

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**



**ИБВВ РАН**



**Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН**

**ВЫПУСК 96(99)**

**2021**

**ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ**

Выходит 4 раза в год

п. Борок

2021

**THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**



**IBIW RAS**



**Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS**

**ISSUE 96(99)**

**2021**

**OCTOBER – DECEMBER**

The journal is published quarterly

Borok

2021

УДК 574(28)

ББК 28.081

T78

**Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН.** – Борок : ИБВВ РАН – 2021. – Вып. 96 (99) – 72 с.

**Редакционная коллегия:**

*С. А. Поддубный (гл. редактор), д.г.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*А. В. Крылов (зам. гл. редактора), д.б.н., проф., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*А. А. Бобров, к.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*Б. К. Габриелян, д.б.н., проф., НАН РА НЦ ЗГЭ, Ереван, Армения*

*Ю. В. Герасимов, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*А. Н. Дзюбан, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*Хай Доан Нё, д.ф., Институт океанографии, ВАНТ, Нячанг, Вьетнам*

*В. Т. Комов, д.б.н., проф., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*В. И. Лазарева, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*Н. М. Минеева, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*Лам Нгуен Нгок, д.ф., проф., Институт океанографии, ВАНТ, Нячанг, Вьетнам*

*А. А. Протасов, д.б.н., проф., ИГБ НАНУ, Киев, Украина*

*К. Робинсон, д.ф., EAWAG, Цюрих, Швейцария*

*В. П. Семенченко, д.б.н., чл.-кор. НПЦ НАН по биоресурсам, Минск, Беларусь*

*И. Л. Голованова, д.б.н., ИБВВ РАН, Борок, Россия*

*Ю. С. Даценко, д.г.н., МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

*М. М. Трофимчук, к.б.н., Гидрохимический институт, Ростов-на-Дону, Россия*

Ответственный редактор: **А. В. Крылов**

Ответственный секретарь **А. А. Сажнева**

**ISSN 0320-3557 Print**

**ISSN 2712-8377 Online**

*Учредитель (адрес):* Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, д. 109, ИБВВ РАН; Телефон/факс: (48547)24042; e-mail: adm@ibiw.ru).

*Издатель (адрес):* Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, д. 109, ИБВВ РАН; Телефон/факс: (48547)24042; e-mail: adm@ibiw.ru).

*Адрес редакции:* 152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н,  
ИБВВ РАН  
тел./факс (48547) 2-48-09; e-mail: trud@ibiw.ru

© ИБВВ РАН, 2021 г.

**Editorial board:**

*S. A. Poddubny (editor), Dr. of geogr., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*A. V. Krylov (deputy editor), Dr. of biol., prof., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*A. A. Bobrov, PhD., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*Hai Doan Nhu, PhD., Institute of Oceanography, VAST, Nha Trang, Vietnam*  
*A. N. Dzuban, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*B. K. Gabrielyan, Dr. of biol., prof., SC ZHE NAS RA, Yerevan, Armenia*  
*Yu. V. Gerasimov, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*V. T. Komov, Dr. of biol., prof., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*V. I. Lazareva, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*

*N. M. Mineeva, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*Lam Nguyen Ngoc, PhD., prof., Institute of Oceanography, VAST, Nha Trang, Vietnam*  
*A. A. Protasov, Dr. of biol., prof., IHB NASU, Kiev, Ukraine*  
*C. Robinson, PhD., EAWAG, Zurich, Switzerland*  
*V. P. Semchenko, Dr. of biol., corr. member NASB, Minsk, Belar*  
*I. L. Golovanova, Dr. of biol., IBIW RAS, Borok, Russia*  
*Y. S. Datsenko, Dr. of geogr., Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*  
*M. M. Trofimchuk, Ph.D., Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia*

Editor-in-chief of the volume: **A. V. Krylov**

Coordinating editor: **A. A. Sazhneva**

**ISSN 0320-3557 Print**  
**ISSN 2712-8377 Online**

*Founder (address):* Federal State Budgetary Scientific Institution, the Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences (152742, Yaroslavl oblast, Nekouz region, Borok, 109, IBIW RAS;  
*Phone/fax:* (48547)24042; *e-mail:* adm@ibiw.ru).

*Publisher (address):* Federal State Budgetary Scientific Institution, the Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences (152742, Yaroslavl oblast, Nekouz region, Borok, 109, IBIW RAS;  
*Phone/fax:* (48547)24042; *e-mail:* adm@ibiw.ru).

*Editorial address:* 152742. Borok, Yaroslavl region, Nekouz district,  
IBIW RAS  
*tel./fax* (48547) 2-48-09; *e-mail:* trud@ibiw.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

*А. С. Сажнев, А. А. Прокин, Я. А. Урбанус*

НОВЫЕ УКАЗАНИЯ HALIPLIDAE, DYTISCIDAE, HYDROPHILIDAE И SCIRTIDAE  
(COLEOPTERA) ДЛЯ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ ..... 7

*V. V. Krylov, E. I. Izvekov, V. V. Pavlova, N. A. Pankova, E. A. Osipova*

MAGNETIC FLUCTUATIONS AFFECT CIRCADIAN PATTERNS OF LOCOMOTOR  
ACTIVITY IN ZEBRAFISH (PRELIMINARY DATA) ..... 15

*В. С. Вишняков*

НОВЫЕ ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ НАХОДКИ ВОШЕРИЙ (*VAUCHERIA*,  
XANTHORHYZACEAE) В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ ..... 26

*Н. Г. Отюкова*

ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНО ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА  
ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ МАЛОЙ РЕКИ (НА  
ПРИМЕРЕ ПРИТОКА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА) .... 46

*И. И. Студенов, А. Д. Быков, Д. В. Чупов*

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРЕСТОВОГО СТАДА СТЕРЛЯДИ  
*ACIPENSER RUTHENUS* (LINNAEUS, 1758) Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА ..... 60

## CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| <i>A. S. Sazhnev, A. A. Prokin, Ya. A. Urbanus</i><br>NEW RECORDS OF HALIPLIDAE, DYTISCIDAE, HYDROPHILIDAE AND<br>SCIRTIDAE (COLEOPTERA) FROM LIPETSK OBLAST                                     | 7  |
| <i>V. V. Krylov, E. I. Izvekov, V. V. Pavlova, N. A. Pankova, E. A. Osipova</i><br>MAGNETIC FLUCTUATIONS AFFECT CIRCADIAN PATTERNS OF LOCOMOTOR<br>ACTIVITY IN ZEBRAFISH (PRELIMINARY DATA)      | 15 |
| <i>V. S. Vishnyakov</i><br>NEW FLORISTIC RECORDS OF <i>VAUCHERIA</i> (XANTHOPHYCEAE) IN EUROPEAN<br>RUSSIA   | 26 |
| <i>N. G. Otyukova</i><br>INFLUENCE OF ABNORMALLY HIGH WATER TEMPERATURE ON THE<br>HYDROCHEMICAL REGIME OF THE MOUTH AREA OF A SMALL RIVER (BY THE<br>EXAMPLE OF THE RYBINSK RESERVOIR INFLUENCE) | 46 |
| <i>I. I. Studenov, A. D. Bykov, D. V. Chupov</i><br>BIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE REPRODUCTIVE GUILD OF <i>ACIPENSER</i><br><i>RUTHENUS</i> (LINNAEUS, 1758) IN THE SEVERNAYA DVINA RIVER     | 60 |

## НОВЫЕ УКАЗАНИЯ HALIPLIDAE, DYTISCIDAE, HYDROPHILIDAE И SCIRTIDAE (COLEOPTERA) ДЛЯ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

А. С. Сажнев<sup>1</sup>, А. А. Прокин<sup>1</sup>, Я. А. Урбанус<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: sazh@list.ru, prokina@mail.ru

<sup>2</sup>Независимый исследователь, 398042 г. Липецк, e-mail: yan-urbanus@yandex.ru

Поступила в редакцию 2.12.2021

В статье приведены данные о находках новых для Липецкой области водных жесткокрылых: *Haliphus flavicollis* Sturm, 1834 (Haliplidae); *Agabus paludosus* (Fabricius, 1801), *Ilybius neglectus* (Erichson, 1837), *I. wasastjernaе* (C.R. Sahlberg, 1824), *Hydroporus incognitus* Sharp, 1869, *Hygrotus versicolor* (Schaller, 1783) (Dytiscidae), *Hydrobius rothenbergii* Gerhardt, 1872 (Hydrophilidae). Для двух видов (*Ilybius wasastjernaе*, *Hydroporus incognitus*) обнаруженные локалитеты находятся на южных пределах известного распространения в европейской части России. Указание вида *Contacyphon laevipennis* (Tournier, 1868) впервые подтверждается приведенным материалом. Для трех видов приведены оригинальные фотографии габитуса и гениталий самца, для двух – местообитания.

**Ключевые слова:** жуки, распространение, новые находки.

DOI: 10.47021/0320-3557-2021-7-14

### ВВЕДЕНИЕ

Все доступные сведения о фауне жесткокрылых Липецкой области, включая водных и амфибиотических представителей, были обобщены в монографии М.Н. Цурикова [Цуриков, 2009 (Tsurikov, 2009)]. Впоследствии дополнительные сведения о водных и амфибиотических жуках области были опубликованы в ряде статей [Прокин, 2010 (Prokin, 2010); Прокин и др., 2015 (Prokin et al., 2015); Мазуров, 2017 (Mazurov, 2017); Мазуров и др., 2020, 2021 (Mazurov et al., 2020, 2021); Мазуров, Урбанус, 2021 (Mazurov, Urbanus, 2021)].

Новые сборы позволили дополнить список региональной фауны, в том числе и некоторыми неожиданными таксонами, что поставило задачей данной публикации привести не только подробные сведения о собранном материале, но и рассмотреть особенности распространения видов. Для наиболее интересных таксонов указания проиллюстрированы оригинальными фотографиями габитуса, гениталий самца и местообитания.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал собирали при помощи общепринятых энтомологических методик: сбор водным сачком, ручной сбор, привлечение на свет [Голуб и др., 2021 (Golub et al., 2021)].

Тотальные фотографии имаго жесткокрылых сделаны с применением камеры Canon EOS 4000D с макрообъективом Laowa 2.5 mm F 2.8 Ultra-Macro 2.5–5.0X, фото гениталий и деталей строения сделаны с использованием стереомикроскопа Leica M165C на цифровую микроскопную камеру Leica MC170 HD (12МПс). Обработка и стекинг фотографий проведены в программах Sketchbook и Helicon Focus 7.7.4.

Материал хранится в коллекции водных беспозвоночных Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН) и в частных коллекциях сборщиков. Координаты подобраны с помощью открытых сервисов Google Карты. Таксономия и общие сведения о распространении видов приведены в соответствии с последними изданиями палеарктического каталога жесткокрылых [Catalogue..., 2015, 2016, 2017]. Для типизации ареалов использована классификация А.Ф. Емельянова [Yemel'yanov, 1974].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### **Haliplidae**

*Haliphus (Liaphlus) flavicollis* Sturm, 1834

**Материал:** Усманский р-н, 3 км СЗ с. Никольское, р. Излегоща, 52°11'16.5"N 39°37'50.0"E, 3.05.2021 (2♂♂) Я.А. Урбанус leg.

**Распространение:** Суператлантический эвбореально-суббореальный вид, широко рас-

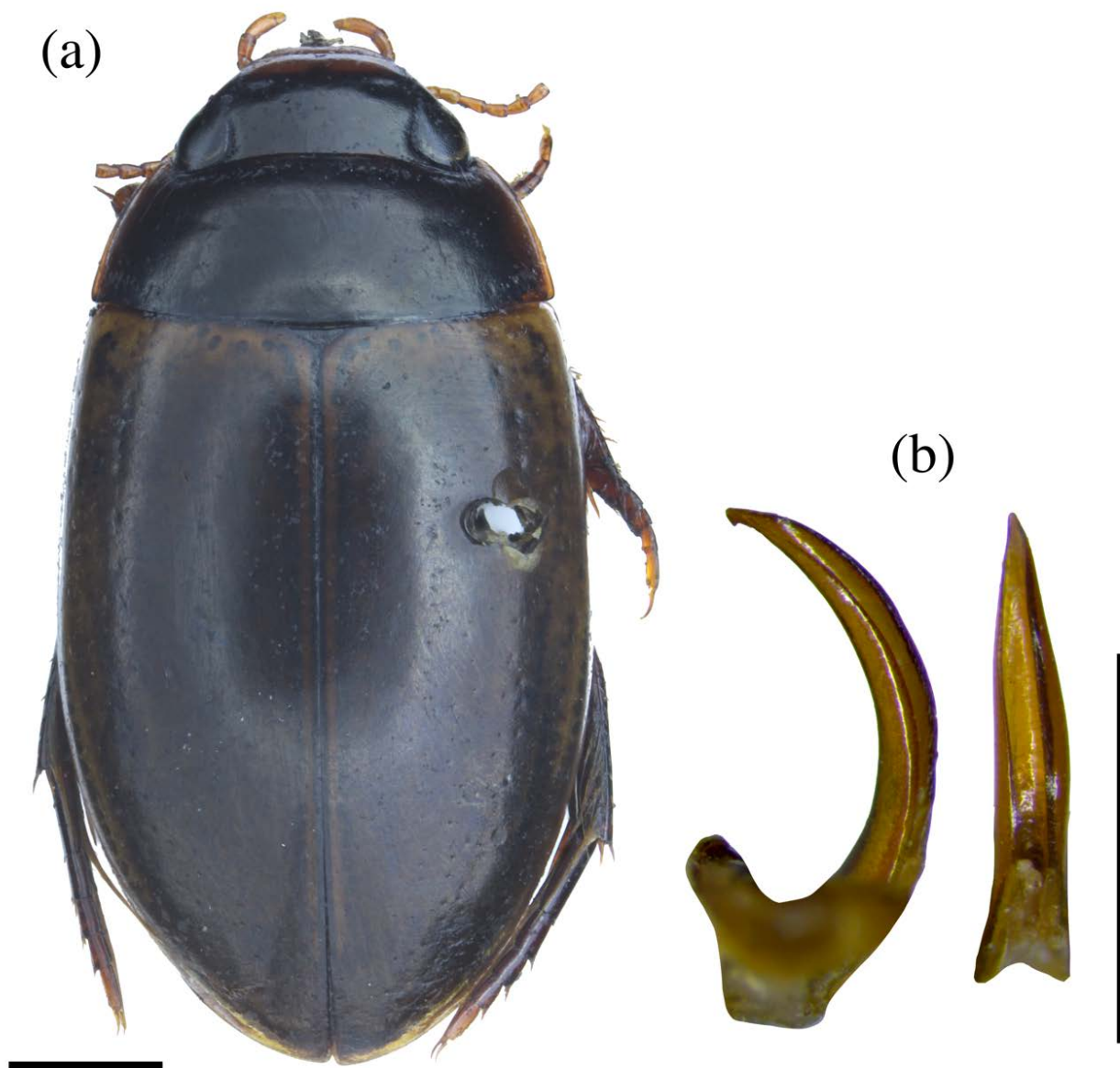
пространен по всей европейской части России.

#### **Dytiscidae**

*Agabus (Gaurodytes) paludosus* (Fabricius, 1801) (рис. 1)

**Материал:** Краснинский р-н, с. Сотниково, р. Семенек, 52°58'19.7"N 38°41'38.8"E, 11.05.2020 (1♂) Я.А. Урбанус leg.

**Примечание:** Суператлантический эвбореально-суббореальный вид, широко распространенный по всей европейской части России.



**Рис. 1.** *Agabus paludosus* (Fabricius, 1801): (a) гибитус, вид сверху; (b) пенис, вид сбоку и сверху. Размерная линейка – 1 мм (фотографии А.С. Сажнева).

**Fig. 1.** *Agabus paludosus* (Fabricius, 1801): (a) habitus, dorsal view; (b) penis, lateral and dorsal views. Scale bar – 1 mm (photographs by A.S. Sazhnev).

*Ilybius neglectus* (Erichson, 1837)

**Материал:** Краснинский р-н, пос. Лески, берег р. Дон, 52°52'57.3"N 39°00'32.8"E, на свет ДРЛ 10.07.2021 (1 экз.) С.Г. Мазуров leg.

**Распространение:** Суператлантический эвбореально-суббореальный вид, в европейской части России известный на север до Московской области [Петров, Никитский, 2016 (Petrov, Nikitsky, 2016)].

**Примечание:** Экземпляры из лесостепной, включая наш, и степной зон европейской части и Тюменской области имеют морфоло-

гические признаки промежуточные между типичными *Ilybius neglectus* и описанным из Турции *Ilybius satunini* (Zaitzev, 1913) [Петров, Никитский, 2016 (Petrov, Nikitsky, 2016)]. Для точного выяснения видовой принадлежности южных популяций необходимы дополнительные сборы материала и исследования молекулярно-генетическими методами.

*Ilybius wasastjernaе* (C.R. Sahlberg, 1824) (рис. 2, 3)

**Материал:** Чаплыгинский р-н, 3 км С с. Преображенровка, 52°59'49.8"N 40°05'50.4"E,



сосновый лес, временный водоем в месте вывороченной из земли сосны (выворотень), 16.04.2021 (1♂) Я.А. Урбанус leg.

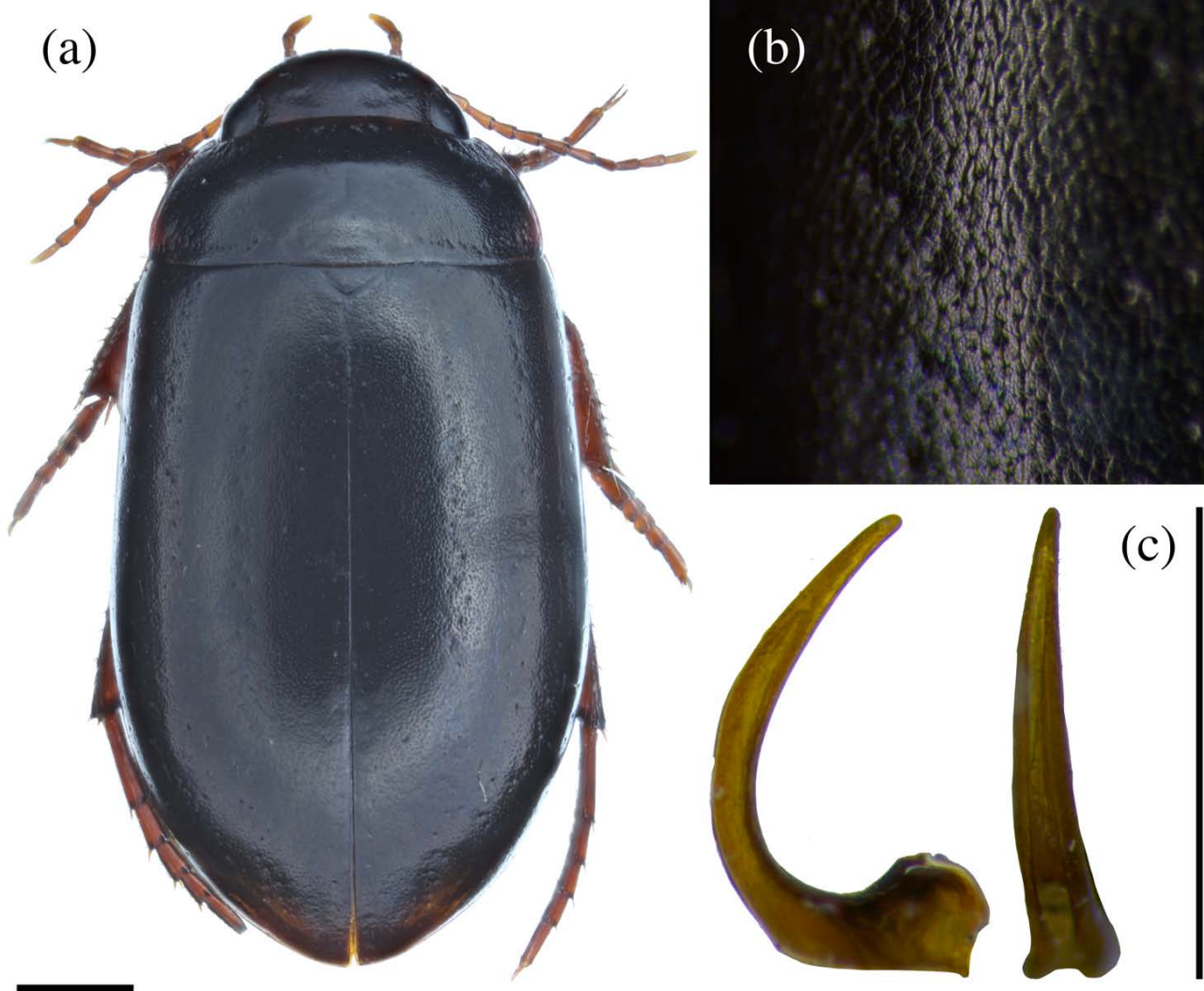
**Распространение:** Голарктический эвбореальный вид, с дизъюнкцией в Восточной Палеарктике. В европейской части России наиболее южные находки вида ранее были известны из Московской области [Никитский и др., 2013 (Nikitsky et al., 2013)].

*Hydroporus incognitus* Sharp, 1869 (рис. 4)

**Материал:** Чаплыгинский р-н, 3 км С с. Преображеновка, 52°59'49.8"N 40°05'50.4"E, на свет, 12.06.2020 (1♂, 1♀) Я.А. Урбанус

leg.; там же, на свет, 27.06.2020 (1♂) Я.А. Урбанус leg.

**Распространение:** Западнопалеарктический эвборео-монтанный вид. На равнинной территории европейской части России наиболее южные находки известны из лесостепной зоны в пределах Ульяновской [Федоров, 1999 (Fedorov, 1999)], Самарской [Литовкин, 2018 (Litovkin, 2018)] и Саратовской [Сажнев, 2014 (Sazhnev, 2014)] областей. На Северном Кавказе обнаружен в Карачаево-Черкесии [Беляшевский, 1991 (Belyashevsky, 1991)] и Кабардино-Балкарии [Prokin, Sazhnev, 2019].



**Рис. 2.** *Ilybius wasastjerneae* (C.R. Sahlberg, 1824): (a) гибитус, вид сверху; (b) скульптура прищитковой области правого надкрылья; (c) пенис, вид сбоку и сверху. Размерная линейка – 1 мм (фотографии А.С. Сажнева).

**Fig. 2.** *Ilybius wasastjerneae* (C.R. Sahlberg, 1824): (a) habitus, dorsal view; (b) sculpture of prescutellar region of the right elytron; (c) penis, lateral and dorsal views. Scale bar – 1 mm (photographs by A.S. Sazhnev).



**Рис. 3.** Временный водоем в выворотне сосны – местообитание *Ilybius wasastjernae* и *Hydrobius rottenbergii* (фотография Я.А. Урбануса).

**Fig. 3.** Temporary pool in the hollow under the fallen pine – habitat of *Ilybius wasastjernae* and *Hydrobius rottenbergii* (photo by Ya.A. Urbanus).

*Hygrotus (Hygrotus) versicolor* (Schaller, 1783)

**Материал:** Усманский р-н, 3 км СЗ с. Никольское, р. Излегоща, 52°11'16.5"N 39°37'50.0"E, 3.05.2021 (1 экз.) Я.А. Урбанус leg.

**Распространение:** Суператлантический эвбореально-суббореальный вид, в европейской части России известный на север до Псковской области [Дядичко и др., 2009 (Dyadichko et al., 2009)].

#### **Hydrophilidae**

*Hydrobius rottenbergii* Gerhardt, 1872 (рис. 3)

**Материал:** Чаплыгинский р-н, 3 км С с. Преображеновка, 52°59'49.8"N 40°05'50.4"E, сосновый лес, временный водоем в месте вывороченной из земли сосны (выворотень), 16.04.2021 (1♂) Я.А. Урбанус leg.

**Распространение:** Голарктический арктобореально-суббореальный таксон *Hydrobius fuscipes* (Linnaeus, 1758) sensu lato представлен комплексом криптических видов (включая *Hydrobius rottenbergii*), частично пересмотренных недавно [Fossen et al., 2016; Ryndevich, Angus, 2020].

**Примечание:** Для установления самостоятельности и распространения видов популяции морфовида *Hydrobius fuscipes* s. l. На территории России требуются детальные исследования с применением молекулярно-генетических методов.

#### **Scirtidae**

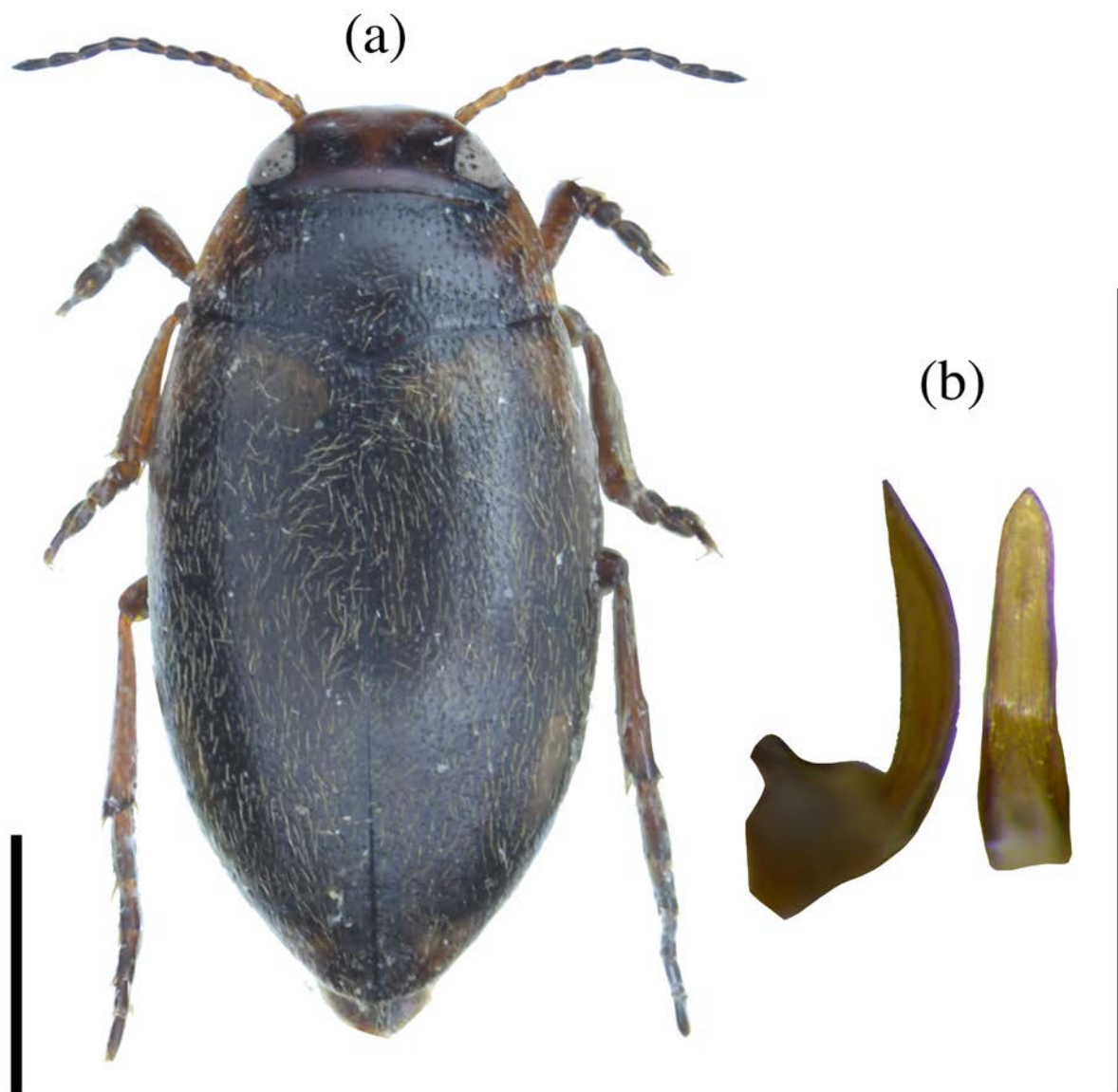
*Contacyphon laevipennis* (Tournier, 1868)

**Материал:** Добровский р-н, СВ с. Преображеновка, сфагновое бол. Сосновка, 52°57'12.9"N 40°04'48.4"E, на *Eriophorum* sp., 18.05.2004 (1 экз.) А.А. Прокин leg.; там же, в *Sphagnum* sp., 18.05.2004 (1 экз.) А.А. Прокин leg.

**Распространение:** Западнопалеарктический эвбореально-суббореальный вид, широко распространенный в европейской части России.

**Примечание:** Вид указан для Липецкой области М.Н. Цуриковым [Цуриков, 2009 (Tsurgikov, 2009)] по личному сообщению А.А. Прокина без указания материала, приведенного здесь.





**Рис. 4.** *Hydroporus incognitus* Sharp, 1869: (a) гибитус, вид сверху; (b) пенис, вид сбоку и сверху. Размерная линейка – 1 мм (фотографии А.С. Сажнева).

**Fig. 4.** *Hydroporus incognitus* Sharp, 1869: (a) habitus, dorsal view; (b) penis, lateral and dorsal views. Scale bar – 1 mm (photographs by A.S. Sazhnev).

Из числа 7 видов, впервые зарегистрированных на территории Липецкой области, два (*Ilybius wasastjernae* и *Hydroporus incognitus*) обнаружены на южных пределах распространения в равнинной части европейской России, как и указанные ранее *Hydroporus obscurus* Sturm, 1845 [Prokin, 2006] и *Ilybius crassus* C.G. Thomson, 1856 [Мазуров и др., 2020 (Mazurov et al., 2020)]. Эти четыре вида не известны из расположенной южнее Воронежской области. Виды данного комплекса, основная

область распространения которых связана с бореальным поясом, в лесостепи следует рассматривать как гляциальные реликты, что подтверждается их биотопической приуроченностью к островным лесам и сфагновым болотам, характерным зональным рефугиумам бореальной биоты. Указание вида *Contacyphon laevipennis* для Липецкой области [Цуриков, 2009 (Tsurikov, 2009)] подтверждается приведенным здесь материалом.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате обработки нового материала из Липецкой области удалось зарегистрировать семь новых для региона видов: Haliplidae – 1, Dytiscidae – 5, Hydrophilidae – 1. Для одно-

го вида Scirtidae впервые приведен материал, на основании которого он ранее указывался для области. Шесть из восьми рассматриваемых видов имеют широкое зональное распро-

странение в европейской части России, два (*Pybius wasastjernae* и *Hydroporus incognitus*) находятся на южных границах ареалов, что с учетом биотопической приуроченности

находок к лесным местообитаниям, позволят отнести их в рамках региональной фауны к комплексу гляциальных реликтов бореального происхождения.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне благодарны за переданный материал и ценные дополнения С.Г. Мазурову (г. Липецк). Работа А.С. Сажнева и А.А. Прокина выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ №121051100109-1.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беляшевский Н.Н. Заметки об ареалах водных жуков (Coleoptera, Hydradeephaga) фауны СССР // Энтомологическое обозрение, 1991. Т. 70, вып. 2. С. 367–372.
- Голуб В.Б., Цуриков М.Н., Прокин А.А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. 2-е изд. испр. и доп. М.: КМК, 2021. 358 с.
- Дядичко В.Г., Грандова М.А., Прокин А.А. Предварительные итоги изучения водной энтомофауны (Insecta: Heteroptera, Coleoptera) Государственного Природного заповедника “Полистовский” и смежных территорий Псковской области (Россия) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2009. Т. 18, № 2. С. 168–176.
- Литовкин С.В. 2018. Водные жесткокрылые Самарской области. [https://www.zin.ru/Animalia/coleoptera/rus/hydr\\_sam.htm](https://www.zin.ru/Animalia/coleoptera/rus/hydr_sam.htm) (дата обращения: 1.12.2021).
- Мазуров С.Г. Насекомые Краснинского района Липецкой области. Т. 2. Жесткокрылые (Coleoptera). Елец: ООО “Типография”, 2017. 319 с.
- Мазуров С.Г., Урбанус Я.А. Дополнение к списку жесткокрылых (Coleoptera) урочища Плющань и урочища Бык Краснинского района Липецкой области // Экологические исследования в заповеднике “Галичья гора”. 2021. Вып. 3. С. 99–109.
- Мазуров С.Г., Урбанус Я.А., Ряскин Д.И., Прокин А.А., Ишин Р.Н. К фауне жесткокрылых (Coleoptera) Липецкой области. Дополнение 3 // Эверсманния. Энтомологические исследования в России и соседних регионах, 2020. Вып. 62. С. 68–71.
- Мазуров С.Г., Урбанус Я.А., Семионенков О.И., Ряскин Д.И., Прокин А.А. К фауне жесткокрылых (Coleoptera) Липецкой области. Дополнение 4 // Эверсманния. Энтомологические исследования в России и соседних регионах, 2021. Вып. 65–66. С. 29–33.
- Никитский Н.Б., Петров П.Н., Прокин А.А. Новые и некоторые другие интересные для Московской области (Россия) виды жесткокрылых насекомых (Coleoptera) // Кавказский энтомологический бюллетень. 2013. Т. 9, № 2. С. 223–241.
- Петров П.Н., Никитский Н.Б. Семейство Dytiscidae Leach, 1815 – Плавунцы // Жесткокрылые насекомые Московской области (Insecta, Coleoptera). Ч. 1. М.–Берлин: Директ-Медиа, 2016. С. 124–155.
- Прокин А.А. Новые данные по распространению Hydrochidae и Hydrophilidae (Coleoptera) в России и сопредельных странах // Проблемы водной энтомологии России и сопредельных стран: Матер. X Трихоптерологического симпозиума, IV Всеросс. симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым. Владикавказ: изд-во СОГУ, 2010. С. 74–78.
- Прокин А.А., Коваленко Я.Н., Петров П.Н., Цуриков М.Н., Присный А.В. Новые данные по фауне жесткокрылых (Coleoptera) Среднерусской лесостепи // Евразийский энтомологический журнал, 2015. Т. 14, № 2. С. 188–193.
- Сажнев А.С. Дополнения к фауне водных жесткокрылых подотряда Adephaga Саратовской области // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье, 2014. Вып. 11. С. 142–143.
- Федоров Д.В. Материалы по фауне и фенологии Hydradeephaga Ульяновской области // Естественно-научные исследования в Симбирско-Ульяновском крае на рубеже веков. Ульяновск, 1999. С. 80–83.
- Цуриков М.Н. Жуки Липецкой области. Воронеж: ИПЦ Воронеж. гос. ун-та, 2009. 332 с.
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Archostemata – Moxophaga – Adephaga. Vol. 1. Revised and Updated Edition. Eds. Löbl I., Löbl D. 2017. Leiden, Boston: Brill. 1443 p.
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Hydrophiloidea – Staphylinioidea. Vol. 2/1. Revised and Updated Edition. Eds. Löbl I., Löbl D. 2015. Leiden, Boston: Brill. 1702 p.
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea. Vol. 3. Revised and Updated Edition. Eds. Löbl I., Löbl D. 2016. Leiden, Boston: Brill. 984 p.
- Fossen E.I., Ekrem T., Nilsson A.N., Bergsten J. Species delimitation in northern European water scavenger beetles of the genus *Hydrobius* (Coleoptera, Hydrophilidae) // ZooKeys. 2016. Vol. 564. P. 71–120. <http://doi.org/10.3897/zookeys.564.6558>.
- Prokin A.A. New records of water beetles (Coleoptera: Haliplidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrochidae, Hydrophilidae) from the Middle Russian forest-steppe // Latvijas Entomologists, 2006. Vol. 43. P. 138–142.
- Prokin A.A., Sazhnev A.S. New records of beetles from families Haliplidae, Dytiscidae, Hydraenidae, Helophoridae, Hydrophilidae, Scirtidae and Chrysomelidae (Coleoptera) from the North Caucasus // Caucasian Entomological Bulletin, 2019. Т. 15, № 1. P. 49–53. <http://doi.org/10.23885/181433262019151-4953>.

- Ryndevich S.K., Angus R.B. Redescription of *Hydrobius pauper* (Coleoptera: Hydrophilidae), with a key to the Eurasian species of the genus *Hydrobius* // *Zoosyst. Rossica*. 2020. Vol. 29. No 1. P. 77–86. <http://doi.org/10.31610/zsr/2020.29.1.77>.
- Yemel'yanov A.F. Proposals on the classification and nomenclature of ranges // *Entomological Review*, 1974. T. 53, Vol. 3. P. 11–26.

## REFERENCES

- Belyashevsky N.N. Notices on the ranges of water beetles (Coleoptera, Hydradephaga) of the fauna of the USSR. *Entomologicheskoe obozrenie*, 1991, vol. 70, no. 2, pp. 367–372. (In Russian).
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Archostemata – Myxophaga – Adephaga. Vol. 1. Revised and Updated Edition.* Eds. Löbl I., Löbl D. 2017. Leiden, Boston: Brill. 1443 p.
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Hydrophiloidea – Staphylinoidea. Vol. 2/1. Revised and Updated Edition.* Eds. Löbl I., Löbl D. 2015. Leiden, Boston: Brill. 1702 p.
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea. Vol. 3. Revised and Updated Edition.* Eds. Löbl I., Löbl D. 2016. Leiden, Boston: Brill. 984 p.
- Dyadichko V.G., Grandova M.A., Prokin A.A. Preliminary results of studying water entomofauna (Insecta: Heteroptera, Coleoptera) of the State Natural Reserve “Polystovsky” and adjacent territories of Pskov Area (Russia). *Sa-marskaya Luka: problemy regionalnoy i globalnoy ekologii*, 2009, vol. 18, no 2. pp. 168–176. (In Russian).
- Fedorov D.V. Materialy po faune Hydradephaga (Coleoptera, Insecta) Ul'yanovskoy oblasti [Materials to the fauna of Hydradephaga (Coleoptera, Insecta) Ulyanovsk Oblast]. *Estestvenno-nauchnye issledovaniya v Simbirsko-Ul'yanovskom krae na rubezhe vekov*, Ulyanovsk, 1999, pp. 80–83. (In Russian).
- Fossen E.I., Ekrem T., Nilsson A.N., Bergsten J. Species delimitation in northern European water scavenger beetles of the genus *Hydrobius* (Coleoptera, Hydrophilidae). *ZooKeys*, 2016, vol. 564, pp. 71–120. <http://doi.org/10.3897/zookeys.564.6558>.
- Golub V.B., Tsurikov M.N., Prokin A.A. Kollektii nasekomykh: sbor, obrabotka i hranenie materiala [Insect collections: collection, processing and storage of material]. Second edition. Moscow, KMK, 2021. 358 p. (In Russian).
- Litovkin S.V. 2018. Water beetles of Samara Oblast. [https://www.zin.ru/Animalia/coleoptera/rus/hydr\\_sam.htm](https://www.zin.ru/Animalia/coleoptera/rus/hydr_sam.htm) (accessed: 1.12.2021).
- Mazurov S.G. *Nasekomye Krasninskogo rayona Lipetskoy oblasti. T. 2. Zhestkokrylye* [Insects of Krasninskiy District of Lipetsk Oblast. Vol. 2. Coleoptera]. Elets, OOO “Tipografia”, 2017. 319 p. (In Russian).
- Mazurov S.G., Urbanus Ya.A. Dopolnenie k spisku zhestkokrylykh (Coleoptera) urochishcha Plyushchan' i urochishcha Byk Krasninskogo rayona Lipetskoy oblasti [Supplement to the list of beetles (Coleoptera) of Plyushchan and Byk Natural Boundaries of Krasninsky District of Lipetsk Oblast]. *Ekologicheskie issledovaniya v zapovednike “Gali-ch'ya gora”*, 2021, vol. 3, pp. 99–109. (In Russian).
- Mazurov S.G., Urbanus Ya.A., Prokin A.A., Ryaskin D.I., Ishin R.N. To the fauna of beetles (Coleoptera) of the Lipetsk Province. Addition 3. *Eversmannia*, 2020, vol. 62, pp. 68–71. (In Russian).
- Mazurov S.G., Urbanus Ya.A., Semionenkov O.I., Ryaskin D.I., Prokin A.A. To the fauna of beetles (Coleoptera) of the Lipetsk Province. Addition 4. *Eversmannia*, 2021, vol. 66–65, pp. 29–33. (In Russian).
- Nikitsky N.B., Petrov P.N., Prokin A.A. New and some other interesting beetles (Coleoptera) of Moscow Region (Russia). *Caucasian Entomological Bulletin*, 2013, vol. 9, no. 2, pp. 223–241. (In Russian).
- Petrov P.N., Nikitsky N.B. Semeystvo Dytiscidae Leach, 1815 – Plavuntsy. *Zhestkokrylye nasekomye Moskovskoy oblasti (Insecta, Coleoptera)* [Beetles of Moscow oblast (Insecta, Coleoptera)]. Vol. 1. Moscow-Berlin, Direct-Media, 2016, pp. 124–155.
- Prokin A.A. New records of water beetles (Coleoptera: Haliplidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrochidae, Hydrophilidae) from the Middle Russian forest-steppe. *Latvijas Entomologs*, 2006, vol. 43, pp. 138–142.
- Prokin A.A. New data on distribution of Hydrochidae and Hydrophilidae (Coleoptera) in Russia and neighboring countries. *Problemy vodnoi entomologii Rossii i soprodel'nykh stran: materialy X trichopterologicheskogo simpoziuma, IV Vserossiiskogo simpoziuma po amfibiotskim i vodnym nasekomym*. Vladikavkaz: Severo-Osetinskii gosuniversitet. 2010, pp. 74–78. (In Russian).
- Prokin A.A., Kovalenko Ya.N., Petrov P.N., Tsurikov M.N., Prisiy A.V. New records of Coleoptera for the Central Russia forest-steppe. *Euroasian Entomological Journal*, 2015, vol. 14, no. 2, pp. 188–193.
- Prokin A.A., Sazhnev A.S. New records of beetles from families Haliplidae, Dytiscidae, Hydraenidae, Helophoridae, Hydrophilidae, Scirtidae and Chrysomelidae (Coleoptera) from the North Caucasus. *Caucasian Entomological Bulletin*, 2019, vol. 15, no. 1, pp. 49–53. <http://doi.org/10.23885/181433262019151-4953>.
- Ryndevich S.K., Angus R.B. Redescription of *Hydrobius pauper* (Coleoptera: Hydrophilidae), with a key to the Eurasian species of the genus *Hydrobius*. *Zoosyst. Rossica*, 2020, vol. 29, no 1, pp. 77–86. <http://doi.org/10.31610/zsr/2020.29.1.77>.
- Sazhnev A.S. Additional data to the fauna of water beetles (suborder Adephaga) of Saratov Province. *Entomological and Parasitological Investigations in Volga Region*, 2014, vol. 11, pp. 142–143.
- Tsurikov M.N. *Beetles of Lipetsk Province*. Voronezh, Voronezh State University, 2009. 332 pp. (In Russian).
- Yemel'yanov A.F. Proposals on the classification and nomenclature of ranges. *Entomological Review*, 1974, vol. 53, no. 3, pp. 11–26.

## NEW RECORDS OF HALIPLIDAE, DYTISCIDAE, HYDROPHILIDAE AND SCIRTIDAE (COLEOPTERA) FROM LIPETSK OBLAST

A. S. Sazhnev<sup>1</sup>, A. A. Prokin<sup>1</sup>, Ya. A. Urbanus<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,  
152742 Borok, Russia, e-mail: sazh@list.ru, prokina@mail.ru*

<sup>2</sup>*Individual Researcher, 398042 Lipetsk, Russia, e-mail: yan-urbanus@yandex.ru*

Six species of aquatic Coleoptera are recorded from the Lipetsk Oblast for the first time: *Haliplus flavicollis* Sturm, 1834 (Haliplidae); *Agabus paludosus* (Fabricius, 1801), *Ilybius neglectus* (Erichson, 1837), *I. wasastjernae* (C.R. Sahlberg, 1824), *Hydroporus incognitus* Sharp, 1869, *Hygrotus versicolor* (Schaller, 1783) (Dytiscidae), *Hydrobius rottenbergii* Gerhardt, 1872 (Hydrophilidae). Two species (*Ilybius wasastjernae*, *Hydroporus incognitus*), are recorded at the southernmost limits of the known range in the European part of Russia. The record of *Contacyphon laevipennis* (Tournier, 1868) is confirmed by provided material. For three species, original photographs of the habitus and male genitalia are provided, and for two ones – of the habitat.

