лариса Евгеньевна, Петрозаводск, ИВПС КарНЦ РАН, nazarova@nwpi.krc.karelia.ru

Всероссийская научная конференция с международным участием,
посвященная 60-летию Института леса Карельского научного центра РАН

**«БОРЕАЛЬНЫЕ ЛЕСА: СОСТОЯНИЕ, ДИНАМИКА,
ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ»**

11–17 сентября 2017 года

Петрозаводск

**Институт леса Карельского научного центра РАН
Отделение биологических наук РАН
Научный совет РАН по лесу
Министерство по природопользованию и экологии Республики Карелия**



Конференция проводится для обмена мнениями по основным проблемам, стоящим перед лесной наукой в области интенсификации ведения хозяйства в бореальных лесах, и выработки рекомендаций по актуальным направлениям лесоводственных исследований.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Динамика и продуктивность таежных лесов.
- Экосистемные функции лесов.
- Проблемы охраны и восстановления лесов.
- Вопросы интенсификации лесного хозяйства.

В рамках конференции состоятся **научные дебаты**
«Интенсификация лесного хозяйства – экология и экономика».

Материалы конференции будут опубликованы на сайте Карельского научного центра РАН и в сборнике тезисов. По результатам конференции будет подготовлен специальный выпуск журнала «Труды Карельского научного центра РАН» (включен в перечень ВАК) – <http://transactions.krc.karelia.ru/>

Для участия в конференции необходимо зарегистрироваться
на сайте <http://conf.krc.karelia.ru/index.php/rnf/bf2017>
или направить заявку по электронной почте forestcf@krc.karelia.ru

Тел.: (8142) 76-81-60; (8142) 76-95-00. Факс: (8142) 76-81-60

Председатель оргкомитета – к. б. н. *Предтеченская Ольга Олеговна*

Секретарь – *Печерина Елена Юрьевна*

VII Всероссийская научная конференция с международным участием

**«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ»**

13–17 сентября 2017 года

Петрозаводск



Организаторы конференции: Институт леса КарНЦ РАН, Отделение биологических наук РАН, Федеральное агентство научных организаций, Общество почвоведов имени В. В. Докучаева, Научный совет РАН по лесу.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Генезис и классификация лесных почв.
- Динамика и продуктивность лесных почв.
- Функциональная роль почв в круговороте веществ и устойчивости лесных экосистем.
- Почвенная биота лесных почв.
- Антропогенная трансформация лесных почв.
- Мониторинг и охрана лесных почв. Красная книга почв.
- Лесные почвы и практика лесного хозяйства.

Для участия в конференции необходимо направить заявку по электронной почте forestsoil2017@gmail.com

Адрес оргкомитета:
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, 185910
Институт леса Карельского научного центра РАН.
e-mail: forestsoil2017@gmail.com
Тел./факс: (8142) 76-81-60

Секретари:
Ахметова Гульнара Вялитовна, Мошкина Елена Викторовна

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Представляемые рукописи должны соответствовать тематике журнала и содержать материалы, не опубликованные ранее в других изданиях.

Статья предоставляется в распечатанном виде на бумаге формата А4 (в двух экземплярах) и в электронном виде. Печатная версия статьи подписывается всеми авторами.

Объем оригинальной и обзорной статьи не должен превышать один печатный лист. Статья набирается в текстовом редакторе Microsoft Word и сохраняется с расширением.doc. **Поля:** верхнее и нижнее – 2 см, правое и левое – 3 см. Абзацный отступ – 0,5 см. **Шрифт:** Times New Roman, размер – 14 пунктов, список литературы – 12 пт, межстрочный интервал – полуторный. Нумерация страниц – справа внизу страницы.

Статья должна состоять из следующих элементов:

УДК (индекс Универсальной десятичной классификации) в левом верхнем углу.

Сведения об авторе: имя, отчество, фамилия автора(ов) полностью прописными буквами; ученая степень и звание; место работы: должность, кафедра, факультет, вуз, город, страна; электронный адрес, а также контактный телефон и почтовый адрес.

Название статьи жирным шрифтом прописными буквами.

