

ВОДНАЯ ФЛОРА
И ФАУНА

УДК 582.26+581.9

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ РАЗНОТИПНЫХ УРАЛЬСКИХ
ВОДОХРАНИЛИЩ (СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ.)

© 2023 г. С. И. Генкал^а, *, Т. В. Еремкина^б

^аИнститут биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

^бУральский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения “Всероссийский
научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии”, Екатеринбург, Россия

*e-mail: genkal47@mail.ru

Поступила в редакцию 24.02.2022 г.

После доработки 26.04.2022 г.

Принята к публикации 24.10.2022 г.

Впервые с помощью электронной микроскопии изучены диатомовые водоросли Белоярского, Черноисточинского и Нижнетагильского водохранилищ Свердловской обл. (Средний Урал), существенно дополнены данные по видовому составу Bacillariophyta Черноисточинского водохранилища. Всего в этих трех водохранилищах выявлено 216 таксонов видового и внутривидового ранга из 63 родов. Среди них – 17 таксонов новых для флоры России, 14 форм из 11 родов определены только до рода. Максимальное таксономическое разнообразие отмечено в Нижнетагильском водохранилище (179).

Ключевые слова: Свердловская область, Средний Урал, Белоярское, Нижнетагильское, Черноисточинское водохранилища, фитопланктон, диатомовые водоросли, электронная микроскопия

DOI: 10.31857/S0320965223030087, **EDN:** PMAPJC

ВВЕДЕНИЕ

Из-за отсутствия крупных рек и неравномерности речного стока водохранилища имеют особое значение для водоснабжения населения и промышленности Свердловской обл. Водоемы этого типа используют в регионе не только как источники водоснабжения и приемники сточных вод, но и для рыбохозяйственных и рекреационных целей. Свообразие географического положения Свердловской обл., расположенной в пределах умеренного пояса на стыке трех крупных физико-географических стран (Уральской равнинно-горной страны, Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнинных стран), а также влияние высотной поясности обуславливают высокое разнообразие природно-климатических условий для формирования водных экосистем. В результате сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов водохранилища региона имеют ярко выраженные индивидуальные черты и характер развития. Начиная со второй половины XX века, в условиях интенсивной эксплуатации качество воды в водохранилищах ухудшается. Разработка мероприятий по улучшению их экологического состояния требует мониторинговых наблюдений, включая изучение динамики видового состава и развития фитопланктона. В то же время, альгофлора водо-

емов Свердловской обл. до настоящего времени остается малоизученной. Диатомовые водоросли наряду с цианобактериями и зелеными водорослями играют первостепенную роль в формировании структуры альгоценозов уральских водохранилищ, однако подробных исследований их видового состава с использованием электронной микроскопии до настоящего времени не проводили.

Согласно немногочисленным литературным источникам по данным световой микроскопии, в наиболее изученном Белоярском водохранилище зафиксировано 170 видов и разновидностей диатомовых водорослей (Ярушина и др., 2003; Мухутдинов, Попов, 2004; Биломар, Кульнев, 2014; Еремкина, 2014), Нижнетагильском – 15 (Марченко и др., 2018), Черноисточинском – 77 (Водные..., 2004). В единственной публикации по изучению центрических диатомовых водорослей Черноисточинского водохранилища с помощью электронной микроскопии приводится четыре таксона: *Aulacoseira subarctica*, *Cyclostephanos dubius*, *Stephanodiscus makarovae*, *S. minutulus* (Генкал, Ярушина, 2002).

Цель работы – оценить и сравнить видовое разнообразие диатомовых водорослей разнотип-

Таблица 1. Характеристики исследуемых водохранилищ (Водные..., 2004)

Показатель	Водохранилище		
	Черноисточинское	Нижнетагильское	Белоярское
Нормальный подпорный уровень (НПУ), м БС	223.25	193.52	212.00
Площадь зеркала при НПУ, км ²	26.62	7.96	34.40
Полный объем при НПУ, млн м ³	117.55	29.01	242.00
Длина при НПУ, км	8.4	13.3	25.0
Средняя ширина, м	3.17	0.6	1.6
Максимальная глубина, м	8.0	10.0	18.3
Средняя глубина, м	4.42	3.64	7.03
Регулирование стока	Многолетнее	Сезонное	Сезонное
Степень колебания уровня (сработки уровня)	Небольшая	Небольшая	Средняя
Скорость водообмена	Малая	Большая	Значительная