**Keywords:** beetles, distribution, new records

## MAGNETIC FLUCTUATIONS AFFECT CIRCADIAN PATTERNS OF LOCOMOTOR ACTIVITY IN ZEBRAFISH (PRELIMINARY DATA)

V. V. Krylov, E. I. Izvekov, V. V. Pavlova, N. A. Pankova, E. A. Osipova

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,*

*152742 Borok, Yaroslavl oblast, Russia, e-mail: kryloff@ibiw.ru*

Revised 25.11.2021

The locomotor activity of zebrafish (*Danio rerio*) has a pronounced, well-studied circadian rhythm. Under constant illumination, the period of free-running locomotor activity in this species usually becomes less than 24 hours. To evaluate the entraining capabilities of slow magnetic variations, zebrafish locomotor activity was evaluated at constant illumination and fluctuating magnetic field with a period of 26.8 hours. Lomb-Scargle periodogram revealed significant free-running rhythms of locomotor activity and related behavioral endpoints with a period close to 27 hours. Obtained results reveal the potential of slow magnetic fluctuations for entrainment of the circadian rhythms in zebrafish. The putative mechanisms responsible for the entrainment are discussed, including the possible role of cryptochromes.

**Keywords:** magnetic field, *Danio rerio*, cryptochrome, circadian rhythm, swimming speed

DOI: 10.47021/0320-3557-2021-15-25

### INTRODUCTION

Circadian rhythms play a significant role in the physiology of the majority of living beings. They provide effective use of energy and resources in ever-changing natural and artificial environments [Finger et al., 2020]. Based on the endogenous rhythms of intracellular circadian oscillators, an organism adjusts its internal processes to the anticipated conditions for a given time of day [Patke et al., 2020]. Briefly, these circadian clocks in cells are described as transcription-translation feedback loops. In most vertebrates, positive components of this loop are the transcription factors CLOCK and BMAL that modulate the expression of Period (*Per*) and Cryptochrome (*Cry*) genes as negative components. These negative components repress transcription and induce the body's circadian clock to reset, thus starting a new cycle of the feedback loop [Wager-Smith, Kay, 2000; Idda et al., 2012; Finger et al., 2020]. In birds and mammals, this endogenous circadian oscillator (located in the brain's suprachiasmatic nucleus) provides the main rhythm transferred to peripheral tissues via pineal gland produced melatonin [Dibner et al., 2010]. A decentralized to varying degree circadian system can be found throughout the evolutionary tree [Bell-Pedersen et al., 2005; Frøland Steindal, Whitmore, 2019].

The endogenous circadian rhythms adjust to external environmental cues (zeitgebers) with the primary external pacemaker being light/dark cycles. In general terms, the endogenous circadian oscillator synchronizes to local daytime via photic cues transmitted from the retina to neurons of the suprachiasmatic nucleus [LeGates et al., 2014]. Some findings suggest the diurnal geomagnetic variation may be a secondary external zeitgeber affecting biological circadian rhythms [Brown, 1976; Krylov, 2017]. This variation results from

the dynamo-current process within the ionospheric E-region and represents a distinguishable daily magnetic oscillation from approximately a few tens of nanoTeslas (nT) at mid-latitudes to 200 nT near the magnetic equator [Yamazaki, Maute, 2017]. Diurnal geomagnetic variation is suggested to act as a potential circadian zeitgeber via cytochromes possibly being able to perceive magnetic fields through radical pair reactions [Solov'yov et al., 2007; Hore, Mouritsen, 2016]. Though indirect evidence supports this theory [Brown, Scow, 1978; Welker et al., 1983; Wan et al., 2015; Krylov et al., 2017; Agliassa, Maffei, 2019; Krylov et al., 2019; Krylov et al., 2020], no direct experimentation has been carried out studying the entrainment of circadian rhythms to slow magnetic fluctuations. The issue of whether slow changes in the magnetic field affect circadian oscillators remains open.

In the present study, we used wild-type zebrafish (*Danio rerio*) to answer this question. The brain of this species contains the pineal gland driving the rhythmic production of melatonin [Cahill, 1996; Lima-Cabello et al., 2014]. However, the circadian oscillators in different zebrafish tissues can keep unrelated rhythms that are entrained directly by an external light-dark zeitgeber [Whitmore et al., 1998; Cermakian et al., 2000; Khan et al., 2016]. The lack of a centralized pacemaker subjugating all other oscillators in zebrafish could increase the chance to detect changes in circadian rhythms caused by a magnetic influence. The influence of different light and magnetic exposures on zebrafish rhythms was analyzed through locomotor activity and several related endpoints known as precise indicators of circadian rhythmicity in this species [Krylov et al., 2021].



## METHODS

All animal experiments were carried out in accordance with relevant guidelines and regulations. The study was carried out in compliance with the ARRIVE guidelines. All experimental protocols have been approved by the Institutional Animal Care and Use Committee at Papanin Institute for Biology of Inland Waters (<https://ibiw.ru/index.php?p=downloads&id=46180>).

**Zebrafish maintenance.** Wild-type zebrafish (AB strain) were obtained from the commercial distributor and maintained in the Laboratory of physiology and toxicology (Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences). Prior to experimentation, zebrafish were kept together for two months in 70 L aquaria at 24°C under a 16:8 h light/dark cycle. Zebrafish were fed daily at different times between 12:00 and 16:30. Males and females at the age of approximately four months (mean body length 2.99 cm, SD = 0.17 cm, n = 24) were used for experimentation.

**Timed backlight.** In order to provide backlit illumination for the experiments, a lightbox was constructed from a series of LEDs, aluminum plates, and matte plexiglass. LED plates were created by adhering 32 LEDs to an aluminum plate so as each aquarium would be backlit by 4 infrared LEDs (3W, 940nm) and 4 white-color LEDs (3W, 4500K). Each LED plate was mounted 10 cm under a lightbox cover (constructed from matte plexiglass) which serves to diffuse light. Lighting modes were controlled via time relays (DH-48S-S, Omron, Japan) which used KMI-10910 (IEK, Russia) contactors to supply power, by Qh-60LP18 power suppliers (Shenzhen Chanzon Technology, China), to the LEDs.

**Magnetic fluctuations.** Zebrafish were exposed to the following magnetic fluctuations:

1. The natural diurnal geomagnetic variation.

It is represented by magnetic fluctuations of about 30 nT with a 24 h period. This variation was recorded in X-, Y-, and Z-directions throughout the experiment using an NV0302A magnetometer (ENT, St Petersburg, Russia). Six geomagnetic disturbances with a k-index of 4 that corresponds to weak geomagnetic storms occurred during the experiments under natural diurnal geomagnetic variation (08/02/2020 from 12:00 to 18:00; 08/31/2020 from 00:00 to 03:00, from 09:00 to 12:00, and from 15:00 to 21:00; 09/14/2020 from 00:00 to 03:00). The natural diurnal geomagnetic variation was accompanied by a 16: 8 h light/dark photoperiod.

2. Experimental magnetic fluctuations simulating increased diurnal geomagnetic variation with an average period of 26.8 h. We used a sample record of diurnal geomagnetic variation in X-, Y- and

Z-directions made close to the laboratory to generate these magnetic oscillations. The sample record intensity was enhanced to about 100–150 nT for each X-, Y-, and Z-directions. This exposure allows for more pronounced periodic changes in the magnetic background but not exceeding the level of natural geomagnetic storms. The period of sample diurnal geomagnetic variation was also increased to 26.8 h by a signal prolongation. This value was chosen for the experiments because the free-running rhythm of locomotor activity in zebrafish became shorter than 24 h under constant illumination. Hence the magnetic zeitgeber with a period longer than 26 h can manifest itself under constant illumination. At the same time, the period of 26.8 h is quite close to the circadian 24 h period. That is, the endogenous oscillator does not require drastic changes in order to be entrained by this external zeitgeber. The experimental magnetic fluctuations were generated under constant light conditions. Signals of the natural diurnal geomagnetic variation and experimental magnetic fluctuations in the horizontal direction are shown in Fig. 1. In order to compare these signals with behavioral endpoints, they are also presented as actograms and periodograms (Fig. 2 a, b).

A setup, described in detail by Krylov et al. [2014], was used to generate experimental magnetic fluctuations. It was assembled on a PC workstation and consisted of the following items:

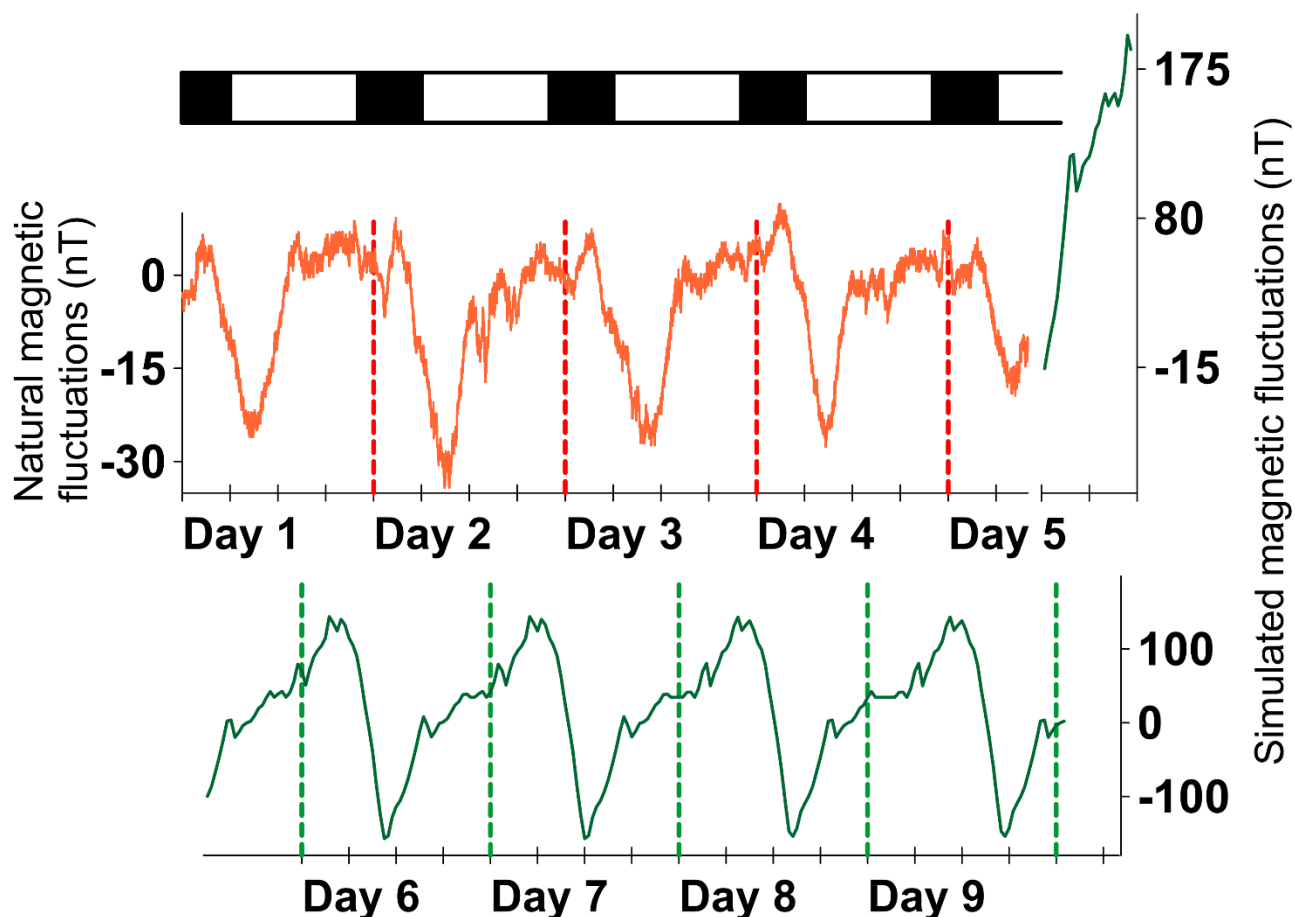
1) A three-component fluxgate magnetometer NV0302A (ENT, St Petersburg, Russia) providing analogous signals proportional to the strength of the geomagnetic field and its variations;

2) An LTR11 analog-to-digital and an LTR34-4 digital-to-analog signal converter (L-card, Moscow, Russia);

3) A coil system consisting of three pairs of mutually orthogonal Helmholtz coils (0.5 m in diameter, 700 turns of 0.2 mm copper wire in each coil) made by the Schmidt Institute of Physics of the Earth ([www.ifz.ru](http://www.ifz.ru)).

The direction of each Helmholtz coils pair was the same as the direction of the geomagnetic field components. Natural fluctuations of the geomagnetic field, including diurnal variation, were compensated within the Helmholtz coil systems in the frequency range up to 5 Hz based on a signal from NV0302A magnetometer (ENT). The industrial alternating magnetic fields of 50 Hz were less than 10 nT and did not appear in the harmonics. Parameters of the generated signals in the Helmholtz coils system's working volume were checked using a control magnetometer NV0599C (ENT).





**Fig. 1.** Natural diurnal geomagnetic variation (line above) and experimental magnetic fluctuations (line below) in the horizontal direction.

#### *Experimental conditions and procedure.*

All experimentation was conducted in a remote laboratory free of working staff in order to eliminate possible circadian rhythm influences caused by daily human activities. Four fish were placed in four custom glass aquaria (15×20 cm, height 23 cm) filled with 10 cm of water, with one fish per aquarium. Water temperature during the experiments was 21°C as adult zebrafish show the most robust rhythm of locomotor activity at the temperatures of 20–21°C [Hurd et al., 1998; López-Olmeda et al., 2006]. The aquaria were installed above a lightbox. Screens made of opaque white plastic were placed between the adjacent aquaria so that fish could not see conspecifics. The lightbox with the aquaria was located in a system of Helmholtz coils. During the first 4.5 days, a 16: 8 h light/dark cycle was maintained, and no voltage was supplied to Helmholtz coils. Then from 13:00 of the 5th to 00:00 of the 10th day of the experiments, constant lighting conditions were maintained, and experimental magnetic fluctuations were generated within Helmholtz coils.

The water was constantly renewed via two 4 mm openings in the wall of each aquarium at 3 and 10 cm height from the bottom. Water

flowed by gravity from a 200 L plastic barrel placed one floor above through the silicone hoses connected to the bottom openings of aquaria. Water aeration and temperature control for all aquaria were carried out in the barrel. Excess water was drained to the sewer through the top opening to ensure a constant level of 10 cm. Water from different aquaria has never been mixed or reused.

At the beginning of the experiment, a 1 cm<sup>3</sup> piece of slow-release gel food block “Tetra Holiday” (Tetra GmbH, Melle, Germany) was placed on the bottom of each aquarium to prevent the influence of the feeding schedule on circadian behavior. Thereby zebrafish had free access to food during the whole study.

Fish movements in the horizontal plane were registered with IP-cameras (TR-D1140, Trassir, Shenzhen, China) equipped with IR corrected varifocal lenses (TR-L4M2.7D2.7-13.5IR, Trassir, Shenzhen, China) and mounted above the aquaria. Night and day video was recorded in black and white at 25 frames per second with a resolution of 2592×1520 pixels. The video signals were transmitted through a switch (T1500-28PCT, TP-Link, Shenzhen, China) to a video recorder server (MiniNVR AF16, Trassir, Shenzhen, China).

The experiment was performed in 3 independent and time-separated replications between July 31, 2020 and September 17, 2020. Each zebrafish was used only for a single replication. Thereby 216-h video records obtained from 12 zebrafish were then processed.

**Data processing.** An approach proposed by Audira et al. [2019] was used for data processing. One-minute video files were cut from the primary video record for every half of an hour (from the 15th to the 16th and 45th to 46th min of each hour). Such duration has proved to be sufficient for statistical analysis of locomotor activity with the data appropriately describing circadian rhythms [Sarasamma et al., 2018; Audira et al., 2019; Malhotra et al., 2019]. The open-source software idTracker [Pérez-Escudero et al., 2014] was used to process each one-minute video file. The software provided X and Y coordinates reflecting the center of the fish body for each frame. Before the processing, the trajectory data were filtered using the “*minimal distance moved*” method to eliminate slight “apparent” movements of the fish [Noldus et al., 2001; Shenk et al., 2020]. The minimal distance threshold was set at 2.6 mm. Then, based on this information, several quantitative measures of fish behavior that reveal pronounced circadian rhythms in zebrafish [Audira et al., 2019] were calculated using the Microsoft Excel formulae. The parameters included:

1. Average swimming speed, cm/s (total distance travelled divided by total observation time)
2. Meandering, °/cm, reflecting the trajectories irregularity and calculated as the sum of all turning angles (absolute values) divided by total distance
3. Average angular velocity, °/s (total turning angle divided by total test time)

Zebrafish displayed a robust circadian rhythm of locomotor activity and related behavioral endpoints at the first stage of the experiments under 16:8 h light/dark cycle. Most of the endpoints (swimming speed, angular velocity, wall preference index, swimming time, and rapid movement time) were higher during the light phase and lower in the dark, while meandering and freezing time followed the reversed pattern (Table 1). The circadian period in the dynamics of studied endpoints was 24 h (Fig. 2 c, e, g, i). The average angular velocity and wall preference index had an additional weaker rhythm with a 15.84 h period (Fig. 2 g, i). Natural geomagnetic disturbances with a k-index of 4 did not affect circadian patterns of behavioral endpoints at the first stage of the experiments.

4. Freezing time, % (the total time when speed is less than 1 cm/s)
5. Swimming time, % (the total time when speed ranges from 1 to 10 cm/s)
6. Rapid movement time, % (the total time when speed exceeds 10 cm/s)
7. Wall preference index (relative time spent within a 3-cm-wide area close to the walls)

The latter index is calculated upon the formula:

$$WP = \frac{T_w}{S_w} / \left( \frac{T_w}{S_w} + \frac{T_c}{S_c} \right),$$

where  $T_w$  and  $T_c$  denote time (s) spent close to the walls and in the central zone, respectively, while  $S_w$  and  $S_c$  denote the area (cm<sup>2</sup>) of each zone. The index varies from 0 (if a fish never approaches the walls) to 1 (if a fish keeps the walls and never visits the central zone).

Differences between the average values of studied parameters during the light and dark phases were evaluated with a t-test as all data had a normal distribution (Shapiro–Wilk W-test,  $p > 0.05$ ). Time series were analyzed with RhythmicAlly software [Abhilash, Sheeba, 2019]. The linear trend was subtracted from the time series, and the data were smoothed with a moving average window of 7 samples before analysis. Circadian periods under 16: 8 h light/dark cycle and free-running periods under constant illumination were analyzed using the Lomb-Scargle periodogram [Tackenberg, Hughey, 2021]. We also used cosinor-analysis [Cornelissen, 2014] based on the approximation of a time series by a cosine wave to identify a mesor (or a rhythm-adjusted mean that represents the average level of the cosine wave) and an amplitude (a measure of half the extent of predictable variation within a cycle) of studied rhythms.

## RESULTS

At the second stage of the experiments, the zebrafish were held at constant lighting and magnetic variation with a 26.8-h period (Fig. 2 b). In the absence of the photic zeitgeber, the studied endpoints, except for meandering, showed significant free-running rhythms with periods close to 27 h (Fig. 2 d, f, h, j). These free-running rhythms were dominant for angular velocity, wall preference index, and rapid movement time (Table 2). However, in the case of swimming speed, freezing time, and swimming time, these 27 h rhythms, while present, were less pronounced than those with 20 h periodicity (Table 2). Generally, the amplitudes of behavioral rhythms found within the second stage of the experiments were reduced compared to the first stage through the emergence of additional rhythms manifested in several peaks on periodograms.

**Table 1.** Studied behavioral endpoints in zebrafish at the light (over the dash) and dark (under the dash) phases during the first stage of experiments

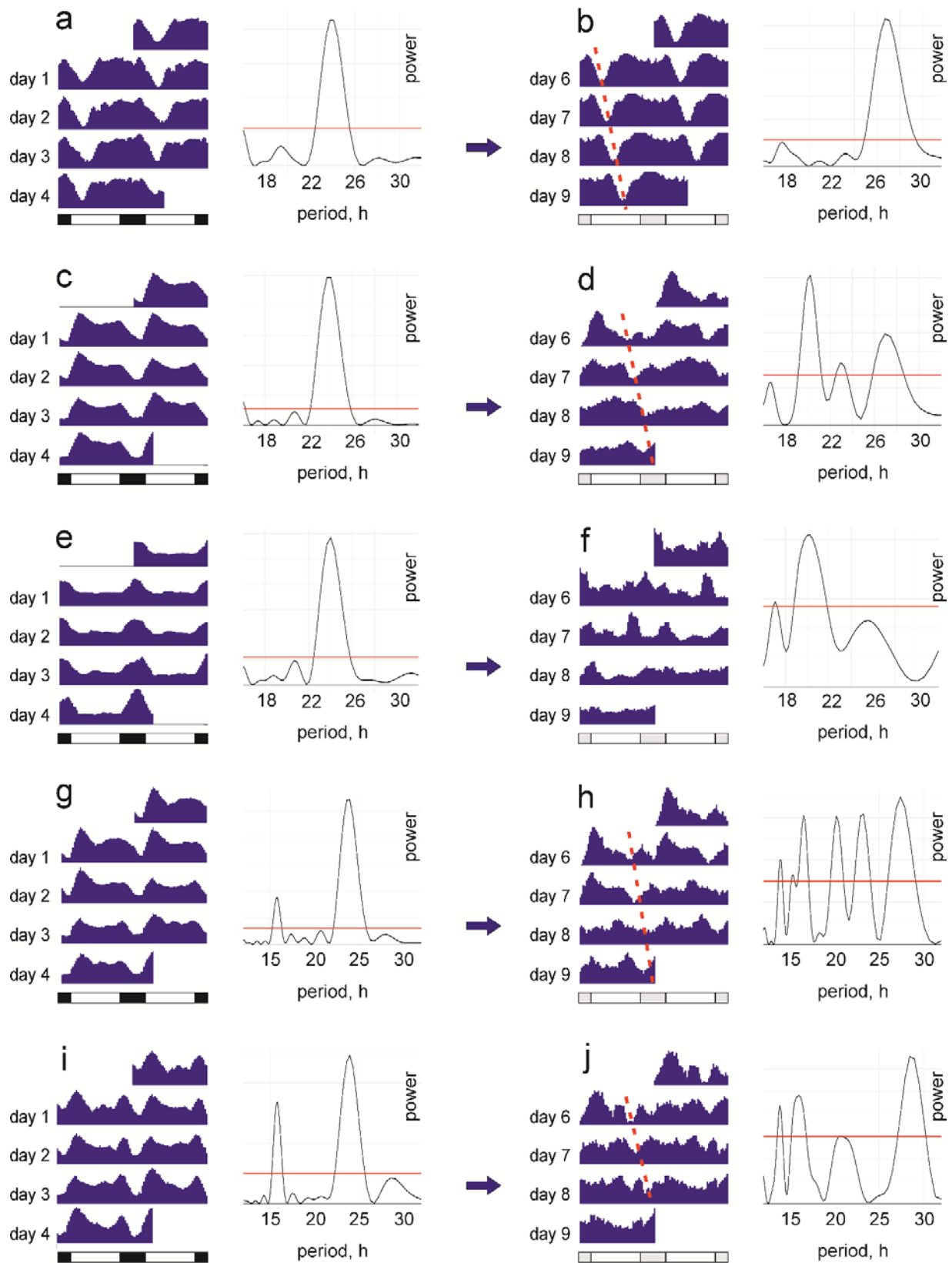
| Individual     | Swimming speed (cm/s)           | Meandering (°/cm)                   | Average angular velocity (°/s)     | Wall preference index           | Freezing time (%)                 | Swimming time (%)                 | Rapid movement time (%)         | n                  |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| 1              | <u>2.41±0.09</u><br>1.44±0.16 * | <u>34.64±1.26</u><br>76.60±7.09 *   | <u>86.86±5.50</u><br>70.28±6.83    | <u>0.54±0.02</u><br>0.38±0.04 * | <u>16.07±1.60</u><br>62.78±4.22 * | <u>83.03±1.60</u><br>36.35±4.12 * | <u>0.91±0.15</u><br>0.87±0.15   | <u>134</u><br>76   |
| 2              | <u>2.35±0.09</u><br>1.04±0.12 * | <u>31.07±1.40</u><br>74.41±6.04 *   | <u>70.63±4.01</u><br>53.86±5.59 *  | <u>0.43±0.02</u><br>0.29±0.04 * | <u>26.54±2.01</u><br>69.84±3.82 * | <u>72.91±1.98</u><br>29.90±3.79 * | <u>0.55±0.09</u><br>0.26±0.05 * | <u>135</u><br>76   |
| 3              | <u>3.68±0.16</u><br>1.54±0.15 * | <u>32.91±1.78</u><br>49.91±2.46 *   | <u>117.07±6.46</u><br>64.21±5.00 * | <u>0.58±0.03</u><br>0.55±0.04   | <u>8.06±1.20</u><br>57.23±3.54 *  | <u>86.81±1.29</u><br>42.25±3.46 * | <u>5.13±0.83</u><br>0.52±0.12 * | <u>135</u><br>76   |
| 4              | <u>3.25±0.10</u><br>1.40±0.14 * | <u>25.37±0.88</u><br>57.89±4.96 *   | <u>84.39±4.22</u><br>62.63±6.43 *  | <u>0.61±0.02</u><br>0.41±0.05 * | <u>9.22±0.98</u><br>59.20±4.04 *  | <u>89.19±0.96</u><br>40.49±4.00 * | <u>1.58±0.23</u><br>0.30±0.06 * | <u>135</u><br>76   |
| 5              | <u>1.36±0.05</u><br>0.84±0.08 * | <u>38.97±2.43</u><br>108.66±11.37 * | <u>46.32±2.35</u><br>52.07±4.09    | <u>0.42±0.02</u><br>0.64±0.04 * | <u>43.54±2.32</u><br>69.80±3.30 * | <u>56.40±2.32</u><br>30.13±3.29 * | <u>0.06±0.01</u><br>0.07±0.02   | 133<br>76          |
| 6              | <u>2.32±0.11</u><br>0.77±0.06 * | <u>38.42±1.38</u><br>49.64±2.84 *   | <u>84.88±4.78</u><br>31.22±1.40 *  | <u>0.49±0.03</u><br>0.29±0.03 * | <u>29.92±2.65</u><br>76.00±2.28 * | <u>68.98±2.60</u><br>23.88±2.26 * | <u>1.10±0.20</u><br>0.12±0.02 * | <u>134</u><br>76   |
| 7              | <u>1.34±0.07</u><br>0.67±0.06 * | <u>32.68±1.76</u><br>66.67±7.82 *   | <u>39.87±2.40</u><br>25.49±2.10 *  | <u>0.33±0.02</u><br>0.57±0.04 * | <u>52.00±2.53</u><br>79.26±2.35 * | <u>47.85±2.53</u><br>20.63±2.34 * | <u>0.14±0.03</u><br>0.11±0.02   | 133<br>76          |
| 8              | <u>2.09±0.09</u><br>0.87±0.09 * | <u>35.84±0.89</u><br>76.64±5.41 *   | <u>76.46±4.17</u><br>46.23±3.79 *  | <u>0.43±0.03</u><br>0.39±0.05   | <u>30.80±2.21</u><br>72.55±3.44 * | <u>68.84±2.20</u><br>27.22±3.43 * | <u>0.36±0.06</u><br>0.23±0.06   | <u>134</u><br>76   |
| 9              | <u>3.67±0.10</u><br>0.91±0.04 * | <u>45.51±1.00</u><br>65.60±3.55 *   | <u>162.39±4.78</u><br>56.43±2.98 * | <u>0.83±0.01</u><br>0.57±0.03 * | <u>10.87±0.76</u><br>70.84±1.82 * | <u>86.13±0.67</u><br>29.03±1.82 * | <u>3.00±0.35</u><br>0.13±0.03 * | <u>135</u><br>76   |
| 10             | <u>1.94±0.07</u><br>0.70±0.06 * | <u>35.83±1.42</u><br>68.71±5.52 *   | <u>65.58±3.08</u><br>35.64±2.61 *  | <u>0.53±0.02</u><br>0.51±0.04   | <u>26.13±1.94</u><br>79.50±2.14 * | <u>73.50±1.93</u><br>20.34±2.12 * | <u>0.37±0.09</u><br>0.16±0.04   | <u>135</u><br>76   |
| 11             | <u>2.06±0.05</u><br>0.87±0.11 * | <u>27.48±0.71</u><br>52.63±5.38 *   | <u>56.33±1.81</u><br>36.60±3.53 *  | <u>0.56±0.02</u><br>0.36±0.03 * | <u>16.73±0.90</u><br>75.10±3.12 * | <u>83.03±0.90</u><br>24.76±3.10 * | <u>0.24±0.03</u><br>0.13±0.04 * | <u>135</u><br>76   |
| 12             | <u>1.45±0.08</u><br>0.50±0.04 * | <u>45.06±2.93</u><br>89.85±7.28 *   | <u>52.40±2.53</u><br>38.01±3.18 *  | <u>0.48±0.02</u><br>0.47±0.04   | <u>46.99±2.39</u><br>85.42±1.74 * | <u>52.64±2.36</u><br>14.51±1.73 * | <u>0.37±0.15</u><br>0.06±0.01   | <u>135</u><br>76   |
| average (n=12) | <u>2.33±0.03</u><br>0.96±0.03 * | <u>35.31±0.49</u><br>69.77±1.88 *   | <u>78.68±1.42</u><br>47.56±1.31 *  | <u>0.52±0.01</u><br>0.45±0.01 * | <u>26.35±0.65</u><br>71.46±0.93 * | <u>72.49±0.64</u><br>28.29±0.92 * | <u>1.15±0.09</u><br>0.25±0.02 * | <u>1613</u><br>912 |

**Note.** Data are given as means ± standard error. \* Significant differences between values at the light and dark phases.

**Table 2.** Lomb-Scargle periods, mesors, and amplitudes for the rhythms of studied behavioral endpoints in zebrafish

| Parameter                | First stage of experiments, circadian period |        |           | Second stage of experiments, primary free-running period |        |           | Second stage of experiments, secondary free-running period |        |           |
|--------------------------|--|--------|-----------|--|--------|-----------|--|--------|-----------|
|                          | period                                       | mesor  | amplitude | period   | mesor  | amplitude | period   | mesor  | amplitude |
| Average swimming speed   | 24   | 1.852  | 0.635     | 20.211   | 1.998  | 0.103     | 26.947   | 2.020  | 0.100     |
| Meandering               | 24   | 46.781 | 19.021    | 20.211   | 33.405 | 1.245     | 17.067   | 33.441 | 1.021     |
| Average angular velocity | 24   | 67.711 | 12.045    | 27.429   | 62.181 | 2.417     | 20.211   | 61.794 | 3.309     |
| Wall preference index    | 24   | 0.494  | 0.030     | 28.444   | 0.571  | 0.011     | 16.000   | 0.570  | 0.010     |
| Freezing time            | 24   | 41.746 | 23.703    | 20.211   | 25.526 | 1.566     | 26.947   | 25.119 | 1.673     |
| Swimming time            | 24   | 57.445 | 23.529    | 19.948   | 73.985 | 1.488     | 26.947   | 74.390 | 1.610     |
| Rapid movement time      | 24   | 0.809  | 0.625     | 27.927   | 0.515  | 0.094     | 20.480   | 0.496  | 0.101     |

**Note.** All presented rhythms are significant (p < 0.05, Lomb-Scargle periodogram analysis).



**Fig. 2.** Diurnal geomagnetic variation (a), experimental magnetic fluctuations (b), and dynamics of zebrafish behavioral endpoints (c–j) given as a set of double plotted actograms and periodograms. Both natural geomagnetic variation used at the first stage of experiments under a 16:8 LD cycle (a) and experimental magnetic fluctuations with a 26.8 h period under constant illumination at the second stage (b) were horizontally directed. Behavioral endpoints measured at these two stages respectively included: average swimming speed (c, d), meandering (e, f), angular velocity (g, h), and wall preference index (i, j). Significant periods on Lomb-Scargle periodograms ( $p < 0.05$ ) are above the solid horizontal line. The dotted line on the actograms denotes the trends that determine a significant free-running period of about 27 hours.

Such a multiple-peaked pattern results from different individuals with a predominance of one or another rhythm in the studied group. However, even in individuals with a predominance of one of the most pronounced periods ( $20 \pm 1$  h or  $27 \pm 1$  h), a secondary, less prominent peak was often present. In two individuals, these two peaks had almost equal amplitude. At the same time, several individuals in the group retained a rhythm with a period close to 24 h.

At the second stage of the experiments, the zebrafish were held at constant lighting and magnetic variation with a 26.8-h period (Fig. 2 b). In the absence of the photic zeitgeber, the studied endpoints, except for meandering, showed significant free-running rhythms with periods close to 27 h (Fig. 2 d, f, h, j). These free-running rhythms were dominant for angular velocity, wall preference index, and rapid movement time (Table 2). However, in the case of swimming speed, freezing time, and swimming time, these 27 h

rhythms, while present, were less pronounced than those with 20 h periodicity (Table 2). Generally, the amplitudes of behavioral rhythms found within the second stage of the experiments were reduced compared to the first stage through the emergence of additional rhythms manifested in several peaks on periodograms. Such a multiple-peaked pattern results from different individuals with a predominance of one or another rhythm in the studied group. However, even in individuals with a predominance of one of the most pronounced periods ( $20 \pm 1$  h or  $27 \pm 1$  h), a secondary, less prominent peak was often present. In two individuals, these two peaks had almost equal amplitude. At the same time, several individuals in the group retained a rhythm with a period close to 24 h.

The diurnal changes in studied behavioral endpoints significantly correlated with the experimentally generated magnetic fluctuations and were not related to the natural geomagnetic variation except for a couple of weak correlations (Table 3).

**Table 3.** Spearman rank-order correlations between the behavioral endpoints in zebrafish and magnetic fluctuations in X, Y, and Z directions during the second stage of experiments ( $n = 3348$  for each correlation)

| Parameter                | Experimental magnetic fluctuations |         |         | Natural diurnal geomagnetic variation |         |        |
|--------------------------|------------------------------------|---------|---------|---------------------------------------|---------|--------|
|                          | X                                  | Y       | Z       | X                                     | Y       | Z      |
| Average swimming speed   | -0.204*                            | 0.116*  | -0.114* | -0.064                                | -0.113* | -0.047 |
| Meandering               | 0.182*                             | 0.333*  | -0.160* | -0.027                                | 0.028   | 0.033  |
| Average angular velocity | -0.031                             | -0.582* | 0.386*  | -0.026                                | -0.043  | -0.043 |
| Wall preference index    | -0.235*                            | 0.415*  | -0.355* | -0.049                                | -0.040  | -0.014 |
| Freezing time            | 0.182*                             | -0.207* | 0.191*  | 0.033                                 | 0.046   | 0.000  |
| Swimming time            | -0.178*                            | 0.219*  | -0.195* | -0.029                                | -0.046  | -0.002 |
| Rapid movement time      | -0.107*                            | -0.049  | 0.050   | -0.066                                | -0.111* | -0.064 |

**Note.** The correlation coefficients between the behavioral endpoints and natural diurnal geomagnetic variation are also given for comparison. This geomagnetic variation would have been if the magnetic field had not been modified in the experiment. Significant correlations at  $p < 0.001$  (after correction for multiple pairwise correlations) are marked with asterisks.

## DISCUSSION

The circadian rhythms in the dynamics of the studied parameters at the first stage of the experiment correspond to the known patterns of zebrafish circadian behavior governed by daily changes in illumination [Krylov et al., 2021]. Additional peaks at 15.84 h on the periodograms for the wall preference index and angular velocity are associated with a well-documented phenomenon of visual-motor response in zebrafish [Burton et al., 2017]. In the present case, fish preferred walls to the inner area of the aquarium and showed increased angular velocity at the moments of abrupt changes in illumination.

It is known that the period of free-running rhythms in zebrafish locomotor activity under constant illumination and not-modified geomagnetic conditions usually becomes shorter than 24 h. Thus, Hurd et al. [1998] reported that such free-running periods vary in the range of 23.5–

24.5 h depending on the water temperature. Another study revealed the shortening of daily rhythms in zebrafish locomotor activity to 22.9–23.6 h under constant dim light [López-Olmeda et al., 2006]. The free-running rhythm of locomotor activity in zebrafish also became shorter ( $22.9 \pm 0.5$  h) under ultradian 45:45 min light/dark cycles [del Pozo et al., 2011]. We found no mention of the zebrafish locomotor activity rhythms with a period longer than 26 h maintained under constant illumination without additional zeitgebers. Significant 27 h peaks found on the fish periodograms in the present study coincide with the period of experimental magnetic fluctuations. These data strongly suggest that the slow changes in the external magnetic field may entrain the free-running behavioral rhythms in zebrafish. This is also evidenced by significant correlations between the studied here behavioral endpoints and

experimental magnetic fluctuations. Earlier, it was reported that magnetic influence could affect circadian rhythms in different organisms [Bliss, Heppner, 1976, Bartos et al., 2019]. However, until the present study, there were no direct experimental data in support of the entrainment of endogenous circadian oscillators to slow magnetic fluctuations.

At the same time, zebrafish showed pronounced individuality of the entrainment. These results are in accordance with previously reported data on the variability of zebrafish behavioral responses in general [Hurd et al., 1998; Demin et al., 2019] and marked individuality of their reactions to magnetic fields in particular [Osipova et al., 2016; Cresci et al., 2018].

Our results also indicate that under constant illumination in the presence of a 26.8-hour magnetic zeitgeber, competition likely occurs between the two free-running rhythms found in zebrafish. One of these rhythms follows the magnetic zeitgeber and has a visible period of about 27-h. Apparently, cryptochromes could participate in the entrainment of locomotor activity rhythms with magnetic fluctuations. On the one hand, it was suggested that cryptochromes are responsible for the biological effects of geomagnetic storms [Krylov, 2017] and magnetic-compass orientation [Hore, Mouritsen, 2016]. On the other hand, cryptochromes are involved in the transcription-translation feedback loop as the main elements of the molecular circadian oscillator [Chiou et al., 2016; Finger et al., 2020]. Some investigations revealed a direct link between the magnetic field intensity and expression levels of cryptochromes [Wan et al., 2015] and other clock genes [Aglia-sa, Maffei, 2019]. A possible mechanism of magnetic influence on cryptochromes is based on changes of the singlet-triplet state of electrons in cryptochrome's radical pairs, modulating the functional state of these proteins [Solov'yov et al., 2007]. These magnetic-field-induced changes in the functional state of cryptochromes may, in turn, affect the repressor functions of the

CRY:PER dimers. At the same time, other elements of the complex molecular circadian oscillator network [Chiou et al., 2016; Mendoza-Viveros et al., 2017] may continue to function in a usual mode, which would shorten the free-running period under constant illumination. Due to these processes, two or more free-running rhythms with different periods can arise under the experimental magnetic influence. In addition, zebrafish possess various independent cellular oscillators with diverse rhythms in different tissues [Whitmore et al., 1998; López-Olmeda et al., 2010; Frøland Steindal, Whitmore, 2019]. It can also be the reason for several periodogram peaks found in the present experiments.

Circadian patterns of behavioral endpoints at the first stage of the experiments depended on the light-dark cycle. They were not affected by natural disruptions of diurnal geomagnetic variation with a k-index of 4. The magnetic zeitgeber manifested itself only in the absence of a light-dark cycle in the second stage of the experiment. Hence changes in illumination have a greater impact on circadian patterns of zebrafish locomotor activity than magnetic fluctuations.

It needs to be emphasized that the present results are significant for the time series obtained in this experiment. Further research needs to be performed considering the individuality in zebrafish responses to magnetic influence under constant illumination. The present results indicate a high possibility of the entrainment of circadian rhythms to slow magnetic fluctuations. More experiments from different scientific groups are needed to clarify this issue and expand our knowledge of non-photocues for periodic biological processes. It can open prospects for manipulating circadian oscillators via magnetic fields. Further research in the field can focus on studying the effects of slow magnetic fluctuations on circadian genes' rhythmic expression.

The datasets analyzed during the current study are available in the "Open Science Framework" repository, <https://osf.io/4by9t/>

#### ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their sincere gratitude to G.M. Chuiko for the provided wild-type zebrafish. We thank O.D. Zotov and B.I. Klain for help in preparing experimental signals and processing time-series data, M.A. Tyumin for technical support, and O.V. Solovieva for her help in the data processing. The reported study was funded by RFBR according to the research project № 20-04-00175.

#### REFERENCES

- Abhilash L., Sheeba V. RhythmicAlly: your R and Shiny-based open-source ally for the analysis of biological rhythms // J Biol Rhythms. 2019. Vol. 34(5). P. 551–561. <https://doi.org/10.1177/0748730419862474>.  
 Agliassa C., Maffei M.E. Reduction of geomagnetic field (GMF) to near null magnetic field (NNMF) affects some *Arabidopsis thaliana* clock genes amplitude in a light independent manner // J Plant Physiol. 2019. Vol. 232. P. 23–26. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.11.008>.

- Audira G., Sampurna B.P., Juniardi S., Liang S.T., Lai Y.H., Han L., Hsiao C.D. Establishing simple image-based methods and a cost-effective instrument for toxicity assessment on circadian rhythm dysregulation in fish // *Biol Open*. 2019. Vol. 8:bio041871. <https://doi.org/10.1242/bio.041871>.
- Bartos P., Netusil R., Slaby P., Dolezel D., Ritz T., Vacha M. Weak radiofrequency fields affect the insect circadian clock // *J R Soc Interface*. 2019. Vol. 16:20190285. <https://doi.org/10.1098/rsif.2019.0285>.
- Bell-Pedersen D., Cassone V.M., Earnest D.J., Golden S.S., Hardin P.E., Thomas T.L., Zoran M.J. Circadian rhythms from multiple oscillators: lessons from diverse organisms // *Nature reviews Genetics*. 2005. Vol. 6(7). P. 544–556. <https://doi.org/10.1038/nrg1633>.
- Bliss V.L., Heppner F.H. Circadian activity rhythm influenced by near zero magnetic field // *Nature*. 1976. Vol. 261(5559). P. 411–412. <https://doi.org/10.1038/261411a0>.
- Brown F.A. Biological clocks: endogenous cycles synchronized by subtle geophysical rhythms // *Biosystems*. 1976. Vol. 8. P. 67–81. [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(76\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0303-2647(76)90010-1).
- Brown F.A., Scow K.M. Magnetic induction of a circadian cycle in hamsters // *J Interdiscipl Cycle Res*. 1978. Vol. 9. P. 137–145. <https://doi.org/10.1080/09291017809359632>.
- Burton C.E., Zhou Y., Bai Q., Burton E.A. Spectral properties of the zebrafish visual motor response // *Neurosci Lett*. 2017. Vol. 646. P. 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.03.002>.
- Cahill G.M. Circadian regulation of melatonin production in cultured zebrafish pineal and retina // *Brain Res*. 1996. Vol. 708(1–2). P. 177–181. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(95\)01365-2](https://doi.org/10.1016/0006-8993(95)01365-2).
- Cermakian N., Whitmore D., Foulkes N.S., Sassone-Corsi P. Asynchronous oscillations of two zebrafish CLOCK partners reveal differential clock control and function // *PNAS*. 2000. Vol. 97(8). P. 4339–4344. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.8.4339>.
- Chiou Y.Y., Yang Y., Rashid N., Ye R., Selby C.P., Sancar A. Mammalian Period represses and de-represses transcription by displacing CLOCK–BMAL1 from promoters in a Cryptochrome-dependent manner // *PNAS*. 2016. Vol. 113(41). P. E6072–E6079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1612917113>.
- Cornelissen G. Cosinor-based rhythmometry // *Theor Biol Med Model*. 2014. 11:16. <https://doi.org/10.1186/1742-4682-11-16>.
- Cresci A., De Rosa R., Fraissinet S., Scanu M., Putman N.F., Agnisola C. Zebrafish “personality” influences sensitivity to magnetic fields // *Acta Ethol*. 2018. Vol. 21. pp. 195–201. <https://doi.org/10.1007/s10211-018-0292-9>.
- del Pozo A., Sánchez-Férez J.A., Sánchez-Vázquez F.J. Circadian rhythms of self-feeding and locomotor activity in zebrafish (*Danio rerio*) // *Chronobiol Int*. 2011. Vol. 28(1). P. 39–47. <https://doi.org/10.3109/07420528.2010.530728>.
- Demin K.A., Lakstygai A.M., Alekseeva P.A., Sysoev M., de Abreu M.S., Alpyshov E.T., Serikuly N., Wang D., Wang M., Tang Z., Yan D., Strekalova T.V., Volgin A.D., Amstislavskaya T.G., Wang J., Song C., Kalueff A.V. The role of intraspecies variation in fish neurobehavioral and neuropharmacological phenotypes in aquatic models // *Aquat Toxicol*. 2019. Vol. 210. pp. 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.02.015>.
- Dibner C., Schibler U., Albrecht U. The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks // *Annu Rev Physiol*. 2010. Vol. 72. P. 517–549. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-021909-135821>.
- Finger A.M., Dibner C., Kramer A. Coupled network of the circadian clocks: a driving force of rhythmic physiology // *FEBS Lett*. 2020. Vol. 594. P. 2734–2769. <https://doi.org/10.1002/1873-3468.13898>.
- Frøland Steindal I.A., Whitmore D. Circadian clocks in fish – what have we learned so far? // *Biology*. 2019. Vol. 8:17. <https://doi.org/10.3390/biology8010017>.
- Hore P.J., Mouritsen H. The radical-pair mechanism of magnetoreception // *Annu Rev Biophys*. 2016. Vol. 45. P. 299–344. <https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-032116-094545>.
- Hurd M.W., Debruyne J., Straume M., Cahill G.M. Circadian rhythms of locomotor activity in zebrafish // *Physiol Behav*. 1998. Vol. 65. P. 465–472. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00183-8).
- Idda M.L., Bertolucci C., Vallone D., Gothilf Y., Sánchez-Vázquez F.J., Foulkes N.S. Circadian clocks: lessons from fish // *Prog Brain Res*. 2012. Vol. 199. P. 41–57. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59427-3.00003-4>.
- Khan Z.A., Yumnamcha T., Rajiv C., Sanjita Devi H., Mondal G., Devi S.D., Bharali R., Chattoraj A. Melatonin biosynthesizing enzyme genes and clock genes in ovary and whole brain of zebrafish (*Danio rerio*): Differential expression and a possible interplay // *Gen Comp Endocrinol*. 2016. Vol. 233. P. 16–31. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.05.014>.
- Krylov V.V. Biological effects related to geomagnetic activity and possible mechanisms // *Bioelectromagnetics*. 2017. Vol. 38. P. 497–510. <https://doi.org/10.1002/bem.22062>.
- Krylov V.V., Izvekov E.I., Pavlova V.V., Pankova N.A., Osipova E.A. Circadian rhythms in zebrafish (*Danio rerio*) behaviour and the sources of their variability // *Biol Rev*. 2021. Vol. 96(3). P. 785–797. <https://doi.org/10.1111/brv.12678>.
- Krylov V.V., Kantserova N.P., Lysenko L.A., Osipova E.A. A simulated geomagnetic storm unsynchronizes with diurnal geomagnetic variation affecting calpain activity in roach and great pond snail // *Int J Biometeorol*. 2019. Vol. 63(2). P. 241–246. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-01657-y>.
- Krylov V.V., Osipova E.A., Pankova N.A., Talikina M.G., Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu.G., Batrakova A.A., Nepomnyashchikh V.A. The effect of a temporal shift in diurnal geomagnetic variation on roach *Rutilus rutilus* L.

