

БОТАНИКА

Научная статья

УДК 627.12[556.114+582.261/.279](470.51-25)

EDN: GRHKIT

doi: 10.17072/1994-9952-2025-4-338-350



Альгофлора родников Ижевска

Софья Михайловна Госькова^{1✉}, Николай Иванович Наumenко²,
Александр Сергеевич Алалыкин^{3, 4}

^{1, 2, 4} Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

^{1✉} schwakobabr2012@yandex.ru

² naumenko-nik@yandex.ru

³ Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Ижевск, Россия, ftt@udsu.ru

Аннотация. Приводится таксономический состав альгофлоры источников г. Ижевска и его окрестностей, где было выявлено 69 видов водорослей из 10 классов 5 отделов. В списке видов выделяется ядро родниковой альгофлоры, включающее специфичные для эукренов реофильные водоросли (*Odontidium mesodon*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna*, *Achnanthydium minutissimum*, *Gomphonema parvulum*), а также часто встречающиеся *Audouinella pygmaea*, *Phormidium umbilicatum*, *Frustulia crassinervia* и *Nitzschia linearis*. Низкая степень видового сходства родников обусловлена большими различиями в составе редко отмечаемых видов, среди которых выделяется группа бриофильных видов, ассоциированных с произрастающими у выходов родниковых вод мхами (*Odontidium mesodon*, *Frustulia crassinervia*). В списке отмечены редкие виды *Dactylococcopsis raphidioides* f. *falciformis* (Cyanophyceae) и *Gomphonema liyanlingae* (Bacillariophyceae). Наибольшим количеством видов в списке представлен класс Bacillariophyceae – 51 вид из 27 родов, из которых наиболее богаты видами роды *Nitzschia* (6 видов), *Pinnularia* (5 видов), *Cymbella* и *Gomphonema* (по 4 вида). Также приведены сведения о некоторых физико-химических характеристиках воды родников: температуре, кислотности, общей минерализации, содержании нитратов, сульфатов, кремния и хлоридов. Обсуждается экологическая значимость родников в урбанизированном ландшафте как уникальных водных местообитаний.

Ключевые слова: родники, подземные воды, альгофлора, Ижевск

Для цитирования: Госькова М. С., Наumenко Н. И., Алалыкин А. С. Альгофлора родников Ижевска // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2025. Вып. 4. С. 338–350. <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2025-4-338-350>.

Благодарности: работа выполнена в рамках тематики научных исследований ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», осуществляемых за счет средств федерального бюджета, поддержанных Министерством науки и высшего образования Российской Федерации «Биоразнообразие природных экосистем Заволжско-Уральского региона: история его формирования, современная динамика и пути охраны» (FEWS-2024-0011). Авторы благодарят А. В. Алтынцева, А. М. Глущенко, М. С. Куликовского, Е. М. Кезлю, Н. В. Холмогорову за содействие и ценные комментарии при выполнении исследовательской работы.

BOTANY

Original article

Algal flora in the springs of Izhevsk

Sofya M. Goskova^{1✉}, Nikolay I. Naumenko², Aleksandr S. Alalykin^{3, 4}

^{1, 2, 4} Udmurt State University, Izhevsk, Russia

^{1✉} schwakobabr2012@yandex.ru

² naumenko-nik@yandex.ru

³ Udmurt Federal Research Center of Ural branch of RSA, Izhevsk, Russia, ftt@udsu.ru

Abstract. This article provides a taxonomic list of spring algal flora in the city of Izhevsk with its area, which includes 69 species of 5 divisions. In the list of algal species, there is a core assemblage of algal flora which consists of rheophilic algae typical for eucrenes (*Odontidium mesodon*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna*, *Achnanthydium minutissimum*, *Gomphonema parvulum*) and also frequently occurring *Audouinella pygmaea*,

Phormidium umbilicatum, *Frustulia crassinervia* and *Nitzschia linearis* Low compositional similarity in springs is a result of big differences in composition of species with low frequency of registering, among them there is a group of bryophytic algae, which are associated with mosses growing near springs (*Odontidium mesodon*, *Frustulia crassinervia*). There are also rare species *Dactylococcopsis raphidioides* f. *falciformis* (Cyanophyceae) and *Gomphonema liyanlingae* (Bacillariophyceae) on the list. The most species of the list belong to Bacillariophyceae (51 species of 27 genera) and among them the most species are from genera *Nitzschia* (6 species), *Pinnularia* (5 species), *Cymbella* (4 species), *Gomphonema* (4 species). Also the data about some spring water characteristics, such as temperature, pH, total dissolved solids, concentration of nitrates, sulfates, silicon and chlorides are provided. Ecological role of springs in urban environment as unique water habitat is also discussed.

Keywords: springs, groundwater, algal flora, Izhevsk

For citation: Goskova S. M., Naumenko N. I., Alalykin A. S. [Algal flora in the springs of Izhevsk]. *Bulletin of the Perm University. Biology*. Iss. 4 (2025): pp. 338-350. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2025-4-338-350>.

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation “Biodiversity of natural ecosystems of the Trans-Volga-Ural region: the history of its formation, modern dynamics and ways of protection (FEWS-2024-0011). The authors are grateful to A. V. Altynytsev, A. M. Glushchenko, M. S. Kulikovskiy, E. M. Kezlya, N. V. Kholmogorova for technical support and precious comments.

Введение

Родники являются характерной чертой ландшафта г. Ижевска (на его территории насчитывается 46 родников). Все они происходят из нижеустьинского терригенного водоносного горизонта, залегающего под чехлом четвертичных отложений и выходящего на поверхность в нижних частях склонов рек. Водовмещающие породы горизонта – песчаники, известняки и мергели, водоупорные слои сложены глинами и алевролитами. Мощность водовмещающей толщи колеблется от 2.1 до 24 м, питание преимущественно атмосферное, водообильность очень изменчива при среднем значении дебита родников 0.5–1.0 л/с [Елькин, Рысин, 1998; Родники Ижевска, 2000]. Все рассмотренные родники по характеру выхода являются реокренами. Многие ижевские родники имеют сливы, что оставляет очень мало пригодного для развития альгофлоры пространства; часть родников заключены в постройки и сильно затемнены, что также не способствует развитию богатой альгофлоры. Отсутствие охранного статуса городских родников привело к исчезновению 16 из них за последние два десятилетия [Экология и природопользование..., 2018], в то же время большинство оставшихся родников продолжают использоваться населением в качестве источников питьевой воды при недостаточном информировании о ее качестве. Сравнение нынешнего состояния каптажей с фотографиями 1990-х гг. из монографии «Родники Ижевска» [2000] показывает деградацию большинства прилегающих к родникам территорий.

В монографии, обобщающей данные о характеристиках и охране хозяйственно-питьевых вод Удмуртской АССР [Наумов, 1978], родниковые воды Ижевска по химическому составу характеризовались преимущественно как гидрокарбонатные с умеренной минерализацией.