Аннотация (объем от 120 до 250 слов) является кратким резюме большей по объему работы. Аннотация может публиковаться самостоятельно и, следовательно, должна быть понятной без обращения к самой публикации. Она является основным источником информации в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал. Структура аннотации должна повторять структуру статьи и включать введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы). Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Выводы могут сопровождаться рекоменда-

циями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье. Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте аннотации. Следует избегать лишних фраз (например, «автор статьи рассматривает...»), не включать несущественные детали, применять значимые слова из текста статьи. Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в аннотации не приводятся. В тексте аннотации следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций. Аннотация предназначена для компетентной аудитории, включая международную, поэтому можно использовать техническую (специальную) терминологию дисциплины. Текст аннотации должен быть связным с использованием слов «следовательно», «более того», «например», «в результате» и т. д. («consequently», «moreover», «for example», «the benefits of this study», «as a result» etc.), либо разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать один из другого. Необходимо использовать активный, а не пассивный залог (“The study tested”, но не “It was tested in this study”).

Ключевые слова – от 3 до 8 слов (или словосочетаний, несущих в тексте основную смысловую нагрузку).

Список литературы должен быть представлен на отдельных листах в 2 вариантах:

1) на русском языке в соответствии с ГОСТ 7.1–84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления». Цитируемая в статье литература (автор, название, место, издательство, год издания и страницы (от и до или общее количество)) приводится в алфавитном порядке, сначала отечественные, затем зарубежные авторы;

2) список литературы должен быть записан на языке оригинала латинскими буквами (References). Если русскоязычная статья была переведена на английский язык и опубликована

в английской версии, то необходимо указывать ссылку из переводного источника. Как правило, библиографические описания российских публикаций составляются в следующей последовательности: авторы (транслитерация), перевод названия статьи на английский язык, название статьи в транслитерированном варианте в квадратных скобках, название источника (транслитерация, курсив), выходные данные с обозначениями на английском языке.

В тексте статьи ссылка дается в квадратных скобках, через двоеточие – цитируемая страница, если это необходимо.

Примечания (в том числе архивные и другие источники) даются в виде концевых сносок.

На **английский язык** необходимо перевести ФИО автора(ов), место работы, город, страну; название статьи (оформляется прописными буквами и не содержит артиклей), аннотацию и ключевые слова и разместить данные после списка литературы перед References.

Таблицы – каждая печатается на отдельной странице, нумеруется соответственно первому упоминанию ее в тексте и снабжается заголовком. Таблицы предоставляются в текстовом редакторе Microsoft Word (форматы.doc или docx) или табличном редакторе Microsoft Excel (форматы.xls или.xlsx). **Иллюстрации** (рисунки, фотографии, схемы, диаграммы) нумеруются, снабжаются подписями и предоставляются в виде отдельных растровых файлов (в формате.tif, bmp). В бумажной версии на обороте каждой иллюстрации ставится номер и пометка «верх», «низ». В тексте статьи указывается место таблицы или рисунка. Таблиц и иллюстраций не должно быть более 5.

Правила предоставления иллюстраций. Растровые форматы: рисунки и фотографии должны иметь разрешение не менее 300 dpi (формат.tif), без LZW уплотнения, в градациях серо-

го. Векторные форматы: рисунки должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial.

Правила предоставления диаграмм и графиков. Графики и диаграммы должны быть созданы в табличном процессоре Excel и присылаться вместе с исходными численными данными в одном файле с расширением.xls. При создании графиков и диаграмм следует использовать черный, белый цвета и градации серого, различного типа штриховку; избегать применения трехмерной графики, градиентных заливок и т. д. Все надписи и числа на графиках желательно делать, используя жирный шрифт ArialСyr, размер 14. На самом графике не должно быть названия, оно должно быть отражено в подрисуночной подписи. В виде растрового изображения могут быть представлены графики, полученные с помощью специальных программ статистической обработки.

Требования к математическим формулам. Формулы должны быть набраны в Microsoft Equation (присутствует в составе Word), MathType или символьным шрифтом (надстрочные и подстрочные символы, меню «Вставка», «Символ»). Настоятельно рекомендуется не использовать русские буквы в формулах, набираемых в специальных редакторах. Формулы в виде картинок любого формата не принимаются.

Статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному рецензированию.

Редакция оставляет за собой право внесения в текст редакторских изменений, не искажающих смысла статьи.

Материалы, не соответствующие предъявленным требованиям, редакция не рассматривает.

Решение о публикации принимается редакционными коллегиями журнала.

Более подробная информация для авторов дана на сайте журнала: uchzap.petrSU.ru

CONTENTS

GENERAL BIOLOGY

Antipina G. S.

V. I. ERMAKOV'S "CHINESE" COLLECTION OF PETROZAVODSK STATE UNIVERSITY HERBARIUM 7

Alekseev M. Yu., Zubchenko A. V.

DEPRESSED STATE CAUSES OF ATLANTIC SALMON STOCK IN THE WATERS OF VARZUGA RIVER (KOLA PENINSULA) 16

Ignashov P. A., Mironov V. L., Kuznetsov O. L.

STRUCTURE OF MIRES VEGETATION ON GLACIAL ACCUMULATIVE UPLANDS ON THE SOUTH OF KARELIA 24

Kotova Z. P., Kotov S. E., Kuznetsova L. A.

DYNAMICS OF SOIL FERTILITY INDICATORS' CHANGES IN AGRICULTURAL LANDS OF KARELIA 32

Kuchko Ya. A., Il'mast N. V., Kuchko T. Yu., Milyanchuk N. P.

ZOOPLANKTON AS A FOOD BASE OF EUROPEAN VENDACE FOUND IN THE SKERRY PARTS OF THE NORTHERN LADOGA LAKE 39

Lesonen M. A., Shustov Yu. A.

FEEDING HABITS OF THE PERCH (*PERCA FLUVIATILIS* L.) FOUND IN THE RIVER LAKE SYSTEM OF THE PISTA RIVER (REPUBLIC OF KARELIA) 46

Lobanova A. S., Shustov Yu. A.

CHARACTERISTIC FEATURES OF NUTRITION HABITS INHERENT TO FISH SPECIES FOUND IN THE LITTORAL ZONE OF THE LAKE ONEGO 52

Sergienko L. A., D'yachkova T. Yu., Androsova V. I.

HABITATS' CHARACTERISTICS AND POPULATION STRUCTURE OF *TRIGLOCHIN MARITIMA* L. (*JUNCAGINACEAE*) FOUND IN THE INTERTIDAL ZONE OF THE WHITE SEA LITTORAL 57

Dzyubuk I. M., Orekhova N. A., Klyukina E. A.

COMPONENT ANALYSIS ASSESSMENT OF NEGLINKA RIVER WATER QUALITY DYNAMICS 64

Zaytseva V. L., Filippov D. A., Lobunicheva E. V.

THE COMPOSITION STRUCTURE AND SEASONAL DYNAMICS OF ZOOPLANKTON FOUND IN THE UPPER BOG STREAM 69

Lavrukova O. S., Lyabzina S. N., Prikhod'ko A. N., Polyakov A. Yu.

DECOMPOSITION FEATURES OF CORPSES UPON FIRE EXPOSURE 77

Mamontova O. V.

PARASITOFUNA FEATURES OF THE FRESHWATER LADOGA LAKE SALMON (*SALMO SALAR*) 82

Prikhod'ko A. N., Lavrukova O. S.

ON BIOLOGICAL OBJECTS' USAGE FOR THE POSTMORTEM INTERVAL DETERMINATION 85

Shaykhutdinova A. A., Chekmareva O. V., Markova O. S.

SNOW COVER ECOLOGICAL STATE ASSESSMENT OF THE TERRITORY ADJACENT TO SAKMARSKAYA CHP PLANT IN ORENBURG 89

PHYSICO-CHEMICAL BIOLOGY

Vapirov V. V., Feoktistov V. M., Venskovich A. A., Vapirova N. V.

ON SILICON'S BEHAVIOR AND ITS BIOLOGICAL ROLE IN NATURE 95

Scientific information 103

Info for the authors 106