- embryos: a comparison with effects of simulated geomagnetic storms // *Biophysics*. 2017. Vol. 62. P. 675–681. <https://doi.org/10.1134/S0006350917040121>.
- Krylov V.V., Papchenkova G.A., Osipova E.A. The influence of changes in magnetic variations and light–dark cycle on life-history traits of *Daphnia magna* // *Bioelectromagnetics*. 2020. Vol. 41(5). P. 338–347. <https://doi.org/10.1002/bem.22264>.
- Krylov V.V., Zotov O.D., Klain B.I., Ushakova N.V., Kantserova N.P., Znobisheva A.V., Izyumov Yu.G., Kuz'mina V.V., Morozov A.A., Lysenko L.A., Nemova N.N., Osipova E.A. An experimental study of the biological effects of geomagnetic disturbances: the impact of a typical geomagnetic storm and its constituents on plants and animals // *J. Atmos. Sol-Terr. Phys.* 2014. Vol. 110–111. P. 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2014.01.020>.
- LeGates T., Fernandez D., Hattar S. Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect // *Nat Rev Neurosci.* 2014. Vol. 15. P. 443–454. <https://doi.org/10.1038/nrn3743>.
- Lima-Cabello E., Diaz-Casado M.E., Guerrero J.A., Ojalora B.B., Escames G., Lopez L.C., Reiter R.J., Acuna-Castroviejo D. A review of the melatonin functions in zebrafish physiology // *J Pineal Res.* 2014. Vol. 57. P. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jpi.12149>.
- López-Olmeda J.F., Madrid J.A., Sánchez-Vázquez F.J. Light and temperature cycles as zeitgebers of zebrafish (*Danio rerio*) circadian activity rhythms // *Chronobiol Int.* 2006. Vol. 23(3). P. 537–550. <https://doi.org/10.1080/07420520600651065>.
- López-Olmeda J.F., Tartaglione E.V., de la Iglesia H.O., Sánchez-Vázquez F.J. Feeding entrainment of food-anticipatory activity and *per1* expression in the brain and liver of zebrafish under different lighting and feeding conditions // *Chronobiol Int.* 2010. Vol. 27. P. 1380–1400. <https://doi.org/10.3109/07420528.2010.501926>.
- Malhotra N., Chen J.R., Sarasamma S., Audira G., Siregar P., Liang S.T., Lai Y.H., Lin G.M., Ger T.R., Hsiao C.D. Ecotoxicity assessment of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanoparticle exposure in adult zebrafish at an environmental pertinent concentration by behavioral and biochemical testing // *Nanomaterials*. 2019. Vol. 9:e873. <https://doi.org/10.3390/nano9060873>.
- Mendoza-Viveros L., Bouchard-Cannon P., Hegazi S., Cheng A.H., Pastore S., Cheng H.Y.M. Molecular modulators of the circadian clock: lessons from flies and mice // *Cell Mo. Life Sci.* 2017. Vol. 74. P. 1035–1059. <https://doi.org/10.1007/s00018-016-2378-8>.
- Noldus L.P., Spink A.J., Tegelenbosch R.A. EthoVision: a versatile video tracking system for automation of behavioral experiments // *Behav Res Methods Instrum Comput.* 2001. Vol. 33. P. 398–414. <https://doi.org/10.3758/bf03195394>.
- Osipova E.A., Pavlova V.V., Nepomnyashchikh V.A., Krylov V.V. Influence of magnetic field on zebrafish activity and orientation in a plus maze // *Behav Processes*. 2016. Vol. 122. P. 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2015.11.009>.
- Patke A., Young M.W., Axelrod S. Molecular mechanisms and physiological importance of circadian rhythms // *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2020. Vol. 21. P. 67–84. <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0179-2>.
- Pérez-Escudero A., Vicente-Page J., Hinz R.C., Arganda S., de Polavieja G.G. idTracker: tracking individuals in a group by automatic identification of unmarked animals // *Nat Methods*. 2014. Vol. 11. P. 743–748. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2994>.
- Sarasamma S., Audira G., Juniardi S., Sampurna B.P., Lai Y.H., Hao E., Chen J.R., Hsiao C.D. Evaluation of the effects of carbon 60 nanoparticle exposure to adult zebrafish: a behavioral and biochemical approach to elucidate the mechanism of toxicity // *Int J Mol Sci.* 2018. Vol. 19:e3853. <https://doi.org/10.3390/ijms19123853>.
- Shenk J., Lohkamp K.J., Wiesmann M., Kiliaan A.J. Automated analysis of stroke mouse trajectory data with Traja // *Front Neurosci.* 2020. Vol. 14:518. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00518>.
- Solov'yov I.A., Chandler D.E., Schulten K. Magnetic field effects in *Arabidopsis thaliana* cryptochrome-1 // *Biophys J.* 2007. Vol. 92. P. 2711–2726. <https://doi.org/10.1529/biophysj.106.097139>.
- Tackenberg M.C., Hughey J.J. The risks of using the chi-square periodogram to estimate the period of biological rhythms // *PLoS Comput Biol.* 2021. Vol. 17(1):e1008567. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008567>.
- Wager-Smith K., Kay S.A. Circadian rhythm genetics: from flies to mice to humans // *Nat Genet.* 2000. Vol. 26. P. 23–27. <https://doi.org/10.1038/79134>.
- Wan G.J., Wang W.J., Xu J.J., Yang Q.F., Dai M.J., Zhang F.J., Sword G.A., Pan W.D., Chen F.J. Cryptochromes and hormone signal transduction under near-zero magnetic fields: new clues to magnetic field effects in a rice planthopper // *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10(7):e0132966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132966>.
- Welker H.A., Semm P., Willig R.P., Commentz J.C., Wiltshko W., Vollrath L. Effects of an artificial magnetic-field on serotonin-n-acetyltransferase activity and melatonin content of the rat pineal gland // *Exp Brain Res.* 1983. Vol. 50. P. 426–432. <https://doi.org/10.1007/BF00239209>.
- Whitmore D., Foulkes N., Strähle U., Sassone-Corsi P. Zebrafish clock rhythmic expression reveals independent peripheral circadian oscillators // *Nat Neurosci.* 1998. Vol. 1. P. 701–707. <https://doi.org/10.1038/3703>.
- Yamazaki Y., Maute A. Sq and EEJ – a review on the daily variation of the geomagnetic field caused by ionospheric dynamo currents // *Space Sci Rev.* 2017. Vol. 206. P. 299–405. <https://doi.org/10.1007/s11214-016-0282-z>.



**ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ НА ЦИРКАДНУЮ СТРУКТУРУ  
ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ  
У *DANIO RERIO* (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)**

**В. В. Крылов, Е. И. Извеков, В. В. Павлова, Н. А. Панкова, Е. А. Осипова**

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
152742 Борок, Ярославская область, Россия, e-mail: kryloff@ibiw.ru*

Двигательная активность данио (*Danio rerio*) имеет ярко выраженный циркадный ритм. При постоянном освещении период двигательной активности, контролируемый эндогенными осцилляторами, у этого вида обычно становится менее 24 часов. Чтобы оценить возможность увлечения циркадных ритмов медленными магнитными флуктуациями, оценивали двигательную активность данио при постоянном освещении в магнитном поле, медленно флуктуирующем с периодом 26.8 ч. Периодограмма Ломба-Скаргла выявила значимые ритмы двигательной активности и связанных с ней поведенческих показателей с периодом около 27 ч. Полученные результаты указывают на возможность увлечения циркадных ритмов данио медленными магнитными колебаниями. Обсуждаются предполагаемые механизмы, ответственные за такое увлечение, включая возможную роль криптохромов.

*Ключевые слова:* магнитное поле, *Danio rerio*, криптохром, циркадный ритм, скорость плавания.

## НОВЫЕ ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ НАХОДКИ ВОШЕРИЙ (*VAUCHERIA*, *XANTHOPHYCEAE*) В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

В. С. Вишняков

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
152742 п. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: aeonium25@mail.ru

Поступила в редакцию 10.11.2021

Публикуются находки 17 видов рода *Vaucheria* из 12 административных регионов Европейской России: Владимирской, Волгоградской, Воронежской, Костромской, Липецкой, Московской, Нижегородской, Ростовской, Тамбовской, Ярославской областей, Краснодарского края и Республики Адыгея. Приведены комментарии относительно морфологии изученных образцов и распространения видов. *V. birostris* – новый вид для Европейской России.

Ключевые слова: *Vaucheria*, новые находки, Европейская Россия.

DOI: 10.47021/0320-3557-2022-26-45

### ВВЕДЕНИЕ

Виды рода *Vaucheria* DC. (Xanthophyceae, Ochrophyta), или вошерии, – это организмы класса желто-зеленых водорослей (Xanthophyceae). Вошерии распространены в морях, пресных водоемах и на влажных почвах по всему миру. В России насчитывается 33 вида и 1 разновидность, чуть меньше половины которых были обнаружены в течение последних 10 лет [Зауер, 1977 (Zauer, 1977); Свириденко и др., 2013 (Sviridenko et al., 2013); Вишняков, 2015, 2016, 2019, 2021 (Vishnyakov, 2015, 2016, 2019, 2021); Вишняков и др. 2020 (Vishnyakov et al., 2020); и др.]. Приоритетно публиковались находки новых для страны, в том числе новых для науки, видов, в то время как большой пласт флористической информации по другим видам оставался мало востребованным. Пока только для Байкальского региона

опубликованы подробные сведения о местонахождениях всех встреченных вошерий [Вишняков, 2019 (Vishnyakov, 2019)]. В недавнем сообщении [Вишняков и др. 2020 (Vishnyakov et al., 2020)] представлены новые и детализирующие данные о находках вошерий в регионах европейской части, Западной Сибири и Дальнего Востока, проведена ревизия всех сохранившихся коллекций. Между тем, немногочисленность точно описанных местонахождений определяет актуальность публикации любой новой флористической информации.

Это самое крупное дополнение к флоре вошерий Европейской России, основанное на изучении материалов из 12 административных регионов.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводили в 2013–2021 гг. на территории Владимирской, Волгоградской, Воронежской, Костромской, Липецкой, Московской, Нижегородской, Ростовской, Тамбовской, Ярославской областей, Краснодарского края и Республики Адыгея. Отдельные образцы были получены от других исследователей. Больше всего сборов проведено на территории Ярославского Поволжья, где в течение нескольких лет и нескольких сезонов года наблюдались разнотипные водные, гидроморфные и наземные биотопы. Остальные регионы изучены в основном в ходе летних экспедиций.

Методики сбора, фиксации и микроскопии материала не отличались от описанных ранее [Вишняков, 2019, 2021 (Vishnyakov, 2019, 2021)]. Они основаны на рекомендациях других авторов [Blum, 1972; Зауер, 1980 (Zauer, 1980); Rieth, 1980; Жилкина, 2011 (Zhilkina, 2011)].

Из мелких водоемов и водотоков водоросли собирали руками, из глубоких – с помощью зарослечерпателя “кошка”. В наземных биотопах водоросли, растущие на гидрогенном грунте или почве, срезали ножом вместе с верхним слоем субстрата. Образцы по возможности изучали в живом состоянии в лабораторных условиях, в остальных случаях фиксировали во влажном состоянии или гербаризировали. Для фиксации использовали 70%- или 95%-ный этанол и 4%-ный формалин. При гербаризации водоросли расправляли на листах картона и сушили на воздухе без использования пресса. Гербарные образцы перед исследованием размачивались.

Как известно, только наличие развитых гаметангиев (а в ряде случаев – ооспор) позволяют определять виды рода *Vaucheria*. Для обнаружения фертильных нитей еще при сборе материала обращали внимание на постаревшие,

подсохшие дернинки, в которых они часто попадают. Подавляющее большинство образцов на момент сбора обнаружено в фертильном состоянии. Стерильные талломы отмечались главным образом в водных условиях, и тогда для определения продолжали их культивирование в емкостях с небольшим количеством нехлорированной водопроводной воды до появления гаметангиев. Электропроводность воды составляла ~0.5 мСм. Емкости размещали на северном окне, предохраняя от перегрева и попадания прямых солнечных лучей. Водоросли в них наблюдали каждые 2–3 дня. В большинстве случаев гаметангии появлялись на 3–7 день, после чего образцы фиксировали.

Временные или полупостоянные препараты на глицерине готовились после очистки и разделения нитей. Очистку от частиц грунта и детрита проводили механически в чашках Петри с помощью иглы, стараясь не повредить нити. Для очистки нитей, покрытых толстым слоем кальцита, они замачивались в слабом растворе уксусной кислоты. Световая микроскопия препаратов проводилась на микроскопе

марки Opto-Edu Co. Ltd (Китай) в диапазоне увеличений от  $\times 40$  до  $\times 1000$ . Гаметангии водорослей фотографировались с помощью фотокамеры. В сериях измерений снимали диаметр нитей, длину и диаметр оогониев, диаметр антеридиев. Для определения видов использовали всю доступную таксономическую литературу, в том числе основные сводки [Blum, 1972; Simons, 1977; Rieth, 1980].

Изученные образцы размещены в коллекции, которая хранится в лаборатории альгологии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. В этикетке сбора указывается принадлежность административно-территориальной единице, координаты (если снимались), биотоп, дата, коллектор, сведения по электропроводности, солености, температуре и pH воды (если имеются) и Vn, где n это уникальный номер сбора в коллекции. Дополнительно была изучена коллекция Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), в которой найдены экзикаты *V. orthocarpa* Reinsch, необходимые для морфологического сравнения с найденными образцами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обнаружено 17 видов, которые перечисляются ниже в порядке алфавита. Регионы, впервые включаемые в ареалы видов, отмечены астерiskом (\*). Во всех случаях, когда не указано имя коллектора, сборы выполнены автором. При подсчете местонахождений (общее их число для каждого региона указано в квадратных скобках) повторные сборы в тех же местах не учитывались.

### 1. *V. alaskana* Blum (рис. 1А, В)

Ярославская обл. [1] *Некоузский р-н.* Окрестности п. Борок, база “Сунога”, грунтовая дорога, на глинистой почве, в высохшей луже, 4.IX 2017, V553, там же, 12.IX 2017, V96, V415.

Нити обоеполые, прямые. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях. Антеридии крючковидно согнутые, раскрываются одной порой (рис. 1А, стрелка). Оогонии на очень коротких ножках, косо-яйцевидные, в числе 1 или 2, ориентированы верхушками вверх и в сторону антеридия, их клювы открываются простой порой и часто загнуты вниз, не заполняются ооспорами, в результате чего в них остаются полости, т.н. оогонияльные полости (рис. 1В, стрелка).

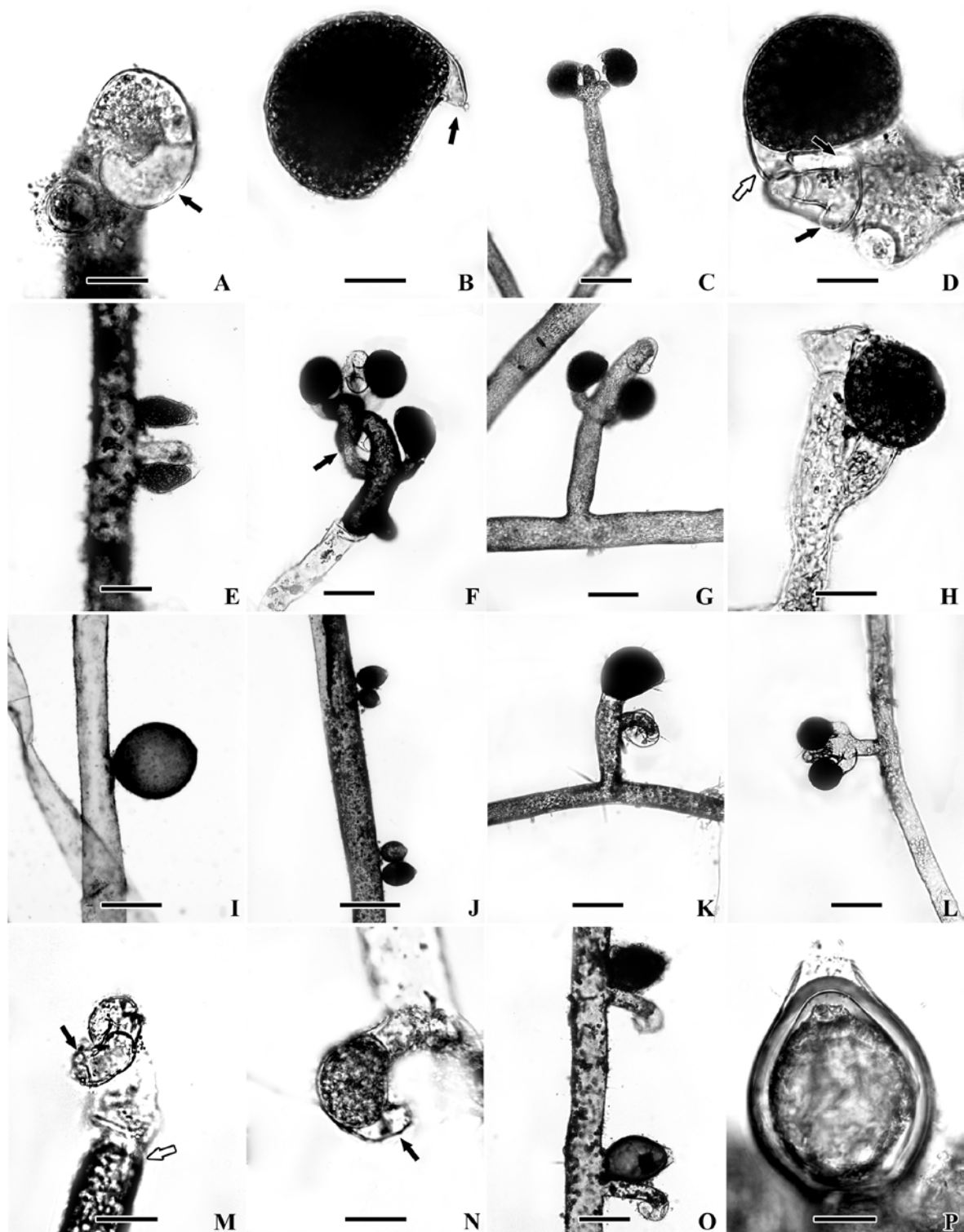
*V. alaskana* – довольно редкий голарктический вид, в России известен из Сибири, Верхнего Поволжья и Северного Кавказа. Ранее в Ярославской обл. отмечался на гидрогенных грунтах Рыбинского водохранилища, сильно обмелевшего в 2014 г. [Вишняков, 2015]

(Vishnyakov, 2015)]. Вид встречается на отmelях и влажных почвах, испытывавших продолжительное затопление. Бесполое размножение неизвестно, нами также не наблюдалось.

### 2. *V. birostris* Simons (рис. 1С, D)

\*Нижегородская обл. [1] г. *Нижний Новгород*, правый берег Волги, на отmelи на песке, 26.IX 2021, V918, V919. \*Ярославская обл. [8] *Мышкинский р-н.* Левый берег р. Волга в г. Мышкин, заросшие песчаные отmelи, 10.VIII 2019, V482, V483; *Некоузский р-н.* Окрестности п. Борок, база “Сунога”, на почве на месте высохшей лужи, 12.IX 2017, V96, V415; придорожные водоемы у д. Нов. Ура, 28.V 2018, V110, V377; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; *Рыбинский р-н.* Правый берег р. Волга между дд. Глебово и Кабатово, в понижениях берега, на глинистом грунте под ветошью тростника, на одернованном песке, 10.IX 2017, V85, V97, V98, V372; карьеры у д. Назарово, отmelь карьера под ЛЭП, на глине, 26.VIII 2018, V140; там же, отmelь карьера, на замшелом грунте среди болотницы, 26.VIII 2018, V140; *Угличский р-н.* Левый берег р. Волга в г. Углич, верхняя часть отmelи, на песке, 12.X 2019, V678.

Нити обоеполые, прямые или волнистые. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях (рис. 1С). Антеридии крючковидно согнутые, дельтовидные, раскрываются 2 порами на сосочковидных выростах (рис. 1D, черные стрелки). Оогонии косо-яйцевидные, 1 или 2, на коротких ножках, ориентированы верхушками вверх и в сторону антеридия.



**Рис. 1.** Морфология видов *Vaucheria* в изученных материалах (объяснение обозначений в тексте). Масштабные линейки: А, В, D, H, M, N, P – 30 мкм, C, E–G, K, L, O – 100 мкм, I, J – 300 мкм.

**Fig. 1.** Morphology of *Vaucheria* species in the studied materials (indications are explained in the text). Scale bars: A, B, D, H, M, N, P – 30 µm, C, E–G, K, L, O – 100 µm, I, J – 300 µm.

A – *V. alaskana* V96; B – *V. alaskana* V96; C – *V. birostris* V482; D – *V. birostris* V85; E – *V. bursata* V59; F – *V. canalicularis* V327; G – *V. canalicularis* V-369; H – *V. cruciata* V459; I – *V. dichotoma* V454; J – *V. dichotoma* V452; K – *V. frigida* V849; L – *V. geminata* V132; M, N – *V. lii* V52; O, P – *V. orthocarpa* V580.

Клювы оогониев имеют 2, редко 1 или 3 поры, не заполняются ооспорами, в результате чего в них остаются полости (рис. 1D, белая стрелка). Бесполое размножение неизвестно, нами также не наблюдалось.

Редкий палеарктический вид, новый для Нижегородской и Ярославской областей, а вместе с тем и для Европейской России. Ранее был известен в Иркутской, Кемеровской областях и Республике Бурятия [Вишняков, 2016 (Vishnyakov, 2016, 2019; Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Отмечен на берегах Волги и на месте временных водоемов.

**3. *V. bursata*** (O. Müll.) C. Agardh (рис. 1E)  
= *V. sessilis* (Vauch.) DC.

= *V. repens* Hassall

Владимирская обл. [1] *Гусь-Хрустальный р-н.* Пересохшая лужа по дороге на пляж в г. Гусь-Хрустальный, на переувлажненной почве, 27.VII 2019, V447. \*Волгоградская обл. [1] *Светлоярский р-н.* Заросший рогозом канал у восточного берега оз. Цаца, на влажных истоптанных скотом берегах, 25.VII 2019, V455, V456. \*Воронежская обл. [6] *г. Воронеж.* Центральный р-н, родник Мокрый Лог в п. Рыбачий, на нарушенной почве, 14.VIII 2019, V575; берег Воронежского водохранилища у санатория им. Горького, на отмели, на детрите с песком, 18.VIII 2020, V869; *Лискинский р-н.* Окрестности хутора Дивногорье, правый берег р. Тихая Сосна, на отмели в расщелинах между скоплениями мелового щебня, 16.VIII 2019, V581; *Семилукский р-н.* Правый берег р. Дон в г. Семилуки, у парка “Три самолета”, устье ручья в овраге, на почве вблизи родников, 13.VIII 2019, V571; р. Камышовка в д. Раздолье, на почве по берегу, 19.VIII 2020, V865; р. Ведуга в д. Губарево, правый берег у моста, на почве, 19.VIII 2020, V867, V868. \*Костромская обл. [4] *г. Кострома.* Заволжский р-н. Старый карьер на берегу Волги, на обнажившемся из-за падения уровня воды дне, на глинисто-песчаном грунте и осевших из воды нитчатках, 15.VI 2019, V61; там же, низина рядом с карьером, в ямах на глинистой почве, 15.VI 2019, V62; там же, Чернигинская набережная, временный водоем у колодца, массово на глубине воды до 30 см, 15.VI 2019, V59; Костромская слобода, насыпная грунтовая дорога к дамбе, на уплотненной песчаной почве, 15.VI 2019, V64. \*Краснодарский край [2] *Город-курорт Геленджик.* Река Джанхот у с. Прасковеевка, нижнее течение, отмели, электропроводность 0.49 мСм, pH 8.38, 23.VII 2019, V460; р. Хотейца в хуторе Джанхот, нижнее течение, на влажных камнях и между камнями в медленно текущей воде, на скоплениях *Cladophora glomerata*, электропроводность 0.69 мСм, pH 8.3, 22.VII 2019, V461, V462. Московская обл. [1] *г. Дубна.* Правый берег р. Волга у городского парка, на замшелых песчаных кочках, заросших *Agrostis stolonifera*, редко, 3.X 2019, V655, V656. Нижегородская обл. [2] *Арзамасский р-н.* с. Пустынь, берег оз. Великое, 22.IX 2021, собр. О.В. Анисимова, V924; *г. Нижний Новгород,* правый берег Волги,

на отмели на песке, 26.IX 2021, V918, V919; там же, в зарослях *Butomus umbellatus*, 26.IX 2021, V920. \*Республика Адыгея [6] *Майкопский р-н.* Заболоченное озерко по дороге к каньону Мишкоко, на почве, 1.IX 2020, V860; правый берег р. Белая ниже Теснины, на песчаной почве, 31.VIII 2020, V870; ручей Бол. Руфабго, отмель между вторым и третьим водопадами, 31.VIII 2020, V871; берег ручья Мишкоко в районе первой группы водопадов, песчаная отмель, 1.IX 2020, V872; р. Сахрай у п. Усть-Сахрай, водопад “Три Брата”, на камнях и на песке на отмели, 3.IX 2020, V874; левый берег р. Дах в станице Даховская, низина с рогозом, на нарушенной почве, 3.IX 2020, V875. \*Тамбовская обл. [2] *Моршанский р-н.* Река Серп под мостом трассы А-143, по правому берегу, на одернованной песчаной почве и в воде до глубины 5 см, электропроводность 0.48 мСм, pH 8.4, 26.VII 2019, V457, V458; р. Мал. Пичаевка у с. Мал. Пичаево, под мостом на отмели на размытой почве, 26.VII 2019, V459. Ярославская обл. [108] *Большеесельский р-н.* Левый берег р. Юхоть ниже дамбы в с. Бол. Село, на тропинке в осочнике, 16.VI 2019, V20; *Брейтовский р-н.* Берег ручья водозабора на левом берегу р. Сить у п. Брейтово, 21.IX 2014, V115; левый берег р. Сить у п. Брейтово, на песке и детрите, 21.IX 2014, V94, V355; ручей у дд. Давыдовское и Назариха, на бетонной плите, субаэрофильно в медленно стекающей воде, 19.VI 2015, V353; яма около лодочной пристани на р. Чеснава, на грунте, 26.VIII 2013, V213; пруд у лодочной пристани на р. Чеснава, на грунте у берега, 26.VIII 2013, V214, V215; лес у д. Бор-Дорки, низина со следами лосей, 14.IX 2018, V70, V441; окрестности д. Бор-Дорки, низина за полями у ЛЭП, на почве, 17.IX 2014, V95, V218; лес у д. Дубец, на затененной грунтовой дороге к водохранилищу, на замшелой почве, 14.IX 2018, V68, V440; окрестности д. Горелово, берег р. Чеснава, мелководье, 14.IX 2018, собр. А.А. Тихонов, V368. окрестности д. Горелово, мелководье р. Чеснава, 58,237484N, 38,107407E, прибрежный осочник, на почве, 13.VI 2019, собр. Э.В. Гарин, V18. *Мышкинский р-н.* Ручей Студеный вблизи впадения в “Милицейский” пруд в г. Мышкин, по урезу воды, 14.VI 2015, V351; река в д. Зарубино, отмель, на глинистом замшелом грунте, 14.VI 2015, V242; р. Муратовка около дороги между дд. Антипово и Третьяковка, в воде на камнях, 14.VI 2015, V375; левый берег р. Волга в г. Мышкин, заросшие песчаные отмели, 10.VIII 2019, V482, V483; *Некоузский р-н.* Заболоченное озеро в п. Борок, на прошлогоднем опаде березы, среди разреженных зарослей подмаренника и хвоща, 27.VII 2013, V221; тропинки в парке у Барского пруда в п. Борок, на замшелой почве под гравилатом, 14.VII 2013, V201, V222; берег ручья Суножка в п. Борок, на задернованной почве по берегу и на глинистом грунте, 21.VII 2013, V195, V199, V202, V203; придорожная канава в березняке в п. Борок, на замшелой почве, 28.VII 2013, V418; там же, колея грунтовой дороги, на почве, 15.VIII 2017, V651; берег обвалованного озера рядом с каналом Рыбинского вдхр. в п. Борок, на почве среди зарослей

*Zizania latifolia*, 3.VIII 2013, V196; придорожная канава в д. Бол. Заломы, на грунте по дну высохшего эфемерного водоема, 7.VI 2015, V224, V247; придорожная канава дороги на с. Лацкое, в воде на мхах, 16.VI 2015, V383; р. Латка у моста дороги на с. Лацкое, на почве, 11.VIII 2013, V416; р. Латка у моста у поворота на д. Чурилово, по берегу и на бетонной облицовке, 29.VIII 2013, V404; там же, на быстрине, 7.VI 2015, V439; берега ихтиологического канала Рыбинского вдхр. у п. Борок, на грунте по берегу, 18.VIII 2014, V362; там же, 2.V 2015, V243; придорожный водоем в д. Горки, на грунте по берегу, 14.VI 2015, V378; лес у гостиницы в п. Борок, на замшелой почве и на кротовинах, 9.VIII 2013, V233; там же, на почве и листовом опаде в весенней луже, 10.VI 2015, V223; там же, на листовом опаде, 12.VIII 2017, V228; там же, грунтовая дорога, на уплотненной почве, 15.VIII 2017, V650; там же, 30.V 2018, V125; р. Ильдь у д. Заручье, на грунте под ветошью тростника, 3.V 2014, V206, V208, V359; отмель р. Ильдь под ж/д мостом в с. Нов. Некоуз, на камнях и на корневищах омежника, 28.V 2018, V66, V411; окраина пашни на берегу р. Ильдь за храмом в с. Нов. Некоуз, на одернованной уплотненной глинистой почве, 1.VI 2018, V181; р. Сить у д. Лопатино, в пойме на грунте, 19.VI 2015, V225, V251; там же, на отмели в устье ручья, 18.VIII 2018, V135; там же, на выступившем из воды замшелом валуне, 18.VIII 2018, V139, V326; р. Гремяшка около д. Топорищево, рыхлыми скоплениями в воде, 19.VI 2015, V360. грунт у стены здания больницы в п. Борок, 1.VII 2014, V220; пруд Барский в п. Борок, на замшелом грунте, 6.IX 2014, V207; карьер на окраине п. Шестихино, по урезу воды, 14.VI 2015, V381; заболоченный водоем в с. Старый Некоуз около храма, 19.VI 2015, V345; старая протока р. Шумаровка, единичные хлопья на мягком рыхлом грунте,  $t\ 7^{\circ}\text{C}$ , электропроводность 375–400 мкСм, pH 7.73, 7.V 2017; лужа с талой водой у дороги перед д. Погорелка, на гниющих листьях, ветках, 7.V 2017, V99; ручей Суножка в п. Борок, 26.VIII 2013, собр. Д. Песня, Н. Назаров, V204; берег ручья Суножка у д. Бол. Дьяконово, на грунте под ветошью вейника, 7.V 2017, V442; там же, 5.VI 2015, V253; там же, 23.IX 2017, V417; грунтовая дорога в сторону базы “Сунога”, на нарушенной почве под крапивой, 3.VI 2017, V421; там же, в луже на грунтовой дороге, 5.VIII 2017, V193, V357; там же, на глинистой почве, 4.IX 2017, V553, там же, 12.IX 2017, V96, V415; правый приток р. Сутка у дороги, на почве, заросшей *Riccia*, 18.VI 2017, V424; колеи старой грунтовой дороги к Барскому пруду в п. Борок, на почве, листовом опаде березы и липы, 14.VIII 2017, V178, V232, V426; там же, 29.VIII 2017, V367; там же, 24.V 2018, V336; там же, 13.VII 2019, V314; ливневая канава в с. Нов. Некоуз, в медленно текущей воде и на почве по берегу, 19.VI 2015, V373; дренажные канавы в с. Нов. Некоуз: обводненная канава ул. Советская, плавающие дернины на поверхности воды и на грунте по урезу, 3.IX 2013, V354; там же, 30.VI 2017, V189; там же, высохшая дренажная канава у дома № 14, на дне на почве, 7.VI 2019, V190; там же, канавка рядом с копанью у автозаправки,

28.V 2018, V380, V413; там же, канавка на рынке 28.V 2018, V89; там же, канава у копаного пруда у полиции, 28.V 2018, V348; там же, обводненная дренажная канава ул. Ленина, по дороге к поликлинике, на глубине воды 0–15 см, массово, 1.VI 2018, V128; там же, на грунте у воды по дну канавы, 1.VI 2018, V129; там же, стенка дренажной канавы по ул. Советская в с. Нов. Некоуз, у парка, на голой глинистой почве, 21.V 2018, V341, V342; там же, 28.V 2018, V183, V185; там же, 1.VI 2018, V184, V186; там же, 18.VIII 2018, V136; окрестности п. Борок, 2-е садоводство, огороды, на почве, 22.V 2018, собр. В.В. Соловьева, V112; там же, на почве, 12.VIII 2018, собр. В.В. Соловьева, V141; придорожные водоемы у д. Нов. Ура, 28.V 2018, V111, V377; высохшая лужа на тропе ихтиологического канала в п. Борок, 3.VIII 2018, V133; грунтовая дорога по берегу портового канала в п. Борок, на месте высохшей лужи, 25.VIII 2018, V134; грунтовая дорога из Бол. в Мал. Дьяконово, в глубоких колеях на почве, + *Botrydium granulatum*, 18.V 2019, V40; ливневая канава у дома № 41 в п. Борок, на замшелой глинистой почве, 30.V 2019, V28; свежерытая дренажная канава дороги на д. Кузьма-Демьян, на глинистой почве, 4.VI 2019, V53; ручей у дороги на д. Кузьма-Демьян, на почве, аллювии, растительной ветоши, замшелых корневищах сныти и папоротника, 4.VI 2019, V51, V52, V54; местечко Андреевское, пруд, на пересыщенной влагой ветоши по берегу, 4.VI 2019, V27; местечко Андреевское, спуск к Ильди, на утоптанной замшелой почве под лопухом и снытью, 4.VI 2019, V26; отмель р. Ильдь в с. Марьино, на почве, покрытой мягким аллювием, 4.VI 2019, V45; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; берег крупной копани в д. Мал. Дьяконово, на нарушенной замшелой почве, 19.V 2018, V113; клумба в центре п. Борок, на почве, 27.IX 2019, V649; р. Шумаровка, недалеко от п. Борок, отмель, в разреженных зарослях манника, на детрите, 28.IX 2019, V654; окраина пашни в д. Данилово, в понижении на месте временного весеннего водоема, на замшелой почве, 9.IV 2020, V851. *Некрасовский р-н.* пгт Некрасовское, пруд на пер. Пролетарский, в воде, электропроводность 689 мкСм, 7.VII 2019, V316; *Переславский р-н.* Придорожная канава у дороги на д. Савельево, на глине, 17.IX 2017, V91; берег пруда в д. Вашутино, на уплотненной почве, 17.IX 2017, V443; вост. берег оз. Плещеево, на нарушенной почве и на слое гниющих макрофитов на берегу, 17.IX 2017, V118; дренажная канава в д. Красная Деревня, на глинистом грунте на месте высохшей лужи, 17.IX 2017, V119; отмель р. Нерль, у дороги между дд. Старово и Плещеево, на рыхлом аллювии в зарослях осок, 12.VI 2018, V156; отмель притока р. Нерль у поворота дороги на д. Плещеево, ниже старого мельничного пруда, на аллювии и погребенных скоплениях ряски, 12.VI 2018, V157; *Ростовский р-н.* Около п. Детского санатория Итларь, ООПТ “Лесопарк станции Итларь – Шаляпинские дачи”, на берегу безымянного ручейка у места его впадения в р. Нерль, под зарослями крапивы и таволги,

на почве, 56°50'49.82" с.ш., 39°14'16.74" в.д., 22.VIII 2018, собр. Э.В. Гарин, V319; г. Ростов, дно бетонированной дренажной канавы по ул. Луначарского, 22.VI 2019, V1, V2; *Рыбинский р-н.* Обсохший правый берег р. Волга в г. Рыбинск, на грунте в месте выпуска ливневых стоков, 13.IV 2015, V254; приустьевая зона р. Черемуха в г. Рыбинск, отмель, 1–1.5 м от уреза воды, на почве под зарослями осок, 26.VIII 2018, V132, V328; берег р. Волга между дд. Глебово и Кабатово, в понижениях берега, на глинистом грунте под ветошью тростника, на одернованном песке, 10.IX 2017, V85, V87, V97, V98, V372; р. Кормица у д. Кабатово, на поверхности мата из *Cladophora glomerata*, 10.IX 2017, V86; *Тутаевский р-н.* Пойма р. Урдома, грунтовая дорога, на почве под камышом, 24.V 2019, V43; р. Урдома ниже дороги Рыбинск-Шашково-Тутаев, на течении на стебле схеноплектуса, электропроводность 520 мкСм, 24.V 2019, V25; р. Ить под мостом дороги Тутаев-Ярославль, на быстрине на камнях в зарослях шелковника и схеноплектуса, электропроводность 502 мкСм, 24.V 2019, V24; ручей-приток р. Ить у места пересечения дорогой Тутаев-Ярославль, рядом с д. Дудинское, отмель, 24.V 2019, V44; *Угличский р-н.* г. Углич, ров кремля (устье р. Шелковка), на скоплениях детрита на отмели по левому берегу, 25.IX 2017, V152, V347; г. Углич, клумба в кремле, на замшелой почве, 25.IX 2017, V191; левый берег р. Волга в г. Углич, верхняя часть отмели, на песке, 12.X 2019, V678; с. Золоторучье, газон, на задернованной почве под лютиком и снытью, 29.IX 2017, V120; лужа у дороги Углич-Борисоглебск у отворота на Ново, в воде, 17.IX 2017, V117, V393; канава у дороги Углич-Борисоглебск, д. Овинищи Подгорные, грунт на месте летнего эфемерного водоема, на глине, 17.IX 2017, V255; р. Улейма, брод между дд. Савино и Антухово, массово на мелких камушках на течении, электропроводность 467 мкСм, 23.VI 2019, V10; старица р. Корожечна в д. Фоминское, в воде, массово, электропроводность 583 мкСм, 12.X 2019, V675; правый берег р. Корожечна в д. Фоминское, отмель, 12.X 2019, V676; там же, на урезе воды на корневищах схеноплектуса, электропроводность 520 мкСм, 12.X 2019, V677; *г. Ярославль.* Кировский р-н, канава на правом берегу р. Которосль, на грунте среди зарослей рогоза и череды, 5.IX 2013, V638; левый берег р. Которосль, на грунте, на истоптанной почве, на урезе воды и под водой, 9.X 2017, V153, V406; там же, на детрите между камнями среди зарослей осок, полевницы, болотницы, дербенника и на песке, 20.VIII 2018, V131; там же, под мостом в яме, временно имеющей связь с рекой, 3.VIII 2019, V477; левый берег р. Которосль, устье подземного ручейка, на почве и влажных камнях, 3.VIII 2019, V480; *Дзержинский р-н.* Брагино, нарушенная почва у тропы к речному вокзалу, в колеях и на их стенках под травой, массово, 11.V 2019, V39; Брагино, карьеры, на глуб. воды до 50 см, электропроводность 220 мкСм, 24.V 2019, V11; Краснопереконский р-н, берег пруда Крестовский в парке Нефтяников, на почве, 16.VI 2019, V21; *Ярославский р-н.* Огороды в д. Образцово, на почве под яблонями,

27.IX 2016, V245; Климовский карьер, берег, на запесчанной ветоши в месте подступа к воде, 16.VI 2019, V19; отмель р. Великая у д. Климовское, на песке, 16.VI 2019, V22; Карабиха, Нижний парк, у верхнего пруда, на почве, 23.VI 2019, V3; дренажная канава в с. Туношна у Солнечного парка, на перегнивших листьях тополя, 3.VII 2019, V241; правый берег р. Волга у п. Волга, на сильно-замшелом одернованном песке в зоне временного затопления и на отмелях, 7.VI 2019, V289, V312; там же, на замшелой почве под склоном, 7.VII 2019, V290; искусственный водоем под мостом трассы М-8 в с. Туношна на левом берегу р. Туношонка, имеющий связь с рекой в период подъема уровней, массово, электропроводность 809 мкСм, 7.VII 2019, V386.

Нити обоеполые, прямые. Гаметангии сидячие, их группу могут составлять 1 оогоний и 1 антеридий или 2 оогония и заключенный между ними антеридий (рис. 1Е). Антеридий на короткой прямой ножке, крючковидный, раскрывается одной порой. Оогонии косо-яйцевидные или яйцевидные, прижатые к нити или оттопыренные, с короткими клювами, обращенными в сторону антеридиев или расположенными вертикально. Бесполое размножение подвижными синзооспорами, которые часто отмечались нами в образцах, происходящих из водоемов.

Космополитный, самый часто встречающийся в России вид. Обитает в водоемах, на почвах и в различных гидроморфных условиях. С этим связана сильная изменчивость вида в части размеров нитей, оогониев и, соответственно, ооспор. И если диаметра нитей не представляет интереса для оценки таксономического статуса тех или иных популяций, поскольку подвержен сильной изменчивости [Entwisle, 1987], то размерные характеристики оогониев важны для ограничения вида от близких и до сих пор изученных таксонов. По надежной таксономической литературе известно, что максимальные значения длины оогониев могут составлять 130 мкм [Entwisle, 1987], но чаще указываются меньшие его величины: 110 мкм [Зауер, 1977 (Zauer, 1977), исключая данные для *V. sessilis* f. *orthocarpa* (Reinsch) Heer. и *V. sessilis* f. *major* (Smith) Zauer comb. inval.], 115 мкм [Rieth, 1980], 116 мкм [Simons, 1977]. Самые длинные оогонии (152.5 мкм) обнаружены в материале из временного водоема в Костроме (образец V59), что таким образом еще больше расширило представления об изменчивости вида. В остальных материалах длина оогониев редко превышала 110 мкм.