Исследования воды большинства городских родников и прилегающих к ним почв по некоторым химическим параметрам периодически проводились с 1990-х гг. [Родники Ижевска, 2000; Исаев и др., 2004; Рылова и др., 2006; Рылова и др., 2008; Владыкина и др., 2016; Экология и природопользование ..., 2018; Раянова, 2021]; в 2004–2020 гг. изучалась бриофлора некоторых родников Ижевска [Рубцова, 2024]. Однако населяющая родники альгофлора в перечисленных публикациях не рассматривалась. Целью нашей работы было выявление таксономического состава водорослевой флоры ряда ижевских родников и дополнение сведений о физико-химических характеристиках их вод.

Материалы и методы

Сбор проб воды и альгологического материала проводился с 22 по 29 августа 2023 г. в следующих точках (номера в скобках соответствуют номерам родников, указанным в монографии «Родники Ижевска» [2000]) (рис. 1): **1.** Важнин ключ (№ 50); **2.** Подборенский 1 (№ 59); **3.** Подборенский 2 (№ 55); **4.** Подборенский 3 (№ 48); **5.** Подборенский 4 (№ 46); **6.** Подборенский 5 (№ 47); **7.** Родник имени Д. А. Пригова (№ 40); **8.** Козий родник (№ 41); **9.** Пугачёвский родник (село Завьялово); **10.** Артезианская скважина в деревне Кабанихе; **11.** Родник на набережной (№ 51); **12.** Родник в Парке им. Е.Ф. Драгунова; **13.** Ключ 1; **14.** Ключ 2; **15.** Родник № 13 (№ 13); **16.** Артезианская скважина в микрорайоне Шунды (ниже улицы Учхозной); **17.** Родник № 11 (№ 11); **18.** Казанский родник (№ 10); **19.** Чемошурский 1 (№ 19); **20.** Чемошурский 2 (№ 23); **21.** Родник в Ярушкинском парке; **22.** Карлутский 1 (№ 42); **23.** Карлутский 2, 3 (№ 33, № 34); **24.** Родник в 3-м микрорайоне (северо-западнее СНТ «Пенсионер»); **25.** Карлутский 4 (№

28); 26. Карлутский 5 (№ 29); 27. Карлутский 6 (№ 30); 28. Малиновский 1 (№ 3); 29. Малиновский 2 (№ 5); 30. Родник в микрорайоне Медведево (№ 25).

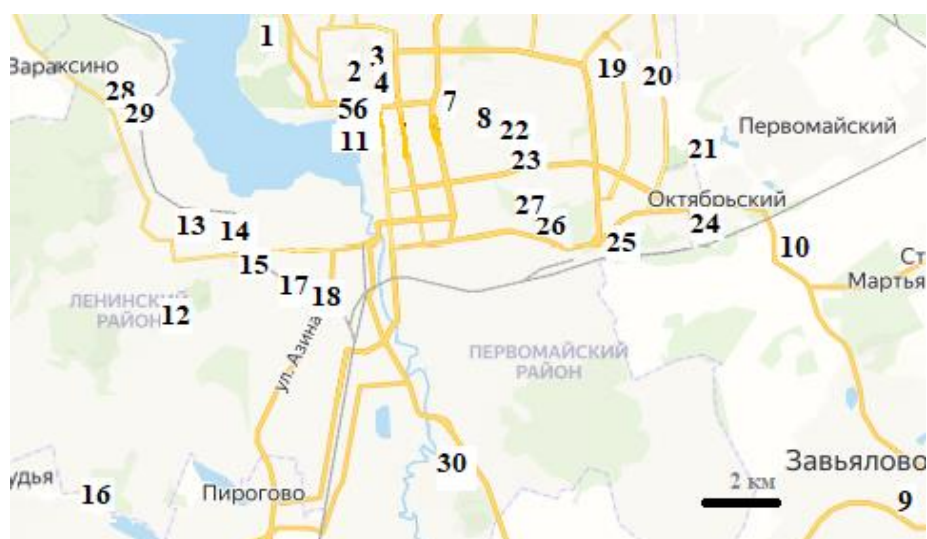


Рис. 1. Карта-схема точек пробоотбора (номера точек отбора проб соответствуют приведенным в тексте)

[Scheme of sample sites (numbers of sites coincide with those in the text)]

Всего были собраны и проанализированы пробы из 28 родников и 2 артезианских скважин. Определяемые физико-химические параметры включали температуру воды, кислотность, общую минерализацию, содержание нитратов, сульфатов, кремния и хлоридов.

Показатель общей минерализации воды (total dissolved solids, TDS) измерялся карманным солемером T.D.S Meter 3 Hold, pH воды – карманным pH-метром (Water test, Китай). Температуру (Т) воды измеряли ртутным термометром с минимальным делением в 1°C. Химический анализ проб воды осуществлялся фотометрическими методами (при помощи спектрофотометра «UNICO 2100») для нитратов (ПНД Ф 14.1:2:4.4-95) и кремния (ПНД Ф 14.1:2:4.215-06), турбидиметрическим методом для сульфатов (ПНД Ф 14.1:2.159-2000), аргентометрическим методом для хлоридов (ПНД Ф 14.1:2:3.96-97).

Перифитон отбирали с прилегающих к выходам родников субстратов (песка, камней, бетонных, металлических или деревянных водостоков). Анализ видового состава осуществлялся с помощью светового микроскопа Zeiss Axiostar plus (Carl Zeiss, Германия) и частично электронно-сканирующего микроскопа InspectS50 по принятым определителям [Виноградова и др., 1980; Царенко, 1990; Komarek, Anagnostidis, 2005; Куликовский и др., 2016] и электронной базе Diatoms of North America [2024]. Для приготовления препаратов диатомовых водорослей были использованы перекись водорода (37%) и среда Naphrax. Номенклатура таксонов приведена в соответствии с электронной базой данных AlgaeBase [2023]. Степень сходства флор выражалась индексом Жаккара.

Результаты и их обсуждение

Территориально в списке исследованных родников можно выделить пять групп (в скобках указаны номера точек пробоотбора):

1) **подборенские (2–6)**: родники этой группы, принадлежащие бассейну р. Подборенка, расположены компактно и сходны по составу воды и альгофлоры; t 9.5–11.0°C, pH 7.0–7.3, TDS 490–600, NO_3 40–57 мг/дм³, SO_4 61–72 мг/дм³, Si 10–12 мг/дм³, Cl 78–92 мг/дм³; здесь отмечены максимальные значения содержания сульфатов в воде;

2) **карлутские (7–8, 22–23, 25–27)**: родники этой группы, принадлежащие бассейну р. Карлутка, расположены на протяженной территории и более разнообразны по составу воды, чем родники первой группы; t 7.0–12.0°C, pH 6.9–7.4, TDS 360–640, NO_3 50–95 мг/дм³, SO_4 28–58 мг/дм³, Si 8.0–11.5 мг/дм³, Cl 37–106 мг/дм³;

3) **чешошурские (19–21)**: родники этой группы принадлежат бассейну р. Чешошурка; t 7.0–10.5°C, pH 7.0–7.2, TDS 300–490, NO_3 18–25 мг/дм³, SO_4 30–51 мг/дм³, Si 12.0–13.5 мг/дм³, Cl 53–101 мг/дм³;

4) **правобережные (15, 17–18)**: группа родников к югу от Ижевского водохранилища; t 8.5–10.0°C, pH 6.9–7.0, TDS 500–570, NO_3 52–105 мг/дм³, SO_4 48–68 мг/дм³, Si 14.5–19.0 мг/дм³, Cl 67–102 мг/дм³ (очень высокие концентрации нитратов (до 177 мг/дм³) отмечались для родников этой группы еще со второй половины 1990-х гг. [Родники Ижевска, 2000]);

5) **Малиновские (28–29)**: родники, принадлежащие бассейну р. Малиновка; t 7.0–7.5°C, pH 7.1–7.2, TDS 260–360, NO_3 36–37 мг/дм³, SO_4 19–25 мг/дм³, Si 13.5–14.0 мг/дм³, Cl 17–46 мг/дм³.