ных водохранилищ Свердловской обл. с использованием методов электронной микроскопии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами настоящего исследования послужили три водохранилища Свердловской обл. (рис. 1), имеющие особое значение для водоснабжения населения и промышленных объектов региона. Белоярское водохранилище, самое крупное в области, расположено на р. Пышма (Обь-Иртышский бассейн), в 50 км восточнее г. Екатеринбург (56°50'59.9" с.ш., 61°17'50.2" в.д.). Нижнетагильское водохранилище расположено на территории г. Нижний Тагил, ниже по течению р. Тагил в 301 км выше ее устья (57°51'24.81" с.ш., 59°58'57.63" в.д.), входит в каскад водохранилищ в бассейне р. Тагил (Обь-Иртышский бассейн). Черноисточинское водохранилище расположено в бассейне р. Черная (Обь-Иртышский бассейн) в 12 км к юго-западу от г. Нижний Тагил (57°45'27" с.ш., 59°52'55" в.д.). Гидротехнические сооружения построены на р. Исток (приток р. Черная). Исследуемые водохранилища расположены в пределах Уральской равнинно-горной страны (Черноисточинское и Нижнетагильское – в низкогорьях Среднего Урала, Белоярское водохранилище – в районе Зауральского пенеплена), в таежной ландшафтной зоне, подзоне южной тайги.

Все они по климатическому зонированию – северные равнинные водохранилища, генезису котловины – русловые долинные, незначительной глубины, по геометрическим размерам Черноисточинское и Белоярское – средние (табл. 1), Нижнетагильское – небольшое (Водохранилища..., 1979).

Основное назначение Черноисточинского водохранилища – питьевое и промышленное водоснабжение г. Нижний Тагил, Нижнетагильского – производственное водоснабжение промышленных предприятий г. Нижний Тагил, Белоярского – пруд-охладитель Белоярской атомной станции (БАЭС) и источник технического водоснабжения БАЭС. Рекреационное и рыбохозяйственное использование водохранилищ вторично.

Вода водохранилищ пресная, среднеминерализованная, для Белоярского водохранилища в отдельные периоды – высокоминерализованная (табл. 2), по значению водородного показателя преимущественно нормальная, при вспышках “цветения” в Черноисточинском и Белоярском водохранилищах рН среды увеличивается до опасных для ихтиофауны значений (>8.5). В течение вегетационного сезона (май–сентябрь) для исследуемых водоемов характерен широкий диапазон физических и химических показателей качества воды, особенно ярко выраженный в Белоярском водохранилище, что связано с постоянным поступлением в его верховья сточных вод различного происхождения, сбрасываемых в р. Пышма. На современном этапе водоемы следует отнести к эвтрофным водным экосистемам. Качество воды в исследуемых водохранилищах отражает высокий уровень антропогенной нагрузки на их водосборную площадь вследствие значительной концентрации населения и предприятий различных отраслей промышленности.

Материалом для работы послужили 14 проб фитопланктона Черноисточинского водохранилища (сборы в мае–октябре 2012 г.), 46 проб Нижнетагильского водохранилища (сборы 2006, 2012, 2016, 2017 гг.), 126 проб Белоярского водохранилища (сборы 2001–2007 гг., 2012–2020 гг.). Пробы