**4. *V. canalicularis* (L.) Т.А. Chr.** (рис. 1F, G) = *V. woroniniana* Heer.

\*Владимирская обл. [1] *Гусь-Хрустальный р-н.* Пересохшая лужа по дороге на пляж в г. Гусь-

Хрустальный, на переувлажненной почве, 27.VII 2019, V447. \*Воронежская обл. [4] *Семилуковский р-н.* Парк “Три самолета” в г. Семилуки, искусственное озеро в овраге, заросший рогозом берег, на почве с выцветами солей, 13.VIII 2019, V569; правый берег р. Дон в г. Семилуки, у парка “Три самолета”, устье ручья в овраге, на почве вблизи родников, 13.VIII 2019, V571; там же, устье р. Девица, на мягком аллювии в зарослях ежеголовника, 13.VIII 2019, V572; р. Камышовка в д. Раздолье, на почве по берегу, 19.VIII 2020, V865. \*Краснодарский край [6] *Апшеронский р-н.* Река Курджипс на выходе из Гуамского ущелья в хуторе Гуамка, левый берег, на замшелых камнях и частично в воде родника, электропроводность 347 мкСм, pH 7.9, 2.IX 2020, V863; *Город-курорт Геленджик.* Река Джанхот у с. Прасковеевка, нижнее течение, в воде, электропроводность 0.49 мСм, pH 8.38, 23.VII 2019, V460; р. Хотейца в хуторе Джанхот, нижнее течение, на влажных камнях и между камнями в медленно текущей воде, на скоплениях *Cladophora glomerata*, электропроводность 0.69 мСм, pH 8.3, 22.VII 2019, V461; *Славянский р-н.* Левый берег р. Кубань у хутора Прикубанский, на урезе воды и в 0.5 м от берега, между водными корнями ив на аллювии, t 26°C, pH 8.36, электропроводность 271 мкСм, 20.VII 2019, V470, V471; правый берег р. Кубань у станицы Варениковская, отмели в 0.5–1.5 м от уреза воды, на мелкозернистом песке с детритным аллювием, 21.VII 2019, V472, V473; *Туапсинский р-н.* Река Нечепсуха в п. Новомихайловский, временная протока, в которую разгружаются родники, редко, 23.VII 2019, V469. \*Липецкая обл. [1] *Задонский р-н.* Водопад на Русановом ручье у д. Крюково (ПП “Донские беседы”), на мхах в зоне орошения брызгами, 18.VII 2019, V444, V445, V446. Московская обл. [2] г. *Дубна.* Правый берег р. Волга у городского парка, на замшелых песчаных кочках, заросших *Agrostis stolonifera*, редко, 3.X 2019, V655, V656; правый берег р. Волга ниже городского парка, за ул. Ленинградская, на замшелом берегу вблизи уреза воды, 3.X 2019, V657, V658. \*Республика Адыгея [5] *Майкопский р-н.* Заболоченное озерко по дороге к каньону Мишоко, 44°16'47.1"N 40°11'05.9"E, на почве, 1.IX 2020, V860; родник на территории гостевого дома “Эдельвейс” в п. Каменноостровский, на пересыщенном влагой грунте, электропроводность 846 мкСм, pH 7.9, 3.IX 2020, V861; правый берег р. Белая в п. Каменноостровский, 44°17'53.6"N 40°10'34.1"E, сообщество *Vaucheria* и *Spirogyra* в местах сочтения воды, на почве, песчаннике, 30.VIII 2020, V862; р. Сахрай у п. Усть-Сахрай, водопад “Три Брата”, на камнях и на песке на отмели, 3.IX 2020, V874; левый берег р. Дах в станице Даховская, низина с рогозом, на нарушенной почве, 3.IX 2020, V875. \*Тамбовская обл. [1] *Моршанский р-н.* Река Серп под мостом трассы А-143, по правому берегу, на одернованной песчаной почве и в воде до глубины 5 см, электропроводность 0.48 мСм, pH 8.4, 26.VII 2019, V457, V458. Ярославская обл. [37] *Большесельский р-н.* Левый берег р. Юхоть ниже дамбы в с. Бол. Село, на тропинке

в осочнике, 16.VI 2019, V20; *Брейтовский р-н.* Левый берег р. Сить у п. Брейтово, на песке и детрите, 21.IX 2014, V94; *Мышкинский р-н.* Ручей Студеный вблизи впадения в Милицейский пруд в г. Мышкин, по урезу воды, 14.VI 2015, V351; река в д. Зарубино, отмель, на глинистом замшелом грунте, 14.VI 2015, V242; д. Кривец, песчаный берег р. Волга, среди редкого ивняка, 57°50'19.29" с. ш., 38°28'56.44" в. д., на песке, 10.IX 2018, собр. Э.В. Гарин, V327; *Некоузский р-н.* Берег ручья Суножка у п. Борок, на задернованной почве по берегу, 21.VII 2013, V195, V199, V202, V203; лужа в березняке в п. Борок, на подтопленной почве около протекающей трубы, 28.VII 2013, V423; канава у дороги в д. Бол. Заломы, на грунте среди редких зарослей ситников и рогоза, 7.VIII 2013, V200; там же, на грунте, 7.VI 2015, V247; р. Латка под мостом дороги на с. Лацкое, на гальке и на почве, 11.VIII 2013, V416; там же, 10.VII 2016, V93; там же, на глине у уреза воды, 7.VI 2017, V429; там же, 27.V 2018, V102; берега икhtiологического канала Рыбинского вдхр. у п. Борок, на почве под ветошью *Phragmites altissimus*, 2.V 2015, V243; берег р. Сутка у п. Шестихино, на грунте по берегу мостом, 14.VI 2015, V350; придорожный водоем в канаве в д. Горки, на грунте по берегу, 14.VI 2015, V378; карьер на окраине п. Шестихино, на детрите по урезу воды, 14.VI 2015, V381; лужицы на берегу маленькой копани в д. Мал. Дьяконово, 30.IV 2018, V370; стенка дренажной канавы по ул. Советская в с. Нов. Некоуз, у парка, на голой глинистой почве, 21.V 2018, V342; там же, 28.V 2018, V179, V185; там же, 1.VI 2018, V186; дренажные канавы в с. Нов. Некоуз: канава у пруда напротив полиции, 28.V 2018, V348; там же, канавка на рынке, 28.V 2018, V89; там же, обводненная дренажная канава по ул. Ленина, по дороге к поликлинике, на глубине воды 0–15 см, 1.VI 2018, V128; там же, на грунте у воды по дну канавы, 1.VI 2018, V129; там же, высохшая дренажная канава ул. Советская у дома № 14, на дне на почве, 7.VI 2019, V190; окраина пашни на берегу р. Ильдь за храмом в с. Нов. Некоуз, на одернованной уплотненной глинистой почве, 1.VI 2018, V181; берег ручья у д. Кузьма-Демьян, на почве, замшелых корневищах сныти и папоротника, 4.VI 2019, V51; отмель р. Ильдь в с. Марьино, на почве, покрытой мягким аллювием, 4.VI 2019, V45; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; *Переславский р-н.* Отмель р. Нерль, у дороги между дд. Старово и Плечево, на рыхлом аллювии в зарослях осок, 12.VI 2018, V156; *Рыбинский р-н.* Обсохший правый берег р. Волга в г. Рыбинск, на грунте в месте выпуска ливневых стоков, 13.IV 2015, V254; правый берег р. Волга между дд. Глебово и Кабатово, в понижениях берега, на одернованном песке, 10.IX 2017, V85, V372; карьеры у д. Назарово, отмель карьера под ЛЭП, на глине в следах от обуви, 26.VIII 2018, V140; там же, отмель карьера с тростником и харой, на замшелом грунте среди болотницы, 26.VIII 2018, V140; *Тутаевский р-н.* Дренажная канава на ул. Соборная (г. Тутаев), на грязи с мусором, 26.VIII 2018, V369; пойма р. Урдома, грунтовая дорога, 24.V 2019, V43;



*Угличский р-н.* Отмель правого берега р. Корожечна в г. Углич, на аллювии в зарослях схеноплектуса, 15.IX 2018, V67; левый берег р. Волга в г. Углич, верхняя часть отмели, на песке, 12.X 2019, V678; *г. Ярославль.* Кировский р-н, канава на правом берегу р. Которосль, на грунте среди зарослей рогоза и череды, 5.IX 2013, V638; левый берег р. Которосль, под мостом на грунте и в воде, 9.X 2017, V406; 44. там же, под мостом во яме, временно имеющей связь с рекой, 3.VIII 2019, V475, V476, V477; Красноперкопский р-н, берег пруда Крестовский в парке Нефтяников, на почве, 16.VI 2019, V21. *Ярославский р-н.* Климовский карьер, берег, на запесчанной ветоши в месте подступа к воде, 16.VI 2019, V19; отмель р. Великая у д. Климовское, на песке, 16.VI 2019, V22; Карабиха, Нижний парк, родник у верхнего пруда, на мхах и мелких камешках, из-под которых сочится вода, электропроводность 560 мкСм, 23.VI 2019, V5, V6; там же, у верхнего пруда, на почве, 23.VI 2019, V3; узкий заливчик на берегу р. Туношонка в с. Туношна, немного ниже моста трассы М-8, на песке, 3.VII 2019, V235; правый берег р. Волга у п. Волга, на периодически затопливаемой отмели, на песке с глиной, редко, 7.VII 2019, V292.

Нити обоеполые, ровные. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях. Антеридии одиночные, находятся на согнутом концах генеративных ветвей (рис. 1G), трубчатые, на концах дельтовидные или Т-образные, раскрываются 2, редко 1 или 4, латеральными порами. Оогонии косо-яйцевидные, в числе 2, изредка 1 или 3, на коротких ориентированных вверх ножках, иногда наклоненные горизонтально или изгибающиеся книзу, раскрываются одной апикальной порой. Бесполое размножение апланоспорами. Пролиферации генеративных ветвей нередкие, им подвержены не только сами ветви, но и недоразвитые гаметангии, особенно часто оогонии (рис. 1F, стрелка).

Мультирегиональный вид. По-видимому, довольно широко распространен в России, однако опубликованных находок было сравнительно немного [Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Новый вид для Владимирской, Воронежской, Липецкой, Тамбовской областей, Краснодарского края и Адыгеи. В Ярославской обл. ранее был известен из одного пункта [Зауер, 1977 (Zaue, 1977)], однако нами был выявлен среди самых часто встречающихся видов.

#### 5. *V. cruciata* (Vauch.) DC (рис. 1H).

= *V. debaryana* Woronin

\*Воронежская обл. [1] *Семилукский р-н.* Правый берег р. Дон в г. Семилуки, у парка “Три самолета”, устье ручья в овраге, на почве вблизи родников, 13.VIII 2019, V571. \*Республика Адыгея [1] *Майкопский р-н.* Правый берег р. Белая в п. Каменномостский, сообщество *Vaucheria* и *Spirogyra* в местах сочтения воды, на почве, песчанике,

30.VIII 2020, V862. \*Тамбовская обл. [1] *Моршанский р-н.* Река Мал. Пичаевка у с. Мал. Пичаево под мостом на отмели на размытой почве, 26.VII 2019, V459. \*Ярославская обл. [15] *Большесельский р-н.* Левый берег р. Юхоть ниже дамбы в с. Бол. Село, на тропинке в осочнике, 16.VI 2019, V20. *Мышкинский р-н.* Ручей Студеный вблизи впадения в “Милицейский” пруд в г. Мышкин, по урезу воды, 14.VI 2015, V351. *Некоузский р-н.* Окрестности п. Борок, база “Сунога”, грунтовая дорога, на нарушенной почве под крапивою, 3.VI 2017, V421; там же, на глинистой почве в высохшей луже, 4.IX 2017, V553; стенка дренажной канавы по ул. Советская в с. Нов. Некоуз, у парка, на голой глинистой почве, 21.V 2018, V180, V342; там же, 1.VI 2018, V184, V186; дренажные канавы в с. Нов. Некоуз: канава у пруда напротив полиции, в небольшом слое воды, в дернинах других вошерий, 28.V 2018, V348; там же, обводненная дренажная канава по ул. Ленина, по дороге к поликлинике, на грунте у воды по дну канавы, 1.VI 2018, V129; там же, высохшая дренажная канава ул. Советская у дома № 14, на дне на почве, 7.VI 2019, V190; аллея в парке с. Нов. Некоуз, на обнажениях глинистой почвы, 28.V 2018, V267; колеи грунтовых дорог к Барскому пруду в п. Борок, на сильно гумусированной почве, 24.V 2018, V336; грунтовая дорога из Бол. в Мал. Дьяконово, в пойме руч. Суножка, в глубоких колеях на почве, + *Botrydium granulatum*, 18.V 2019, V40; свежевырытая дренажная канава дороги на д. Кузьма-Демьян, на глинистой почве, 4.VI 2019, V53; берег ручья у д. Кузьма-Демьян, на почве, аллювии, растительной ветоши, 4.VI 2019, V49; местечко Андреевское, пруд, на пересыщенной влагой ветоши по берегу, в дернинах *V. bursata*, 4.VI 2019, V27; отмель р. Ильдь в с. Марьино, на почве, покрытой мягким аллювием, 4.VI 2019, V45; *Рыбинский р-н.* Правый берег р. Волга в г. Рыбинск, на грунте в месте выпуска ливневых стоков, 13.IV 2015, V254; *Тутаевский р-н.* Пойма р. Урдома у дороги Рыбинск-Шашково-Тутаев, грунтовая дорога на почве под камышом, 24.V 2019, V43; *Угличский р-н.* Ручей Каменный в г. Углич, около автовокзала, на почве у моста под дорогой, 26.IX 2017, V396.

Нити обоеполые, сравнительно узкие, до 60 мкм в диам., прямые. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях. Антеридии одиночные, располагаются на прямых концах генеративных ветвей, раскрываются 2–4 порами (рис. 1H). Оогонии округлой формы, обычно в числе 2, иногда 1 или 3, расположены на вверх направленных коротких ножках, раскрываются одной апикальной порой.

Мультирегиональный вид. Впервые в России обнаружен в Сибири в Иркутской обл. и Республике Бурятия [Вишняков, 2015, 2019 (Vishnyakov, 2015, 2019)]. На европейской территории был известен из одного местонахождения в Вологодской обл. [Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Новый вид для Воронежской, Тамбовской, Ярославской областей и

Адыгеи. Обитает на влажных почвах, берегах рек и небольших водоемах.

**6. *V. dichotoma* (L.) Martius (рис. 1I, J)**

\*Волгоградская обл. [1] *Светлоярский р-н*. Заросший рогозом канал у восточного берега оз. Цаца, в воде на глубине 0.2–0.6 м и на влажных истоптанных скотом берегах, электропроводность 2.45 мСм, pH 8.2, 25.VII 2019, V454, V455, V456. \*Краснодарский край [1] *Брюховецкий р-н*. Канал оз. Курычий лиман, на глубине воды 0–0.8 м, массово, t 23.7°C, электропроводность 3.8 мСм, pH 8.34, 20.VII 2019, V452, V453. Ростовская обл. [2] *Азовский р-н*. Татянин лиман на р. Ея, узкий залив в северной части, на дне у берега на глубине воды 0.5 м, t 32°C, электропроводность 10.65 мСм, pH 8.71, 19.VII 2019, V448; Екатериновский лиман на р. Ея у с. Елизаветовка, восточная часть, на дне на глубине воды 0.6–1.2 м в сообществах роголистника, наяды и хары, местами массово, t 23.5°C, электропроводность 7 мСм, pH 8.41, 19.VII 2019, V449, V450, V451.

Нити раздельнополые, ровные. Оогонии одиночные (рис. 1I), располагаются обычно на большом расстоянии друг от друга, сидячие, широкоовальные или обратнойцевидные, с папиллой на верхушке. Антеридии одиночные или в группах по два-три, сидячие, широкоовальные, слегка продолговатые, с небольшим клювиком на верхушке (рис. 1J). Ооспоры полностью выполняют оогонии, зеленые, в зрелом состоянии буреющие. Бесполое размножение неизвестно.

Мультирегиональный вид с дизъюнктивным ареалом. В России известен из южных районов европейской части, южного Урала и Западной Сибири [Свириденко и др., 2013 (Sviridenko et al., 2013); Вейсберг, Исакова, 2018 (Veisberg, Isakova, 2018); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020); критическое распространение см. в последней работе]. Новый вид для Волгоградской обл. и Краснодарского края. Найден в высокоминерализованных пресных и олигогалинных водоемах.

**7. *V. frigida* (Roth) C. Agardh (рис. 1K)  
= *V. terrestris* (Vauch.) DC. sensu auct.**

\*Владимирская обл. [1] *Гусь-Хрустальный р-н*. Пересохшая лужа по дороге на пляж в г. Гусь-Хрустальный, на переувлажненной почве, 27.VII 2019, V447. \*Воронежская обл. [1] *Новоусманский р-н*. Оз. Черепашье, отмель, на почве со скоплениями ветоши под сабельником и чередой, массово, 15.VIII 2019, V578. \*Костромская обл. [1] г. *Кострома*, Заволжский р-н, низина рядом карьером, в ямах на глинистой почве, 15.VI 2019, V62. Московская обл. [1] г. *Дубна*. Правый берег р. Волга у городского парка, на замшелых песчаных кочках, заросших *Agrostis stolonifera*, редко, 3.X 2019, V655, V656. Нижегородская обл. [2] *Арзамасский р-н*, с. Пустынь, берег оз. Великое, 22.IX 2021, собр. О.В. Анисимова, V924; там же, в зарослях *Zizania*,

22.IX 2021, V926; г. *Нижний Новгород*, правый берег Волги, на отмели, в зарослях *Butomus umbellatus*, 26.IX 2021, V920. \*Республика Адыгея [1] *Майкопский р-н*. Река Сахрай у п. Усть-Сахрай, водопад “Три Брата”, на камнях и на песке на отмели, 3.IX 2020, V874. \*Тамбовская обл. [2] *Моршанский р-н*. Река Серп под мостом трассы А-143, по правому берегу, на одернованной песчаной почве, 26.VII 2019, V458; р. Мал. Пичаевка у с. Мал. Пичаево, под мостом на отмели на размытой почве, 26.VII 2019, V459; Ярославская обл. [51] *Больше-сельский р-н*. Левый берег р. Юхоть ниже дамбы в с. Бол. Село, на тропинке в осочнике, 16.VI 2019, V20; *Брейтовский р-н*. Лес у д. Дубец, на затененной грунтовой дороге к водохранилищу, на замшелой почве, 14.IX 2018, V68, V440; окрестности д. Бор-Дорки, низина за полями у ЛЭП, на почве, 17.IX 2014, V95, V218; *Мышкинский р-н*. Река в д. Зарубино, отмель, на глинистом замшелом грунте, 14.VI 2015, V242; ручей Студеный вблизи впадения в Милицейский пруд в г. Мышкин, по урезу воды, 14.VI 2015, V351; левый берег р. Волга в г. Мышкин, заросшие песчаные отмели, 10.VIII 2019, V482, V483; *Некоузский р-н*. Заболоченное озеро у дороги к ихтиологическому корпусу в п. Борок, на опаде березы, среди разреженных зарослей подмаренника и хвоща, 27.VII 2013, V221; там же, 15.III 2014, V405; лес у гостиницы в п. Борок, на замшелой почве, листовом опаде, 10.VI 2015, V223; там же, на кротовине, 29.VII 2017, V176; там же, обводненная канава, свободно плавающие дернины в толще воды и на поверхности, 9.V 2015, V358; там же, грунтовая дорога, на почве под снытью, 5.V 2018, V389; грунт у стены здания больницы в п. Борок, 1.VII 2014, V220; пруд Барский в п. Борок, на замшелом грунте по берегу, 6.IX 2014, V207; лужа на лесной грунтовой дороге в сторону базы “Сунога”, 23.IV 2016, V246, V390; там же, 16.IV 2017, V428; там же, в скоплениях *Mougeotia* sp., 30.IV 2017, V428; там же, 21.IV 2019, V127; березняк в п. Борок, на глинистой почве у протекающей трубы, 11.VIII 2013, V198; берег ручья Суножка у п. Борок, на задернованной почве по берегу и на глинистом грунте, 21.VII 2013, V195, V199, V202, V203; берег руч. Суножка у мостика в д. Бол. Дьяконово, 5.VI 2015, V253; там же, на почве, 23.IX 2017, V417; берега ихтиологического канала Рыбинского вдхр. у п. Борок, на замшелом растительном детрите и песке, 9.XI 2013, V108; там же, 15.III 2014, V420; там же, на почве под ветошью *Phragmites altissimus*, 6.V 2014, V92, V382; там же, 2.V 2015, V243, V244; придорожный водоем в д. Горки, на грунте по берегу, 14.VI 2015, V378; р. Латка под мостом у поворота на д. Чурилово, на грунте по берегу и на бетонной облицовке, 29.VIII 2013, V404; р. Ильдь у д. Заручье, под ветошью *Phragmites australis*, 3.V 2014, V206, V208, V359; лесная грунтовая дорога в пойме р. Сить у д. Лопатино, на глинистой почве, 18.VIII 2018, V138; р. Сить у д. Лопатино, на грунте, 19.VI 2015, V251; ручей в ливневой канаве в с. Нов. Некоуз, в медленно текущей воде и на почве по берегу, 19.VI 2015, V373; лесное озеро

за объездной дорогой у гостиницы в п. Борок, рыхлыми скоплениями у уреза воды, на мхах, листьях, электропроводность 408 мкСм, рН 7.63, 9.V 2017, V356, V427; лужа с талой водой у дороги перед д. Погорелка, на гниющих листьях, ветках, электропроводность 526 мкСм, рН 8.67, 7.V 2017, V99; берег ручья Суножка у д. Бол. Дьяконово, на грунте под ветошью *Calamagrostis*, 7.V 2017, V442; грунтовая дорога в сторону базы “Сунога” у п. Борок, на нарушенной почве под крапивой, 3.VI 2017, V421; там же, на глинистой почве в высохшей луже, 4.IX 2017, V553; там же, 12.IX 2017, V96; стенка дренажной канавы по ул. Советская в с. Нов. Некоуз, у парка, на голой глинистой почве, 21.V 2018, V342; там же, 28.V 2018, V183, V185; колеи грунтовых дорог к Барскому пруду в п. Борок, на гумусированной почве, 24.V 2018, V336; там же, на нарушенной почве недалеко от лужи, 13.VII 2019, V314; придорожные водоемы у д. Нов. Ура, 28.V 2018, V111, V377; грунтовая дорога по берегу портового канала в п. Борок, на месте высохшей лужи, 25.VIII 2018, V134; копань в парке с. Нов. Некоуз, в воде у берега, на прошлогодней листве, 1.V 2019, V38; берег пожарной копани в д. Бол. Дьяконово, на глинистой почве в углублении, 18.V 2019, V41; берег ручья у д. Кузьма-Демьян, на почве, 4.VI 2019, V52; отмель р. Ильдь в с. Марьино, на почве, покрытой мягким аллювием, 4.VI 2019, V45, V46; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; клумба в центре п. Борок, на почве, 27.IX 2019, V649; р. Шумаровка, недалеко от п. Борок, отмель, в разреженных зарослях манника, на детрите, 28.IX 2019, V654; старица р. Ильдь у д. Данилово, у отворота дороги на Гнетнево, на растительной ветоши вблизи уреза воды, массово, 9.IV 2020, V849, V850; окраина пашни у д. Данилово, в понижении на месте временного водоема, на замшелой почве, обильно, 9.IV 2020, V851; *Переславский р-н.* Отмель р. Нерль, у дороги между дд. Старово и Плечево, на рыхлом аллювии в зарослях осок, 12.VI 2018, V156; отмель притока р. Нерль у поворота дороги на д. Плечево, ниже старого мельничного пруда, на аллювии и погребенных скоплениях ряски, 12.VI 2018, V157; *Ростовский р-н.* Около п. Детского санатория Итларь, на территории ООПТ “Лесопарк станции Итларь – Шалапинские дачи”, на берегу безымянного ручейка у места его впадения в р. Нерль, под зарослями крапивы и таволги, на почве, 56°50'49.82" с.ш., 39°14'16.74" в.д., 22.VIII 2018, собр. Э.В. Гарин, V319; правый берег р. Устье в д. Левково, на почве, редко, 3.VI 2020, V854; *Рыбинский р-н.* Берег р. Кормица у д. Кабатово, на почве, где были уничтожены заросли борщевика Сосновского, 10.IX 2017, V104; приустьевая зона р. Черемуха в г. Рыбинск, отмель, 1–1.5 м от уреза воды, на почве под зарослями осок, 26.VIII 2018, V328; *Тутаевский р-н.* Ручей-приток р. Ить у места пересечения дорогой Тутаев-Ярославль, рядом с д. Дудинское, отмель, 24.V 2019, V44; *Угличский р-н.* Канава у дороги Углич-Борисоглебск, д. Овинищи Подгорные, грунт на месте летнего эфемерного водоема, на глине, скоплениях

*Lemna trisulca*, 17.IX 2017, V255; правый берег р. Корожечна в д. Фоминское, отмель, 12.X 2019, V676; левый берег р. Волга в г. Углич, верхняя часть отмели, на песке, 12.X 2019, V678; *г. Ярославль.* Кировский р-н, левый берег р. Которосль, под мостом и ниже моста за зарослями осок и детрите макророслей, 9.X 2017, V406; *Ярославский р-н.* Правый берег р. Волга у п. Волга, на замшелой почве под склоном, 7.VII 2019, V290.

Нити обоеполые, ровные. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях. Оогонии и антеридии одиночные, расположены в одной плоскости (оогоний нависает над антеридием, рис. 1К) или бок о бок. Антеридий крючковидный, на изогнутой ножке, раскрывается одной порой. Оогонии обычно до 150 мкм длиной, открываются одной порой, полностью заполняются ооспорами. Бесполое размножение не наблюдалось.

Мультирегиональный вид. В России известен из ряда мест европейской части и Сибири. Скорее всего, именно этот вид приводился под названием *V. terrestris* за различным авторством [Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)].

#### 8. *V. geminata* (Vauch.) DC. (рис. 1Л)

\*Ярославская обл. [29] *Брейтовский р-н.* Лес у д. Бор-Дорки, низина со следами лесей, 14.IX 2018, V70; *Мышкинский р-н.* Ручей Студеный вблизи впадения в “Милицкий” пруд в г. Мышкин, по урезу воды, 14.VI 2015, V351; газон рядом в парке “Ситский сад” в г. Мышкин, на уплотненной почве, 18.VI 2017, V192; *Некоузский р-н.* Берег канала Рыбинского вдхр. у п. Борок, на почве под ветошью *Phragmites altissimus*, 6.V 2014, V382; там же, 2.V 2015, V243; лесное озеро за объездной дорогой у гостиницы в п. Борок, рыхлыми скоплениями у уреза воды, на мхах, листьях, электропроводность 408 мкСм, рН 7.63, 9.V 2017, V356; берег ручья Суножка у д. Бол. Дьяконово, на грунте под ветошью *вейника*, 7.V 2017, V442; там же, ниже по течению, на кротовине на берегу, 30.IV 2018, V414; лужа в лесу в пойме ручья Суножка у д. Бол. Дьяконово, плавающая рыхлая дернинка, электропроводность 445 мкСм, рН 7.7, 7.V 2017, V148; лужа с талой водой у дороги перед д. Погорелка, на гниющих листьях, ветках, электропроводность 526 мкСм, рН 8.67, 7.V 2017, V99; окрестности п. Борок, лужа на грунтовой дороге в сторону базы “Сунога”, 23.IV 2016, V246, V390; там же, в скоплениях *Mougeotia* sp., электропроводность 208 мкСм, рН 8.6, 16.IV 2017, V428; там же, 21.IV 2019, V127; правый приток р. Сутка у дороги, на почве, заросшей *Riccia*, 14.VI 2015, V344; там же, 18.VI 2017, V424; карьер на окраине п. Шестихино, на детрите по урезу воды, 14.VI 2015, V381; стенка дренажной канавы по ул. Советская в с. Нов. Некоуз, у парка, на глинистой почве, 21.V 2018, V122, V341, V342; там же, 28.V 2018, V183, там же, 1.VI 2018, V182, V186; окрестности п. Борок, 2-е садоводство, огороды, на почве, 22.V 2018, собр. В.В. Соловьева,

V112; придорожные водоемы у д. Нов. Ура, 28.V 2018, V111, V377; там же, грунтовая дорога, 30.V 2018, V123; окрестности п. Борок, тропинка в сторону садоводств, на замшелых кротовинах, 18.V 2019, V36; берег пожарной копани в д. Бол. Дьяконово, на глинистой почве в углублении берега, 18.V 2019, V41; ручей у дороги на д. Кузьма-Демьян, на почве, аллювии, растительной ветоши, 4.VI 2019, V52; отмель р. Ильдь в с. Марьино, на почве, покрытой мягким аллювием, 4.VI 2019, V45; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; клумба в центре п. Борок, на почве, 27.IX 2019, V649; старица р. Ильдь у д. Данилово, у отворота дороги на Гнетнево, на растительной ветоши вблизи уреза воды, массово, 9.IV 2020, V849, V850; окраина пашни у д. Данилово, в понижении на месте временного весеннего водоема, на замшелой почве, 9.IV 2020, V851; лужи в заболоченном понижении у дороги в д. Бол. Дубинино, на замшелой почве по краю лужи под ветошью, 9.IV 2020, V852; *Переславский р-н.* Придорожная канава у дороги на д. Савельево, на глине, 17.IX 2017, V91; *Ростовский р-н.* Около п. Детского санатория Итларь, ООПТ “Лесопарк станции Итларь – Шалапинские дачи”, на берегу безымянного ручейка у места его впадения в р. Нерль, под зарослями крапивы и таволги, на почве, 56°50'49.82" с.ш., 39°14'16.74" в.д., 22.VIII 2018, собр. Э.В. Гарин, V319; *Рыбинский р-н.* Приустьевая зона р. Черемуха в г. Рыбинск, отмель, 1–1.5 м от уреза воды, на почве под зарослями осок, 26.VIII 2018, V132, V328; *Угличский р-н.* Канава у дороги Углич-Борисоглебск, д. Овинищи Подгорные, грунт на месте летнего эфемерного водоема, на глине, скоплениях *Lemna trisulca*, 17.IX 2017, V255; г. Ярославль. Кировский р-н, левый берег р. Которосль, под мостом во яме, временно имеющей связь с рекой, 3.VIII 2019, V477.

Нити обоеполые, ровные. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях. Антеридии на концах генеративных ветвей, крючковидные, раскрываются одной порой. Оогонии в числе 2, редко 1 экз., расположены на коротких и вверх направленных, либо слабо наклоненных ножках. Бесполое размножение не наблюдалось.

Мультирегиональный вид, в России ранее достоверно известный только из Санкт-Петербурга [Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Местонахождения в Ярославской обл. связаны главным образом с временными скоплениями талых вод (лужи на грунтовых дорогах, ямы, придорожные канавы), переувлажненными отмелями и почвой. Примечательно, что вид чаще выявляется в прохладные сезоны: с весны до раннего лета, потом с конца лета и осенью. Наиболее часто его сопровождает *V. frigida*.

#### 9. *V. lili* Rieth (рис. 1M, N)

Ярославская обл. [1] *Некоузский р-н.* Местность “Кресты”, берег ручья у д. Кузьма-Демьян, на аллювии с растительной ветошью, 4.VI 2019, V52.

Нити обоеполые, ровные. Антеридии на конках генеративных ветвей, крючковидно изогнутые до двух раз. Оогонии в числе 1 или 2 экз., расположены на вверх и к антеридию направленных ножках, плоско-выпуклые, с продленными верхушками. Ооспоры не полностью заполняют оогонии, оставляя терминальную полость. После оплодотворения генеративная ветвь септируется, ограничивая часть, лишенную цитоплазмы. После созревания ооспор оогонии опадают с генеративной ветви вместе с ножками. Бесполое размножение неизвестно и нами не наблюдалось.

В новом местонахождении встречены единичные фертильные нити с частично деградировавшими генеративными ветвями. На рис. 1M можно видеть септу (белая стрелка), ограничивающую прозрачную часть ветви без цитоплазмы; черной стрелкой отмечен опорожненный антеридий. Опавший с ветви оогоний виден на рис. 1N, стрелкой показана терминальная полость.

*V. lili* – редкий мультирегиональный вид, в России известен только из ряда регионов европейской части и на Кавказе, в Вологодской, Московской, Нижегородской областях и Северной Осетии. В Ярославской обл. ранее был найден только в одном пункте [Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)].

#### 10. *V. orthocarpa* Reinsch (рис. 1O, P)

≡ *V. sessilis* f. *orthocarpa* (Reinsch) Heer.

\*Воронежская обл. [1] *Новоусманский р-н.* Река Усманка в п. Веневитинский, массово в воде у берегов, в обрастаниях древесины и у поверхности воды, 15.VIII 2019, V580. Ярославская обл. [1] *Некоузский р-н.* Копань на левом берегу р. Ильдь на окраине с. Нов. Некоуз, рыхлыми ватообразными скоплениями у берега и хлопьями среди *Cladophora fracta* и рясок, электропроводность 350 мкСм, pH 7.8, 28.V 2018, V101, V340, V407.

По организации гаметангиальных групп этот вид очень похож на *V. bursata*, однако ему характерны: 1) постоянство состава группы из 1 антеридия и 1 оогония (рис. 1O), 2) более тесное расположение гаметангиев, 3) почти радиальная симметрия оогониев, 4) более толстая и равномерно слоистая оболочка ооспор (рис. 1P).

Довольно редкий вид, известный из нескольких регионов в Голарктике. В России его находили в единичных местонахождениях в Ярославской, Калужской и Вологодской областях [Вишняков, 2015 (Vishnyakov, 2015); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Этот вид признавался далеко не всеми исследователями рода, которые считали вошерии с такой морфологией конспецифичными *V. bursata* (Christensen, 1969; Entwistle, 1987). Такие вы-

воды мотивировались большим морфологическим сходством, а также широкой амплитудой изменчивости последнего вида в части размеров оогониев и их формы. Между тем, эти авторы непосредственно не изучали материалов, точно соответствующих *V. orthocarpa*.

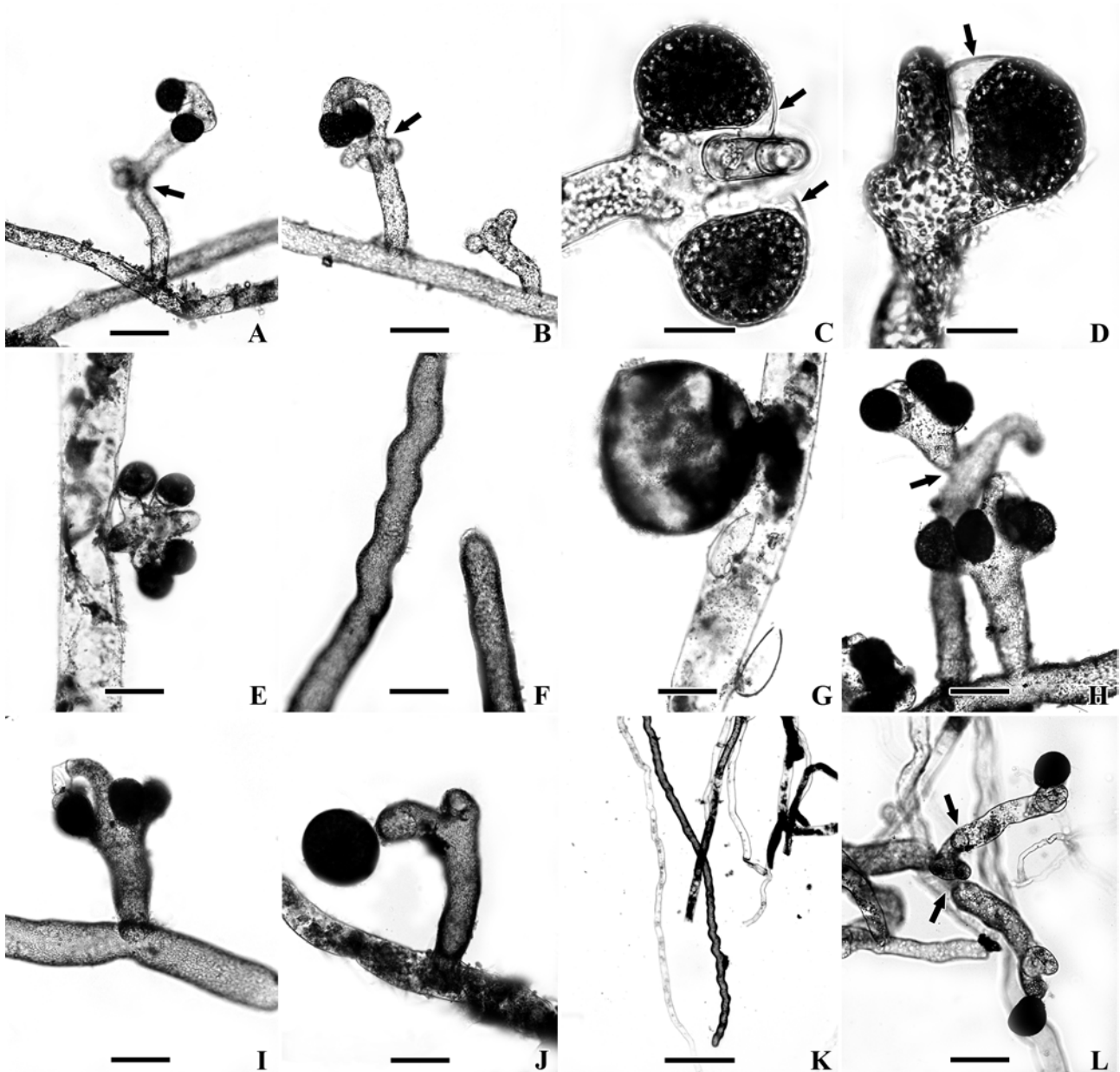
В LE нами были проверены экзипаты вида серии “*Algae aquae dulcis exsiccatae*” № 949 (1889 г.) и: № 1581a, b (1903 г.). Первый образец представляет собой часть типового материала, происходит из синтипного местонахождения. Морфология изученных образцов находилась в хорошем соответствии с ними.

**11. *V. prona*** T.A. Chr. (рис. 2A, B)

= *V. hamata* (Vauch.) DC. sensu auct.

\*Владимирская обл. [1] *Гусь-Хрустальный р-н*. Пересохла лужа по дороге на пляж в г. Гусь-Хрустальный, на переувлажненной почве, 27.VII 2019, V447. \*Воронежская обл. [10] *г. Воронеж*. Советский р-н, старица в левобережной пойме р. Дон у п. Малышево, на почве в зарослях осоки, 13.VIII 2019, V574; *Лискинский р-н*. Окрестности хутора Дивногорье, правый берег р. Тихая Сосна, на отмели в расщелинах между скоплениями мелового щебня, 16.VIII 2019, V581; местность Дивногорье, правый берег р. Дон, песчаная отмель, на заиленном песке в 0.3–1 м от уреза воды и в тени у края сообщества дурнишника и череды, 16.VIII 2019, V582; окрестности хутора Дивногорье, притененная грунтовая дорога в пойме р. Тихая Сосна, проложенная ж/д, на почве по краям луж, в старых колеях, по обочинам, 16.VIII 2019, V583; *Новоусманский р-н*. Оз. Черепашье, отмель, на почве со скоплениями ветоши под сабельником и чередой, массово, 15.VIII 2019, V578; *Семилукский р-н*. Правый берег р. Дон в г. Семилуки, у парка “Три самолета”, устье ручья в овраге, на почве вблизи родников, 13.VIII 2019, V571; правый берег р. Дон в г. Семилуки в районе устья р. Девица, на мягком аллювии в зарослях ежеголовника, 13.VIII 2019, V572; лужа на грунтовой дороге в пойме р. Дон, р. Девица, на уплотненной почве, 13.VIII 2019, V573; р. Ведуга в д. Губарево, правый берег в районе моста, на почве, 19.VIII 2020, V868; *Острогожский р-н*. Правый берег р. Дон у с. Сторожевое, на песке на узкой отмели, 24.VIII 2020, V864. \*Костромская обл. [2] *г. Кострома*. Заволжский р-н, Костромская слобода, насыпная грунтовая дорога к дамбе, на уплотненной песчаной почве, 15.VI 2019, V64; там же, отворот дороги, на плотной почве рядом с высохшей лужей, + *Botrydium granulatum*, 15.VI 2019, V65. Нижегородская обл. [3] *Арзамасский р-н*. с. Пустынь, берег оз. Великое, 22.IX 2021, собр. О.В. Анисимова, V924; с. Пустынь, в карстовой воронке, 22.IX 2021, собр. О.В. Анисимова, V925; *г. Нижний Новгород*, правый берег Волги, на отмели на песке, 26.IX 2021, V918, V919; там же, в зарослях *Butomus umbellatus*, 26.IX 2021, V920. \*Ярославская обл. [67] *Брейтовский р-н*. Левый берег р. Сить у п. Брейтово, на песке и детрите, 21.IX 2014, V217; берег р. Чеснава у до-

роги на Брейтово, 21.IX 2014, V216; берег ручья водозабора на левом берегу р. Сить у п. Брейтово, 21.IX 2014, V115; небольшой пруд у лодочной пристани на р. Чеснава водохранилища, на грунте, 26.VIII 2013, V214, V215; берег лодочной пристани на р. Чеснава водохранилища, на грунте, 26.VIII 2013, V103; лес у д. Бор-Дорки, низина со следами лосей, 14.IX 2018, V70, V441; лес у д. Дубец, на затененной грунтовой дороге к водохранилищу, на замшелой почве, 14.IX 2018, V68, V440; *Мышкинский р-н*. Река Муратовка около дороги между дд. Антипово и Третьяковка, на глинистом грунте по нарушенному берегу, 14.VI 2015, V252; газон рядом в парке “Ситский сад” в г. Мышкин, на уплотненной почве, 18.VI 2017, V192; г. Мышкин, ул. Мира, на почве под стеной старого дома, 12.V 2018, V408; левый берег р. Волга в г. Мышкин, заросшие песчаные отмели, 10.VIII 2019, V482, V483; *Некоузский р-н*. Тропинки в парке у Барского пруда в п. Борок, на почве, 14.VII 2013, V201, V222; лес за объездной дорогой у гостиницы в п. Борок, в обсохшей луже, 9.VIII 2013, V233; там же, на замшелой почве под смородиной, 29.VII 2017, V177; березняк в п. Борок, на лесной почве и у протекающей водопроводной трубы, 11.VIII 2013, V198; тропинка из Борка в Бол. Дьяконово, на кротовине и нарушенной почве, 3.VI 2017, V83; клумбы п. Борок, на обнажениях почвы, 15.VIII 2013, V227; там же, 30.VIII 2013, V197; там же, 25.VIII 2014, V209; там же, 5.VI 2017, V194; там же, 6.VIII 2017, V146; там же, 14.VIII 2017, V554; там же, 7.V 2018, V388; берег ручья Суножка у п. Борок, на задернованной почве по берегу и на глинистом грунте, 21.VII 2013, V195, V199, V202, V203; берег обвалованного озера рядом с каналом у п. Борок, на почве среди зарослей *Zizania latifolia*, 3.VIII 2013, V196; берега ихтиологического канала Рыбинского вдхр. у п. Борок, на глинистом грунте, песке и растительном детрите, в прибрежных зарослях осок, стрелолиста, 18.VIII 2013, V210, V231; там же, 9.XI 2013, V108, V211; там же, 15.III 2014, V420; там же, пляж, 14.VI 2014, V212; там же, 2.V 2015, V243; грунт по обсохшему дну Рыбинского вдхр. у п. Борок, 18.VIII 2014, V114; грунтовая дорога в п. Борок, в сторону очистных сооружений, 10.VI 2015, V250; колеи старой грунтовой дороги к Барскому пруду в п. Борок, на почве, листовом опаде березы и липы, 14.VIII 2017, V232, V422, V426; там же, на нарушенной почве недалеко от лужи, 13.VII 2019, V315; грунтовая дорога за гостиницей в п. Борок (к копани), на уплотненной почве, 15.VIII 2017, V650; окрестности п. Борок, грунтовая дорога в сторону базы “Сунога”, на глинистой почве, в высохшей луже, 4.IX 2017, V553, там же, 12.IX 2017, V96, V415; стенка дренажной канавы по ул. Советская в с. Нов. Некоуз, у парка, на глинистой почве, 21.V 2018, V121, V180, V341; там же, 28.V 2018, V183, V185, там же, 1.VI 2018, V184, V186; окрестности п. Борок, 2-е садоводство, огороды, на почве, 22.V 2018, собр. В.В. Соловьева, V112; там же, на почве, 12.VIII 2018, собр. В.В. Соловьева, V141; там же, грунтовая дорога, 30.V 2018, V124; грунто



**Рис. 2.** Морфология видов *Vaucheria* в изученных материалах (объяснение обозначений в тексте). Масштабные линейки: А, В, Е–J, L – 100 мкм, С, D – 30 мкм, К – 300 мкм.