Прочие родники расположены одиночно и удаленно от этих групп. В целом значения pH воды находятся в диапазоне 6.9–9.0, TDS – 130 (точка **9**) – 640 (точка **25**), концентрации NO_3 в диапазоне <1 (точки **10** и **16**) – 105 мг/дм³ (точка **18**) (ПДК нитратов (по СанПиН 1.2.3685-21) превышена в 16-ти точках, наиболее значительно в воде родников карлутской и правобережной групп), SO_4 в диапазоне 9 (точка **9**) – 72 мг/дм³ (точка **4**), Si в диапазоне 4.5 (точка **10**) – 19 мг/дм³ (точка **15**), Cl в диапазоне <1 (точка **16**) – 147 мг/дм³ (точка **11**).

Сравнение с литературными данными по родникам других городских территорий [Назаров, 2002; Буймова, 2006; Зуева, Китаев, 2010; Кузнецова, 2016; Орлов, 2016; Лукашевич, Чернышова, 2018; Тизян, Скугорева, 2020; Пасечник и др., 2022; Романова, Большаник, 2022; Соболева, 2023] показывает, что физические параметры и концентрации макроэлементов в воде ижевских родников в целом не выходят за характерные для этого типа водных объектов пределы, хотя в воде родников северо-западной части города (точки **12**, **13**, **15**) заметно высокое содержание кремния. Вода артезианских скважин (точки **10** и **16**) отличается минимальным содержанием нитратов и кремния и низким содержанием хлоридов.

Список видов водорослей исследованных родников

Обозначения обилия и встречаемости вида (символ слева: + – единичные клетки, **r** – мало, **f** – в значительном количестве, **m** – в массе; символ справа: **P** – Подборенская группа родников, **K** – Карлутская группа, **B** – Правобережная группа, **C** – Чемошурская группа, **M** – Малиновская группа, + – более, чем в двух группах).

Cyanobacteriophyta

Cyanophyceae

Chroococcales

Chroococcaceae

Chroococcus sp. **r+**

Dactylococcopsis raphidioides f. *falciformis* Printz (рис. 3c) **fP**

Microcystaceae

Merismopedia sp. **rK**

Oscillatoriales

Microcoleaceae

Phormidiochaete balearica (Bornet et Flahault ex Forti) Komárek **fPB**

Oscillatoriaceae

Phormidium umbilicatum Gomont **f+**

Coleofasciculales

Coleofasciculaceae

Symploca sp. **rB**

Heterokontophyta

Bacillariophyceae

Achnanthales

Achnanthaceae

Achnanthidium minutissimum (Kützinger) Czarnecki (рис. 2q) **m+**

Ach. sp. (рис. 3b) **f+**

Cocconeidaceae

Cocconeis euglypta Ehrenberg (рис. 2ad) **r+**

C. pediculus Ehrenberg **fK**

Achnanthidiaceae

Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (рис. 2s) **fPK**

P. granum (Hohn and Hellerman) Lange-Bertalot (рис. 2k) **rP**

P. lanceolatum (Brébisson ex Kützinger) Lange-Bertalot (рис. 2u) **fPK**

Psammothidium chlidanos (Hohn and Hellerman) Lange-Bertalot (рис. 2m) **fCP**

P. subatomoides (Hustedt) Bukhtiyarova et Round (рис. 2r) **fP**

Bacillariales

Bacillariaceae

Denticula tenuis Kützinger (рис. 2t) **fK**

Nitzschia clausii Hantzsch **f+**

Nitzschia dissipata (Kützinger) Rabenhorst **rP**

N. fonticola (Grunow) Grunow (рис. 2aa) **rB**

N. linearis Smith. **fPK**

N. palea (Kützinger) Smith (рис. 2z) **f+**

N. sigmoidea (Nitzsch) Smith **r+**
Tryblionella salinarum (Grunow) Pelletan **fP**
 Cymbellales
 Anomoeoneidaceae
Anomoeoneis sphaerophora Pfitzer **r+**
 Cymbellaceae
Cymbella hantzschiana Krammer (рис. 2a) **mP**
C. hustedtii Krasske (рис. 2b) **mK**
C. neogena (Grunow) Krammer **r+**
C. vulgata Krammer (рис. 2c) **fP**
Witkovskia abiskoensis (Hustedt) Kulikovskiy, Glushchenko, Mironov et Kociolek (рис. 2p) **rPBK**
 Gomphonemataceae
Gomphonema acuminatum Ehrenberg (рис. 2h) **f+**
G. capitatum Ehrenberg (рис. 2g) **r+**
G. liyanlingae Metzeltin et Lange-Bertalot (рис. 2i). **rP**
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing sensu lato (рис. 2f). Как показано в исследовании D.T. Rose [2008], этот таксон должен по крайней мере частично включать *G. gracile*, т. к. инициальные клетки *G. parvulum* морфологически полностью соответствуют второму виду. Кроме того, некоторые выделенные в отдельные виды формы, такие как *G. exilissimum*, могут все же являться экоморфами (вид описывается как приуроченный к олиготрофным условиям с низкой минерализацией, в то время как *G. parvulum* описывается как эврибионт). В наших образцах морфологические признаки отнесенных к *G. parvulum* клеток значительно варьировали, что может быть скорее выражением возрастной структуры популяции, чем соседства различных форм. **m+**
 Rhoicospheniaceae
Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot **f+**
 Eunotiales
 Eunotiaceae
Eunotia bilunaris (Ehrenberg) Schaarschmidt (рис. 2ab) **fP**
 Fragilariales
 Fragilariaceae
Fragilaria radians (Kützing) Williams et Round **fP**
F. vaucheriae (Kützing) Petersen (рис. 2x) **fPK**
Odontidium mesodon (Ehrenberg) Kützing (рис. 2ac, рис. 3a) **m+**
 Staurosiraceae
Staurosira tabellaria (Smith) Leuduger-Fortmorel (рис. 2n) **fP**
 Licmophorales
 Ulnariaceae
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère **m+**
 Naviculales
 Naviculaceae
Caloneis silicula (Ehrenberg) Cleve **fK**
Navicula cf. *vaneii* **rK**
 Diploneidaceae
Diploneis boldtiana Cleve (рис. 2j) **rPK**
 Amphipleuraceae
Frustulia crassinervia (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot et Krammer **fK**
 Neidiaceae
Neidiomorpha binodis (Ehrenberg) M. Cantonati, Lange-Bertalot et N. Angeli (рис. 2e) **+K**
 Pinnulariaceae
Pinnularia canadodivergens Kulikovskiy, Lange-Bertalot et Metzeltin **rKC**
P. isselana Krammer **+C**
P. neomajor Krammer **r+**
P. ovata Krammer **+K**
P. subrostrata (Cleve) Cleve (рис. 2o) **rK**
 Stauroneidaceae
Stauroneis phoenicenteron (Nitzsch) Ehrenberg **rKB**
S. smithii Grunow (рис. 2d) **rK**
 Rhabdonematales
 Tabellariaceae
Meridion circulare (Greville) Agardh (рис. 2y) **m+**