**Fig. 2.** Morphology of *Vaucheria* species in the studied materials (indications are explained in the text). Scale bars: A, B, E–J, L – 100 μm, C, D – 30 μm, K – 300 μm.

A – *V. prona* V68; B – *V. prona* V394; C – *V. pseudogeminata* V96; D – *V. pseudogeminata* V132; E – *V. racemosa* V461; F – *V. racemosa* V90; G – *V. schleicheri* V-11; H, I – *V. taylorii* V151; J – *V. uncinata* V133; K, L – *V. undulata* V336.

вая дорога у портового канала в п. Борок, на одернованной почве, в колеях, 16.VI 2018, V109; окраина пашни на берегу р. Ильдь за храмом в с. Нов. Некоуз, на одернованной уплотненной глинистой почве, 1.VI 2018, V181; высохшая лужа на тропинке от рынка к архиву в п. Борок, 7.VIII 2018, V143; грунтовая дорога за гаражным кооперативом в п. Борок, в колея на почве, 12.VIII 2018, V142; грунтовая дорога по берегу портового канала в п. Борок, на месте высохшей лужи, 25.VIII 2018, V134; окрестности п. Борок, тропинка в сторону садоводств, на замшелых кротовинах, 18.V 2019, V36; берег пожарной копани между дд. Бол. и Мал. Заломы, на глине, 19.V 2019, V32; берег пожарной копани в д. Бол.

Дьяконово, на глинистой почве в углублении берега, 18.V 2019, V41; грунт со дна пожарной копани в д. Бол. Дьяконово, в колеях, 28.VII 2018, V147; дренажные каналы в с. Нов. Некоуз: высохшая дренажная канава ул. Советская у дома № 14, на дне на почве, 7.VI 2019, V190; берег частной копани в д. Бол. Дьяконово, на глинистой почве, 30.IV 2018, V371; аллея в парке с. Нов. Некоуз, на обнажениях глинистой почвы, 28.V 2018, V267, V379; грунтовая дорога из Бол. в Мал. Дьяконово, в пойме руч. Суножка, в глубоких колеях на почве, + *Botrydium granulatum*, 18.V 2019, V40; ливневая канава у дома № 41 в п. Борок, на замшелой глинистой почве,

30.V 2019, V28; свежевырытая дренажная канава дороги на д. Кузьма-Демьян, на глинистой почве, 4.VI 2019, V53; берег ручья у д. Кузьма-Демьян, на почве, аллювии, растительной ветоши, 4.VI 2019, V49; местечко Андреевское, спуск к Ильди, на утоптанной замшелой почве под лопухом и снытью, 4.VI 2019, V26; там же, 11.VIII 2019, V484; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; р. Шумаровка, недалеко от п. Борок, отмель, в разреженных зарослях манника, на детрите, 28.IX 2019, V654; *Переславский р-н.* Восточный берег оз. Плещеево, на нарушенной почве и гниющих макрофитов на берегу, 17.IX 2017, V118; южный берег оз. Савельево, “коврики” на нарушенном торфянистом грунте с молодыми растениями *Ranunculus sceleratus*, 17.IX 2017, V343; отмель р. Нерль, у дороги между дд. Старово и Плечево, на рыхлом аллювии в зарослях осок, 12.VI 2018, V156; грунтовая дорога в левобережной пойме р. Нерль, у дороги между дд. Старово и Плечево, на уплотненной глинистой почве, + *Botrydium granulatum*, 12.VI 2018, V158; *Ростовский р-н.* Грунтовая дорога на восточном берегу оз. Чашницы, на плотной глинистой замшелой почве, 12.VI 2018, V100; *Рыбинский р-н.* Правый берег р. Волга между дд. Глебово и Кабатово, в понижениях берега под ветошью тростника, 10.IX 2017, V87, V98; берег р. Кормица у д. Кабатово, на почве, где были уничтожены заросли борщевика Сосновского, 10.IX 2017, V104; правый берег р. Волга набережной в г. Рыбинск, на песке с наилком среди камней и редких зарослей болотницы, 24.IX 2017, V149; г. Рыбинск, дно сухой дренажной канавы около ж-д вокзала, на почве, 12.V 2019, V35; г. Рыбинск, парк у Волжской набережной, на газоне, на нарушенной почве, 27.V 2020, V853; *Угличский р-н.* Канава у дороги Углич–Борисоглебск, д. Овинищи Подгорные, грунт на месте летнего эфемерного водоема, на глине, скоплениях *Lemna trisulca*, 17.IX 2017, V255; г. Углич, клумба в кремле, на замшелой почве среди бархатцев и крестовника, 25.IX 2017, V191; г. Углич, высохшая лужа на высоком берегу р. Волги, у спуска к лодочной пристани, на глине, 29.IX 2017, V395; высохшая лужа на грунтовой дороге за с. Золоторучье, в колеях дороги, на глинистой растрескавшейся почве, 29.IX 2017, V394; с. Золоторучье, газон, на почве под лютиком и снытью, 29.IX 2017, V120; отмель правого берега р. Корожечна в г. Углич, на аллювии в зарослях *Schoenoplectus lacustris*, 15.IX 2018, V67; правый берег р. Корожечна в д. Фоминское, отмель, 12.X 2019, V676; г. Ярославль. Кировский р-н, правый берег р. Которосль, под мостом, на грунте на урезе воды, 5.IX 2013, V639; там же, 9.X 2017, V406; там же, в 200 м ниже моста по левому берегу щавеля на глинистом грунте и детрите макроводорослей, 9.X 2017, V153; *Ярославский р-н.* Огороды в д. Образцово, на почве под яблонями, 27.IX 2016, V245; грунтовая дорога у д. Мордвиново, у лесополосы, на почве в колеях дороги, 31.VIII 2018, V317; правый берег р. Волга у п. Волга, на периодически затапливаемой отмели, на песке с глиной, редко, 7.VII 2019, V292, V312.

Нити обоополые. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях различной длины. Частые пролиферации верхушки генеративной ветви в месте непосредственно позади ножки антеридия приводят к ярусному расположению гаметангиев (рис. 2А, В, стрелки). Антеридии на довольно резко изогнутой книзу ножке, отходящей от конца генеративной ветви, раскрываются порой. Оогонии в числе 2, плоско-выпуклые, на коротких ножках, наклонены вниз и в сторону антеридия, раскрываются простой апикальной порой. Ооспоры полностью выполняют оогонии.

Мультирегиональный вид, в России известный из Сибири и европейской части. Обитает на почвах и разнообразных гидроморфных биотопах [Вишняков, 2019 (Vishnyakov, 2019); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)].

## 12. *V. pseudogeminata* Dang. (рис. 2С, Д)

\*Воронежская обл. [1] г. Воронеж. Центральный р-н. Родник Мокрый Лог в п. Рыбачий, на нарушенной почве, 14.VIII 2019, V575. \*Краснодарский край [2] *Апшеронский р-н.* Туристическая тропа к Орлиной полке, на почве в колеях грунтовой дороги, 2.IX 2020, V873; *город-курорт Геленджик*, р. Джанхот у с. Прасковеевка, нижнее течение, отмели, 23.VII 2019, V460. \*Республика Адыгея [6] *Майкопский р-н.* Окрестности станицы Даховская, дорога к скале Чертов Палец, в колеях притененной грунтовой дороги, 30.VIII 2020, V857; там же, в месте ближе к Савранской канатной дороге, в колеях притененной грунтовой дороги, 30.VIII 2020, V858; заболоченное озерко по дороге к каньону Мишкоко, на почве, 1.IX 2020, V860; правый берег р. Белая ниже Теснины, на песчаной почве, 31.VIII 2020, V870; ручей Бол. Руфабго, отмель между вторым и третьим водопадами, 31.VIII 2020, V871; р. Сахрай у п. Усть-Сахрай, водопад “Три Брата”, на камнях и на песке на отмели, 3.IX 2020, V874. Ярославская обл. [20] *Большесельский р-н.* Левый берег р. Юхоть ниже дамбы в с. Бол. Село, на тропинке в осочнике, 16.VI 2019, V20; *Брейтовский р-н.* Клумба перед магазином “Якорь” в п. Брейтово, на почве, 9.VIII 2017, V391; *Некоузский р-н.* Лесу гостиницы в п. Борок, на почве и листовом опаде по обсохшей весенней луже, 10.VI 2015, V223; колея лесной грунтовой дороги к водохранилищу в п. Борок (ближе к “Рыбинке”), на замшелой почве, 29.VII 2017, V230; грунтовая дорога за гостиницей в п. Борок (к копани), на уплотненной почве, 15.VIII 2017, V650; грунтовая дорога в сторону базы “Сунога”, на почве на месте высохшей лужи, 12.IX 2017, V96, V415; берег руч. Суножка в д. Бол. Дьяконово, на почве, 23.IX 2017, V417; стенка дренажной канавы по ул. Советская в с. Нов. Некоуз, у парка, на глинистой почве, 28.V 2018, V179; там же, 1.VI 2018, V184; грунтовая дорога по берегу портового канала в п. Борок, на месте высохшей лужи, 25.VIII 2018, V134; ливневая канава у дома № 41 в п. Борок, на замшелой глинистой почве, 30.V 2019, V28; местечко Андреевское, спуск к Ильди, на утоптанной



замшелой почве под лопухом и снытью, 4.VI 2019, V26; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; отмель р. Ильдь в с. Марьино, на почве, покрытой мягким аллювием, 4.VI 2019, V45; *Переславский р.-н.* Отмель р. Нерль, у дороги между дд. Старово и Плечево, на рыхлом аллювии в зарослях осок, 12.VI 2018, V156; *Ростовский р.-н.* Грунтовая дорога на восточном берегу оз. Чашницы, на плотной глинистой замшелой почве, 12.VI 2018, V100; *Рыбинский р.-н.* Приустьевая зона р. Черемуха в г. Рыбинск, отмель, 1–1.5 м от уреза воды, на почве под зарослями осок, 26.VIII 2018, V132, V328; *Тутаевский р.-н.* Пойма р. Урдома у дороги Рыбинск-Шашково-Тутаев, грунтовая дорога на почве под камышом, 24.V 2019, V43; *Угличский р.-н.* г. Углич, клумба в кремле, на замшелой почве, 25.IX 2017, V191; отмель правого берега р. Корожечна в г. Углич, на аллювии в зарослях *Schoenoplectus lacustris*, 15.IX 2018, V67; *Ярославский р.-н.* Грунтовая дорога у д. Мордвиново, у лесополосы, на почве в колеях, 31.VIII 2018, V317.

По композиции гаметангиев и строению антеридия этот вид очень напоминает *V. geminata*, от которого отличается наличием крупных терминальных полостей (рис. 2С, D, показаны стрелками). Кроме того, нити этого вида нередко бывают волнистыми.

*V. pseudogeminata* относится к редким мультирегиональным видам. В России известен в Кемеровской, Московской, Нижегородской и Ярославской областях [Вишняков, 2015 (Vishnyakov, 2015); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Обитает на почвах, часто поблизости временных водоемов, иногда на отмелях. Новый вид для Воронежской обл., Краснодарского края и Адыгеи.

**13. *V. racemosa* (Vauch.) DC. (рис. 2Е, F)**  
= *V. walzii* Rothert

\*Владимирская обл. [1] *Гусь-Хрустальный р.-н.* Пересохшая лужа по дороге на пляж в г. Гусь-Хрустальный, на переувлажненной почве, 27.VII 2019, V447; \*Волгоградская обл. [1] *Светлоярский р.-н.* Заросший рогозом канал у восточного берега оз. Цаца, на влажных истоптанных скотом берегах, 25.VII 2019, V455, V456. \*Воронежская обл. [1] *Семилукский р.-н.* Река Трещевка в д. Раздолье, рядом с турбазой, субаэрофильное сообщество *Vaucheria*, *Ulva*, *Cladophora* на нагромождении камней в месте сужения русла, массово, электропроводность 618 мкСм, pH 8.4, 19.VIII 2020, V856. \*Костромская обл. [3] г. *Кострома*. Заволжский р.-н, старый карьер на берегу Волги, на обнажившемся из-за падения уровня воды дне, на глинисто-песчаном грунте и осевших из воды нитчатках, 15.VI 2019, V61; там же, Чернигинская набережная, временный водоем у колодца, массово на глубине воды до 30 см, 15.VI 2019, V59, V60; влажная низина рядом карьером, в ямах на глинистой почве, 15.VI 2019, V62. \*Краснодарский край [2] *Город-курорт Геленджик*. Река Хотейцай в хуторе Джанхот, нижнее течение,

между камнями в медленно текущей воде, на скоплениях *Cladophora glomerata*, электропроводность 0.69 мСм, pH 8.3, 22.VII 2019, V461, V462; *Туапсинский р.-н.* Река Нечепсуха в п. Новомихайловский, временная протока, в которую разгружаются родники, редко, 23.VII 2019, V469. \*Республика Адыгея [1] *Майкопский р.-н.* Питаемая родником дренажная канава дороги на п. Каменноостский, левый берег р. Белая в районе “долины аммонитов”, в массе в тонком слое воды, электропроводность 355 мкСм, pH 8, 4.IX 2020, V859. Ярославская обл. [38] *Борисоглебский р.-н.* Канава у дороги Углич-Борисоглебск, район д. Павлово, лужа-остаток летнего эфемерного водоема, на глинистой почве под болотником и ситником, 17.IX 2017, V116; *Брейтовский р.-н.* Лужи на старой грунтовой дороге на окраине леса у д. Бор-Дорки, 9.VIII 2017, V150; левый берег р. Сить у п. Брейтово, на песке и детрите, 21.IX 2014, V355; окрестности д. Горелово, берег р. Чеснава, мелководье, собр. А.А. Тихонов, 14.IX 2018, V368; *Мышкинский р.-н.* Река в д. Зарубино, отмель, на глинистом замшелом грунте, 14.VI 2015, V242; ручей Студеный вблизи впадения в “Милицейский” пруд в г. Мышкин, по урезу воды, 14.VI 2015, V351; р. Муратовка около дороги между дд. Антипово и Третьяковка, в воде на камнях у берега, 14.VI 2015, V375; *Некоузский р.-н.* Дренажные канавы в с. Нов. Некоуз: обводненная канава ул. Советская, плавающие дернины на поверхности воды и на грунте по урезу, 3.IX 2013, V354; там же, 30.VIII 2016, V248; там же, 30.VI 2017, V188, V189; там же, канавка на рынке, 28.V 2018, V89; 12. там же, канава у ЗАГСа, крупными куртинами на дне, электропроводность 874 мкСм, pH 9, 28.V 2018, V107; там же, канава у пруда напротив полиции, 28.V 2018, V348; там же, канавка рядом с копанью у автозаправки, 28.V 2018, V380, V413; там же, обводненная дренажная канава по ул. Ленина, по дороге к поликлинике, на глубине воды 0–15 см, массово, 1.VI 2018, V128; там же, на грунте у воды по дну канавы, 1.VI 2018, V129; ручей в ливневой канаве в с. Нов. Некоуз, в медленно текущей воде и на почве по берегу, 19.VI 2015, V373, V384; берега канала Рыбинского вдхр. у п. Борок, около ихтиокорпуса, на переувлажненном грунте по берегу, 18.VIII 2014, V361; заболоченный водоем в с. Старый Некоуз, около храма, свободно плавающие дернины в воде у берега, 19.VI 2015, V345; придорожная канава в д. Бол. Заломы, на грунте по дну высохшего эфемерного водоема, 7.VI 2015, V224; придорожный водоем в д. Горки, массовыми скоплениями в воде и на грунте по берегу, 14.VI 2015, V352, V378; р. Сить у д. Лопатино, в пойме на грунте, 19.VI 2015, V225, V251; там же, на отмели в устье ручья в д. Лопатино, 18.VIII 2018, V135; р. Гремышка около д. Топорищево, у дороги, на грунте по берегу, 19.VI 2015, V360; лужа на грунтовой дороге в сторону базы “Сунога”, 5.VIII 2017, V193, V357; колеи старой грунтовой дороги к Барскому пруду в п. Борок, в приземном слое воды, 14.VIII 2017, V232; там же, на сильно гумусированной почве, 24.V 2018, V336; там же, на нарушенной почве недалеко от лужи, 13.VII 2019, V314; высох-



шая лужа на тропе ихтиологического канала в п. Борок, на почве, 20.VIII 2017, V90; там же, в двух лужах, 3.VIII 2018, V133; грунтовая дорога у портового канала в п. Борок, на месте высохшей лужи, 20.V 2018, V401; берег руч. Суножка, на почве, 23.IX 2017, V417; высохшие придорожные водоемы у д. Нов. Ура, 28.V 2018, V111, V377; копань в парке с. Нов. Некоуз, массово в воде у берега, на прошлогодней листве, в толще воды и у поверхности, 1.V 2019, V37; там же, 7.VI 2019, V130; грунтовая дорога по берегу портового канала в п. Борок, на месте высохшей лужи, 25.VIII 2018, V134; берег ручья у д. Кузьма-Демьян, на почве, аллювии, растительной ветоши, 4.VI 2019, V52; отмель р. Ильдь в с. Марьино, на почве, покрытой мягким аллювием, 4.VI 2019, V45, V46; пойма р. Ильдь в местечке Андреевское, на нарушенной почве под снытью, 4.VI 2019, V47, V48; р. Шумаровка, недалеко от п. Борок, отмель, в разреженных зарослях манника, на детрите, 28.IX 2019, V654; *Переславский р-н.* Отмель р. Нерль, у дороги между дд. Старово и Плечево, на рыхлом аллювии в зарослях осок, 12.VI 2018, V156; отмель притока р. Нерль у поворота дороги на д. Плечево, ниже старого мельничного пруда, на аллювии и погребенных скоплениях ряски, 12.VI 2018, V157; *Ростовский р-н.* Лужа на грунтовой дороге у оз. Рюмники, рыхлыми скоплениями в толще воды, 27.IX 2016, V249, V364; там же, на почве по дну высохшей лужи, 12.VI 2018, V155; *Рыбинский р-н.* Приустьевая зона р. Черемуха в г. Рыбинск, отмель, 1–1.5 м от уреза воды, на почве под зарослями осок, 26.VIII 2018, V132; *Тутаевский р-н.* Пойма р. Урдома у дороги Рыбинск-Шашково-Тутаев, грунтовая дорога на почве под камышом, 24.V 2019, V43; *Угличский р-н.* Канава у дороги Углич-Борисоглебск, д. Овинищи Подгорные, грунт на месте летнего эфемерного водоема, на глине, скоплениях *Lemna trisulca*, 17.IX 2017, V255; г. Углич, ров кремля (устье р. Шелковка), на урезе воды по левому берегу, 25.IX 2017, V82; там же, берегов, 15.IX 2018, V73; старица р. Корожечна в д. Фоминское, в воде у берега, массово, электропроводность 583 мкСм, 12.X 2019, V675; *Ярославский р-н.* Карабиха, Нижний парк, у верхнего пруда, на почве, 23.VI 2019, V3; там же, спущенный верхний пруд, на илисто-песчаном грунте и вблизи родников на дне пруда, массово, 23.VI 2019, V4; дренажная канава в с. Туношна у Солнечного парка, на перегнивших листьях тополя, 3.VII 2019, V241.

Нити обоеполюе, ровные или волнистые. Гаметангии объединенные на генеративных ветвях. Конец генеративной ветви заметно изгибается вниз и оканчивается ножкой антеридия, ножки оогониев, как правило многочисленных, возникают по бокам ветви друг под другом (рис. 2Е). Антеридии крючковидные, с одной апикальной порой. Оогонии косо-яйцевидные или плоско-выпуклые, в числе (1)2–5(7). Бесполое размножение апланоспорами.

Морфология изученных образцов в целом соответствовала ранее опубликованным

данным, между тем, нами была встречена редкая морфа с малочисленными оогониями, 2–3 на генеративную ветвь, и короткой терминальной полостью (V417). Возможно, подобные недостаточно известные морфы *V. racemosa* другими исследователями отождествлялись с *V. erythrospora* [Wolowski, 2002; Жилкина, 2011 (Zhilkina, 2011)]. Между тем, малый размер терминальной полости в изученном материале не позволил отождествить его с этим видом, а также с *V. walzii* f. *rostrata* Rieth nom. inval. [Rieth, 1980], несомненно, родственным *V. racemosa* таксоном, имеющим крупные терминальные полости. В образцах V3, V43, V45, V46, V52, V90, V134, V135, V156, V336, V654, происходящих из гидроморфных биотопов, отмечена морфа с частично спиральными нитями (рис. 2F), которые нечасто отмечается исследователями.

Мультирегиональный вид, широко распространенный в России, где ранее приводился под названием *V. walzii* [Свириденко и др., 2013 (Sviridenko et al., 2013); Вишняков, 2019 (Vishnyakov, 2019); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Обитает главным образом в водоемах, часто проточных, а также на их сильно переувлажненных берегах. Обнаружение вида в наземных условиях в одних случаях можно объяснить тем, что талломы водоросли продолжили вегетировать на почве после падения уровня воды, в которой изначально развивались (V225, V251), но бывают случаи и напочвенного его появления, как правило, вблизи луж на грунтовых дорогах и тропях (V134, V155, V401). По результатам собственных сборов и исследования коллекций было показано широкое распространение вида на территории России [Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)], особенно в Прибайкалье, где это второй по частоте встречаемости представитель рода [Вишняков, 2019 (Vishnyakov, 2019)]. В Ярославской обл., откуда *V. racemosa* сообщался ранее только из двух пунктов как *V. walzii* [Зауер, 1977 (Zauer, 1977)], он тоже выявлен среди наиболее обычных видов. Новый вид для Владимирской, Волгоградской, Воронежской, Костромской областей, Краснодарского края и Адыгеи.

#### 14. *V. schleicheri* De Wild. (рис. 2G)

= *V. nicholsii* H. Brown

= *V. subschleicheri* Jao

\*Ярославская обл. [2] *Угличский р-н.* Река Улейма, брод между дд. Савино и Антухово, массово, на мелких камушках на течении у берега, электропроводность 467 мкСм, совместно с *Oedogonium* sp. ster., *Cladophora glomerata*, 23.VI 2019, V7, V8,

V9; г. Ярославль. Дзержинский р-н, Брагино, карьеры, на глуб. воды до 50 см, электропроводность 220 мкСм, 24.V 2019, V11.

Нити обоеполые, ровные. Гаметангии сидячие в группах, расположенных на большом расстоянии друг от друга, состоят из 1 оогонии и (1)2–5 антеридиев. Антеридии вздуто-цилиндрические, прижатые к нити или оттопыренные, верхушками обращены в сторону оогонии, открываются простой порой. Оогонии округлые, слегка продолговатые, с гладкой, в молодом возрасте легко деформируемой оболочкой и папиллой на верхушке. Ооспоры полностью заполняют оогонии. Бесполое размножение неизвестно.

Мультирегиональный вид, большая часть местонахождений относится к Голарктике, и тем не менее вид сообщается нечасто. В России известен в Архангельской, Иркутской, Костромской, Новосибирской, Тюменской обл., Забайкальском крае и Ямало-Ненецком автономном округе [Свириденко и др. 2013, 2015 (Sviridenko et al., 2013, 2015); Вишняков, Романов, 2017 (Vishnyakov, Romanov, 2017); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Новый вид для Ярославской обл., где обитает в водоемах и водотоках с медленным течением.

#### 15. *V. taylorii* Blum (рис. 2Н, I)

\*Ярославская обл. [5] *Рыбинский р-н*. Приустьевая зона р. Черемуха в г. Рыбинск, отмель, 1–1.5 м от уреза воды, на почве под зарослями осок, 26.VIII 2018, V132, V328; *Угличский р-н*. г. Углич, ров кремля (устье р. Шелковка), на урезе воды, 25.IX 2017, V82; там же, на грунте на отмели по левому берегу, 25.IX 2017, V151, V152, V347; г. Ярославль. Кировский р-н, левый берег р. Которосль, под мостом, на грунте и в воде, 9.X 2017, V406; приустьевая зона р. Которосль, южный берег о-ва Даманский, отмель, на аллювии за редкими зарослями осоки, в воде на глуб. воды до 15 см, 10.V 2019, V33, V490; там же, на берегу на дернинах осок, 10.V 2019, V34; Дзержинский р-н, Брагино, карьеры, на глуб. воды до 50 см, электропроводность 220 мкСм, 24.V 2019, V11.

Нити обоеполые, ровные. Гаметангии на генеративных ветвях, типично расширенных в месте отхождения ножек оогониев. Пролиферациям обычно подвергаются ножки антеридиев и нефункционирующие оогонии (рис. 2Н, стрелка). Антеридий расположен на прямой или Г-образно согнутой ножке на верхушке генеративной ветви, как правило находится выше оогониев. Оогонии в числе (1)2–5(6), располагаются мутовчато или супротивно (когда оогониев 2) на коротких ножках, косо-яйцевидные или плоско-выпуклые, своими верхушками направленные вверх и в сторону антеридия

(рис. 2I). Ооспоры полностью выполняют оогонии. Бесполое размножение апланоспорами, наблюдалось нами часто.

Мультирегиональный вид, в России известен из Сибири, где его находили в Тюменской и Омской областях, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах [Свириденко и др. 2013 (Sviridenko et al., 2013)]. В европейской части встречался в Санкт-Петербурге и Кабардино-Балкарской республике [Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Новый вид для Ярославской обл., где встречается в водных и гидроморфных биотопах, часто в устьях притоков Волги.

#### 16. *V. uncinata* Kütz. (рис. 2J)

= *Vaucheria arrhyncha* Heidinger ≡ *Vaucheriopsis arrhyncha* (Heidinger) Heer.

= *Vaucheriopsis sinensis* Ley

\*Ярославская обл. [7] *Брейтовский р-н*. Лес у д. Бор-Дорки, низина со следами лесей, 14.IX 2018, V70, V441; лес у д. Дубец, на затененной грунтовой дороге к водохранилищу, на замшелой почве, 14.IX 2018, V68, V440; грунтовая дорога у границы с Некоузским р-ном (рядом с дорогой на Брейтово), в лесу, на сильно замшелой почве в колеях, 14.IX 2018, V69; окрестности д. Горелово, берег р. Чеснава, мелководье, собр. А.А. Тихонов, 14.IX 2018, V368; *Некоузский р-н*. Колеи старой грунтовой дороги к Барскому пруду в п. Борок, на почве, листовом опаде березы и липы, 14.VIII 2017, V232; грунтовая дорога в сторону базы “Сунога”, на замшелой почве, 17.VIII 2017, V437; две высохших лужи на тропе ихтиологического канала в п. Борок, массово, 3.VIII 2018, V133.

Нити обоеполые, ровные. Гаметангии на генеративных ветвях, их ножки возникают бок о бок, поникают. Антеридии на крючковидно изогнутых ножках, слегка булавовидные. Оогонии в числе 1 или 2, не имеют выраженного оплодотворяющего отверстия, с тонкими оболочками, быстро дезинтегрирующими после оплодотворения. Ооспоры полностью заполняют оогонии, широко эллипсоидные. Бесполое размножение неизвестно.

Мультирегиональный вид, в России известен из ряда регионов Восточной и Западной Сибири и европейской части, в частности, приводился под названием *V. hamata* (Vauch.) DC. [Свириденко и др. 2013 (Sviridenko et al., 2013); Вишняков, 2015 (Vishnyakov, 2015); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Новый вид для Ярославской обл., где он встречается в водных, гидроморфных и почвенных биотопах.

#### 17. *V. undulata* Jao (рис. 2К, L)

\*Воронежская обл. [2] г. Воронеж. Центральный р-н, родник Мокрый Лог в п. Рыбачий, на нарушенной почве, 14.VIII 2019, V575; родник Рыбачий в п. Рыбачий, на нарушенной почве, 14.VIII 2019,

V576. Ярославская обл. [20] *Брейтовский р-н.* Зверина тропа в лесу у Дубецкой дачи, на почве, 14.IX 2018, V400; лес у д. Бор-Дорки, низина со следами лосей, 14.IX 2018, V70, V441; лес у д. Дубец, на затененной грунтовой дороге к водохранилищу, на замшелой почве, 14.IX 2018, V68, V440; *Некоузский р-н.* Лес за объездной дорогой у гостиницы ИБВВ в п. Борок, на почве и листовом опаде в высохшей весенней луже, 10.VI 2015, V223, V376; колея старой грунтовой дороги к Барскому пруду в п. Борок, на почве, листовом опаде березы и липы, 14.VIII 2017, V232, V425, V426, V438; там же, на сильно гумусированной почве, 24.V 2018, V336; там же, на нарушенной почве под липой, 13.VII 2019, V313; колея лесной грунтовой дороги к водохранилищу в п. Борок (ближе к “Рыбинке”), на замшелой почве, 29.VII 2017, V230; колея старой грунтовой дороги в березняке около геофизической обсерватории, на почве, 15.VIII 2017, V651; грунтовая дорога в сторону базы “Сунога”, на замшелой почве, 17.VIII 2017, V437; берег ручья Суножка в д. Дьяконово, у деревянного мостика на почве, 23.IX 2017, V417; копани в дд. Бол. и Мал. Дьяконово, на глинистой почве, 30.IV 2018, V371; там же, на нарушенной замшелой почве, 19.V 2018, V113; тропинка в лес за ихтиокорпусом в п. Борок, 26.V 2018, V410; высохшая лужа на тропе ихтиологического канала в п. Борок, 3.VIII 2018, V133; лесная грунтовая дорога в пойме р. Сить у д. Лопатино, на глинистой почве, 18.VIII 2018, V138; окрестности п. Борок, тропинка в сторону садоводств, на замшелых кротовинах, 18.V 2019, V36; обочина грунтовой дороги на спуске от больницы к объездной дороге в п. Борок, под снытью, 22.V 2019, V23; свежерытая дренажная канава дороги на д. Кузьма-Демьян, на глинистой почве, 4.VI 2019, V53; берег ручья у д. Кузьма-Демьян, на почве, аллювии, растительной ветоши, 4.VI 2019, V50, V54; *Переславский р-н.* Берег пруда в д. Вашутино, на уплотненной почве, + *Botrydium granulatum*, 17.IX 2017, V443; *Рыбинский р-н.* Грунтовая дорога на берегу р. Конокша, у места пересечения реки дорогой Рыбинск-Шашково-Гутаев, на почве в колеях, 24.V 2019, V42; *Ярославский р-н.* Правый берег р. Волга у п. Волга, на замшелой почве под склоном, 7.VII 2019, V291.

Нити обоеполые, волнистые (рис. 2К). Гаметангии на генеративных ветвях, часто подверженных пролиферациям. Пролиферируют обычно нефункционирующие оогонии и их ножки (рис. 2К, места пролифераций показаны стрелками). Антеридии крючковидные, на коротких вниз направленных ножках. Оогонии в числе 1 или 2, плоско-выпуклые, на коротких ножках, которые возникают сборку от ножки антеридия. Бесполое размножение не отмечалось.

Мультирегиональный вид. В России известен в Ярославской, Московской, Нижегородской областях и Санкт-Петербурге [Вишняков, 2015 (Vishnyakov, 2015); Вишняков и др., 2020 (Vishnyakov et al., 2020)]. Новые находки существенно расширяют распространение вида

в Ярославском регионе и впервые сделаны в Воронежской обл. Это вид обитает на почвах и в различных гидроморфных условиях, в водоемах нами никогда не отмечался.

Представленные данные существенно дополняют знания о распространении и биотопической приуроченности вошерий в европейской части России. Больше всего видов найдено в Ярославской обл. – 16(7 новых для региона), в остальных регионах найдено меньше видов: Воронежская обл. – 8(8), Республика Адыгея – 6(6), Владимирская обл. – 5(4), Краснодарский край – 5(5), Волгоградская обл. – 3(3), Нижегородская обл. – 4, Тамбовская обл. – 4(4), Костромская обл. – 3(3), Московская обл. – 3, Липецкая обл. – 1(1), Ростовская обл. – 1. Различия в числе зарегистрированных видов связаны с неравномерной изученностью этих регионов. Между тем, большее число видов в Ярославской обл. может быть связано с заходом в этот регион обитателей влажных почв, которые не встречаются в южных регионах с аридным климатом. Обеднение флоры вошерий в более аридных регионах уже обсуждалась на примере южных районов Байкальской Сибири [Вишняков, 2019 (Vishnyakov, 2019)].

В Ярославской обл. к настоящему времени исследован наиболее широкий спектр водных и наземных биотопов и максимально полно выявлен таксономический состав вошерий: здесь известно 22 вида и 1 разновидность [Зауер, 1977 (Zauer, 1977); Бобров и др., 2005 (Bobrov et al., 2005); Вишняков, 2015, 2021 (Vishnyakov, 2015, 2021); Вишняков и др. 2020 (Vishnyakov et al., 2020); наст. сообщ.]. Это позволяет рассматривать данные по Ярославской обл. как репрезентативные для региона большего масштаба – средней полосы России. К самым часто встречаемым относятся 6 видов: *V. bursata*, *V. prona*, *V. frigida*, *V. racemosa* и *V. canalicularis*, на сборы которых приходится около 70% всех находок вошерий в регионе. Период вегетации в отдельные годы может длиться со второй половины марта по ноябрь, превышая, таким образом, сроки вегетации многих сосудистых растений. И хотя основное количество находок сделано в самые теплые месяцы года, уже с начала весны эти водоросли обитают в обводненных канавах, ямах и лужах с талой водой (*V. frigida*, *V. geminata*, *V. bursata*). Летом и осенью эти водоросли обычны в мелких водоемах, водотоках, на осушенных в межень берегах (*V. bursata*, *V. frigida*, *V. canalicularis*, *V. taylorii*, *V. birostris* и др.), на влажных почвах (*V. prona*, *V. undulata*, *V. pseudogeminata*, *V. cruciata* и др.). Остальные виды встречаются редко и не каждый год.

Сроки фертильности у большинства найденных видов полностью охватывают сроки вегетации. Образованию гаметангиев способствует контакт вегетативных нитей с воздухом, а также произрастание в очень мелких водоемах, стагнирующих участках водотоков.

Обращает внимание частая приуроченность вошерий к нарушенным человеком или искусственным биотопам (дренажные каналы,

грунтовые дороги, тропы, клумбы, огороды, оранжереи и т.п.). Эти водоросли можно рассматривать апофитами – местными видами, которые в силу хорошей адаптированности переходят в антропогенные биотопы. Вошерии часто встречаются и в естественно нарушенных биотопах (на эродированных берегах рек, отмелях, вывалах грунта от землероющих животных).

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит В.В. Безматерных, Е.Г. Сахарову, Р.Е. Романова, Е.А. Белякова, Э.В. Гарина, А.А. Тихонову, Д.С. Песню, Н. Назарова, А.Н. Шарова, В.В. Соловьеву, О.В. Анисимову за содействие в сборе материала или предоставленные образцы, Т.А. Михайлову за возможность работы с коллекцией Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. Особая благодарность рецензентам и редактору за ценные замечания.

Работа выполнена в рамках госзадания ИБВВ РАН “Разнообразие, структура и функционирование сообществ водорослей и растений континентальных вод” (№121051100099-5).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобров А.А., Киприянова Л.М., Чемерис Е.В. Сообщества макроскопических зеленых нитчатых и желтозеленых сифоновых водорослей (Cladophoretea) некоторых регионов // Растительность России. 2005. № 7. С. 50–58.
- Вейсберг Е.И. Исакова Н.А. Дополнение к флоре харовых и желто-зеленых водорослей (Charales, Vaucheriales) Челябинской области (Южный Урал, Россия) // Turczaninowia. 2018. Т. 21, № 2. С. 47–54.
- Вишняков В.С. *Vaucheria birostris* (Xanthophyceae), новый для России редкий вид из Верхнего Приангарья // Бот. журн. 2016. Т. 101. № 3. С. 287–293.
- Вишняков В.С. Морфология и распространение новых для России видов *Vaucheria* (Xanthophyceae) // Бот. журн. 2015. Т. 100. № 9. С. 909–927.
- Вишняков В.С. Ревизия *Vaucheria* sect. *Tubuligerae* (Xanthophyceae) в России // Бот. журн. 2021. Т. 106. № 7. С. 703–723.
- Вишняков В.С., Романов Р.Е. *Vaucheria schleicheri* (Xanthophyceae) в Азиатской России: новые находки и проблемы охраны вида // Бот. журн. 2017. Т. 102. № 1. С. 87–97.
- Вишняков В.С., Романов Р.Е., Чемерис Е.В., Киприянова Л.М., Чернова А.М., Комарова А.С., Филиппов Д.А. Новые находки *Vaucheria* (Ochromyces, Xanthophyceae) в России // Новости сист. низших раст. 2020. Т. 54(1). С. 7–41.
- Вишняков, В.С. Местонахождения вошерий (*Vaucheria*, Xanthophyceae) в Иркутской области и Республике Бурятия // Тр. Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2019. Вып. 85(88). С. 44–58.
- Жилкина, И.Н. Вошерия в Молдавии. Гатчина: Изд-во ПИЯФ РАН, 2011. 64 с.
- Зауер Л.М. Флора споровых растений СССР. Том 10: Сифоновые водоросли. Л.: Наука, 1977. 236 с.
- Зауер Л.М. Зеленые водоросли: Сифоновые // Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 13: Зеленые, красные и бурые водоросли. Л., 1980. С. 90–152.
- Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В., Евженко К.С., Ефремов А.Н., Токарь О.Е., Окуловская А.Г. Род *Vaucheria* (Xanthophyta) на Западно-Сибирской равнине // Бот. журн. 2013. Т. 98, № 12. С. 1488–1498.
- Свириденко Б.Ф., Свириденко Т. В., Ефремов А. Н., Токарь О. Е., Евженко К. С. Редкие виды макроскопических водорослей Западно-Сибирской равнины // Гидробиология 2015: Материалы VIII Всероссийской конференции с международным участием по водным макрофитам (Борок, 16–20 октября 2015 г.). Ярославль: Филигрань, 2015. С. 41–45.
- Blum J.L. *Vaucheriaceae*. In: North American flora. Series II. Part 8. New York: New York Botanical Garden, 1972. P. 1–64.
- Christensen T.A. *Vaucheria* collections from Vaucher's region // Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter. 1969. Vol. 16(4). P. 1–36.
- Entwistle T.J. An evaluation of taxonomic characters in the subsection *Sessiles*, section *Corniculatae*, of *Vaucheria* (Vaucheriaceae, Chrysophyta) // Phycologia. 1987. Vol. 26. № 3. P. 297–321.
- Rieth A. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 4. Xanthophyceae. 2 Teil. Jena: SpringerSpektrum, 1980. 147 s.
- Simons J. De Nederlandse *Vaucheria*-soorten // Wetenschappelijke mededeling K.N.N.V. 1977. Nr. 120. P. 1–32.
- Wolowski K. *Vaucheria* species (Xanthophyceae) of the Kraków-Czestochowa Upland (Poland) // Annales of Limnology 2002. Vol. 38. № 1. P. 23–34.

#### REFERENCES

- Blum J.L. *Vaucheriaceae*. North American flora. Series II. Part 8. New York, New York Botanical Garden, 1972, p. 1–64.

- Bobrov A.A., Kipriyanova L.M., Chemeris E.V. Communities of macroscopic green filamentous and yellow-green siphon algae (Cladophoretea) in some regions of Russia. *Vegetation of Russia*, 2005, no. 7, pp. 50–58. [In Russian]
- Christensen T.A. *Vaucheria* collections from Vaucher's region. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter*, 1969, vol. 16(4), p. 1–36.
- Entwistle T.J. An evaluation of taxonomic characters in the subsection *Sessiles*, section *Corniculatae*, of *Vaucheria* (Vaucheriaceae, Chrysophyta). *Phycologia*, 1987, vol. 26, no. 3, pp. 297–321.
- Rieth A. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Xanthophyceae. 2 Teil. Jena, SpringerSpektrum, 1980, bd. 4. 147 p.
- Simons J. De Nederlandse *Vaucheria*-soorten. *Wetenschappelijke mededeling K.N.N.V.*, 1977, nr. 120, p. 1–32.
- Sviridenko B.F., Sviridenko T.V., Efremov A.N., Tokar O.E., Yevzhenko K.S. Rare species of macroscopic algae of West Siberian plain. *Gidrobotanika 2015: Materialy VIII Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po vodnym makrofitam* [Hydrobotany 2015: Proceedings of VII All-Russian conference with international participation on aquatic macrophytes (Borok, 16–20 October 2015)]. Yaroslavl, Filigran', 2015, pp. 41–45. [In Russian]
- Sviridenko B.F., Sviridenko T.V., Evzhenko K.S., Efremov A.N., Tokar O.E., Okulovskaya A.G. The genus *Vaucheria* (Xanthophyta) in the West Siberian plain. *Bot. Zhurn.*, 2013, vol. 98, no. 12, pp. 1488–1498. [In Russian]
- Veisberg E.I., Isakova N.A. Addition to the flora of charophytes and xanthophytes (Charales, Vaucheriales) of the Chelyabinsk Region (South Ural, Russia). *Turczaninowia*, 2018, vol. 21, no. 2, pp. 47–54. [In Russian]
- Vishnyakov V.S. Morphology and geographical distribution of *Vaucheria* species (Xanthophyceae) new for Russia. *Bot. Zhurn.*, 2015, vol. 100, no. 9, pp. 909–927. [In Russian]
- Vishnyakov V.S. Revision of *Vaucheria* sect. *Tubuligerae* (Xanthophyceae) in Russia. *Bot. Zhurn.*, 2021, vol. 106, no. 7, pp. 703–723. [In Russian]
- Vishnyakov V.S. The localities of *Vaucheria* (Xanthophyceae) in Irkutsk Region and Republic of Buryatia. *Transactions of IBIW*, 2019, iss. 85(88), pp. 44–58. [In Russian]
- Vishnyakov V.S. *Vaucheria birostris* (Xanthophyceae), a new for Russia rare species from the Upper Angara region. *Bot. Zhurn.*, 2016, vol. 101, no. 3, pp. 287–293. [In Russian]
- Vishnyakov V.S., Romanov R.E. *Vaucheria schleicheri* (Xanthophyceae) in Asiatic Russia: new records and problems of the species protection. *Bot. Zhurn.*, 2017, vol. 102, no. 1, pp. 87–97. [In Russian]
- Vishnyakov V.S., Romanov R.E., Chemeris E.V., Kipriyanova L.M., Chernova A.M., Komarova A.S., Philippov D.A. New records of *Vaucheria* (Ochromyxa, Xanthophyceae) in Russia. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 2020, vol. 54, iss. 1, pp. 7–41. [In Russian]
- Wolowski K. *Vaucheria* species (Xanthophyceae) of the Kraków-Czestochowa Upland (Poland). *Annales of Limnology*, 2002, vol. 38, no. 1, pp. 23–34.
- Zauer L.M. *Siphonophyceae. Flora plantarum cryptogamarum URSS. Vol. 10.* Leningrad, Nauka, 1977. 236 p. [In Russian]
- Zauer L.M. Zelyonye vodorosli: Sifonovye. *Opredelitel presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 13: Zelyonye, krasnye i burye vodorosli.* Leningrad, Nauka, 1980, pp. 90–152. [In Russian]
- Zhilkina I.N. Vosheria v Moldavii [*Vaucheria* in Moldova]. Gatchina, Izdat. PIYAF RAN, 2011, 64 p. [In Russian]

## NEW FLORISTIC RECORDS OF VAUCHERIA (XANTHOPHYCEAE) IN EUROPEAN RUSSIA

V. S. Vishnyakov

Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences  
152742 Borok, Russia, e-mail: aeonium25@mail.ru

New records of 17 species *Vaucheria*, the genus of yellow-green algae, are reported from 12 administrative regions of European Russia: Vladimir, Volgograd, Voronezh, Kostroma, Lipetsk, Moscow, Nizhny Novgorod, Rostov, Tambov, Yaroslavl regions, Krasnodar Territory, and the Republic of Adygea. Comments are given on morphology of the studied specimens and species distributions. *V. birostris* is reported as a new species to European Russia.

**Keywords:** *Vaucheria*, floristic records, European Russia

## ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНО ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ МАЛОЙ РЕКИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИТОКА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Н. Г. Отюкова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: ong70@mail.ru*

Поступила в редакцию 15.10.2021

Повышение температуры воды летом 2010 г. сказалось на изменении некоторых гидрохимических характеристик в воде устьевой области р. Ильд, притока Рыбинского водохранилища. Максимальная температура воды на изучаемой акватории зарегистрирована в мае и второй половине лета 2010 г. Отмечена высокая значимая корреляция между температурой и показателями органического вещества. В период максимального прогрева в 2010 г. общее количество органического вещества, его лабильной фракции и взвешенных веществ были существенно выше относительно периода, близкого к среднемуголетним. Большое количество атмосферных осадков в июне 2010 г. обусловило максимальные концентрации показателей ОБ, железа общего и растворенного. Органическое вещество представлено преимущественно свежееобразованными соединениями, преобладает взвешенная форма железа над растворенной. Об органической природе железа в воде свидетельствует значимая корреляция между железом и показателями ОБ в оба исследованных года,  $r=0.89-1.0$ ,  $p < 0.05$ . При этом температурные аномалии не отразились на содержании растворенного кислорода и повышении минерализации воды.

*Ключевые слова:* аномальная жара, гидрохимический состав, устьевая область реки.

DOI: 10.47021/0320-3557-2022-46-59

### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия тема изменения климата и его последствий достаточно актуальна. Летом 2010 г. на Европейской части России был зафиксирован абсолютный температурный максимум за период наблюдений с 1886 по 2010 гг., масса работ [Gruza, Ran'kova, 2011; Dole et al., 2011; Mokhov, 2011; Rahmstorf, Coumou, 2011] посвящена этой теме.

Причиной аномально высоких температур послужил устойчивый “блокирующий” антициклон [Ginzburg, 2011; Gruza, Ran'kova, 2011; Trenberth, Fasullo, 2012], “экстремальный” по своей интенсивности, продолжительности, а так же последствиям. Аномальные погодные условия летом 2010 г. вызвали ряд проблем в экономической и экологической сферах, привели к серьезным человеческим потерям [Mokhov, 2011]. Июль 2010 г. стал рекордно жарким в России за весь период наблюдений [Булыгина и др., 2010 (Bulygina et al., 2010)]. На большей части Европейской территории России более месяца удерживались ежедневные температуры воздуха свыше 30°C.

Установлено, что в условиях повышенных температур темпы эвтрофирования пресноводных водоемов, трансформации внутриводоемных процессов и биотической структуры водных экосистем значительно возросли [The impact..., 2010]. При повышении температуры воздуха и воды значительно увеличивается потребление кислорода, вызывающее снижение его концентрации в воде, смещению сроков вегетации видов [Blenckner, Chen, 2003;

Gerten, Adrian, 2000], изменению трофических взаимодействий, росту трофического статуса водоемов и, как следствие, увеличению уровня “цветения” воды синезелеными водорослями [Mooij et al., 2005, Paerl, Huisman, 2009].

В Рыбинском водохранилище последствия трансформации климата сказались на повышении температуры воды, минерализации, цветности воды и снижении прозрачности, ухудшении кислородного режима, изменении таксономической и размерной структуры фитопланктона [Корнева и др., 2019 (Korneva et al., 2019)]. На территории озерно-речной системы Байкала потепление климата способствовало увеличению испарения, усилению аридизации климата, уменьшению стока наносов р. Селенги и уровня подземных вод, деградации вечной мерзлоты [Потемкина и др., 2016 (Potyomkina et al., 2016)]. Высокая температура и плотностное расслоение водной массы мезотрофного озера Карелии в аномально жаркое лето 2010 г. обусловили развитие аноксии в придонных слоях [Efremova et al., 2015].

Малые реки в силу небольшого водосбора более уязвимы к воздействию различных факторов. На формирование стока малых рек в летнюю межень существенное влияние оказывают климатические условия, поэтому аномальная жара летом 2010 г. в большей степени отразилась на реках с небольшими водосборами. Так, в этот период уровни и расходы воды малых рек Белгородской области были ниже нормы, наблюдалось бурное развитие водной

растительности, приведшее к снижению скорости течения до минимальных значений [Лебедева и др., 2011 (Lebedeva et al., 2011)].

Вегетационный период 2010 г. по многим гидрологическим показателям характеризовался как аномальный за более чем столетний ряд наблюдений [Климатические..., 2010 (Klimaticheskie..., 2010)]. В этой связи имеет большое научное и практическое значение

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Малая река Ильд впадает в Рыбинское водохранилище на территории Ярославской области. Бассейн реки расположен в пределах зоны южной тайги. Длина реки 46 км, площадь водосбора 240 км<sup>2</sup>, средний многолетний объем стока составляет 43 млн. м<sup>3</sup>. Большую часть водосборной площади составляют сельскохозяйственные угодья на месте еловых и смешанных лесов. Преобладающий тип ландшафта – ополья. Почвы у истока – дерново-сильнопodzольные, в среднем и нижнем течении – дерново-среднеpodzольные. Исток реки сильно заболочен, водосбор вытянут с юго-запада на северо-восток [Otyukova, 2009]. По водному режиму р. Ильд относится к восточно-европейскому типу и принадлежит к гидрокарбонатному классу кальциево-магниевого группы рек со средней минерализацией. [Алекин, 1970 (Alyokin, 1970)]. В ионном составе преобладают HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>. Внутригодовая изменчивость химического состава воды имеет характер типичный для рек этой зоны. Ильд впадает в р. Сутка, образующую обширную устьевую зону. В результате комплексных гидрологических, гидробиологических и гидрохимических исследований по физико-химическим параметрам водных масс было произведено районирование устьевой области, включающее 5 зон: зону свободного течения притока, переходную притока, фронтальную, переходную приемника и глубоководный участок водохранилища [Krylov et al., 2010] (см. рисунок).

Отбор проб для анализа проводился батометром Рутнера с поверхностного горизонта зоны свободного течения р. Ильд, ее устьевой области (фронтальной и переходной зоны приемника) и Волжского плеса Рыбинского водохранилища с периодичностью 2 раза в месяц с мая по сентябрь 2009 и 2010 гг. По метеорологическим условиям 2009 г. не отличался от среднемноголетних, 2010 г. характеризовался как аномальный по продолжительной летней жаре, атмосферной и почвенной засухе за более чем столетний ряд наблюдений [Климатические..., 2010 (Klimaticheskie..., 2010)]. В устьевой области р. Ильд отчетливо просле-

изучение влияния изменения климатических условий на гидрохимический режим водных объектов. Цель работы – оценить основные изменения гидрохимических характеристик устьевой области (УО) притока Рыбинского водохранилища в период аномально жаркого лета 2010 года относительно периода, близкого к среднемноголетним.

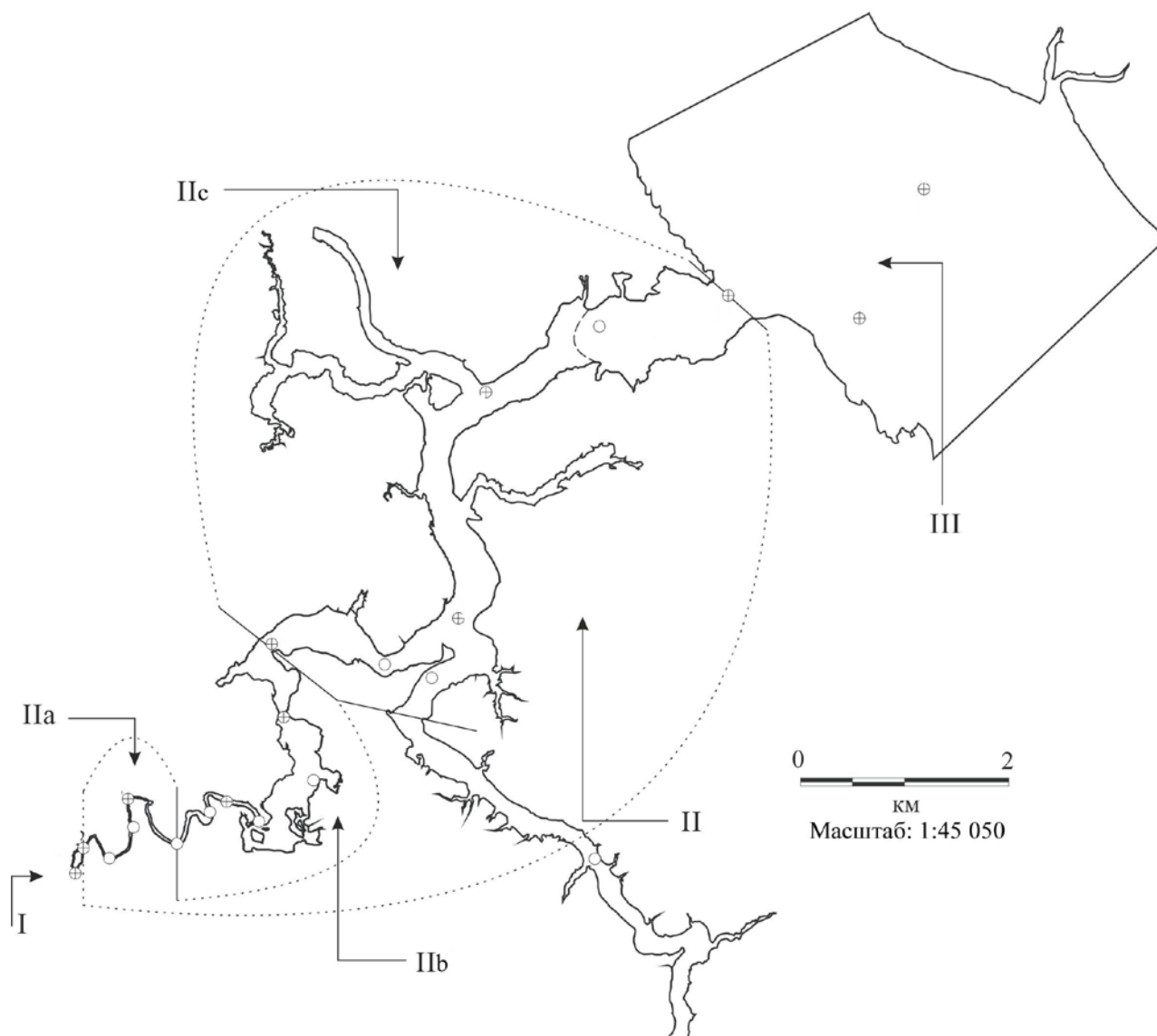
живается сезонная динамика содержания железа, количество легкоокисляющегося ОВ выше, чем на проточных участках реки и водохранилища. Здесь отлагается большая часть приносимых рекой наносов, задерживаются и накапливаются растворенные в воде вещества [Otyukova, 2016 (Otyukova, 2016)].

В пробах воды определялись следующие показатели: Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, растворенный кислород (O<sub>2</sub>), химическое потребление кислорода (ХПК), перманганатная окисляемость (ПО), цветность (Цв), углерод органический (C<sub>орг</sub>), физиологическая калорийность (Q1), гумусность (Hum), биохимическое потребление кислорода за 5 сут. (БПК<sub>5</sub>), железо общее (Fe<sub>общ</sub>), растворенное (Fe<sub>раст</sub>) и взвешенное (Fe<sub>взв</sub>), взвешенные вещества (ВВ), лабильная фракция органического вещества (ЛФ ОВ).

Содержание Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> определялось методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза “Капель”, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – расчетным методом, Fe<sub>общ</sub> и Fe<sub>раст</sub> – фотометрическим методом с ортофенантролином. Для определения Fe<sub>раст</sub> брался фильтрат, полученный фильтрованием пробы через мембранный фильтр Synpor с диаметром пор 0.45 мкм. По разности между содержанием общего железа и растворенного определялось Fe<sub>взв</sub>. ХПК определялось фотометрическим методом с применением анализатора жидкости “Флюорат-02”. Содержание ВВ отделяли по разнице массы мембранного фильтра Synpor с диаметром пор 0.45 мкм. до и после фильтрации воды. ПО, БПК<sub>5</sub>, O<sub>2</sub>, Цв определялись общепринятыми методами [Руководство..., 1977 (Rukovodstvo, 1977)]. Концентрация растворенного углерода органических соединений (C<sub>орг</sub>) рассчитана по концентрации ХПК по формуле: C<sub>орг</sub> = 0.375ХПК [Руководство..., 1977 (Rukovodstvo, 1977)]. Физиологическая калорийность (Q1) определялась по формуле: Q1 = ОК×ХПК, где ОК – оксикалорийный коэффициент = 3.4 [Бикбулатов, 2009 (Bikbulatov, 2009)]. Показатель Hum – есть среднее геометрическое Цв и ПО [Лозовик,

2006 (Lozovik, 2006)]. ЛФ ОВ представляет собой соотношение между количеством легко утилизируемой микроорганизмами и быстро вовлекаемый в биотический круговорот фракции общего ОВ и стабильной его части

БПК<sub>5</sub>/ХПК. Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью программы "Statistica 10.0" с определением средних величин и выполнением корреляционного анализа.



**Рисунок.** Схема исследованной акватории и районирование устьевой области р. Ильд. I – зона свободного течения притока; II – устьевая область: IIa – переходная зона притока; IIb – фронтальная зона; IIc – переходная зона приемника; III – водохранилище. Кружочками обозначены станции сбора проб для определения структурно-функциональных показателей бактерио- и зоопланктона.

**Figure.** Schematic map of the investigated water area and zoning of the mouth area of the river. Ild. I – zone of free flow of the inflow; II – mouth area: IIa – transition zone of the inflow; IIb – frontal zone; IIc – receiver transition zone; III – reservoir. The circles indicate the sampling stations for determining the structural and functional parameters of bacterio- and zooplankton.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальная температура воды на изучаемой акватории зарегистрирована в мае и второй половине лета 2010 г. [Bolotov et al., 2014]. В это же время отмечена достаточно высокая значимая корреляция между температурой и показателями ОВ – ПО, ХПК, С<sub>орг</sub>, Q1, Num, Цв,  $r=0.94, 0.96, 0.96, 0.96, 0.98$  и  $1.0$  соответственно,  $p < 0.05$ . В мае–июне 2009 г.

В воде исследованной акватории наблюдаются максимальные значения ХПК, ПО, Num, С<sub>орг</sub>, Q1, Fe<sub>раст</sub> и Fe<sub>общ</sub>, Цв, обусловленные наличием ОВ преимущественно растительного происхождения (гуминовые, фульвокислоты). Большое количество атмосферных осадков в июне 2010 г. обусловило максимальные концентрации показателей ОВ, железа общего и раство-



ренного [Bolotov, 2014]. В зонах переходной притока и фронтальной общее количество ОБ в 2010 стабильно превышало таковое в 2009 г. с июня по сентябрь, максимальная разница отмечена в июле.

Грунтовые воды по сравнению с поверхностно-склоновыми имеют меньшее количество растворенных ОБ, их химический состав обусловлен трансформацией органических соединений в процессе фильтрации воды в толще почво-грунтов. Поэтому с переходом на преимущественно грунтовое питание, на всей изучаемой акватории отмечена тенденция к снижению показателей ОБ и железа. Аналогичные процессы наблюдались в вегетационный период 2010 г. на малой р. Таденке (Московская обл.). Из-за аномальной жары и дефицита атмосферных осадков проточные участки реки практически пересохла, питание водотока осуществлялось исключительно за счет грунтовых вод, в результате даже в заболоченном верховье реки значения всех показателей органического вещества были гораздо ниже таковых по сравнению с аналогичным периодом 2009 г. [Otyukova, 2021].

В оба исследованных периода (2009 и 2010 гг.) на изучаемой акватории отчетливо выражена сезонная динамика минерализации воды с весенним минимумом и осенним максимумом (табл. 1).

От зоны свободного течения притока до зоны водохранилища макрокомпонентный гидрохимический состав неоднороден: в течение всего периода наблюдений значения минерализации максимальные в зоне I с дальнейшим понижением к зоне III. Разница в ее значениях между зонами I–III может составлять до 390 мг/дм<sup>3</sup>. В 2009 г. в устьевой области реки абсолютные значения минерализации могут превышать таковые в 2010 г. в 4 раза (табл. 1). В июне 2010 г. осадков выпало в 2.5 раза больше относительно того же периода 2009 г. [Bolotov et al., 2014], что немедленно сказалось на существенном понижении суммы ионов в зоне I (табл. 1). Средние значения минерализации в исследованных зонах УО р. Ильд за весь период наблюдений в 2010 г. ниже таковых в 2009 г. В гипотетических солях вне зависимости от сезона превалирует Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. На втором месте по количеству Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, самые низкие значения приходятся на KCl (табл. 2).

В макрокомпонентном химическом составе воды исследованных участков доминируют гидрокарбонат-ионы, ионы кальция и

магния, на их долю в 2009 г. приходилось до 93.5%-экв., в 2010 г. – до 92.1%-экв. Так, в 2009 г. от участка свободного течения реки к водохранилищу относительное содержание HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и Mg больше, чем в 2010 г. в среднем на 1.1–2.1%-экв. и 1.2–1.8%-экв. соответственно. При этом относительное содержание ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> и Ca, напротив, меньше.

В зонах I–III содержание ионов кальция выше, чем магния в 2009 г. в 1.5–2.0 раза, в 2010 г. – в 1.7–2.4 раза (табл. 1). Минимальные величины отношения кальция к магнию отмечены у истока реки, где основную роль в формировании химического состава воды играет склоновый почвенно-поверхностный сток, в котором содержание магния повышено за счет накопления его в лесной подстилке и толще почво-грунтов. На глубоководном участке водохранилища в оба исследованных года концентрация ионов кальция выше, чем магния в среднем в 2 раза. Увеличение отношения кальция к магнию характерно для периодов, когда питание реки осуществляется за счет грунтовых вод. Так, в июле 2010 г. коэффициент отношения Ca/Mg в среднем составляет 2.16–2.47.

В оба исследованных года на изучаемой акватории содержание калия находится в пределах 0.6–1.2%-экв., что заметно ниже содержания натрия (2.9–3.9%-экв.) В период весеннего половодья величина отношения K/Na (мг-экв/дм<sup>3</sup>) достигает максимальных значений (<0.58), что обусловлено выносом в реку с почвенно-поверхностным стоком накопившегося после разложения растительных остатков в почвах калия.

Река Ильд находится в зоне избыточного увлажнения и характеризуется хорошей промытостью почв, особенно от легкорастворимых солей (сульфатов и хлоридов), грунтовые воды имеют крайне низкие концентрации сульфатов (менее 2 мг/дм<sup>3</sup>) и хлоридов (2–4 мг/дм<sup>3</sup>). При смешанном характере питания реки концентрация хлоридов возрастает, не превышая в воде исследованной акватории в 2009 г. в среднем 8.0 мг/дм<sup>3</sup>, в 2010 г. – 13.0 мг/дм<sup>3</sup>. Хлориды не образуют труднорастворимых солей с обычно присутствующими в речной воде катионами, не накапливаются биогенным путем, не сорбируются, поэтому почти полностью остаются в составе речной воды. В устьевой области реки, в месте смешения речных и водохранилищных вод, наблюдается снижения содержания хлоридов в воде путем разбавления.

**Таблица 1.** Компоненты солевого состава (мг/дм<sup>3</sup>) в исследованных зонах устьевой области р. Ильд в 2009 и 2010 гг. (\* – здесь и в табл. 2, 3 – нет данных)

**Table 1.** Components of the salt composition (mg/dm<sup>3</sup>) in the studied zones of the mouth area of the river. Ild in 2009 and 2010 (\* – here and in tables 2, 3 – no data)

| Месяц<br>Month        | Зона<br>Zone | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |        | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |       | Cl <sup>-</sup> |       | Ca <sup>2+</sup> |       | Mg <sup>2+</sup> |       | Na <sup>+</sup> |       | K <sup>+</sup> |      | Σi     |        |
|-----------------------|--------------|-------------------------------|--------|-------------------------------|-------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|-----------------|-------|----------------|------|--------|--------|
|                       |              | 2009                          | 2010   | 2009                          | 2010  | 2009            | 2010  | 2009             | 2010  | 2009             | 2010  | 2009            | 2010  | 2009           | 2010 | 2009   | 2010   |
| Май<br>May            | I            | 258.73                        | 136.99 | 4.17                          | 6.02  | 3.44            | 5.07  | 52.45            | 29.94 | 17.60            | 9.51  | 6.42            | 4.43  | 2.54           | 4.43 | 345.35 | 196.39 |
| Июнь<br>June          |              | 330.12                        | 77.50  | 3.63                          | 3.58  | 4.30            | 2.52  | 66.34            | 16.26 | 22.35            | 5.24  | 9.40            | 2.68  | 2.13           | 1.75 | 438.27 | 109.53 |
| Июль<br>July          |              | 313.84                        | 200.76 | 4.41                          | 3.24  | 5.76            | 3.34  | 62.54            | 43.90 | 21.96            | 12.49 | 9.55            | 4.45  | 1.91           | 1.63 | 419.77 | 269.81 |
| Август<br>August      |              | 390.53                        | 380.76 | 6.60                          | 7.89  | 7.98            | 7.42  | 77.61            | 78.54 | 27.27            | 25.44 | 12.14           | 12.29 | 2.37           | 2.73 | 524.50 | 515.07 |
| Сентябрь<br>September |              | 462.84                        | 394.80 | 7.07                          | 22.88 | 7.48            | 13.58 | 91.28            | 85.55 | 32.53            | 26.82 | 13.83           | 16.69 | 4.20           | 4.85 | 619.23 | 565.17 |
| Май<br>May            | IIa          | 244.69                        | 158.90 | 3.93                          | 5.87  | 3.27            | 4.43  | 50.00            | 34.60 | 16.70            | 10.74 | 5.92            | 4.55  | 2.29           | 1.62 | 326.80 | 220.71 |
| Июнь<br>June          |              | 298.39                        | 156.59 | 3.00                          | 3.42  | 3.79            | 2.83  | 60.63            | 36.16 | 20.14            | 10.58 | 7.45            | 3.67  | 1.91           | 1.73 | 395.31 | 224.98 |
| Июль<br>July          |              | 288.63                        | 253.76 | 4.19                          | 4.50  | 4.83            | 4.29  | 57.70            | 53.52 | 20.01            | 16.47 | 8.45            | 6.77  | 2.13           | 1.77 | 385.94 | 341.08 |
| Август<br>August      |              | 359.90                        | 320.78 | 6.64                          | 6.23  | 7.24            | 6.34  | 71.11            | 65.40 | 25.63            | 21.79 | 11.46           | 10.22 | 3.24           | 2.54 | 485.22 | 433.30 |
| Сентябрь<br>September |              | 396.80                        | 414.33 | 7.79                          | 20.58 | 8.13            | 12.92 | 75.63            | 88.21 | 29.32            | 27.92 | 13.61           | 17.48 | 4.50           | 5.03 | 535.78 | 586.47 |
| Май<br>May            | IIb          | 213.45                        | 123.08 | 3.75                          | 6.84  | 2.75            | 4.13  | 43.54            | 27.40 | 14.56            | 8.60  | 5.12            | 3.72  | 2.41           | 1.54 | 285.58 | 175.31 |
| Июнь<br>June          |              | 216.40                        | 145.22 | 3.38                          | 3.25  | 4.00            | 2.66  | 44.69            | 31.69 | 14.47            | 9.20  | 5.42            | 3.21  | 2.24           | 1.74 | 289.60 | 196.97 |
| Июль<br>July          |              | 212.52                        | 161.34 | 3.85                          | 3.94  | 4.01            | 3.32  | 41.84            | 35.79 | 14.25            | 10.04 | 5.73            | 3.82  | 2.04           | 1.60 | 284.24 | 219.85 |
| Август<br>August      |              | 225.29                        | 185.87 | 6.17                          | 4.85  | 5.03            | 4.96  | 45.94            | 40.14 | 15.57            | 12.07 | 6.79            | 5.48  | 2.20           | 1.96 | 307.00 | 255.33 |
| Сентябрь<br>September |              | 278.62                        | 274.96 | 7.24                          | 8.72  | 7.51            | 7.58  | 56.49            | 59.39 | 20.06            | 17.98 | 8.86            | 8.95  | 2.87           | 3.56 | 381.65 | 381.14 |

| Месяц<br>Month        | Зона<br>Zone | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |        | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |       | Cl <sup>-</sup> |      | Ca <sup>2+</sup> |       | Mg <sup>2+</sup> |       | Na <sup>+</sup> |      | K <sup>+</sup> |      | Σi     |        |
|-----------------------|--------------|-------------------------------|--------|-------------------------------|-------|-----------------|------|------------------|-------|------------------|-------|-----------------|------|----------------|------|--------|--------|
|                       |              | 2009                          | 2010   | 2009                          | 2010  | 2009            | 2010 | 2009             | 2010  | 2009             | 2010  | 2009            | 2010 | 2009           | 2010 | 2009   | 2010   |
| Май<br>May            | IIc          | 160.69                        | 88.02  | 4.76                          | 7.51  | 2.38            | 3.54 | 34.81            | 21.09 | 10.20            | 5.96  | 3.90            | 2.68 | 2.10           | 1.26 | 218.86 | 130.06 |
| Июнь<br>June          |              | 158.85                        | 146.81 | 4.70                          | 4.76  | 2.97            | 3.23 | 34.76            | 32.68 | 10.05            | 9.07  | 4.10            | 3.79 | 1.92           | 1.75 | 217.35 | 202.09 |
| Июль<br>July          |              | 159.72                        | 135.77 | 3.94                          | 4.50  | 3.29            | 3.01 | 33.45            | 31.64 | 10.72            | 7.73  | 4.41            | 3.35 | 1.76           | 1.53 | 217.29 | 187.53 |
| Август<br>August      |              | 194.05                        | 149.13 | 6.30                          | 4.76  | 4.28            | 3.77 | 39.63            | 33.62 | 13.95            | 8.95  | 5.96            | 4.31 | 1.91           | 1.70 | 266.08 | 206.24 |
| Сентябрь<br>September |              | 208.69                        | 200.35 | 8.47                          | 7.44  | 5.63            | 4.95 | 47.92            | 45.64 | 15.03            | 12.10 | 7.29            | 6.05 | 2.05           | 1.78 | 290.13 | 278.31 |
| Май<br>May            | III          | —*                            | 80.85  | —                             | 13.59 | —               | 5.61 | —                | 22.74 | —                | 5.14  | —               | 2.54 | —              | 1.39 | —      | 131.86 |
| Июнь<br>June          |              | 123.26                        | 134.55 | 6.64                          | 6.23  | 3.85            | 3.24 | 29.20            | 32.96 | 7.39             | 7.39  | 3.47            | 3.11 | 1.87           | 1.47 | 175.68 | 188.95 |
| Июль<br>July          |              | 127.53                        | 122.05 | 5.13                          | 5.43  | 3.10            | 2.99 | 28.93            | 30.26 | 7.80             | 6.43  | 3.47            | 2.84 | 1.72           | 1.29 | 177.68 | 171.29 |
| Август<br>August      |              | 138.21                        | 134.24 | 7.59                          | 7.13  | 3.92            | 3.46 | 32.33            | 33.28 | 8.57             | 7.43  | 3.75            | 3.23 | 1.78           | 1.63 | 196.15 | 190.40 |
| Сентябрь<br>September |              | 153.77                        | 120.21 | 13.32                         | 8.93  | 5.67            | 5.50 | 37.11            | 32.41 | 10.18            | 6.44  | 5.07            | 3.18 | 2.07           | 1.15 | 227.19 | 177.82 |

**Таблица 2.** Связывание ионов в гипотетические соли (мг-экв/дм<sup>3</sup>) в исследованных зонах устьевой области р. Ильд в 2009 и 2010 гг.**Table 2.** Binding of ions to hypothetical salts (mg-eq/dm<sup>3</sup>) in the studied zones of the mouth area of the r. Ild in 2009 and 2010

| Месяц<br>Month        | Зона<br>Zone | Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |      | NaHCO <sub>3</sub> |      | Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |      | MgSO <sub>4</sub> |      | KCl  |      | MgCl <sub>2</sub> |      |
|-----------------------|--------------|------------------------------------|------|--------------------|------|------------------------------------|------|-------------------|------|------|------|-------------------|------|
|                       |              | 2009                               | 2010 | 2009               | 2010 | 2009                               | 2010 | 2009              | 2010 | 2009 | 2010 | 2009              | 2010 |
| Май<br>May            | I            | 5.24                               | 2.98 | 0.56               | 0.38 | 2.68                               | 1.14 | 0.18              | 0.26 | 0.14 | 0.10 | 0.04              | 0.16 |
| Июнь<br>June          |              | 6.62                               | 1.62 | 0.82               | 0.24 | 3.38                               | 0.68 | 0.16              | 0.16 | 0.10 | 0.10 | 0.14              | 0.02 |
| Июль<br>July          |              | 6.24                               | 4.38 | 0.84               | 0.38 | 3.20                               | 1.82 | 0.18              | 0.14 | 0.08 | 0.08 | 0.24              | 0.10 |
| Август<br>August      |              | 7.74                               | 7.84 | 1.06               | 1.06 | 4.00                               | 3.58 | 0.28              | 0.32 | 0.12 | 0.14 | 0.20              | 0.28 |
| Сентябрь<br>September |              | 9.12                               | 8.54 | 1.18               | 1.46 | 4.88                               | 2.94 | 0.30              | 0.96 | 0.22 | 0.24 | 0.18              | 0.52 |
| Май<br>May            | IIa          | 5.00                               | 3.46 | 0.52               | 0.40 | 2.50                               | 1.34 | 0.16              | 0.24 | 0.08 | 0.08 | 0.10              | 0.18 |
| Июнь<br>June          |              | 6.06                               | 3.60 | 0.64               | 0.32 | 3.08                               | 1.54 | 0.12              | 0.14 | 0.10 | 0.08 | 0.12              | 0.06 |
| Июль<br>July          |              | 5.76                               | 5.34 | 0.74               | 0.58 | 2.96                               | 2.40 | 0.18              | 0.18 | 0.12 | 0.10 | 0.16              | 0.14 |
| Август<br>August      |              | 7.10                               | 6.52 | 1.00               | 0.88 | 3.70                               | 3.12 | 0.28              | 0.26 | 0.16 | 0.14 | 0.24              | 0.20 |
| Сентябрь<br>September |              | 7.54                               | 8.80 | 1.18               | 1.52 | 4.28                               | 3.26 | 0.32              | 0.86 | 0.24 | 0.26 | 0.22              | 0.48 |
| Май<br>May            | IIb          | 4.34                               | 2.74 | 0.44               | 0.32 | 2.22                               | 0.98 | 0.16              | 0.28 | 0.12 | 0.08 | 0.02              | 0.16 |
| Июнь<br>June          |              | 4.46                               | 3.16 | 0.48               | 0.28 | 2.12                               | 1.32 | 0.14              | 0.14 | 0.10 | 0.10 | 0.12              | 0.06 |
| Июль<br>July          |              | 4.18                               | 3.58 | 0.50               | 0.34 | 2.28                               | 1.36 | 0.06              | 0.16 | 0.10 | 0.04 | 0.10              | 0.14 |
| Август<br>August      |              | 4.58                               | 4.00 | 0.60               | 0.48 | 2.20                               | 1.62 | 0.26              | 0.20 | 0.12 | 0.10 | 0.10              | 0.16 |
| Сентябрь<br>September |              | 5.64                               | 5.92 | 0.78               | 0.78 | 2.72                               | 2.72 | 0.30              | 0.36 | 0.14 | 0.14 | 0.28              | 0.28 |
| Май<br>May            | IIc          | 3.48                               | 2.10 | 0.34               | 0.24 | 1.44                               | 0.54 | 0.20              | 0.32 | 0.10 | 0.06 | 0.04              | 0.12 |
| Июнь<br>June          |              | 3.48                               | 3.26 | 0.36               | 0.34 | 1.36                               | 1.22 | 0.20              | 0.20 | 0.06 | 0.10 | 0.10              | 0.08 |
| Июль<br>July          |              | 3.34                               | 3.16 | 0.38               | 0.30 | 1.52                               | 1.00 | 0.16              | 0.18 | 0.10 | 0.08 | 0.08              | 0.10 |
| Август<br>August      |              | 3.96                               | 3.36 | 0.52               | 0.38 | 1.88                               | 1.14 | 0.26              | 0.20 | 0.08 | 0.08 | 0.16              | 0.14 |
| Сентябрь<br>September |              | 4.28                               | 4.56 | 0.64               | 0.52 | 1.92                               | 1.48 | 0.36              | 0.32 | 0.18 | 0.08 | 0.20              | 0.20 |
| Май<br>May            | III          | -                                  | 2.28 | -                  | 0.22 | -                                  | 0.16 | -                 | 0.56 | -    | 0.20 | -                 | 0.12 |
| Июнь<br>June          |              | 2.92                               | 3.30 | 0.30               | 0.28 | 0.82                               | 0.84 | 0.28              | 0.26 | 0.10 | 0.06 | 0.12              | 0.12 |
| Июль<br>July          |              | 2.88                               | 3.02 | 0.30               | 0.24 | 1.00                               | 0.74 | 0.22              | 0.22 | 0.08 | 0.06 | 0.06              | 0.10 |
| Август<br>August      |              | 3.22                               | 3.32 | 0.32               | 0.28 | 1.00                               | 0.80 | 0.32              | 0.30 | 0.10 | 0.08 | 0.10              | 0.12 |
| Сентябрь<br>September |              | 3.70                               | 3.24 | 0.44               | 0.28 | 0.90                               | 0.42 | 0.56              | 0.38 | 0.10 | 0.06 | 0.22              | 0.26 |

Концентрация сульфатов в воде исследованной акватории в 2009 г. составляла в среднем 3.6–13.3 мг/дм<sup>3</sup>, в 2010 г. – 3.6–22.9 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1). Являясь жизненно необходимым элементом, входя в состав белков, аминокис-

лот и других органических соединений, сера активно потребляется живыми организмами. Поэтому за счет активного биогенного поглощения сульфатов минимальные их концентрации присущи летней межени в оба исследо-

ванных года. По содержанию гипотетических солей так же видно, что количество  $MgSO_4$  в июне–июле меньше относительно других периодов (табл. 2). Увеличение содержания сульфатов в речной воде может быть связано с поступлением их с атмосферными осадками и разложением растительных остатков как на водосборе, так и в реке. В 2010 г. на био-генное происхождение сульфатов указывает высокий коэффициент корреляции между калием и сульфатами,  $r=0.71$ ,  $p < 0.05$ . В 2009 г. корреляция между этими компонентами не значимая,  $r=0.24$ ,  $p < 0.05$ .

От весны к осени на всей изучаемой акватории отмечена тенденция к понижению относительного содержания  $HCO_3^-$  в оба исследованных года. Содержание гипотетических солей  $NaHCO_3$  и  $MgHCO_3$  в 2009 г. превышало таковые в 2010 г. в 3.4 и 5.0 раз соответственно (табл. 2).

Содержание общего железа на исследованной акватории находится в 2009 г. в пределах  $0.16–1.03$  мг/дм<sup>3</sup>, в 2010 г. –  $0.16–0.51$  мг/дм<sup>3</sup> (табл.3). Максимальные значения характерны для мая–июня, далее отмечено снижение этого показателя. Концентрации растворенного железа в мае 2009 г. вдвое выше, чем в 2010 г. При этом содержание общего железа практически во всех зонах устьевой области реки Ильд в мае–июне 2009 г. превышает таковое в 2010 г. В остальные периоды концентрации  $Fe_{раст}$  и  $Fe_{общ}$  в оба исследованных года сопоставимы. Об органической природе железа в воде свидетельствует значимая корреляция между железом и показателями ОБ в оба исследованных года,  $r=0.89–1.0$ ,  $p < 0.05$ . Аналогичная зависимость растворенного железа от показателей содержания гумусовых веществ описана для водохранилищ Днепровского каскада и рек бассейна р. Припяти [Lin-  
nik et al., 2018].

О формах существования железа в воде дает представление соотношение  $Fe_{раст}/Fe_{взв.}$ . В мае–июне оно максимальное и составляет в 2009 г. 4.9, в 2010 г. – 2.2, что свидетельствует о преобладании растворенных форм железа над взвешенными (табл. 3). С июля по сентябрь величина отношения  $Fe_{раст}/Fe_{взв.}$  на изучаемой акватории значительно снижается, железо в основном представлено взвешенной формой.

В формировании химического состава рек лесной зоны определяющую роль играет поверхностно-склоновый сток, богатый ОБ, содержащими значительные количества гуми-

новых веществ и железорганических комплексов. Для ОБ природных вод характерна высокая вариабельность косвенных показателей, отражающих его содержание в воде. Комплексную характеристику ОБ в воде может дать показатель ее гумусности (Hum) [Лозовик, 2006 (Lozovik, 2006)]. Показатель физиологической калорийности ( $Q_1$ ) – энергии, выделяющейся на первой стадии бактериального разложения ОБ с образованием  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$  – важен для комплексных экологических исследований водоемов [Бикбулатов, 2009 (Bik-  
bulatov, 2009)].

В устьевые области рек как нижние звенья ландшафтно-геохимических систем речных бассейнов с речным стоком поступает большое количество химических веществ. Часть их проходит в приемные водоемы, а часть аккумулируется в устьевых аквасистемах [Глазовская, 1988 (Glazovskaya, 1988)]. По структурно-функциональным показателям бактерио- и зоопланктона и проявлению краевого эффекта устьевая область р. Ильд была определена как экотон с характерными для него буферными свойствами [Bolotov et al., 2014]. В оба исследованных года отмечена тенденция к увеличению ВВ от зоны свободного течения к устьевому участку и снижению в водохранилище (табл. 3). Практически на протяжении всего периода исследований количество ВВ в 2010 г. выше, чем в 2009 г. Ранее было установлено, что максимальный краевой эффект отмечен во фронтальной зоне УО р. Ильд за счет аккумуляирования значительного количества ОБ [Bolotov et al., 2014]. В августе 2010 г. в зоне IIb наблюдается максимальное количество ВВ, вдвое превышающее таковое в 2009 г.

В условиях аномальной жары летом 2010 г. бурное развитие водной растительности [Лебедева и др., 2011 (Lebedeva et al., 2011)] в результате фотосинтетической деятельности обеспечило водоток растворенным кислородом на уровне 2009 г. и не допустило его дефицита, который наблюдался в этот период в ряде водоемов [Efremova et al., 2015; Корнева и др., 2019 (Korneva et al., 2019)] (табл. 3). Абсолютное и относительное содержание растворенного  $O_2$  в оба исследованных года были сопоставимы. Содержание биохимически нестойких веществ (ЛОБ), поступающих в реку в результате жизнедеятельности фитопланктона, отмерших организмов и промежуточных продуктов их разложения, определялось по БПК<sub>5</sub>.