Surirellales
 Surirellaceae
Surirella brebissonii Krammer et Lange-Bertalot **fPK**
S. lacrimula English (рис. 2w) **rP**
S. sp. (рис. 2v) **+K**
 Thalassiophysales
 Catenulaceae
Amphora pediculus (Kützing) Grunow (рис. 2l) **f+**
Coscinodiscophyceae
 Melosirales
 Melosiraceae
Melosira varians Agardh **f+**
Xanthophyceae
 Tribonematales
 Tribonemataceae
Tribonema sp. **+K**
Rhodophyta
Florideophyceae
 Acrochaetiales
 Audouinellaceae
Audouinella pygmaea (Kützing) Weber Bosse (рис. 3d) **mPB**
Chlorophyta
Chlorophyceae
 Chaetophorales
 Fritschiellaceae
Stigeoclonium sp. **fK**
Trebouxiophyceae
 Microthamniales
 Microthamniaceae
Microthamnion strictissimum Rabenhorst **fB**
Klebsormidiophyceae
 Klebsormidiales
 Klebsormidiaceae
Klebsormidium fluitans (Gay) Lokhorst **fK**
Ulvophyceae
 Ulotrichales
 Ulotrichaceae
Ulothrix sp. **fK**
 Cladophorales
 Cladophoraceae
Cladophora sp. **f+**
Charophyta
Zygnematophyceae
 Desmidiiales
 Desmidiaceae
Cosmarium sp. **rK**
 Closteriaceae
Closterium lunula Ehrenberg et Hemprich ex Ralfs **fM**
 Spirogyrales
 Spirogyraceae
Spirogyra sp. **rKM**
 Zygnematales
 Zygnemataceae
Mougeotia sp. **rK**

Всего в ходе исследования нами было выявлено 69 видов водорослей из 40 родов, 37 семейств и 9 классов; из них к Heterokontophyta принадлежат 53 вида (Bacillariophyceae – 51 вид из 27 родов, 21 семейства и 10 порядков, Coscinodiscophyceae – 1 вид, Xanthophyceae – 1 вид), Chlorophyta – 5 видов из 4 семейств и 4 классов, Charophyta – 4 вида из 3 семейств и 3 порядков, Rhodophyta – 1 вид, Cyanobacteria – 6 видов из 5 семейств и 3 порядков. Наибольшее видовое разнообразие имели порядки Naviculales (12

видов) и Cymbellales (11 видов), на уровне семейства – Bacillariaceae (8 видов), среди родовых таксонов – *Nitzschia* (6 видов), *Pinnularia* (5 видов), *Cymbella* и *Gomphonema* (по 4 вида).

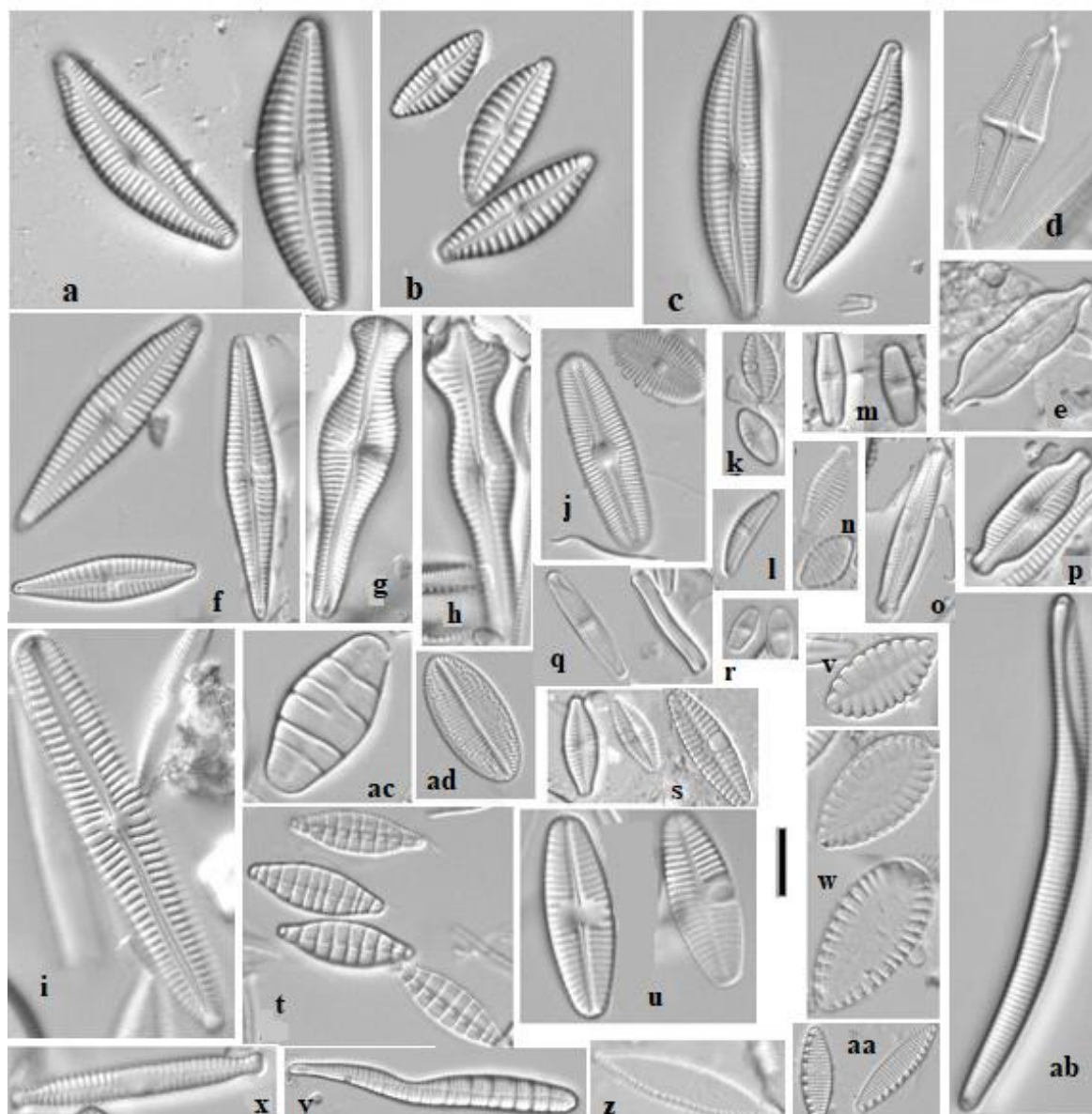


Рис. 2. Диатомовые водоросли родников Ижевска [Diatoms of Izhevsk springs]:

a – *Cymbella hantzschiana*; b – *C. hustedtii*; c – *C. vulgata*; d – *Stauroneis smithii*; e – *Neidiomorpha binodis*; f – *Gomphonema parvulum*; g – *G. capitatum*; h – *G. acuminatum*; i – *G. liyanlingae*; j – *Diploneis boldtiana*; k – *Planothidium granum*; l – *Amphora pediculus*; m – *Psammothidium chlidanos*; n – *Staurosira tabellaria*; o – *Pinnularia subrostrata*; p – *Witkovskia abiskoensis*; q – *Achnantheidium minutissimum*; r – *Psammothidium subatomoides*; s – *Planothidium frequentissimum*; t – *Denticula tenuis*; u – *Planothidium lanceolatum*; v – *Surirella* sp.; w – *S. lacrimula*; x – *Fragilaria vaucheriae*; y – *Meridion circulare* (тератоформа); z – *Nitzschia palea*; aa – *Nitzschia fonticola*; ab – *Eunotia bilunaris*; ac – *Odontidium mesodon*; ad – *Cocconeis euglypta*. Масштабная линейка: 10 мкм [Scale bar: 10 mcm]