**Таблица 3.** Физико-химические показатели в исследованных зонах устьевой области р. Ильд в 2009 и 2010 гг. (числитель – 2009 г., знаменатель – 2010 г.; \* – мг/дм<sup>3</sup>)

**Table 3.** Physical and chemical indicators in the studied zones of the mouth area of the river. Ild in 2009 and 2010 (numerator – 2009, denominator – 2010; \* – mg/dm<sup>3</sup>)

| Месяц<br>Month | Зона<br>Zone | T°C  | O <sub>2</sub><br>* | O <sub>2</sub> ,<br>% | БПК <sub>5</sub><br>BOD <sub>5</sub><br>* | ПО<br>PO<br>* | ХПК<br>DO<br>* | C <sub>орг</sub><br>C <sub>org</sub><br>* | Q1,<br>кал/л<br>cal/l | Hum  | ЛФ<br>LF,<br>% | Цв<br>Color,<br>град.<br>degree | Fe <sub>общ</sub><br>Fe <sub>total</sub><br>* | Fe <sub>раст</sub><br>Fe <sub>diss</sub><br>* | Fe <sub>взв</sub><br>Fe <sub>susp</sub><br>* | BB<br>SM<br>* | Fe <sub>раст</sub> /<br>Fe <sub>взв</sub><br>Fe <sub>diss</sub> /<br>Fe <sub>susp</sub> |
|----------------|--------------|------|---------------------|-----------------------|---|---------------|----------------|---|-----------------------|------|----------------|---------------------------------|---|---|--|---------------|---|
| Май            | I            | 8.7  | 10.0                | 86                    | 1.8                                       | 26.4          | 51.8           | 19.4                                      | 176.1                 | 78.4 | 3.5            | 233                             | 0.89  | 0.74  | 0.15   | 15            | 4.9   |
| May            |              | 18.3 | 9.1                 | 97                    | 1.7                                       | 19.1          | 38.2           | 14.3                                      | 130.0                 | 56.6 | 4.5            | 168                             | 0.76  | 0.36  | 0.40   | 17            | 0.9   |
| Июнь           | IIa          | 11.1 | 8.6                 | 78                    | 2.0                                       | 25.8          | 49.5           | 18.6                                      | 168.0                 | 74.5 | 4.0            | 215                             | 0.88  | 0.60  | 0.28   | 16            | 2.1   |
| June           |              | 18.8 | 7.3                 | 79                    | 1.9                                       | 17.5          | 41.0           | 15.4                                      | 139.4                 | 55.2 | 4.6            | 174                             | 0.62  | 0.35  | 0.27   | 17            | 1.3   |
| Июль           | IIb          | 10.1 | 8.4                 | 75                    | 2.1                                       | 25.7          | 48.6           | 18.2                                      | 165.2                 | 71.9 | 4.3            | 201                             | 0.72  | 0.54  | 0.18   | 14            | 3.0   |
| July           |              | 18.8 | 7.3                 | 79                    | 2.6                                       | 16.5          | 37.9           | 14.2                                      | 128.9                 | 53.0 | 6.9            | 170                             | 0.42  | 0.28  | 0.14   | 15            | 2.0   |
| Август         | IIc          | 9.7  | 9.3                 | 82                    | 2.9                                       | 19.6          | 40.2           | 15.1                                      | 136.7                 | 52.2 | 7.2            | 139                             | 0.50  | 0.38  | 0.12   | 13            | 3.2   |
| August         |              | 16.5 | 8.7                 | 90                    | 3.1                                       | 13.9          | 35.1           | 13.2                                      | 119.3                 | 44.3 | 8.8            | 141                             | 0.37  | 0.24  | 0.13   | 11            | 1.9   |
| Сентябрь       | III          | 12.5 | 8.2                 | 77                    | 2.0                                       | -             | -              | -   | -                     | -    | -              | -                               | -   | -   | -  | -             | -   |
| September      |              | 14.0 | 8.9                 | 87                    | 1.7                                       | 10.1          | 22.9           | 8.6                                       | 77.9                  | 31.0 | 7.4            | 95                              | 0.25  | 0.17  | 0.08   | 14            | 2.1   |
| Май            | I            | 17.1 | 8.8                 | 92                    | 0.6                                       | 20.3          | 41.1           | 15.4                                      | 139.7                 | 48.9 | 1.5            | 118                             | 1.03  | 0.33  | 0.70   | 18            | 0.5   |
| May            |              | 16.9 | 8.8                 | 91                    | 1.7                                       | 24.4          | 51.2           | 19.2                                      | 174.1                 | 72.8 | 3.3            | 217                             | 0.81  | 0.50  | 0.31   | 21            | 1.6   |
| Июнь           | IIa          | 18.0 | 7.0                 | 74                    | 1.2                                       | 19.5          | 50.9           | 19.1                                      | 173.1                 | 51.9 | 2.4            | 138                             | 0.98  | 0.31  | 0.67   | 15            | 0.5   |
| June           |              | 17.5 | 7.4                 | 78                    | 2.0                                       | 24.5          | 56.8           | 21.3                                      | 193.1                 | 74.1 | 3.5            | 224                             | 0.76  | 0.51  | 0.25   | 19            | 2.0   |
| Июль           | IIb          | 19.8 | 7.2                 | 80                    | 3.8                                       | 21.9          | 50.8           | 19.1                                      | 172.7                 | 59.2 | 7.5            | 160                             | 0.74  | 0.49  | 0.25   | 16            | 2.0   |
| July           |              | 18.0 | 7.1                 | 76                    | 3.1                                       | 22.8          | 56.2           | 21.1                                      | 191.1                 | 69.7 | 5.5            | 213                             | 0.69  | 0.44  | 0.25   | 22            | 1.8   |
| Август         | IIc          | 19.1 | 6.4                 | 70                    | 1.8                                       | 18.6          | 44.1           | 16.5                                      | 149.9                 | 46.2 | 4.1            | 115                             | 0.42  | 0.28  | 0.14   | 17            | 2.0   |
| August         |              | 15.4 | 8.5                 | 85                    | 2.4                                       | 17.1          | 42.5           | 15.9                                      | 144.5                 | 50.1 | 5.6            | 147                             | 0.53  | 0.38  | 0.15   | 14            | 2.5   |
| Сентябрь       | III          | 19.4 | 7.6                 | 83                    | 1.6                                       | 17.2          | 33.7           | 12.6                                      | 114.6                 | 45.1 | 4.7            | 118                             | 0.34  | 0.27  | 0.07   | 12            | 3.9   |
| September      |              | 15.2 | 8.5                 | 85                    | 1.3                                       | 10.8          | 34.4           | 12.9                                      | 117.0                 | 31.9 | 3.8            | 94                              | 0.24  | 0.16  | 0.08   | 13            | 2.0   |
| Май            | I            | 17.1 | 7.3                 | 76                    | 0.7                                       | 10.7          | 28.2           | 10.6                                      | 95.9                  | 31.2 | 2.5            | 91                              | 0.28  | 0.15  | 0.13   | 9             | 1.2   |
| May            |              | 21.1 | 7.2                 | 82                    | 0.7                                       | -             | -              | -   | -                     | -    | -              | -                               | -   | -   | -  | -             | -   |
| Июнь           | IIa          | 17.7 | 6.2                 | 66                    | 0.8                                       | 12.5          | 28.8           | 10.8                                      | 97.9                  | 35.0 | 2.8            | 98                              | 0.35  | 0.12  | 0.23   | 13            | 0.5   |
| June           |              | 23.1 | 6.0                 | 71                    | 2.2                                       | 14.8          | 44.3           | 16.6                                      | 150.9                 | 38.1 | 3.0            | 98                              | 0.37  | 0.06  | 0.31   | 34            | 0.2   |
| Июль           | IIb          | 20.8 | 6.4                 | 72                    | 2.7                                       | 16.0          | 43.3           | 16.2                                      | 147.2                 | 46.5 | 6.2            | 135                             | 0.37  | 0.26  | 0.11   | 15            | 2.4   |
| July           |              | 25.3 | 7.2                 | 86                    | 5.0                                       | 16.0          | 46.0           | 17.3                                      | 156.4                 | 44.7 | 10.9           | 125                             | 0.38  | 0.22  | 0.16   | 28            | 1.4   |
| Август         | IIc          | 20.4 | 4.9                 | 55                    | 1.6                                       | 14.3          | 42.7           | 16.0                                      | 145.2                 | 38.9 | 3.7            | 106                             | 0.29  | 0.17  | 0.12   | 22            | 1.4   |
| August         |              | 24.2 | 5.7                 | 69                    | 4.5                                       | 13.1          | 49.1           | 18.4                                      | 166.9                 | 35.1 | 9.2            | 94                              | 0.34  | 0.13  | 0.21   | 25            | 0.6   |
| Сентябрь       | III          | 20.9 | -                   | -                     | 0.9                                       | 14.7          | 38.0           | 14.3                                      | 129.2                 | 37.8 | 2.4            | 97                              | 0.16  | 0.08  | 0.08   | 10            | 1.0   |
| September      |              | 23.1 | 6.9                 | 81                    | 2.4                                       | 11.4          | 33.9           | 12.7                                      | 115.3                 | 30.6 | 7.1            | 82                              | 0.16  | 0.06  | 0.10   | 23            | 6.0   |
| Май            | I            | 11.9 | 8.8                 | 82                    | 0.8                                       | 9.4           | 17.4           | 6.5                                       | 59.2                  | 19.6 | 4.6            | 41                              | 0.19  | 0.07  | 0.12   | 9             | 0.6   |
| May            |              | 8.2  | 7.6                 | 65                    | 2.9                                       | 4.0           | 14.8           | 5.6                                       | 50.3                  | 10.0 | 19.6           | 25                              | 0.18  | 0.05  | 0.13   | 14            | 0.4   |
| Июнь           | IIa          | 15.0 | 7.1                 | 71                    | 0.8                                       | 9.8           | 24.1           | 9.0                                       | 81.9                  | 21.2 | 3.3            | 46                              | 0.27  | 0.07  | 0.20   | 13            | 0.4   |
| June           |              | 11.2 | 7.1                 | 65                    | 1.0                                       | 5.7           | 31.5           | 11.8                                      | 107.1                 | 15.1 | 3.2            | 40                              | 0.28  | 0.06  | 0.22   | 26            | 0.3   |

| Месяц<br>Month        | Зона<br>Zone | T°C                 | O <sub>2</sub><br>* | O <sub>2</sub> ,<br>% | БПК <sub>5</sub><br>BOD <sub>5</sub><br>* | ПО<br>PO<br>*       | ХПК<br>DO<br>*      | C <sub>орг</sub><br>C <sub>org</sub><br>* | Q1,<br>кал/л<br>cal/l | Hum                 | ЛФ<br>LF,<br>%      | Цв<br>Color,<br>град.<br>degree | Fe <sub>общ</sub><br>Fe <sub>total</sub><br>* | Fe <sub>раст</sub><br>Fe <sub>diss</sub><br>* | Fe <sub>взв</sub><br>Fe <sub>susp</sub><br>* | BB<br>SM<br>*   | Fe <sub>раст</sub> /<br>Fe <sub>взв</sub><br>Fe <sub>diss</sub> /<br>Fe <sub>susp</sub> |
|-----------------------|--------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---|---------------------|---------------------|---|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---|---|--|-----------------|---|
| Июль<br>July          | Пb           | <u>14.2</u><br>16.5 | <u>6.0</u><br>7.5   | <u>59</u><br>77       | <u>4.9</u><br>7.6                         | <u>16.5</u><br>13.6 | <u>37.5</u><br>48.6 | <u>14.1</u><br>18.2                       | <u>127.5</u><br>165.2 | <u>36.3</u><br>32.6 | <u>13.1</u><br>15.6 | <u>80</u><br>78                 | <u>0.29</u><br>0.40                           | <u>0.09</u><br>0.08                           | <u>0.20</u><br>0.32                          | <u>17</u><br>39 | <u>0.5</u><br>0.3   |
| Август<br>August      | Пс           | <u>14.9</u><br>16.5 | <u>5.6</u><br>6.2   | <u>56</u><br>64       | <u>1.1</u><br>5.0                         | <u>15.6</u><br>12.4 | <u>30.4</u><br>44.4 | <u>11.4</u><br>16.7                       | <u>103.4</u><br>151.0 | <u>35.8</u><br>31.1 | <u>3.6</u><br>11.3  | <u>82</u><br>78                 | <u>0.26</u><br>0.40                           | <u>0.12</u><br>0.08                           | <u>0.14</u><br>0.32                          | <u>11</u><br>29 | <u>0.9</u><br>0.3   |
| Сентябрь<br>September | III          | <u>13.6</u><br>14.5 | <u>-</u><br>6.5     | <u>-</u><br>64        | <u>1.0</u><br>2.2                         | <u>15.5</u><br>9.1  | <u>29.6</u><br>18.1 | <u>11.1</u><br>6.8                        | <u>100.6</u><br>61.5  | <u>39.0</u><br>24.5 | <u>3.4</u><br>12.2  | <u>98</u><br>66                 | <u>0.18</u><br>0.16                           | <u>0.10</u><br>0.06                           | <u>0.08</u><br>0.10                          | <u>12</u><br>15 | <u>1.3</u><br>0.6   |
| Май<br>May            | I            | <u>11.9</u><br>8.2  | <u>8.8</u><br>7.6   | <u>82</u><br>65       | <u>0.8</u><br>2.9                         | <u>3.0</u><br>4.0   | <u>7.5</u><br>19.4  | <u>2.8</u><br>7.3                         | <u>25.5</u><br>66.0   | <u>7.9</u><br>11.3  | <u>10.6</u><br>15.0 | <u>21</u><br>32                 | <u>0.26</u><br>0.34                           | <u>0.10</u><br>0.10                           | <u>0.16</u><br>0.24                          | <u>7</u><br>17  | <u>0.6</u><br>0.4   |
| Июнь<br>June          | IIa          | <u>15.0</u><br>11.2 | <u>7.1</u><br>7.1   | <u>71</u><br>65       | <u>1.0</u><br>2.6                         | <u>5.0</u><br>3.8   | <u>17.5</u><br>20.7 | <u>6.6</u><br>7.8                         | <u>59.5</u><br>78.7   | <u>10.5</u><br>12.0 | <u>5.7</u><br>12.6  | <u>22</u><br>38                 | <u>0.29</u><br>0.43                           | <u>0.09</u><br>0.08                           | <u>0.20</u><br>0.35                          | <u>6</u><br>5   | <u>0.5</u><br>0.2   |
| Июль<br>July          | IIb          | <u>14.2</u><br>16.5 | <u>6.0</u><br>7.5   | <u>59</u><br>77       | <u>2.3</u><br>3.7                         | <u>9.7</u><br>9.3   | <u>27.7</u><br>29.7 | <u>10.4</u><br>11.1                       | <u>94.2</u><br>100.1  | <u>21.4</u><br>19.5 | <u>8.3</u><br>12.5  | <u>47</u><br>41                 | <u>0.34</u><br>0.21                           | <u>0.13</u><br>0.05                           | <u>0.21</u><br>0.16                          | <u>12</u><br>18 | <u>0.6</u><br>0.3   |
| Август<br>August      | Пс           | <u>14.9</u><br>16.5 | <u>5.6</u><br>6.2   | <u>53</u><br>64       | <u>0.9</u><br>2.3                         | <u>12.0</u><br>6.9  | <u>28.7</u><br>25.3 | <u>10.8</u><br>9.5                        | <u>97.6</u><br>86.0   | <u>27.1</u><br>18.4 | <u>3.1</u><br>9.1   | <u>61</u><br>49                 | <u>0.27</u><br>0.35                           | <u>0.16</u><br>0.08                           | <u>0.11</u><br>0.27                          | <u>8</u><br>24  | <u>1.5</u><br>0.3   |
| Сентябрь<br>September | III          | <u>13.6</u><br>14.5 | <u>-</u><br>6.5     | <u>-</u><br>64        | <u>0.9</u><br>1.3                         | <u>13.0</u><br>-    | <u>36.0</u><br>-    | <u>13.5</u><br>-                          | <u>122.4</u><br>-     | <u>29.5</u><br>-    | <u>2.5</u><br>-     | <u>67</u><br>-                  | <u>0.21</u><br>-                              | <u>0.11</u><br>-                              | <u>0.10</u><br>-                             | <u>4</u><br>-   | <u>1.1</u><br>-   |



Максимальные его значения отмечены в июле и августе 2010 г. во фронтальной зоне и переходной зоне приемника. В 2009 г. значения ЛОВ могут быть ниже таковых в 2010 г. В 4 раза (табл. 3). Максимальная концентрация ЛФ ОВ (до 19,6%) отмечена в августе и сентябре 2010, когда ОВ было представлено свежееобра-

зованными соединениями – продуктами биохимического распада растительных и животных остатков, продуктами обмена веществ живых организмов, главным образом планктона. Так же в 2010 г. на исследованной акватории отмечена положительная корреляция БПК<sub>5</sub> с температурой воды ( $r=0.45$ ).

## ВЫВОДЫ

Повышение температуры воды летом 2010 г. сказалось на изменении некоторых гидрохимических характеристик в воде исследованных зон устьевой области реки Ильд. В период максимального прогрева воды в отдельных исследованных зонах УО реки общее количество ОВ в 2010 стабильно превышало таковое в 2009 г., зарегистрированы максимальные значения ЛОВ, ЛФ ОВ, ВВ. Отмечена высокая значимая корреляция между температурой и показателями ОВ. Органическое вещество представлено преимущественно свежееобразованными соединениями, преобладает взвешенная форма железа над растворенной. При

этом температурные аномалии не отразились на содержании растворенного кислорода. В оба исследованных года выявлен тренд снижения минерализации от зоны I к III. На протяжении всего периода наблюдений значения минерализации в 2010 г. были ниже таковых в 2009 г.

Полученные данные могут быть полезны для дальнейших наблюдений за гидрохимическим режимом водных экосистем аридной зоны в аномальные климатические периоды, а так же быть использованы при прогнозировании гидрохимического состава водных объектов в условиях глобального потепления климата.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 121051100104-6.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1970. 444 с.
- Бикбулатов Э.С. Биоэлементы и их трансформация в водных экосистемах. Рыбинск: “Рыбинский дом печати”, 2009. 290 с.
- Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Разуваев В.Н. Погода на территории Российской Федерации в 2010 году // [http://www.meteo.ru/climate\\_var/](http://www.meteo.ru/climate_var/)
- Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
- Климатические рекорды прошедшего пятилетия на территории Ярославской области (Электронный ресурс) // Сайт ГУ “Ярославский ЦГМС”. Режим доступа: <http://www.yacgms.ru/-2006-2010>.
- Корнева Л.Г., Лазарева В.И., Минеева Н.М., Сигарева Л.Е., Соколова Е.А., Тимофеева Н.А., Митропольская И.В., Соловьева В.В. Состояние и динамика биологических сообществ Рыбинского водохранилища в условиях изменения климата // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2019. Т. 12. №2. С. 160–179. DOI: 10.17516/1997-1389-0037
- Лебедева М.Г., Клубкова Г.В., Колмыков С.Н. Водный режим рек Белгородской области в условиях аномальной жары 2010 года // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011. №15 (110). Вып. 16. С. 186–192.
- Лозовик П.А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию. Автореф. дис. ... докт. хим. наук. М.: Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, 2006. 59 с.
- Отюкова Н.Г. Динамика содержания железа в речных аквальных комплексах (на примере реки Ильд бассейна Рыбинского водохранилища) // Труды Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. 2016. Вып. 75 (78). С. 75–81.
- Потемкина Т.Г., Потемкин В.Л., Гусева Е.А. Озерно-речная система озера Байкал – р. Селенга в условиях изменяющейся окружающей среды // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. 2016. № 2 (55). С.103–115.
- Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 542 с.
- Blenckner T., Chen D. Comparison of the impact of regional and North Atlantic atmospheric circulation on an aquatic ecosystem // Climate Research. 2003. Vol. 23. P 131–136. DOI:10.3354/cr023131
- Bolotov S.E., Romanenko A.V., Tszvetkov A.I., Otyukova N.G., Sokolova E.A., Krylov A.V. Bacterio- and zooplankton in the outfall of a flatland water reservoir during a period of abnormal climatic conditions // Inland Water Biology. 2014. Vol. 7. № 1. P. 37–47. DOI: 10.1134/S1995082914010052
- Dole R., Hoerling M., Perlwitz J., Eischeid J. et al. Was there a basis for anticipating the 2010 Russian heat wave? // Geophysical Res. Lett. 2011. Vol. 38. L06702. DOI: 10.1029 / 2010GL046582
- Efremova T.V., Pal'shin N.I., Zdrovennova G.E., Terzhevskiy A.Y. The effects of extremely hot summer 2010 on water temperature and oxygen distribution in Karelian lakes // Russian Meteorology and Hydrology. 2015. Vol. 40. № 9. P. 612–618. DOI: 10.3103/S106837391509006X

- Gerten D., Adrian R. Climate-driven changes in spring plankton dynamics and the sensitivity of shallow polymictic lakes to the North Atlantic Oscillation // *Limnol. Oceanography*. 2000. Vol. 45. №5. P. 1058–1066. DOI: 10.4319/lo.2000.45.5.1058
- Ginzburg A.S. Regional air temperature maxima and the possibility of their simple energy-balance estimates // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2011. Vol. 47. № 6. P. 665–671. DOI: 10.1134/S0001433811060053
- Gruza G.V., Ran'kova E.Y. Estimation of probable contribution of global warming to the genesis of abnormally hot summers in the European part of Russia // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2011. Vol. 47. № 6. P. 661–664. DOI: 10.1134/S0001433811060065
- Krylov A.V., Tsvetkov A.I., Malin M.I., Romanenko A.V., Poddubnii S.A., Otjukova N.G. Communities of hydrobionts and the physical-chemical characteristics of the estuary area of inflow of a flat water basin // *Inland Water Biology*. 2010. Vol. 3. № 1. P. 59–69. DOI: 10.1134/S1995082910010086
- Linnik P.N., Zhezherya V.A., Linnik R.P. Iron in Natural Surface Waters of Ukraine: Content, Peculiarities of Migration and Biological Role // *Gidrobiol. Zhurn.* 2018. Vol. 54. № 5. P. 63–80. DOI: 10.1615 / HydrobJ.v54.i5.70
- Mokhov I.I. Specific features of the 2010 summer heat formation in the European territory of Russia in the context of general changes and climate anomalies // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2011. Vol. 47. № 6. P. 653–660. DOI: 10.1134/S0001433811060119
- Mooij W.M., Hülsmann S., D.L.N. De Senerpont, Nolet B.A., P.L.E. Bodelier et al. The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review // *Aquat. Ecol.* 2005. Vol. 39 (4). P. 381–400. DOI 10.1007/s10452-005-9008-0
- Otyukova N.G. Some aspects of the hydrochemical Regime of a Small River under the conditions of zoogenic disturbance // *Water Resources*. 2009. Vol. 36. № 5. P. 604–609. DOI: 10.1134/S0097807809050133
- Otyukova N.G. Organic Matter in Water Bodies in Especially Protected Natural Territories: Case Study of Tributaries of Lake Pleshcheyevo, Yaroslavl Oblast, and Tributaries of the Tadenka River in Prioksko-Terrasnyi Nature Reserve, Moscow Oblast // *Water Resources*. 2021. Vol. 48. № 3. P. 449–458. DOI 10.1134/S0097807821030118
- Paerl H.W., Huisman J. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms // *Environ. Microbiol. Rep.* 2009. Vol. 1. №1. P. 27–37. DOI: 10.1111/j.1758-2229.2008.00004.x
- Rahmstorf S., Coumou D. Increase of extreme events in a warmer world // *Proceedings of the National Academy of Sci.* 2011. Vol. 108. №44. P. 17905–17909. DOI: 10.1073/pnas.1101766108
- The impact of climate change on European lakes // *Aquatic Ecology Series* / George G. (Ed.). Berlin: Springer, 2010. Vol. 4. 507 p. DOI: 10.1007/978-90-481-2945-4\_20
- Trenberth, K., Fasullo J. Climate extremes and climate change: The Russian heat wave and other climate extremes of 2010. // *Journal of Geophysical Research*. 2012. Vol. 117, D17103. DOI: 10.1029/2012JD018020

## REFERENCES

- Alyokin O.A. *Osnovy gidrohimii* [The basics of hydrochemistry]. L., Gidrometeoizdat, 1970, 444 p. (In Russian)
- Bikbulatov E.S. *Bioelementy i ih transformatsiya v vodnykh ekosistemakh*. Rybinsk, "Rybinskij dom pečati", 2009. 290 p. (In Russian)
- Blenckner T., Chen D. Comparison of the impact of regional and North Atlantic atmospheric circulation on an aquatic ecosystem. *Climate Research*, 2003, vol. 23, pp. 131–136. doi: 10.3354/cr023131
- Bolotov S.E., Romanenko A.V., Tsvetkov A.I., Otyukova N.G., Sokolova E.A., Krylov A.V. Bacterio- and zooplankton in the outfall of a flatland water reservoir during a period of abnormal climatic conditions. *Inland Water Biology*, 2014, vol. 7, no. 1, pp. 37–47. doi: 10.1134/S1995082914010052
- Bulygina O.N., Korshunova N.N., Razuvaev V.N. Pogoda na territorii Rossijskoj Federacii v 2010 godu. [http://www.meteo.ru/climate\\_var/](http://www.meteo.ru/climate_var/) (In Russian)
- Dole R., Hoerling M., Perlwitz J., Eischeid J. et al. Was there a basis for anticipating the 2010 Russian heat wave? *Geophysical Res. Lett.*, 2011, vol. 38. L06702. doi: 10.1029 / 2010GL046582
- Efremova T.V., Pal'shin N.I., Zdorovenkova G.E., Terzhevskij A.Y. The effects of extremely hot summer 2010 on water temperature and oxygen distribution in Karelian lakes. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2015, vol. 40, no. 9, pp. 612–618. doi: 10.3103/S106837391509006X
- Gerten D., Adrian R. Climate-driven changes in spring plankton dynamics and the sensitivity of shallow polymictic lakes to the North Atlantic Oscillation. *Limnol. Oceanography*, 2000, vol. 45, no. 5, pp. 1058–1066. doi: 10.4319/lo.2000.45.5.1058
- Ginzburg A.S. Regional air temperature maxima and the possibility of their simple energy-balance estimates. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*, 2011, vol. 47, no. 6, pp. 665–671. doi: 10.1134/S0001433811060053
- Glazovskaya M.A. *Geokhimiya prirodnih i tekhnogennykh landshaftov SSSR*. M., Vyssh. shk., 1988. 328 p. (In Russian)
- Gruza G.V., Ran'kova E.Y. Estimation of probable contribution of global warming to the genesis of abnormally hot summers in the European part of Russia. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*, 2011, vol. 47, no. 6, pp. 661–664. doi: 10.1134/S0001433811060065
- Klimaticheskie rekordy proshedshego pyatiletiya na territorii Yaroslavskoj oblasti (Elektronnyj resurs)*. Sajt GU "Yaroslavskij CGMS". Rezhim dostupa: <http://www.yacgms.ru/-2006-2010>. (In Russian)
- Korneva L.G., Lazareva V.I., Mineeva N.M., Sigareva L.E., Sokolova E.A., Timofeeva N.A., Mitropol'skaya I.V., Solov'eva V.V. Sostoyaniye i dinamika biologicheskikh soobshchestv Rybinskogo vodohranilishcha v usloviyakh izmeneniya klimata. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 2019, vol. 12, no. 2, pp. 160–179. doi: 10.17516/1997-1389-0037 (In Russian)

- Krylov A.V., Tsvetkov A.I., Malin M.I., Romanenko A.V., Poddubnyi S.A., Otyukova N.G. Communities of hidrobionts and the physical-chemical characteristics of the estuary area of inflow of a flat water basin. *Inland Water Biology*, 2010, vol. 3, no. 1, pp. 59–69. doi: 10.1134/S1995082910010086
- Lebedeva M.G., Klubkova G.V., Kolmykov S.N. Vodnyj rezhim rek Belgorodskoj oblasti v usloviyah anomal'noj zhary 2010 goda. *Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki*, 2011, no. 15 (110), vyp. 16, pp. 186–192. (In Russian)
- Lozovik P.A. Gidrogeohimicheskie kriterii sostoyaniya poverhnostnyh vod gumidnoj zony i ih ustojchivosti k antropogennomu vozdeystviyu. Avtoref. dis. ... dokt. him. nauk. M.: In-t geohimii i analiticheskoy himii im. V.I. Vernadskogo RAN, 2006. 59 p. (In Russian)
- Linnik P.N., Zhezherya V.A., Linnik R.P. Iron in Natural Surface Waters of Ukraine: Content, Peculiarities of Migration and Biological Role. *Gidrobiol. Zhur.*, 2018, vol. 54, no. 5, pp. 63–80. doi: 10.1615 / HydrobJ.v54.i5.70
- Mokhov I.I. Specific features of the 2010 summer heat formation in the European territory of Russia in the context of general changes and climate anomalies. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*, 2011, vol. 47, no. 6, pp. 653–660. doi: 10.1134/S0001433811060119
- Mooij W.M., Hülsmann S., D.L.N. De Senerpont, Nolet B.A., P.L.E. Bodelier et al. The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquat. Ecol.*, 2005, vol. 39 (4), pp. 381–400. doi: 10.1007/s10452-005-9008-0
- Otyukova N.G. Some aspects of the hydrochemical Regime of a Small River under the conditions of zoogenic disturbance. *Water Resources*, 2009, vol. 36, no. 5, pp. 604–609. doi: 10.1134/S0097807809050133
- Otyukova N.G. Dinamika soderzhaniya zheleza v rechnyh akval'nyh kompleksah (na primere reki Ild bassejna Rybinskogo vodohranilishcha). [Dynamics of the iron content in river aquatic complexes (on the example of the Ild river in the Rybinsk reservoir basin)]. *Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS*, 2016, vol. 75(78), pp. 75–81. doi: 10.24411/0320-3557-2016-10023 (In Russian)
- Otyukova N.G. Organic Matter in Water Bodies in Especially Protected Natural Territories: Case Study of Tributaries of Lake Pleshcheyevo, Yaroslavl Oblast, and Tributaries of the Tadenka River in Prioksko-Terrasnyi Nature Reserve, Moscow Oblast. *Water Resources*, 2021, vol. 48, no. 3, pp. 449–458. doi: 10.1134/S0097807821030118
- Paerl H.W., Huisman J. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environ. Microbiol. Rep.*, 2009, vol. 1, no. 1, pp. 27–37. doi: 10.1111/j.1758-2229.2008.00004.x
- Potemkina T.G., Potemkin V.L., Guseva E.A. Ozero-rechnaya sistema ozera Bajkal – r. Selenga v usloviyah izmenyayushchegosya okruzhayushchej sredy [Lake-river system of Lake Baikal - r. Selenga in a changing environment]. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sekcii nauk o Zemle RAEN*, 2016, no. 2 (55), pp. 103–115. (In Russian)
- Rahmstorf S., Coumou D. Increase of extreme events in a warmer world. *Proceedings of the National Academy of Sci.*, 2011, vol. 108, no. 44, pp. 17905–17909. doi: 10.1073/pnas.1101766108
- Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi [Guidelines for the chemical analysis of land surface waters]. L., Gidrometeoizdat, 1977, 542 p. (In Russian)
- The impact of climate change on european lakes*. Aquatic Ecology Series. Berlin, Springer, 2010, vol. 4, 507 p. doi: 10.1007/978-90-481-2945-4\_20
- Trenberth K., Fasullo J. Climate extremes and climate change: The Russian heat wave and other climate extremes of 2010. *Journal of Geophysical Research*, 2012, vol. 117, D17103. doi: 10.1029/2012JD018020

## **INFLUENCE OF ABNORMALLY HIGH WATER TEMPERATURE ON THE HYDROCHEMICAL REGIME OF THE MOUTH AREA OF A SMALL RIVER (BY THE EXAMPLE OF THE RYBINSK RESERVOIR INFLUENCE)**

**N. G. Otyukova**

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,  
152742 Borok, Russia, e-mail: ong70@mail.ru*

The increase in water temperature in the summer of 2010 affected the change in some hydrochemical characteristics in the water of the mouth area of the river. Ild, a tributary of the Rybinsk Reservoir. The maximum water temperature in the studied area was recorded in May and the second half of summer 2010. A high significant correlation between temperature and organic matter indicators was noted. During the period of maximum warming up in 2010, the total amount of organic matter, its labile fraction, and suspended solids were significantly higher than the period close to the long-term average. A large amount of atmospheric precipitation in June 2010 determined the maximum concentrations of OM, total and dissolved iron. The organic matter is represented mainly by freshly formed compounds, the suspended form of iron prevails over the dissolved one. The organic nature of iron in water is evidenced by a significant correlation between iron and OM in both years studied,  $r = 0.89-1.0$ ,  $p < 0.05$ . At the same time, temperature anomalies did not affect the content of dissolved oxygen and an increase in water salinity. The macrocomponent chemical composition of the water in the studied areas is dominated by hydrocarbonate ions, calcium and magnesium ions. In 2009, the relative content of  $\text{HCO}_3$  and Mg from the section of the free flow of the river to the reservoir is higher than in 2010. At the same time, the relative content of  $\text{SO}_4$ , Cl, and Ca ions, on the contrary, is lower. From spring to autumn, a tendency towards a decrease in the relative content of  $\text{HCO}_3$  in both studied years was noted in the entire studied water area. The content of hypothetical salts  $\text{NaHCO}_3$  and  $\text{MgHCO}_3$  in 2009 exceeded those in 2010 by 3.4 and 5.0 times, respectively. In zones I – IIc, the content of calcium ions is 1.5–2.0 times higher than that of magnesium in 2009, and in 2010,

1.7–2.4 times. In the deep-water section of the reservoir in both years under study, the concentration of calcium ions is, on average, 2 times higher than that of magnesium. In both studied years, the potassium content in the studied water area is noticeably lower than the sodium content. During the spring flood, the K/Na ratio reaches its maximum values (up to 0.58). R. Ild is located in a zone of excessive moisture and is characterized by good soil leaching, especially from readily soluble salts (sulfates and chlorides), groundwater has extremely low concentrations of sulfates (less than 2 mg/dm<sup>3</sup>) and chlorides (2–4 mg/dm<sup>3</sup>). In 2009, the concentration of chlorides in the water of the studied water area does not exceed 8.0 mg/dm<sup>3</sup> on average, in 2010 – 13.0 mg/dm<sup>3</sup>. In the place of mixing of river and reservoir waters, a decrease in the content of chlorides in water by dilution is observed. The concentration of sulfates in the water of the studied water area in 2009 averaged 3.6–13.3 mg/dm<sup>3</sup>, in 2010 – 3.6–22.9 mg/dm<sup>3</sup>. Due to the active biogenic absorption of sulfates, their minimum concentrations are inherent in the summer low-water period in both studied years. The content of hypothetical salts also shows that the amount of MgSO<sub>4</sub> in June–July is less than in other periods.

*Keywords:* heat wave, hydrochemical composition, river mouth area

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРЕСТОВОГО СТАДА СТЕРЛЯДИ *ACIPENSER RUTHENUS* (LINNAEUS, 1758) Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА

И. И. Студенов<sup>1</sup>, А. Д. Быков<sup>2</sup>, Д. В. Чупов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Отдел Северный (СевПИНРО) Полярного филиала ФГБНУ “ВНИРО”

163002, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 17, e-mail: studenov@pinro.ru

<sup>2</sup> ФГБНУ “ВНИРО”

Поступила в редакцию 14.09.2021

По результатам ихтиологического мониторинга состояния популяции стерляди в среднем течении р. Северная Двина в весенний период 2018–2020 гг. установлена большая зависимость величины уловов в стационарных ловушках от динамики уровня воды в реке, по сравнению с температурой воды. Представлена размерно-возрастная и половая структура популяции стерляди в период преднерестовых миграций и на местах нереста. Дается описание стадий зрелости гонад у стерляди нерестовой части популяции на нерестилище. Показана сравнительная изменчивость роста стерляди во временном аспекте и при сравнении между полами. Высокая изменчивость роста северодвинской стерляди по возрастным группам объясняется внутривидовой дифференциацией у этого вида осетровых.

**Ключевые слова:** стерлядь, р. Северная Двина, нерест, размерно-возрастная структура, рост, созревание.

DOI: 10.47021/0320-3557-2022-60-71

### ВВЕДЕНИЕ

В научной литературе описанию условий нереста стерляди *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) и структуре ее нерестовых скоплений в реках (Волга, Кама, Вятка, Обь) посвящено немного работ в связи со сложностью сбора ихтиологического материала в условиях весеннего паводка [Шмидтов, 1939 (Shmidtov, 1939); Лукин, 1946 (Lukin, 1946); Лукин, 1947 (Lukin, 1947); Зырянова, 1963 (Zyrjanova, 1963); Еньшина, 1978 (En'shina, 1978); Афанасьев, 1980 (Afanas'ev, 1980)]. Зарегулирование стока крупных рек бассейна р. Волга привело к снижению масштабов естественного воспроизводства стерляди и резкому сокращению площади нерестилищ, на которых данные наблюдения стали возможными [Бартош, 2004 (Bartosh, 2004)].

Ихтиологи, изучавшие стерлядь р. Северная Двина в советский период [Остроумов, 1955 (Ostroumov, 1955); Кучина, 1963 (Kuchina, 1963); Галушина, 1968 (Galushina,

1968); Соловкина, 1971 (Solovkina, 1971)] приводили данные по ее биологии по выборкам, собранным в период ее нагула. Н.А. Остроумов [Остроумов, 1954 (Ostroumov, 1954)] в середине XX века писал, что места нереста стерляди в р. Северная Двина рыбакам неизвестны. Лишь в работе А.П. Новоселова [Новоселов, 2004 (Novoselov, 2004)] кратко дается описание соотношения в выборке количества рыб с разными стадиями зрелости гонад у стерляди без разбивки по полу в период ее преднерестовых миграций.

В настоящее время мониторинг в период нерестовых миграций северодвинской стерляди осуществляется сотрудниками Отдела Северный (СевПИНРО) Полярного филиала ФГБНУ “ВНИРО” в среднем течении р. Северная Двина в районе пос. Двинской Березник. Обобщение результатов ихтиологических исследований преднерестовых скоплений стерляди и являются целью данной работы.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала проводили в мае 2018–2020 гг. на участке русла в 307–310 км от устья Северной Двины в границах Виноградского района Архангельской области (рис. 1).

Отлов стерляди проводили на заливаемой в период весеннего паводка низкой пойме реки с помощью стационарных самодельных ловушек (“кутков”, “ванд”), установленных вдоль правого берега на грузах, входным отверстием вниз по течению. Ловушки проверяли ежедневно раз в сутки. Глубины в местах постановки ловушек составляли 2–4 м, средняя скорость течения за весь период наблюдений

0.6 м/с. Грунты в местах постановки ловушек были представлены известковыми мергелями, частично осушаемыми в меженный период.

Долю стерляди по встречаемости (N) и массе (B) в уловах ловушек вычисляли как отношение количества пойманной стерляди в экземплярах и килограммах к общему улову всех рыб за съемку (в экз. и кг) выраженную в %. Стандартизированный средний улов на усилие пересчитывали с показателей фактического улова стерляди в экз. и кг за сутки экспозиции ловушек.



**Рис. 1.** Карта-схема участка р. Северная Двина со станциями отбора ихтиологических проб. 1 – место проведения лова; 2 – населенные пункты; 3 – граница Архангельской области.

**Fig. 1.** The map of the Severnaya Dvina river with place of fishing. 1 – place of fishing; 2 – settlements; 3 – the border of the Arkhangelsk region.

Измерения длины тела стерляди (SL) проводили на свежей рыбе мерной лентой от конца рыла до основания средних лучей хвостового плавника с точностью до 1 мм. У пойманной стерляди определяли общую массу рыбы, массу тела без внутренностей и массу гонад, с точностью до грамма.

При определении стадий зрелости гонад использовали шестибалльную шкалу А.В. Лукина [Лукин, 1941 (Lukin, 1941)]. К неполовозрелым относили самок и самцов во II, II жировой и II–III стадиях зрелости гонад. К созревающим и половозрелым относили рыб в III, III–IV и IV стадиях зрелости гонад. В V стадии были зарегистрированы только самцы. В VI стадии фиксировались и самцы и самки.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Доля стерляди в уловах в русловой зоне реки по годам варьировала от 90 до 99% по частоте встречаемости и от 83 до 97.6% по массе. Помимо стерляди в ловушках отмечались белоглазка (*Ballerus sapa* (Pallas, 1814)),

Гонадосоматический индекс (ГСИ) у самок и самцов рассчитывали как процентное отношение массы гонад к массе тела рыбы без внутренностей и умноженное на 100.

Возраст стерляди определяли у 349 экз. по шлифованному до толщины 0.1–0.3 мм спилам маргинальных лучей грудных плавников согласно методике, разработанной для сибирского осетра [Соколов, Акимова, 1976 (Sokolov, Akimova, 1976)]. Возраст 852 экз. определен по размерно-возрастному ключу, составленному по доле встречаемости рыб разного возраста в определенном диапазоне длины рыбы с интервалом в 1 см.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием пакета программ STATISTICA 10 и Microsoft Excel 10.

голавль (*Squalius cephalus* L.), густера (*Blicca bjoerkna* L.), лещ (*Abramis brama* L.), налим (*Lota lota* L.), окунь (*Perca fluviatilis* L.), судак (*Sander lucioperca* L.) и язь (*Leuciscus idus* L.). Максимальные осредненные уловы стерляди

наблюдали в 2018 г., а минимальные – в 2019 г. (табл. 1).

Температура воды зафиксированная на нерестилищах в период нереста стерляди по данным ряда авторов составляла от 8°C до 20°C, а сроки нереста в зависимости от географического расположения рек достаточно растянуты с апреля (Дунай, Нижняя Волга) до

начала июля (низовья Енисея) [Лукин, 1937 (Lukin, 1937); Хохлова, 1955 (Khohlova, 1955); Зырянова, 1963, 1967 (Zyryanova, 1963, 1967); Еньшина, 1978 (En'shina, 1978); Афанасьев, 1980 (Afanas'ev, 1980); Капкаева, 1978 (Kapkayeva, 1978); Усынин, 1978 (Usynin, 1978); Вещев, 1982 (Veschev, 1982); Третьякова, 1998 (Tret'yakova, 1998)].

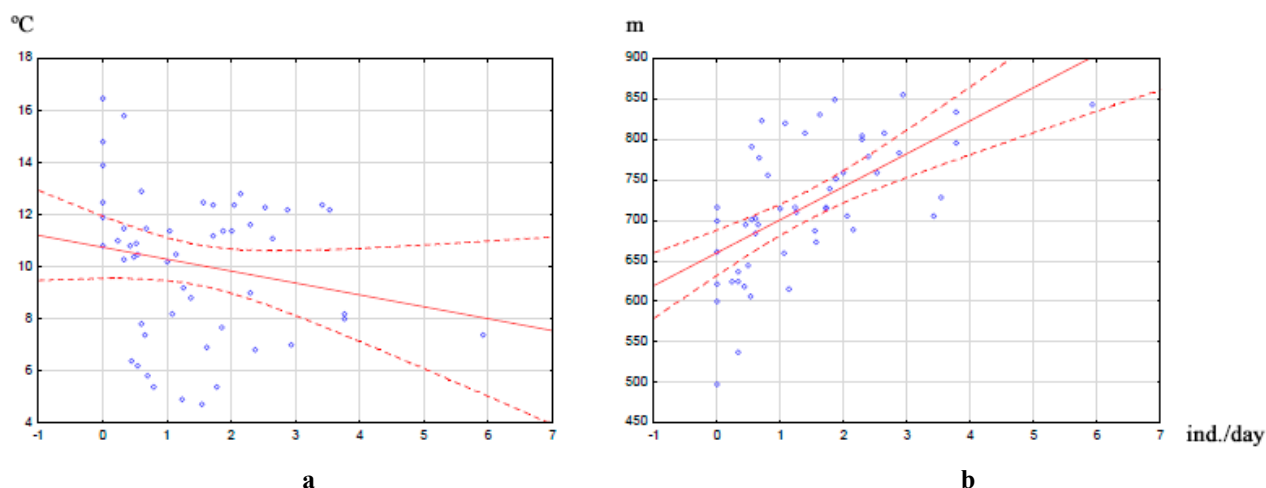
**Таблица 1.** Доля в уловах, средний улов на 1 ловушку в экз./сутки и кг/сутки стерляди в р. Северная Двина в 2018–2020 гг.

**Table 1.** The sterlet ratio in catches, the average catch per unit of effort (CPUE) in the river Severnaya Dvina in 2018–2020

| Год<br>Year | Доля в уловах, %<br>Part in catches, % |                    | Улов на ловушку/сут<br>Catch per unit of effort (CPUE) |         |
|-------------|--|--------------------|--|---------|
|             | Количество / Number                    | Биомасса / Biomass | экз. / ind.  | кг / kg |
| 2018        | 99                                     | 97.6               | 2.48   | 1.06    |
| 2019        | 90.2                                   | 83.3               | 0.93   | 0.39    |
| 2020        | 93.9                                   | 93                 | 1.8  | 0.66    |

**Примечание.** N – по встречаемости; B – по массе.

**Note.** N – on frequency of occurrence; B – by weight.



**Рис. 2.** Связь величины уловов стерляди с температурой (а) и уровнем воды (б) в р. Северная Двина в мае 2018–2020 гг.

**Fig. 2.** The correlation of catches of sterlet with the temperature (a) and water level (b) in the Severnaya Dvina river in May 2018–2020.

Наблюдения в мае 2018–2020 гг. показали отсутствие связи между уловами и температурой воды ( $r = -0.22$ ). Средняя положительная корреляция ( $r = 0.61$  при  $p < 0.05$ ) была установлена между уловами и уровнем воды в период прохождения весеннего половодья (рис. 2). Наибольшие уловы были зафиксированы в диапазоне температур от 7.5°C до 12.5°C и при максимальном уровне воды (>850 см по посту СУГМС в пос. Двинской Березник) (рис. 2).

В 2018–2020 гг. длина тела стерляди в уловах варьировала от 23.1 до 57.5 см, а

средняя длина снижалась по годам с 39.2 до 37.9 см. Масса пойманных рыб составляла от 71 до 1594 г., средняя масса также постепенно снижалась с 427 до 370 г. В выборках возраст рыб находился в пределах от 1 до 13 лет, в среднем за три года 4.5 лет (табл. 2). Снижение средних значений размерно-возрастных показателей стерляди в уловах, объясняется ее переловом браконьерами на данном участке реки не только в период нереста, но и в период нагула (табл. 2).



**Таблица 2.** Средние значения длины и массы тела, возраста стерляди р. Северная Двина в 2018–2020 гг.**Table 2.** The average values of length, mass and age and the limits of their values in samples of sterlet of the Severnaya Dvina river in 2018–2020

| Год<br>Year | Длина, см<br>Length, cm |            |             | Масса, г<br>Weight, g |            |             | Возраст, лет<br>Age, years |            |             |
|-------------|-------------------------|------------|-------------|-----------------------|------------|-------------|----------------------------|------------|-------------|
|             | средняя<br>average      | мин<br>min | макс<br>max | средняя<br>average    | мин<br>min | макс<br>max | средний<br>average         | мин<br>min | макс<br>max |
| 2018        | 39.2                    | 24.1       | 55.5        | 427                   | 75         | 1560        | 4.7                        | 1+         | 13+         |
| 2019        | 38.9                    | 23.1       | 57.2        | 419                   | 74         | 1594        | 4.5                        | 1+         | 13+         |
| 2020        | 37.9                    | 22.9       | 57.5        | 370                   | 71         | 1570        | 4.4                        | 1+         | 10+         |

В 2018–2020 гг. рыбы длиной от 35 до 45 см составляли в среднем две трети всего улова. Из-за селективности ловушек доля рыб длиной менее 30 см не превышала 4%. От 75 до 80% всей пойманной стерляди составляли рыбы массой от 200 до 600 г. Рыб крупнее 1.6 кг в уловах за период наблюдений не зафиксировано. Выборки стерляди были представлены преимущественно младшими возрас-

тными группами (3–5+), а доля рыб старших возрастных групп (более 8 лет) в уловах кутков сокращалась в 2018 г. с 11.1% до 6.0% в 2020 г. (табл. 3). Летом 1938–1940 гг. и 1951 г., а также весной 1962–1966 гг. доля рыб старше 8+ колебалась от 16 до 32.1% [Остроумов, Огурцов, 1954 (Ostroumov, Ogurtsov, 1954); Кучина, 1963 (Kuchina, 1963); Галушина, 1966 (Galushina, 1966)].