Комплекс наиболее часто встречающихся видов водорослей – *Odontidium mesodon*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna*, *Achnantheidium minutissimum*, *Gomphonema parvulum* (два первых указанных вида выявлены нами вместе в 13 точках, все перечисленные – в 4 точках). Также часто встречаются *Phormidium umbilicatum* (в 12 точках), *Audouinella pygmaea*, *Frustulia crassinervia* (в 9 точках) и *Nitzschia linearis* (в 8 точках), однако большинство выявленных видов обнаружены только в одной или двух точках. Эта особенность отмечалась у родниковых флор других территорий [Cantonati et al., 2012a, 2012b]. Наибольшее разнообразие видового состава было зафиксировано в пробах из точек 6 «Подборенский 5» и 23 «Карлутский 2, 3» (по 15 видов), наименьшее – в точках 25 «Карлутский 4» и 16 «Артезианская скважина в микрорайоне Шунды» (по 4 вида), не считая точки 8 «Козий родник», где водорослевые обрастания полностью отсут-

ствовали по причине проведения строительных работ. Сравнительный анализ видового состава водорослей групп родников и отдельных родников показал невысокую степень сходства: значение коэффициента Жаккара не превышает 0.5. Низкая степень сходства связана с однократно встреченными видами, однако по представленности шести вышеуказанных часто встречающихся видов группы родников полностью сходны, а отдельные (не включенные в группы) родники отличаются отсутствием одного или двух из этих видов. Из наиболее часто встречающихся видов *O. mesodon*, *M. circulare* и *A. pygmaea* являются типичными криореофилами; *A. minutissimum*, *U. ulna* и *G. parvulum* обладают более широким экологическим спектром: трофические характеристики этих видов находятся в диапазоне от стенобионтных олиготрофов до мезотрофов.

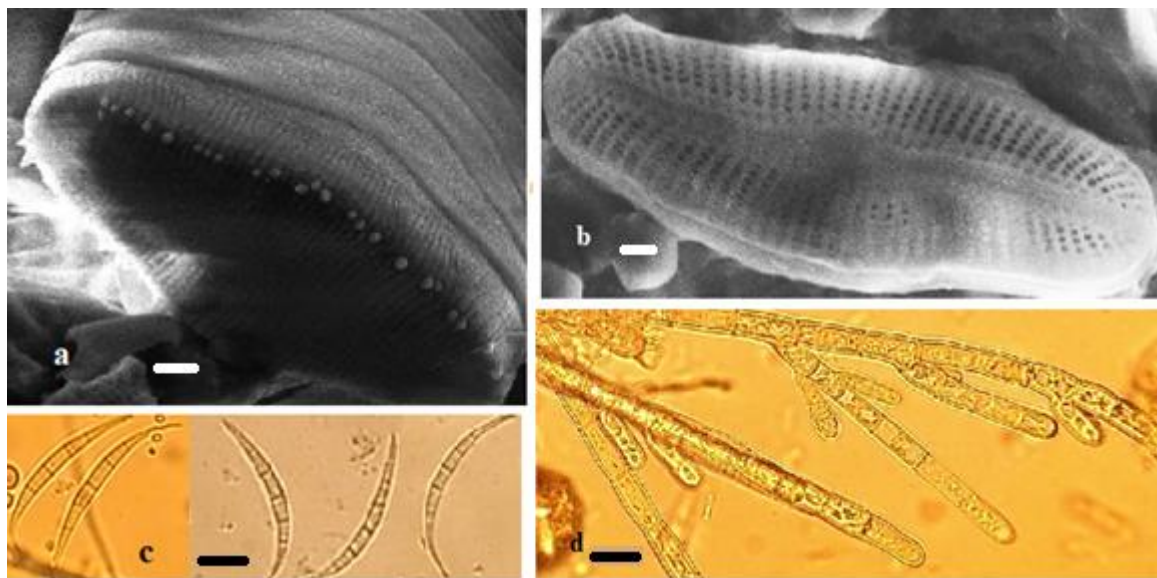


Рис. 3. Водоросли родников Ижевска [Algae of Izhevsk springs]:

a – *Odontidium mesodon*, СЭМ; b – *Achnanthidium* sp., СЭМ; c – *Dactylococcopsis raphidioides*, CM; d – *Audouinella pygmaea*, CM. Масштабная линейка: a, b – 1 мкм; c, d – 10 мкм [Scale bar: a, b – 1 mcm; c, d – 10 mcm]

Значительные различия физических характеристик родников (освещенность, характер прилегающего грунта, дебит), влияющие на развитие альгофлоры, различное число родников в группе (от 2 до 7) и степень территориальной компактности определяют степень видового сходства их альгофлор.

Родники являются уникальными по постоянству среды водными местообитаниями, где встречаются редкие виды и специфические сообщества водорослей [Cantonati et al., 2012b; Delgado et al., 2013]. Сравнение с данными по некоторым альпийским и балканским родникам [Levkov et al., 2005; Fránková et al., 2009; Cantonati et al., 2012b; Kamberović et al., 2019] показывает, что несколько родов и видов можно считать типичными представителями европейской родниковой флоры. Так, *O. mesodon* является обитателем богатых кремнием и кальцием холодных реокренов и вместе с *M. circulare* составляет характерное сообщество эукренов (выходов родниковых вод) [Cantonati et al., 2012b], которое и наблюдалось нами в большинстве исследованных проб. *A. minutissimum* и другие виды рода *Achnanthidium* часто доминируют в полноводных алкалинных водотоках на карбонатном субстрате; *P. frequentissimum*, *G. parvulum* (f. *exilissimum*) и *D. tenuis* также являются преимущественно родниковыми, гигропетрофильными видами [ibid]. Виды рода *Audouinella* представляют собой важный компонент флоры в затененных родниках с повышенным содержанием нитратов. *F. crassinervia* и виды рода *Eunotia* считаются связанными с хорошо освещенными низкоалкалинными и низкоминерализованными родниками [ibid], однако в наших пробах бриофильный вид *F. crassinervia* не проявлял связи с этими условиями. Среди самых характерных для родников родов, которые были представлены и в наших пробах, выделяются *Achnanthidium*, *Planothidium*, *Psammothidium*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Meridion*, *Odontidium*, *Audouinella* (при этом большая доля биомассы в исследованных нами родниках принадлежит *Ulnaria*, которая является скорее «речным» родом [Peeters et al., 2017]); все они – типичные представители перифитона.

Заключение

Таким образом, в альгофлоре исследованных родников можно выделить совокупность типичных видов, составляющих ее ядро. Большинство выявленных видов встречались только в одном или нескольких родниках. Среди них были как характерные представители родниковых флор, чувствительные к характеру субстрата и составу воды, так и эвритопные виды.

Поскольку скорость течения и субстрат играют важнейшую роль в формировании перифитонного сообщества водорослей в числе абиотических условий среды, состояние естественных выходов подземных вод оказывается не менее значимым фактором в формировании видового состава альгофлоры, чем состав воды и температура. Сохранение родников в качестве уникальных водных местообитаний и городских достопримечательностей возможно только при организации охранных мероприятий [Родники Ижевска, 2000; Гагарина, 2012; Гагарина, Юнусова, 2015; Экология и природопользование..., 2018], однако имеющиеся предложения, включающие регулярную чистку каптажных камер и контроль за состоянием родников и благоустройством их территорий, представляются нам направленными на сохранение родников только как дополнительных источников питьевого водоснабжения, а не родниковых экосистем, поскольку эти меры недостаточно способствуют сохранению остатков естественной родниковой альгофлоры. Тем не менее, придание некоторым родникам статуса особо охраняемых природных территорий местного значения, вероятно, позволило бы сохранить эти экосистемы в качестве природных местообитаний.

Список источников

1. Буймова С.А. Оценка качества родниковых вод Ивановской области и их влияния на здоровье населения: дис. ... канд. хим. наук. Иваново, 2006. 186 с. EDN: NOCQLN.
2. Виноградова К.Л. и др. Определитель пресноводных водорослей СССР: в 14-ти вып. Вып. 13. Л., 1980. 247 с.
3. Владыкина А.Н., Пушина П.Ю., Дягелев М.Ю. Исследование качества воды родников по физико-химическим показателям города Ижевска // Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе: материалы регион. науч.-практ. семинара. Ижевск, 2016. С. 152–154. EDN: XGQFAT.
4. Гагарина О.В. Вопросы исследования и контроля эколого-санитарного состояния родников в нормативных документах РФ // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. Вып. 1. С. 9–15. EDN: PAGN JL.
5. Гагарина О.В., Юнусова Л.З. Охрана родников как источников питьевого водоснабжения в аспекте развития федеральной, региональной и местной нормативно-правовой базы // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25, вып. 2. С. 7–16. EDN: UAPTZZ.
6. Елькин С.М., Рысин И.И. Подземные воды // Природа Ижевска и его окрестностей: сб. статей. Ижевск: Удмуртия, 1998. С. 67–79. EDN: YACYQD.
7. Зуева Т.В., Китаев А.Б. Качество воды в родниках города Перми (по материалам 2002–2007 гг.) // Географический вестник. 2010. № 1(12). С. 42–46. EDN: NCSHOZ.
8. Исаев М.А., Головкин И.Г., Юрк С.А. Родниковые и артезианские воды Ижевска. Ижевск: Секреты красоты и здоровья, 2004. 109 с.
9. Кузнецова Т.А. Влияние родниковой воды на состояние здоровья населения (на примере Барышского района Ульяновской области) // Ульяновский медико-биологический журнал. 2016. № 1. С. 158–167. EDN: VUYPAJ.
10. Куликовский М.С. и др. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с. EDN: LXCHF1.
11. Лукашевич О.Д., Чернышова Н.А. Безопасность воды в родниках города Томска // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. Т. 3, № 2(10). С. 81–97. DOI: 10.21285/2500-1582-2018-2-81-97. EDN: UQXUXW.
12. Назаров А.Д. Родники г. Томска – распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства // Известия Томского политехнического университета. 2002. Т. 305, вып. 8. С. 236–256. EDN: RWLSDN.
13. Наумов В.И. Характеристика и охрана хозяйственно-питьевых вод Удмуртской АССР. Ижевск: Удмуртия, 1978. 152 с.
14. Орлов А.А. Гигиенические особенности использования родников для питьевого водопользования городского и сельского населения // Медицина труда и экология человека. 2016. № 2(6). С. 33–37. EDN: WMGT CX.
15. Пасечник Е.Ю. и др. Химический состав родников как индикатор природно-техногенной эволюции городской экосистемы (на примере города Томска, юго-восток Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333, № 7. С. 195–204. DOI: 10.18799/24131830/2022/7/3534. EDN: ZWXIYV.
16. Раянова И.И. Исследование содержания нитратов в водах родников техногенных ландшафтов (на примере бассейна р. Чемошурка) // Природопользование и правовая охрана окружающей среды: Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск, 2021. С. 216–221. EDN: BKMGOY.

17. Родники Ижевска / ред. В.В. Туганаев. Ижевск: Удмуртский университет, 2000. 176 с. EDN: XXCORF.
18. Романова Т.И., Большаник П.В. Характеристика химического состава донных отложений источников г. Ханты-Мансийска // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 10(124). Ст.: 58. DOI: 10.23670/IRJ.2022.124.33. EDN: ZJLTER.
19. Рубцова А.В. Бриофлора родников Удмуртской Республики // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2024. Т. 34, № 2. С. 145–156. DOI: 10.35634/2412-9518-2024-34-2-145-156. EDN: QODMRS.
20. Рылова Н.Г., Кузнецов М.Ф., Плавинская В.В. Сезонные изменения параметров воды родников бассейна реки Подборенки // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2008. № 1. С. 73–84. EDN: SZCYZZ.
21. Рылова Н.Г., Кузнецов М.Ф., Плавинская В.В. Химический состав почв и растений санитарной зоны родников реки Подборенки города Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2006. № 10. С. 97–104. EDN: HVPLLT.
22. Соболева О.А. Эколого-химическая оценка родников Брянской области по данным паспортизации // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 4. С. 115–126. DOI: 10.35567/19994508_2023_4_4. EDN: ETIGYH.
23. Тизян Е.М., Скугорева С.Г. Анализ ионного состава воды из родников г. Кирова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2020. С. 27–31. EDN: MBYYXP.
24. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наукова думка, 1990. 208 с.
25. Экология и природопользование на территории города Ижевска / под ред. И.И. Рысина, О.Г. Барановой. Ижевск, 2018. 271 с. EDN: VJMDMM.
26. AlgaeBase. 2023. URL: <https://www.algaebase.org/> (дата обращения: 31.03.2024).
27. Cantonati M. et al. Diatoms in springs of the Alps: spring types, environmental determinants, and substratum. // Freshwater science. 2012a. Vol. 31, № 2. P. 499–524. DOI: 10.1899/11-065.1. EDN: YDTNTV.
28. Cantonati M. et al. Are benthic algae related to spring types? // Freshwater science. 2012b. Vol. 31, № 2. P. 481–498. DOI: 10.1899/11-048.1.
29. Delgado C. et al. Epilithic diatoms of springs and spring-fed streams in Majorca Island (Spain) with the description of a new diatom species *Cymboplectura margaleii* sp. nov. // Fottea. 2013. Vol. 13, № 2. P. 87–104. DOI: 10.5507/fot.2013.009.
30. Diatoms of North America. The source for diatom identification and ecology. 2024. URL: <https://diatoms.org/> (дата обращения: 31.03.2024).
31. Fránková M. et al. The structure and species richness of the diatom assemblages of the Western Carpathian spring fens along the gradient of mineral richness // Fottea. 2009. Vol. 9, № 2. P. 355–368. DOI: 10.5507/fot.2009.035.
32. Kamberović J. et al. Algal assemblages in springs of different lithologies (ophiolites vs. limestone) of the Konjuh Mountain (Bosnia and Herzegovina) // Acta Botanica Croatica. 2019. Vol. 78, № 1. P. 66–81. DOI: 10.2478/botcro-2019-0004.
33. Kasten J. et al. Steckbriefe der PhytoplanktonIndikator taxa in den WRRL Bewertungsverfahren PhytoSee und PhytoFluss mit Begleittext. Berlin: Botanic Garden and Botanical Museum Berlin, Freie Universität Berlin, 2018. 177 s. DOI: 10.3372/spi.01.
34. Komarek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa [Freshwater Flora of Europe]. Bd. 19/2. Herausgegeben von B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz und M. Schagerl. München: Spektrum Akademischer Verlag, 2005. 759 s.
35. Levkov Z. et al. Diatom assemblages on Shara and Nidze Mountains, Macedonia // Nova Hedwigia. 2005. Vol. 81, № 3–4. P. 501–538. DOI: 10.1127/0029-5035/2005/0081-0501. EDN: LUIWKN.
36. Peeters V., Ector L. Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon. Dijon: Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-Franche-Comté, 2017. Vol. 1: Centriques, Araphidées. 309 p.
37. Rose D.T. *Gomphonema parvulum* (Kutzing) Kutzing: Ecophysiological, Morphometric and Observational Studies of a Species Complex: PhD Biological Sciences Thesis. Colchester: University of Essex, 2008. 308 p. DOI: 10.24382/4094.