**Таблица 3.** Размерно-возрастной состав северодвинской стерляди из нерестовых скоплений у пос. Двинский Березник в 2018–2020 гг., %**Table 3.** Dimensional-age composition of sterlet from spawning aggregation in the Severnaya Dvina river near the settlement Dvinsky Bereznik in 2018–2020, %

| Год<br>Year | Длина, см<br>Length, cm |       |       |       |       |       |       |       | n   |
|-------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|             | 20–25                   | 25–30 | 30–35 | 35–40 | 40–45 | 45–50 | 50–55 | 55–60 |     |
| 2018        | 0.1                     | 2     | 16    | 44    | 24    | 11    | 2     | 0.1   | 500 |
| 2019        | 0.1                     | 2     | 17    | 46    | 21    | 11    | 3     | 1     | 349 |
| 2020        | 0.1                     | 4     | 20    | 49    | 20    | 5     | 2     | 1     | 352 |

|      | Масса, кг<br>Weight, kg |         |         |         |         |         |         |         |     |
|------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
|      | 0–0.2                   | 0.2–0.4 | 0.4–0.6 | 0.6–0.8 | 0.8–1.0 | 1.0–1.2 | 1.2–1.4 | 1.4–1.6 |     |
| 2018 | 5                       | 52      | 26      | 10      | 5       | 1       | 0.1     | 0.1     | 500 |
| 2019 | 7                       | 52      | 23      | 12      | 3       | 1       | 0.1     | 1       | 349 |
| 2020 | 12                      | 58      | 22      | 5       | 3       | 1       | 0.1     | 1       | 352 |

|      | Возраст, лет<br>Age, years |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|------|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 1+                         | 2+ | 3+ | 4+ | 5+ | 6+ | 7+ | 8+ | 9+ | 10+ | 11+ | 12+ | 13+ |     |
| 2018 | 1                          | 8  | 24 | 22 | 17 | 11 | 7  | 4  | 2  | 2   | 2   | 1   | 0.1 | 500 |
| 2019 | 1                          | 9  | 26 | 22 | 19 | 7  | 8  | 3  | 1  | 2   | 1   | 0.1 | 1   | 349 |
| 2020 | 1                          | 8  | 25 | 26 | 17 | 11 | 7  | 3  | 2  | 1   | –   | –   | –   | 352 |

**Примечание.** “–” – нет данных.**Note.** “–” – not date.

Количество самцов на нерестилищах было существенно больше, чем самок, что отмечали ранее и другие исследователи [(Шмидтов, 1939 (Shmidtov, 1937); Зырянова, 1967 (Zyryanova, 1967); Афанасьев, 1980 (Afanasyev, 1980)]. Соотношение самок и самцов северодвинской стерляди на нерестилищах у пос. Двинский Березник в среднем за 2018–2020 гг. составляло порядка 1:4 (20.2% – самки; 79.8% – самцы). В реках Кама, Волга и

Енисей доля самцов в период нереста составляла от 61.4% [Шмидтов, 1939 (Shmidtov, 1937)] и 72% [Лукин, 1947 (Lukin, 1947)] до 92.6% [Заделенов, 2004 (Zadelyonov, 2004)]. В преднерестовых скоплениях северодвинской стерляди в мае 2018–2020 гг. доля самок варьировала в пределах от 18.8 до 23.5% (табл. 4). Доля самцов в период нерестовых скоплений в среднем по годам изменялась от 76.5 до 81.2% (см. табл. 4).

**Таблица 4.** Соотношение полов у северодвинской стерляди в нерестовых скоплениях у пос. Двинской Березник по возрастным группам, %**Table 4.** Sex ratio in various age classes sterlet from spawning aggregation in the Severnaya Dvina river near the settlement Dvinsky Bereznyk, %

| Возраст, лет<br>Age, years | 2018             |                | 2019             |                | 2020             |                |
|----------------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
|                            | самки<br>females | самцы<br>males | самки<br>females | самцы<br>males | самки<br>females | самцы<br>males |
| 1+                         | –                | 100            | –                | 100            | –                | 100            |
| 2+                         | 21.1             | 78.9           | 9.7              | 90.3           | 7.4              | 92.6           |
| 3+                         | 10.7             | 89.3           | 10.0             | 90.0           | 9.1              | 90.9           |
| 4+                         | 23.6             | 76.4           | 12.8             | 87.2           | 13.3             | 86.7           |
| 5+                         | 20.7             | 79.3           | 37.3             | 62.7           | 21.7             | 78.3           |
| 6+                         | 20.8             | 79.2           | 40.0             | 60.0           | 23.7             | 76.3           |
| 7+                         | 17.1             | 82.9           | 32.1             | 67.9           | 42.3             | 57.7           |
| 8+                         | 15.0             | 85.0           | 54.5             | 45.5           | 36.4             | 63.6           |
| 9+                         | 18.2             | 81.8           | 40               | 60             | 62.5             | 37.5           |
| 10+                        | 12.5             | 87.5           | 66.7             | 33.3           | 100              | –              |
| 11+                        | 37.5             | 62.5           | 100              | 0              | –                | –              |
| 12+                        | 75               | 25             | –                | 100            | –                | –              |
| 13+                        | –                | 100            | 50               | 50             | –                | –              |
| Всего экз.                 | 94               | 405            | 82               | 267            | 66               | 286            |
| %                          | 18.8             | 81.2           | 23.5             | 76.5           | 18.8             | 81.2           |

**Примечание.** “–” – нет данных.**Note.** “–” – not date.

В преднерестовых скоплениях стерляди и на ее нерестилищах в период нереста встречаются рыбы с разной степенью зрелости гонад в различном соотношении [Шмидтов, 1939 (Shmidtov, 1939); Лукин, 1941 (Lukin, 1941); Зырянова, 1963 (Zyryanova, 1963); Еньшина, 1978 (En'shina, 1978); Афанасьев, 1980 (Afanasyev, 1980); Бартош, 2004 (Bartosh, 2004)]. У самцов северодвинской стерляди в весенний

период 2018–2020 гг. доля неполовозрелых рыб (II, Пж, II–III стадии) составляла в среднем 4.2%; созревающих – 19.2% (III стадия); половозрелых (III–IV, IV стадии) – 69.6%; нерестящихся – 4.8% (V стадия); отнерестившихся (VI–II стадия) – 1.6%. Причем доля последних резко увеличивается с ростом температуры воды, как это наблюдалось в конце мая 2020 г. (табл. 5).

**Таблица 5.** Соотношение доли самцов стерляди с различными стадиями зрелости гонад в р. Северная Двина в мае 2018–2020 гг.**Table 5.** Ratio of the sterlet males with gonads of various maturity stages in the Severnaya Dvina river in May 2018–2020

| Возраст, лет<br>Age, years | II, II ж, II–III |      |      | III  |      |      | III–IV, IV |      |      | V    |      |      | VI–II |      |      |
|----------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
|                            | 2018             | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018       | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018  | 2019 | 2020 |
| 1+                         | 2                | 2    | 2    | 1    | –    | –    | –          | –    | –    | –    | –    | –    | –     | –    | –    |
| 2+                         | 3                | 5    | 5    | 17   | 1    | 4    | 10         | 20   | 16   | –    | 2    | –    | –     | –    | –    |
| 3+                         | 5                | 4    | 4    | 44   | 16   | 10   | 56         | 55   | 60   | 3    | 4    | 1    | –     | –    | 5    |
| 4+                         | 2                | 3    | 1    | 26   | 6    | 9    | 53         | 50   | 61   | 3    | 8    | 3    | –     | 4    | 4    |
| 5+                         | –                | –    | 1    | 26   | 6    | 6    | 40         | 32   | 35   | 3    | 4    | 3    | –     | –    | 2    |
| 6+                         | –                | –    | –    | 8    | –    | 4    | 33         | 14   | 22   | 1    | 1    | 2    | –     | –    | 1    |
| 7+                         | –                | –    | –    | 5    | 3    | 4    | 23         | 14   | 10   | 1    | 2    | 1    | –     | –    | –    |
| 8+                         | –                | –    | –    | –    | 2    | –    | 17         | 3    | 5    | –    | –    | 1    | –     | –    | 1    |
| 9+                         | –                | –    | –    | 1    | –    | –    | 8          | 3    | 3    | –    | –    | –    | –     | –    | –    |
| 10+                        | –                | –    | –    | 2    | –    | –    | 5          | 2    | –    | –    | –    | –    | –     | –    | –    |
| 11+                        | –                | –    | –    | –    | –    | –    | 5          | –    | –    | –    | –    | –    | –     | –    | –    |
| 12+                        | –                | –    | –    | –    | –    | –    | 1          | 1    | –    | –    | –    | –    | –     | –    | –    |
| 13+                        | –                | –    | –    | –    | –    | –    | 1          | 1    | –    | –    | –    | –    | –     | –    | –    |
| Всего экз.:                | 12               | 14.0 | 13   | 130  | 34   | 37   | 252        | 195  | 212  | 11   | 21   | 11   | 0     | 1    | 13   |
| %                          | 3.0              | 5.2  | 4.5  | 32.0 | 12.7 | 12.9 | 62.1       | 73.0 | 73.9 | 2.7  | 7.9  | 3.8  | 0     | 0.4  | 4.5  |

**Примечание.** “–” – нет данных.**Note.** “–” – not date.

По сравнению с 50-ми годами XX века [Соловкина, 1971 (Solovkina, 1971)], в настоящее время северодвинская стерлядь созревает раньше. Половозрелые самцы стерляди встречаются уже в возрасте 2+, а их массовое половое созревание происходит в возрасте 3–4+ (табл. 5). Первые созревающие самки также встречаются в возрасте 2+, массовое их созревание наступает с шестилетнего возраста (табл. 6). Смещение сроков созревания на более ранние связано с общим потеплением климата в регионе в последние годы и повышением средних температур воды летом в Северная Двина, с 1950 по 2016 год на 1–3°C [Двоеглазова, и др., 2020 (Dvoeglazova et al., 2020)].

**Таблица 6.** Соотношение доли самок стерляди с различными стадиями зрелости гонад в р. Северная Двина в мае 2018–2020 гг.

**Table 6.** Ratio of the sterlet females with gonads of various maturity stages in the Severnaya Dvina river in May 2018–2020

| Возраст, лет<br>Age, years | II, II ж, II–II |      |      | III  |      |      | III–IV, IV |      |      | VI–II |      |      |
|----------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------------|------|------|-------|------|------|
|                            | 2018            | 2019 | 2020 | 2018 | 2019 | 2020 | 2018       | 2019 | 2020 | 2018  | 2019 | 2020 |
| 2+                         | 2               | –    | 2    | 4    | 2    | 1    | 2          | 1    | –    | –     | –    | –    |
| 3+                         | 2               | 3    | –    | 7    | 6    | 5    | 4          | 1    | 2    | –     | –    | 1    |
| 4+                         | 1               | 1    | –    | 16   | 2    | 6    | 9          | 7    | 5    | –     | –    | 1    |
| 5+                         | –               | 1    | –    | 7    | 11   | 8    | 11         | 13   | 5    | –     | –    | –    |
| 6+                         | –               | –    | –    | 7    | 3    | 4    | 4          | 7    | 2    | –     | –    | 3    |
| 7+                         | 1               | –    | –    | 1    | 2    | 3    | 4          | 7    | 7    | –     | –    | 1    |
| 8+                         | –               | –    | –    | 1    | 2    | 2    | 2          | 6    | 2    | –     | –    | –    |
| 9+                         | –               | –    | –    | 1    | –    | 2    | 1          | 2    | 2    | –     | –    | 1    |
| 10+                        | –               | –    | –    | –    | –    | –    | 1          | 4    | 2    | –     | –    | –    |
| 11+                        | –               | –    | –    | 1    | 2    | –    | 2          | 1    | –    | –     | –    | –    |
| 12+                        | –               | –    | –    | –    | –    | –    | 3          | –    | –    | –     | –    | –    |
| 13+                        | –               | –    | –    | –    | 1    | –    | –          | –    | –    | –     | –    | –    |
| Всего экз.:                | 6               | 5.0  | 1    | 45   | 31   | 31   | 43         | 49   | 27   | 0     | 0    | 7    |
| %                          | 6.4             | 5.9  | 1.5  | 47.9 | 36.5 | 47.0 | 45.7       | 57.6 | 40.9 | 0     | 0    | 10.6 |

**Примечание.** “–” – нет данных.

**Note.** “–” – not date.

Соотношение созревающих (III стадия) и зрелых самок в период нереста позволяет предположить двухлетний цикл созревания стерляди в р. Северная Двина, что является характерной особенностью репродуктивной биологии этого вида осетровых, установленной ранее в реках Сибири и Волжско-Камского бассейна [Хохлова, 1955 (Khohlova, 1955); Ольшанская, 1955 (Ol'shanskaya, 1955); Шилов, 1971 (Shilov, 1971); Шилов, Красичкова, 1977 (Shilov, Krasichkova, 1977); Афанасьев, 1987 (Afanas'ev, 1987); Бартош, 2004 (Bartosh, 2004)].

Анализ динамики ГСИ стерляди, отражающего уровень ее генеративного обмена, показал, что у стерляди из разных рек наблюдаются значительные межпопуляционные раз-

У самок стерляди 2018–2020 гг. количество рыб с гонадами на разных стадиях зрелости характеризовалось следующим соотношением: неполовозрелые рыбы (II, II ж, II–III стадии) – 4.6%; созревающие – 43.8%; половозрелые – 48%; нерестящиеся с текущей икрой пойманы не были; отнерестившиеся – 3.5%. В 2018–2019 гг. самок с выбитой икрой (VI–II стадия) не было зафиксировано, потому что их отлов происходил на первоначальном этапе нереста, а в конце мая 2020 г., их доля составила 10.6%, так как нерест стерляди здесь уже завершался (табл. 6).

личия в величине этого показателя, связанные вероятнее всего с темпом роста рыб (табл. 7).

В границах всего ареала у стерляди отмечается высокая внутривидовая изменчивость роста [Остроумов, Огурцов, 1954 (Ostroumov, Ogurtsov, 1954); Шмидтов, 1939 (Shmidtov, 1939); Афанасьев, 1981 (Afanas'ev, 1981)].

Размерно-весовые показатели роста северодвинской стерляди по выборке 2019 г. представлены на рис. 3.

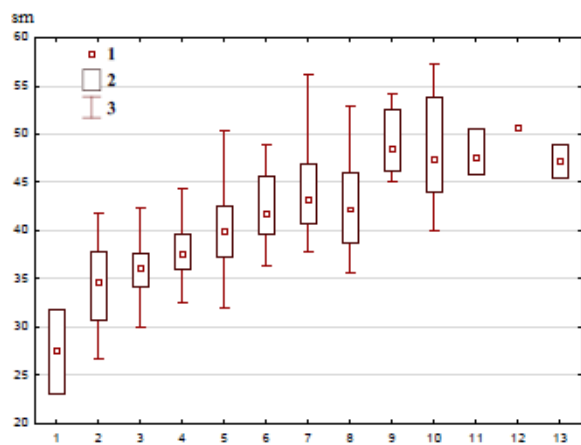
Значительный интервал медианных значений длины рыб, а также его увеличение по массе для большинства возрастных групп с возрастом характерен и для северодвинской стерляди (рис. 3).

**Таблица 7.** Изменения ГСИ (в %) в процессе развития половых желез стерляди в пределах ареала (над чертой среднее, под чертой пределы колебаний)**Table 7.** Changes of gonadosomatic index during the gonad development of sterlet within the distribution area (above the line average, below the line fluctuation limits), %

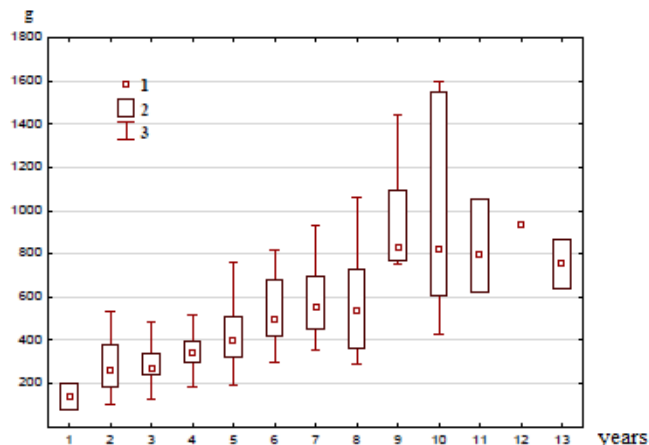
| Стадии зрелости гонад | Самки / Females          |               |                        |                          |                       |                          | Самцы / Males |               |                  |                       |                       |  |
|-----------------------|--------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|---------------|------------------|-----------------------|-----------------------|--|
|                       | Енисей                   | Енисей        | Иртыш                  | Чулым                    | Ока                   | Сев. Двина               | Енисей        | Енисей        | Иртыш            | Ока                   | Сев. Двина            |  |
| II–II<br>ж            | <u>2.5</u><br>1.5–3.6    | –             | –                      | –                        | <u>1.2</u><br>0.6–1.6 | –                        | 0.9           | –             | –                | <u>1.0</u><br>0.2–2.4 | 0.4                   |  |
| III                   | –                        | –             | –                      | –                        | –                     | 1.1                      | 4.6           | –             | –                | <u>1.6</u><br>1.0–2.6 | –                     |  |
| IV                    | <u>25.3</u><br>16.1–37.8 | 10.9–14.7     | <u>30</u><br>19.8–48.1 | <u>31.0</u><br>19.5–43.6 | –                     | <u>24.8</u><br>14.4–42.6 | –             | 7.9–8.5       | 3.2–12.3         | <u>4.5</u><br>1.2–8.1 | <u>3.2</u><br>1.1–6.7 |  |
| n                     | 12                       | –             | –                      | –                        | 14                    | 14                       | 2             | –             | –                | 43                    | 27                    |  |
| Источник, год         | Рубан, 1999              | Хохлова, 1955 | Третьякова, 1998       | Усынин, 1978             | Быков, Палатов, 2019  | Данные авто-ров, 2020    | Рубан, 1999   | Хохлова, 1955 | Третьякова, 1998 | Быков, Палатов, 2019  | Данные авто-ров, 2020 |  |

**Примечание.** “–” – нет данных.

**Note.** “–” – not date.



a



b

**Рис. 3.** Линейный (а) и весовой (б) рост стерляди среднего течения р. Северная Двина; 1 – медиана, 2 – границы интервала 25–75%, 3 – размах значений.

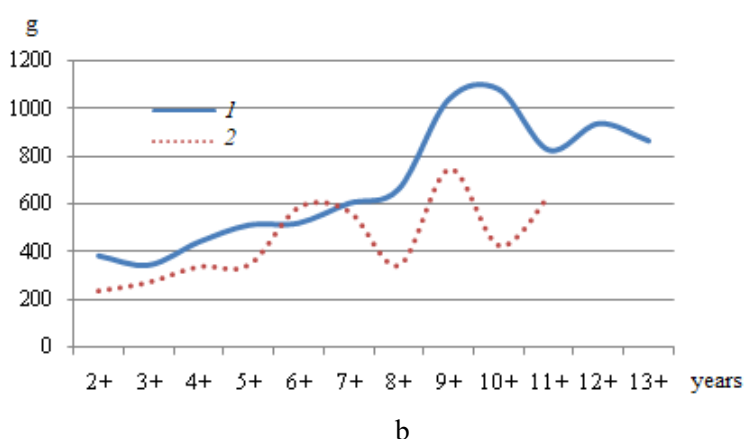
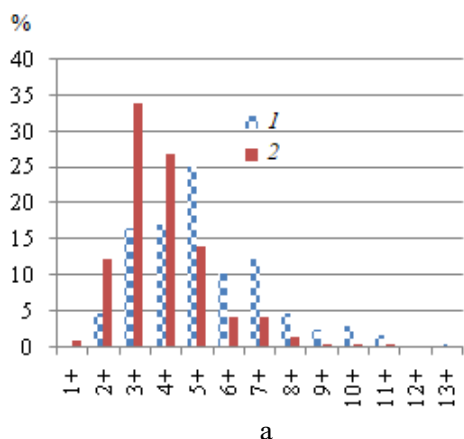
**Fig. 3.** Linear (a) and weight (b) growth of sterlet of the middle reaches of the Severnaya Dvina river; 1 – median, 2 – range of boundaries 25–75%, 3 – range of values.

Бимодальное распределение значений длины и массы рыб внутри одной возрастной группы, наблюдаемое ранее у средневожской стерляди, Ю.И. Афанасьев объяснял наличием у стерляди

внутривидовых форм, различающихся между собой по срокам созревания и темпу роста [Афанасьев, 1981 (Afanasyev, 1981)].

Внутривидовая дифференциация северодвинской стерляди визуально проявляется в различиях пропорций роstralной части головы у рыб сходных размеров. В уловах всегда присутствуют острорылые (преобладают в младших возрастных классах) и тупорылые рыбы (рис. 4а).

К острорылым относятся рыбы с индексом длины рыла, составляющим более 40% от длины головы, а к тупорылым – менее 40% соответственно. Острорылые стерляди численно преобладают в младших возрастных классах как в 50-е годы XX века [Остроумов, Огурцов, 1954 (Ostroumov, Ogurtsov, 1954);], так и в настоящее время (см. рис. 4а).



**Рис. 4.** Возрастной состав (а) и сравнение весового роста (б) тупорылой (1) и острорылой (2) стерляди р. Северная Двина.

**Fig. 4.** Age composition (a) and comparison of weight growth (b) of blunt-nosed (1) and sharp-nosed (2) sterlet of the Severnaya Dvina river.

Весовой рост самок и самцов северодвинской стерляди сходен в младших и средних возрастных группах (рис. 5б), что подтверждает выводы предыдущих исследователей об отсутствии существенных различий между полами у этого вида осетровых [Шмидтов, 1939 (Shmidtov, 1939); Хохлова, 1955 (Khohlova, 1955); Усынин, 1978 (Usynin, 1978)].

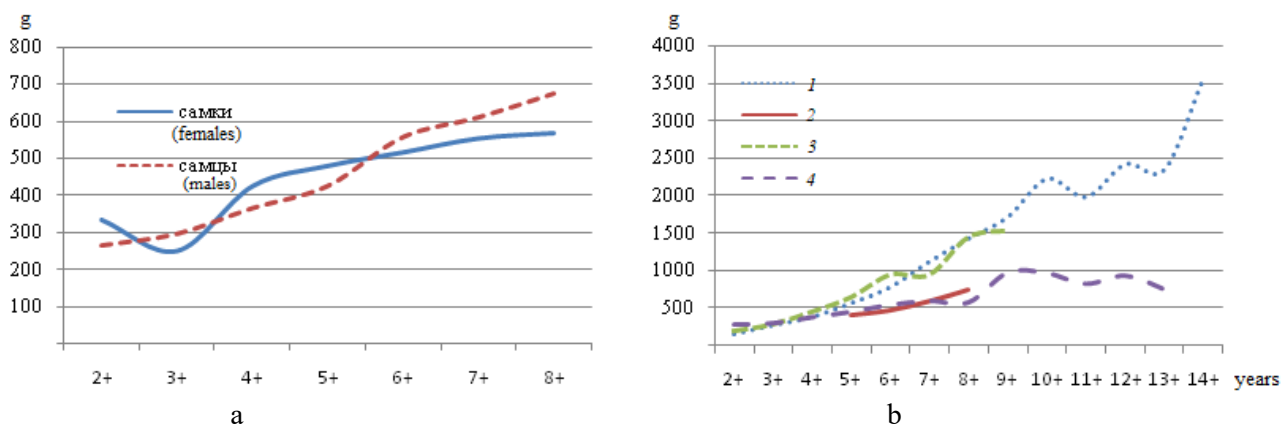
Анализ весового роста северодвинской стерляди по данным разных авторов, показал более высокие его показатели у стерляди в 30-е гг. XX века в р. Северная Двина [Кучина, 1963 (Kuchina, 1963); Соловкина, 1971 (Solovkina, 1971)]. Сходные показатели роста в настоящее время и в 50–70 гг. XX века [Остроумов, 1955 (Ostroumov, 1954)] характерны для средних возрастных групп. В р. Вычегда по данным А.Б. Захарова (1998) сейчас стерлядь растет быстрее, чем в р. Северная Двина (рис. 5б).

Возможными причинами снижения роста северодвинской стерляди в современных условиях является пищевая конкуренция между стерлядью и лещом с белоглазкой из-за роста численности последних в структуре ихтио-

Сравнение 2 групп северодвинской стерляди, с различной длиной рыла по темпу весового роста подтвердило выводы предыдущих исследователей [Остроумов, 1954 (Ostroumov, 1954); Шмидтов, 1939 (Shmidtov, 1939)] о том, что тупорылые рыбы, особенно в старших возрастных группах растут быстрее (рис. 4б). Однако и при разделении стерляди на 2 группы у острорылых рыб с возраста 7+ наблюдаются значительные колебания средних значений массы, что свидетельствует о том, что длина рыла не является определяющим признаком для разделения стерляди на внутривидовые формы по темпу роста.

ценозов русловой части реки [Новоселов, Студенов, 2007 (Novoselov, Studenov, 2007); Муслинов, и др., 2007 (Musinov et al., 2007)].

В период нереста стерлядь р. Северная Двина интенсивно питается. В среднем течении реки основу весеннего питания составляют личинки хирономид и ручейников. Второстепенными объектами питания являются двусторчатые моллюски и личинки мошек. К случайным объектам, характеризующим спектр питания именно в весенний период, относятся личинки мух, бабочек, полужесткокрылых и икра рыб. Существенных различий в составе питания северодвинской стерляди с увеличением ее размеров не установлено. Анализ материалов по питанию стерляди в р. Северная Двина во временном аспекте показал стабильность состава пищи по основным группам кормовых организмов. В периоды высокой водности в составе питания северодвинской стерляди увеличивается доля прикрепленных форм бентоса (преимущественно Trichoptera) [Быков и др., 2020 (Bykov et al, 2020)].



**Рис. 5.** Сравнение весового роста самок и самцов стерляди р. Северная Двина (а) и в разные периоды наблюдений (б): 1 – Двина, 1938; 2 – Двина, 1951; 3 – Вычегда, 1998; 4 – Двина, 2019.

**Fig. 5.** Comparison of weight growth of females and males of sterlet of the Severnaya Dvina river (a) and at different observation periods (b): 1 – Dvina, 1938; 2 – Dvina, 1951; 3 – Vycheгда, 1998; 4 – Dvina, 2019.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На русловых нерестилищах, расположенных в среднем течении р. Северная Двина в уловах стационарных ловушек стерлядь доминирует как по встречаемости, так и по массе, что позволяет классифицировать эти ловушки, как специализированные орудия лова стерляди. Средние уловы стерляди на единицу промыслового усилия в большей степени зависят от динамики уровня воды, чем от ее температуры. Размерно-возрастной состав уловов стерляди представлен на две трети рыбами младших возрастных классов (3–5+) и небольшими размерами (30–45 см и 0.2–0.6 кг). Половая структура нерестовых скоплений стерляди представлена примерно на 80 % самцами. Созревает северодвинская стерлядь в

настоящее время быстрее, чем 70 лет назад – вероятно, из-за повышения средних значений температуры воды в реке. В преднерестовых и нерестовых скоплениях доля созревающих и половозрелых самок и самцов составляет 90%. Количество отнерестившихся рыб увеличивается при повышении температуры воды. В настоящее время стерлядь растет медленнее, чем в 50–60-е годы XX века.

В рамках ихтиологического мониторинга северодвинской стерляди рекомендуется расширить исследования ее популяции в направлении изучения миграций, сезонного распределения по реке, особенностям ската ранней молоди и внутривидовой структуры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьев Ю.И. Биология размножения стерляди в условиях незарегулированной Волги в районе будущего Чебоксарского водохранилища // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. 1980. Вып. 157. С. 40–49.
- Афанасьев Ю.И. Биология неоднородности волжской стерляди в речных условиях и факторы, обуславливающие ее изменчивость // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. 1981. Вып. 165. С. 76–88.
- Афанасьев Ю.И. Продолжительность полового цикла самок стерляди в условиях незарегулированной Волги // Сборник трудов ГосНИОРХ. 1987. Вып. 267. С. 47–61.
- Бартош Н.А. Современное состояние популяций стерляди Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ // Состояние популяций стерляди в водоемах России и пути их стабилизации. М.: Экономика и информация, 2004. С. 112–159.
- Быков А.Д., Палатов Д.М. Биология стерляди *Acipenser ruthenus* среднего течения Оки // Труды Окского гос. природ. биосфер. заповед. 2019. Т. 38. С. 103–137.
- Быков А.Д., Палатов Д.М., Студенов И.И., Чупов Д.В. Особенности весеннего питания стерляди среднего течения р. Северной Двины // Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2020. № 7(174). С. 8–17. DOI: 10.33920/sel-09-2007-01.
- Вещев П.В. Воспроизводство стерляди (*Acipenser ruthenus* L) на Нижней Волге // Вопросы ихтиологии, 1982. Т. 22, № 4. С. 576–581.
- Галушкина Т.М. Некоторые результаты изучения северодвинской стерляди // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Карелии. Петрозаводск, 1968. С. 14–15.
- Двоеглазова К.С., Шелутко В.А., Горошкова Н.И. Оценка изменений термического режима рек бассейна Северной Двины // Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова. Санкт-Петербург: ООО “Издательство ВВМ”, 2020. С. 606–610.
- Еньшина С.А. О размножении среднеобской стерляди // Известия ГосНИОРХ. 1978. Т. 136. С. 130–138.

- Заделенов В.А. Стерлядь бассейна р. Енисей: естественное и искусственное воспроизводство // Состояние популяций стерляди в водоемах России и пути их стабилизации. М.: Экономика и информация, 2004. С. 77–94.
- Захаров А.Б., Крылова В.Д., Осипова Т.С. Итоги и перспективы интродукции северодвинской стерляди *Acipenser ruthenus* L в бассейн Печоры // Вопросы ихтиологии, 1998. Т. 38, № 6. С. 825–829.
- Зырянова Н.И. О размножении стерляди р. Вятки // Осетровое хозяйство в водоемах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 108–114.
- Зырянова Н.И. О размножении стерляди в нижнем течении р. Вятки в 1961–63 гг. // Известия ГосНИОРХ. 1967. Т. 62. С. 206–210.
- Капкаева Р.З. Размножение стерляди в Куйбышевском водохранилище у с. Ажабаева в 1976 // Известия ГосНИОРХ. 1978. Т. 137. С. 72–76.
- Кучина Е.С. Биология северодвинской стерляди и ее рациональное использование в бассейне р. Вычегды // Осетровое хозяйство водоемов СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 196–199.
- Лукин А.В. Наблюдения над биологией стерляди на Тетюшском нерестилище “Черемша” летом 1934 г. // Труды общества естествоиспытателей при КГУ. 1937. Т. 55, №1–2. С. 148–170.
- Лукин А.В. О стадиях половой зрелости у стерляди // Доклады АН СССР. 1941. Т. 32, № 5. С. 374–376.
- Лукин А.В. Некоторые особенности температурного режима, весеннего паводка р. Волги и их влияние на сроки нереста стерляди // Природа, 1946. № 2. С. 111–116.
- Лукин А.В. Основные черты экологии осетровых Средней Волги // Труды общества естествоиспытателей при Казанском университете. 1947. Т. 57. Ч. 1, Вып. № 3–4. С. 39–143.
- Новоселов А.П. Стерлядь бассейна р. Северная Двина // Состояние популяций стерляди в водоемах России и пути их стабилизации. М.: Экономика и информация, 2004. С. 160–174.
- Новоселов А.П., Студенов И.И. О питании и пищевых взаимоотношениях саморасселившейся белоглазки *Abramis sapra* (Pallas, 1814) и аборигенного сига *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758) в бассейне р. Северной Двины // Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. С. 232–234.
- Мусинов В.В., Новоселов А.П., Завиша А.Г. Питание леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) в среднем течении р. Северной Двины // Экологические проблемы Севера: межвузовский сб. науч. тр. 2007. Вып. 10. С. 98–101.
- Ольшанская О.Л. О случаях неежегодного нереста енисейской стерляди // Биологические основы рыбного хозяйства. Томск: Наука, 1959. С. 64–67.
- Остроумов А.А., Огурцов В.М. О двух формах стерляди // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 1954. Вып. 6. С. 37–39.
- Остроумов А.А. О состоянии запасов северодвинской стерляди // Рыбное хозяйство, 1955. № 5. С. 35–37.
- Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 265 с.
- Соколов Л.И., Акимова Н.В. К методике определения возраста сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt р. Лены // Вопросы ихтиологии, 1976. Т. 16. Вып. 5. С. 853–858.
- Рубан Г.И. Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt: Структура вида и экология. Москва, 1999. 236 с.
- Соловкина Л.Н. Современные представления о биологии стерляди р. Северная Двина // Труды ЦНИОРХ. 1971. Т. 3. С. 298–304.
- Третьякова Т.В. Морфология, экология и разведение сибирской стерляди (*Acipenser ruthenus marsihgli* Brandt) Нижнего Иртыша. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Тюмень, 1998. 21 с.
- Уснин В.Ф. Биология стерляди (*Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt) р. Чулым // Вопросы ихтиологии, 1978. Т. 18. Вып 4. С. 624–635.
- Хохлова М.В. Стерлядь (*Acipenser ruthenus natio marsiglii* Brandt) р. Енисей // Вопросы ихтиологии, 1955. Вып. 4. С. 41–56.
- Шилов В.И., Красичкова О.Н. О достижении половой зрелости и продолжительность повторных созреваний половых продуктов самок стерляди Волгоградского водохранилища // Зоологический журнал, 1977. Т. 56. Вып. 6. С. 894–900.
- Шилов В.И. О расах, росте, созревании и повторности нереста стерляди Волгоградского водохранилища // Труды Саратовского отделения ГосНИОРХ. 1971. Т. 11. С. 112–153.
- Шмидтов А.И. Стерлядь (*Acipenser ruthenus* L) // Ученые записки Казанского Гос. Ун-та. Казань, 1939. Т. 99. Вып. 4–5. 279 с.

## REFERENCES

- Afanas'ev Yu.I. Biologiya razmnzheniya sterlyadi v usloviyah nezaregulirovannoj Volgi v rajone budushchego SHeboksarskogo vodohranilishcha. *Sbornik nauchnyh trudov GosNIORH*, 1980, vol. 157, pp. 40–49. (In Russia)
- Afanas'ev Yu.I. Biologiya neodnorodnosti volzhskoj sterlyadi v rechnyh usloviyah i faktory, obuslavlivayushchie ee izmenchivost'. *Sbornik nauchnyh trudov GosNIORH*, 1981, vol. 165, pp. 76–88. (In Russia)
- Afanas'ev Yu.I. Prodolzhitel'nost' polovogo cikla samok sterlyadi v usloviyah nezaregulirovannoj Volgi. *Sbornik trudov GosNIORH*, 1987, vol. 267, pp. 47–61. (In Russia)
- Bartosh N.A. Sovremennoe sostoyanie populyacij sterlyadi Kujbyshevskogo i Nizhnekamskogo vodohranilishch. *Sostoyanie populyacij sterlyadi v vodoyomah Rossii i puti ih stabilizacii*. М., Экономика i informaciya, 2004, pp. 112–159. (In Russia)



- Bykov A.D., Palatov D.M. Biologiya sterlyadi Acipenser ruthenus srednego techeniya Oki. *Tr. Okskogo gos. prirod. biosfer. zapoved.*, 2019, vol. 38, pp. 103–137. (In Russia)
- Bykov A.D., Palatov D.M., Studenov I.I., Chupov D.V. Osobennosti vesennego pitaniya sterlyadi srednego techeniya r. Severnoy Dviny. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo*, 2020, no. 7(174), pp. 8–17. doi: 10.33920/sel-09-2007-01. (In Russia)
- Veshchev P.V. Vospriizvodstvo sterlyadi (Acipenser ruthenus L) na Nizhnej Volge. *Voprosy ihtiologii*, 1982, vol. 22, no. 4, pp. 576–581. (In Russia)
- Galushkina T.M. Nekotorye rezul'taty izucheniya severodvinskoj sterlyadi. *Biologicheskie resursy Belogo morya i vnutrennih vodoemov Karelii*. Petrozavodsk, 1968, pp. 14–15. (In Russia)
- Dvoeglazova K.S., Shelutko V.A., Goroshkova N.I. Ocenka izmenenij termicheskogo rezhima rek bassejna Severnoj Dviny. *Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii pamyati vydayushchegosya russkogo uchenogo YUriya Borisovicha Vinogradova*. Sankt-Peterburg, OOO “Izdatel'stvo VVM”, 2020. pp. 606–610. (In Russia)
- En'shina S.A. O razmnzhenii sredneobskoj sterlyadi. *Izvestiya GosNIORH*, 1978, vol. 136, pp. 130–138. (In Russia)
- Zadelenov V.A. Sterlyad' bassejna r. Enisej: estestvennoe i iskusstvennoe vospriizvodstvo. *Sostoyanie populyacij sterlyadi v vodoyomah Rossii i puti ih stabilizacii*. M., Ekonomika i informaciya, 2004, pp. 77–94. (In Russia)
- Zaharov A.B., Krylova V.D., Osipova T.S. Itogi i perspektivy introdukcii severodvinskoj sterlyadi Acipenser ruthenus L v bassejn Pechory. *Voprosy ihtiologii*, 1998, vol. 38, no. 6. pp. 825–829. (In Russia)
- Zyryanova N.I. O razmnzhenii sterlyadi r. Vyatki. *Osetrovoe hozyaystvo v vodoemah SSSR*. M., Izd-vo AN SSSR, 1963, pp. 108–114. (In Russia)
- Zyryanova N.I. O razmnzhenii sterlyadi v nizhnem techenii r. Vyatki v 1961–1963 gg. *Izvestiya GosNIORH*, 1967, vol. 62, pp. 206–210. (In Russia)
- Kapkaeva R.Z. Razmnzhenie sterlyadi v Kujbyshevskom vodohranilishche u s. Azhabaeva v 1976. *Izvestiya GosNIORH*, 1978, vol. 137, pp. 72–76. (In Russia)
- Kuchina E.S. Biologiya severodvinskoj sterlyadi i eyo racional'noe ispol'zovanie v bassejne r. Vyhegdy. *Osetrovoe hozyaystvo vodoyomov SSSR*. M., Izd-vo AN SSSR, 1963, pp. 196–199. (In Russia)
- Lukin A.V. Nablyudeniya nad biologiej sterlyadi na Tetyushskom nerestilishche “Cheremsha” letom 1934 g. *Trudy ob-va estestvoispytatelej pri KGU*, vol. 55, no. 1–2, pp. 148–170. (In Russia)
- Lukin A.V. O stadiyah polovoj zrelosti u sterlyadi. *Doklady AN SSSR*, 1941, vol. 32, no. 5, pp. 374–376. (In Russia)
- Lukin A.V. Nekotorye osobennosti temperaturnogo rezhima, vesennego pavodka r. Volgi i ih vliyanie na sroki neresta sterlyadi. *Priroda*, 1946, no. 2, pp. 111–116. (In Russia)
- Lukin A.V. Osnovnye cherty ekologii osetrovyh Srednej Volgi. *Trudy obshchestva estestvoispytatelej pri Kazanskom un-te*, 1947, vol. 57, pt. 1, no. 3–4, pp. 39–143. (In Russia)
- Novoselov A.P. Sterlyad' bassejna r. Severnaya Dvina. *Sostoyanie populyacij sterlyadi v vodoyomah Rossii i puti ih stabilizacii*. M., Ekonomika i informaciya, 2004, pp. 160–174. (In Russia)
- Novoselov A.P., Studenov I.I. O pitanii i pishchevyh vzaimootnosheniyah samorasselivsheysya beloglazki Abramis sapa (Pallas, 1814) i aborigennogo siga Coregonus lavaretus (Linnaeus, 1758) v bassejne r. Cevernoj Dviny. *Estestvennye i invazijnye processy formirovaniya bioraznoobraziya vodnyh i nazemnyh ekosistem*. Rostov-na-Donu, Izd-vo YUNC RAN, 2007, pp. 232–234. (In Russia)
- Musinov V.V., Novoselov A.P., Zavisha A.G. Pitanie leshcha Abramis brama (Linnaeus, 1758) v srednem techenii r. Severnoj Dviny. *Ekologicheskie problemy Severa. Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov*. 2007, vol. 10. pp. 98–101. (In Russia)
- Ol'shanskaya O.L. O sluchayah neezhegodnogo neresta enisejskoj sterlyadi. *Biologicheskie osnovy rybnogo hozyajstva*. Tomsk, Nauka, 1959, pp. 64–67. (In Russia)
- Ostroumov A.A., Ogurcov V.M. O dvuh formah sterlyadi. *Byulleten' Moskovskogo o-va ispytatelej prirody*, 1954, vol. 6. pp. 37–39. (In Russia)
- Ostroumov A.A. O sostoyanii zapasov severodvinskoj sterlyadi. *Rybnoe hozyajstvo*, 1955, no. 5, pp. 35–37. (In Russia)
- Plohinskij N.A. Biometriya. M., Izd-vo MGU, 1970, 265 p. (In Russia)
- Sokolov L.I., Akimova N.V. K metodike opredeleniya vozrasta sibirskogo osetra Acipenser baerii Brandt r Leny. *Voprosy ihtiologii*, 1976, vol. 16, no. 5, pp. 853–858. (In Russia)
- Ruban G.I. *Sibirskij osetr Acipenser baerii Brandt: Ctruktura vida i ekologiya*. M., Institut problem ekologii i evolyucii im. A.N. Severtcova RAN, 1999. 236 p. (In Russia)
- Solovkina L.N. Sovremennye predstavleniya o biologii sterlyadi r. Severnaya Dvina. *Trudy CNIORH*, 1971, vol. 3. pp. 298–304. (In Russia)
- Tret'yakova T.V. Morfologiya, ekologiya i razvedenie sibirskoj sterlyadi (Acipenser ruthenus marsihgli Brandt) Nizhnego Irtysha. *Avtoref. diss. ... kand. biolog. nauk*. Tyumen', 1998. 21 p. (In Russia)
- Usynin V.F. Biologiya sterlyadi (Acipenser ruthenus marsiglii Brandt) r. Chulym. *Voprosy ihtiologii*, 1978, vol. 18, no. 4. pp. 624–635. (In Russia)
- Hohlova M.V. Sterlyad' (Acipenser ruthenus natio marsiglii Brandt) r. Eniseya. *Voprosy ihtiologii*, 1955, vol. 4, pp. 41–56. (In Russia)
- Shilov V.I., Krasichkova O.N. O dostizhenii polovoj zrelosti i prodolzhitel'nost' povtornyh sozrevanij polovyh produktov samok sterlyadi Volgogradskogo vodohranilishcha. *Zoologicheskij zhurnal*, 1977, vol. 56, no. 6. pp. 894–900. (In Russia)

- Shilov V.I. O rasah, roste, sozrevanii i povtornosti neresta sterlyadi Volgogradskogo vodohranilishcha. *Trudy Saratovskogo otdeleniya GosNIORH*, 1971, vol. 11, pp. 112–153. (In Russia)
- Shmidtov A.I. Sterlyad' (Acipenser ruthenus L). *Uchenye zapiski Kazanskogo Gos. Un-ta*, 1939, vol. 99, no. 4–5. 279 p. (In Russia)

## BIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE REPRODUCTIVE GUILD OF ACIPENSER RUTHENUS (LINNAEUS, 1758) IN THE SEVERNAYA DVINA RIVER

I. I. Studenov<sup>1</sup>, A. D. Bykov<sup>2</sup>, D. V. Chupov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Northern Department (SevPINRO) of the Polar Branch of FSBNU VNIRO  
163002, Arkhangelsk, 17 Uritsky street, e-mail: severniro@vniro.ru

<sup>2</sup> FSBNU VNIRO

According to results of ichthyological monitoring of the sterlet population in the middle part of the Severnaya Dvina river in the spring period 2018–2020 established a greater dependence of the value of catches in stationary traps on the dynamics of the water level in the river, compared with water temperature. On the spawn places located in the middle part of the Severnaya Dvina river in the catches of stationary traps, sterlet dominates both in quantity and in mass. Average catch per unit of fishing effort (CPUE) is more dependent on water level dynamics than on water temperature. Age and length composition of sterlet catches is represented by two-thirds by fish of the younger age classes (3–5+) and small sizes (30–45 cm and 0.2–0.6 kg). The sexual structure of spawning sterlet represented by about 80% of males. The sterlet in the Severnaya Dvina river is currently grow faster than 70 years ago – probably due to an increase in the average water temperature in the river. In pre-spawning and spawning parts of sterlet population proportion of maturing and sexually mature females and males is 90%. The number of past-spawners increases with increasing water temperature. Currently, sterlet grows more slowly than in the 50–60s of the 20th century. Sterlet is intensively fed in the Severnaya Dvina river during the spawning period. In the middle part of the river, the basis of spring nutrition is chironomids and caddis fly larvae. Secondary fed objects are bivalve mollusks and blackfly. Random objects characterizing the nutritional spectrum in the spring include larvae of flies, butterflies, hemipterous and fish eggs. There are no significant differences in fed of sterlet with an increase in its size in the Severnaya Dvina river.

**Keywords:** sterlet, Severnaya Dvina river, spawning, Age and length structure, growth, maturation

Научное издание

**Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
вып. 96(99), 2021 г.**

*Рекомендуемый вариант цитирования статей:*

... // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2021, Вып. 96(99). С. ...

*Recommended option for citing articles:*

... // Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, 2021. Is. 96(99). P. ...

Подписано в печать 20.12.2021. Формат 60×90 1/8.

Усл. печ. л. 9. Заказ № 22016. Тираж 150 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ООО «Филигрань»  
150049, г. Ярославль, ул. Свободы, 91, [pechataet@bk.ru](mailto:pechataet@bk.ru)