References

1. Buimova S.A. *Ocenka kačestva rodnikovych vod Ivanovskoj oblasti i ich vlijanija na zdorov'e naselenija* [Assessment of spring waters quality in Ivanovo region and their impact on health of the people.] Ivanovo, 2006. 186 p. (In Russ.). EDN: NOCQLN.
2. Vinogradova K.L., Gollerbah M.M., Zauer L.M., Sdobnikova N.V. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslej SSSR*. [Guide to freshwater algae of USSR]. Leningrad, 1980, Iss. 13. 247 p. (In Russ.).
3. Vladykina A.N., Pushina P.Yu., Dyagelev M.Yu. [Investigation of spring water quality according to physico-chemical parameters of Izhevsk city]. *Energoresursosbereženie v promyšlennosti, žiliščno-kommunal'nom chozjaistve i agropromyšlennom komplekse* [Energy conservation in industry, housing and communal services and the agro-industrial complex: materials region. scientific and practical seminar]. Izhevsk, 2016, pp. 152-154. (In Russ.).
4. Gagarina O.V. [Issues of research and control of the ecological and sanitary condition of springs in normative documents of the Russian federation]. *Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth Sciences*. No. 1 (2012): pp. 9-15. (In Russ.). EDN: PAGNJL.
5. Gagarina O.V., Yunusova L.Z. [Protection of springs as sources of drinking water supply in the aspect of development of federal, regional and local regulatory and legal framework]. *Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth Sciences*. V. 25, No. 2 (2015): pp. 7-16. (In Russ.). EDN: UAPTZZ.
6. El'kin S.M., Rysin I.I. [Underground waters]. *Priroda Iževska i ego okrestnostej* [The nature of Izhevsk and its surroundings: collection of articles]. Izhevsk, Udmurtija Publ., 1998, pp. 67-79. (In Russ.). EDN: YACYQD.
7. Zueva T.V., Kitaev A.B. [Water quality in springs of Perm' city]. *Geograafičeskij vestnik*. No. 1(12) (2010): pp. 42-46. (In Russ.). EDN: NCSHOZ.
8. Isaev M.A., Golovkov I.G., Yurk S.A. *Rodnikovye i artezijskie vody Iževska* [Spring and artesian waters of Izhevsk]. Izhevsk, Sekrety krasoty i zdorov'ja Publ., 2004. 109 p. (In Russ.).
9. Kuznetzova T.A. [The effect of spring water on the health of the population (for example Baryshsky district of Ulyanovsk region)]. *Ul'janovskij mediko-biologičeskij žurnal*. No. 1 (2016): pp. 158-167. (In Russ.). EDN: VUYPAJ.
10. Kulikovskii M.S., Glushchenko A.M., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. *Opredelitel' diatomovykh vodoroslej Rossii* [Identification book of diatoms from Russia.] Yaroslavl', Filigran' Publ., 2016. 804 p. (In Russ.). EDN: LXCHFI.
11. Lukashevich O.D., Chernyshova N.A. [Safety of water in springs of Tomsk]. *XXI vek. Technosfernaja bezopasnost'*. V. 3, No. 2(10) (2018): pp. 81-97. DOI: 10.21285/2500-1582-2018-2-81-97. (In Russ.). EDN: UQXUXW.
12. Nazarov A.D. [Springs of Tomsk city – distribution, composition, ways of usage and aquapark foundation]. *Bulletin Tomskogo politechničeskogo universiteta*. V. 305, iss. 8 (2002): pp. 236-256. (In Russ.). EDN: RWLSDN.
13. Naumov V.I. *Charakteristika i ochrana chozjajstvenno-pit'evykh vod Udmurtskoj ASSR* [Characterization and protection of technical and drinkable waters of Udmurt ASSR]. Izhevsk, Udmurtija Publ., 1978. 152 p. (In Russ.).
14. Orlov A.A. [Hygienic features of the use of springs for drinking water supply for urban and rural population]. *Medicina truda i ekologija čeloveka*. No. 2(6) (2016): pp. 33-37. (In Russ.). EDN: WMGTCX.
15. Pasechnik E.Yu., L'gotin V.A., Savichev O.G., Chilinger L.N., Khvashchevskaya A.A., Chzhou D. [Chemical composition of springs as an indicator of natural-technogenic evolution of the urban ecosystem (on the example of Tomsk city, south-east of western Siberia)]. *Bulletin Tomskogo politechničeskogo universiteta. Inžiniring georesursov*. V. 333, No. 7 (2022): pp. 195-204. (In Russ.). DOI: 10.18799/24131830/2022/7/3534. EDN: ZWXIYV.
16. Rayanova I.I. [Research of nitrate content in spring waters of technogenic landscapes (on the example of Chemoshurka river basin)]. *Prirodopol'zovanie i pravovaja ochrana okružajuščej sredy* [Environmental management and legal protection of the environment: All-Russian Scientific and Practical Conference]. Izhevsk, 2021, pp. 216-221. (In Russ.). EDN: BKMGOY.
17. Tuganaev V.V. (ed.) *Rodniki Iževska* [Springs of Izhevsk]. Izhevsk, 2000. 176 p. (In Russ.). EDN: XXCORF.
18. Romanova T.I., Bol'shanik P.V. [Characteristics of the chemical composition of bottom sediments from springs in Khanty-Mansiysk]. *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal*. No. 10(124) (2022): pp. 1-8. (In Russ.). DOI: 10.23670/IRJ.2022.124.33. EDN: ZJLTER.
19. Rubtsova A.V. [Bryoflora of springs of the Udmurt republic]. *Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth Sciences*. V. 34, No. 2 (2024): pp. 145-156. (In Russ.). DOI: 10.35634/2412-9518-2024-34-2-145-156. EDN: QODMRS.

20. Rylova N.G., Kuznetsov M.F., Plavinskaya V.V. [Seasonal changes in water parameters of springs in Podborenka river basin]. *Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth Sciences*. No. 1 (2008): pp. 73-84. (In Russ.). EDN: SZCYZZ.
21. Rylova N.G., Kuznetsov M.F., Plavinskaya V.V. [Chemical composition of soils and plants in sanitary zones of Podborenka river's springs in Izhevsk city]. *Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth Sciences*. No. 10 (2006): pp. 97-104. (In Russ.). EDN: HVPLLT.
22. Soboleva O.A. [Ecological and chemical assessment of urban springs in Bryansk region in the system of state monitoring]. *Vodnoe khozjajstvo Rossii: problemy,ologii, upravlenie*. No. 4 (2023): pp. 115-126. (In Russ.). DOI: 10.35567/19994508_2023_4_4. EDN: ETIGYH.
23. Tizyan E.M., Skugoreva S.G. [Analysis of ion composition of water from springs in Kirov city]. *Biodiagnostika sostojanija prirodnyh i prirodno-technogennyh sistem* [Biodiagnostics of the state of natural and man-made systems: proceedings of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference]. Kirov, 2020, pp. 27-31. (In Russ.). EDN: MBYYXP.
24. Tsarenko P.M. *Kratkii opredelitel' chlorokokkovykh vodoroslej Ukrainskoj SSR* [Brief guide to chlorococcal algae of Ukrain SSR]. Kiev, 1990. 208 p. (In Russ.).
25. Rysin I.I., Baranova O.G. (eds.) *Èkologija i prirodopol'zovanie na territorii goroda Iževska* [Ecology and nature management in the territory of the city of Izhevsk]. Izhevsk, 2018. 272 p. ISBN 978-5-4344-0529-4. (In Russ.). EDN: VJMDMM.
26. AlgaeBase. 2023. Available at: <https://www.algaebase.org/> (accessed 31.03.2024).
27. Cantonati M., Angeli N., Bertuzzi E., Spitale D. Diatoms in springs of the Alps: spring types, environmental determinants, and substratum. *Freshwater science*. V. 31, No. 2 (2012a): pp. 499-524. DOI: 10.1899/11-065.1. EDN: YDTNTV.
28. Cantonati M., Rott E., Spitale D., Angeli N., Komarek J. Are benthic algae related to spring types? *Freshwater science*. V. 31, No. 2 (2012b): pp. 481-498. DOI: 10.1899/11-048.1.
29. Delgado C., Ector L., Novais M.N., Blanco S., Hoffmann L., Pardo I. Epilithic diatoms of springs and spring-fed streams in Majorca Island (Spain) with the description of a new diatom species *Cymboplectura margaleii* sp. nov. *Fottea*. V. 13, No. 2 (2013): pp. 87-104. DOI: 10.5507/fot.2013.009.
30. Diatoms of North America. The source for diatom identification and ecology. 2024. Available at: <https://diatoms.org/> (accessed 31.03.2024).
31. Fránková M., Bojková J., Pouličková A., Hájek M. The structure and species richness of the diatom assemblages of the Western Carpathian spring fens along the gradient of mineral richness. *Fottea*. V. 9, No. 2 (2009): pp. 355-368. DOI: 10.5507/fot.2009.035.
32. Kamberović J., Plenković-Moraj A., Borojević K. K., Udovič M. G., Žutinić P., Hafner D., Cantonati M. Algal assemblages in springs of different lithologies (ophiolites vs. limestone) of the Konjuh Mountain (Bosnia and Herzegovina). *Acta Botanica Croatica*. V. 78, No. 1 (2019): pp. 66-81. DOI: 10.2478/botcro-2019-0004.
33. Kasten J., Kusber W.-H., Riedmüller U., Tworeck A., Oschwald L., Mischke U. Steckbriefe der PhytoplanktonIndikator taxa in den WRRL Bewertungsverfahren PhytoSee und PhytoFluss mit Begleittext. Berlin, Botanic Garden and Botanical Museum Berlin, Freie Universität Berlin, 2018. 177 s. DOI:10.3372/spi.01.
34. Komarek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. Susswasserflora von Mitteleuropa [Freshwater Flora of Europe]. Bd. 19/2. Herausgegeben von B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz und M. Schagerl. München, Spektrum Akademischer Verlag, 2005. 759 s. ISBN: 978-3-82741-914-9.
35. Levkov Z., Krstić S., Nakov T., Melovski L. Diatom assemblages on Shara and Nidze Mountains, Macedonia. *Nova Hedwigia*. V. 81, No. 3-4 (2005): pp. 501-538. DOI: 10.1127/0029-5035/2005/0081-0501. EDN: LUIWKN.
36. Peeters V., Ector L. Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon. Vol. 1: Centriques, Araphidées. Dijon, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-Franche-Comté, 2017. 309 p. ISBN: 978-2-11-152091-2.
37. Rose D.T. *Gomphonema parvulum* (Kützinger) Kützinger: Ecophysiological, Morphometric and Observational Studies of a Species Complex: PhD Biological Sciences Thesis. Colchester, University of Essex, 2008. 308 p. DOI: 10.24382/4094.

Статья поступила в редакцию 10.06.2025; одобрена после рецензирования 03.11.2025; принята к публикации 02.12.2025.

The article was submitted 10.06.2025; approved after reviewing 03.11.2025; accepted for publication 02.12.2025.

Информация об авторах

С. М. Госькова – младший научный сотрудник, аспирант кафедры ботаники, зоологии и биоэкологии;

Н. И. Науменко – д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой ботаники, зоологии и биоэкологии;

А. С. Алалыкин – канд. физ.-мат. наук, доцент, старший научный сотрудник, доцент кафедры теоретической и экспериментальной физики.

Information about the authors

S. M. Goskova – junior researcher, Tobolsk complex scientific station; postgraduate student of Department of Botany, Zoology and Bioecology;

N. I. Naumenko – Advanced Doctor in Biological Sciences, Professor, Head of Department of Botany, Zoology and Bioecology;

A. S. Alalykin – Candidate of Physics and Mathematics Sciences, senior researcher, Udmurt Federal Research Center of Ural branch of RSA; assistant professor of Department of Theoretical and Experimental Physics.

Вклад авторов:

Госькова С. М. – сбор материала; определение видов; химический анализ.

Науменко Н. И. – обзор литературы; анализ данных.

Алалыкин А. С. – электронно-сканированные микрофотографии.

Contribution of the authors:

Goskova S. M. – sampling; species definition; chemical analysis.

Naumenko N. I. – literature review; data analysis.

Alalykin A. S. – SEM photos.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.