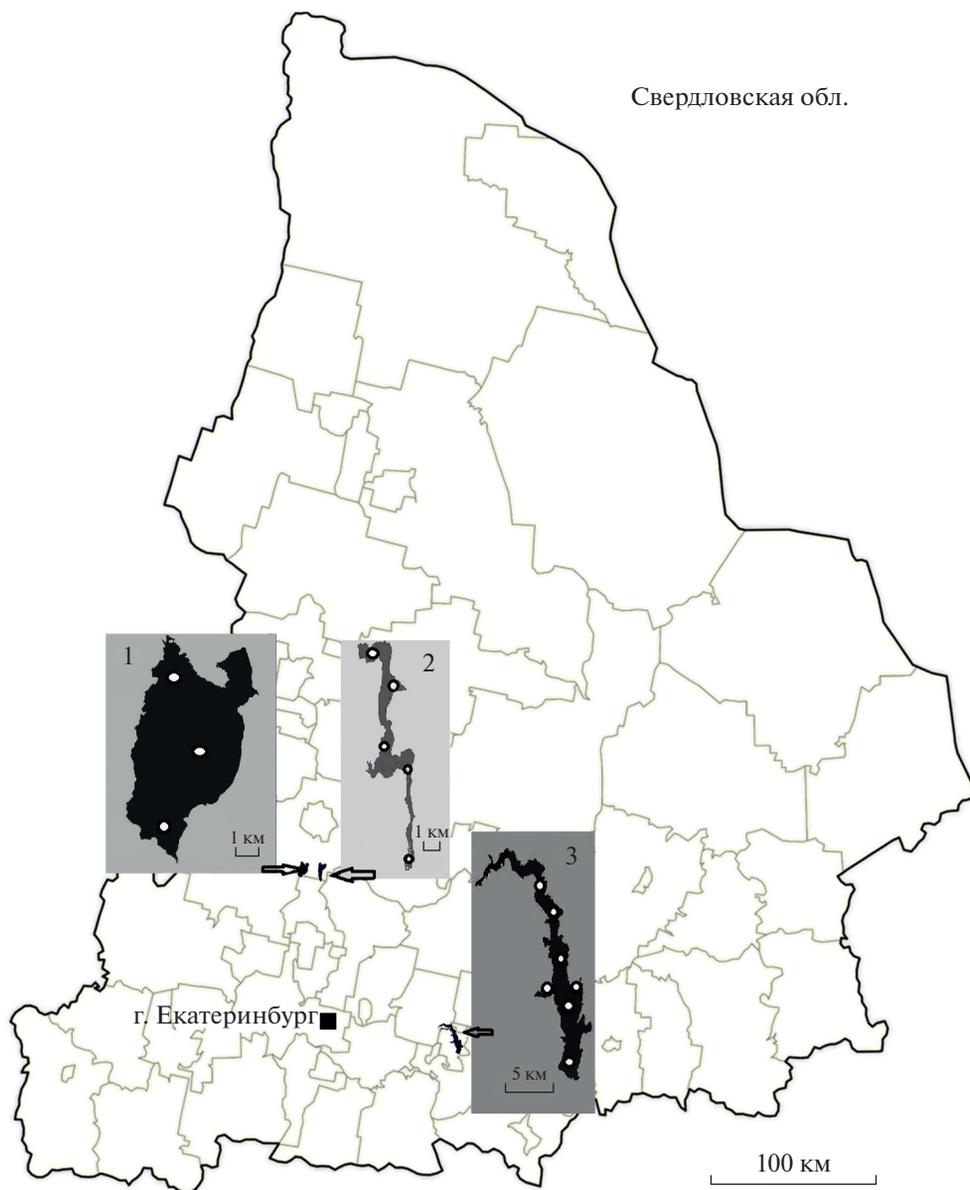


Рис. 1. Карта-схема расположения исследуемых водохранилищ. 1 – Черноисточинское водохранилище, 2 – Нижнетагильское водохранилище, 3 – Белоярское водохранилище. Кружками обозначены станции наблюдений.

отбирали в течение вегетационного сезона на постоянных станциях наблюдений (рис. 1).

Створки диатомей освобождали от органических веществ методом холодного сжигания (Балонов, 1975). Препараты водорослей исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM-6510 LV.

При определении водорослей использовали современные систематические сводки и определители (Krammer, 1997a, 1997b, 2000, 2002, 2003; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b; Lange-Bertalot et al., 1994, 2011, 2017; Lange-Bertalot, Metzeltin, 1996; Lange-Bertalot, Genkal, 1999;

Reichardt, 1999; Lange-Bertalot, 2002; Levkov, 2009, 2016; Levkov et al., 2013; Куликовский и др., 2016).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованном материале (1 – Нижнетагильское водохранилище, 2 – Белоярское, 3 – Черноисточинское) выявлено 216 видов, разновидностей и форм из 63 родов: *Acanthoceras zachariasii* (Brun) Simonsen – 3; *Achnanidium catenatum* (Bily et Marvan) Lange-Bertalot – 1, 2; *A. dolomiticum* Cantonati et Lange-Bertalot – 1; *A. eutrophilum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot – 1, 2, 3; *A. exiguum* (Grunow) Czarnecki – 1, 3; *A. jackii* Rabenhorst – 1;

Таблица 2. Качество воды в исследуемых водохранилищах (констатированный многолетний min–max за вегетационный сезон) (фондовые данные Уральского филиала ВНИРО)

Показатель	Водохранилище		
	Черноисточинское	Нижнетагильское	Белоярское
Температура, °С	8.0–27.0	7.0–22.0	9.9–27.4
Прозрачность, м	0.3–0.4	1.0–1.8	0.5–2.2
pH	6.7–8.9	6.5–7.4	6.6–9.6
Cl ⁻ , мг/дм ³	2.8–4.6	30.0–40.0	3.4–108
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	20.7–25.5	35.0–42.0	14.0–89.9
Жесткость общая, град	0.7–1.3	2.5–3.0	2.5–5.6
Сумма ионов (минерализация), мг/дм ³	110–120	148–224	158–530
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	4.8–5.3	0.6–4.8	0.32–10.40
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0.19–0.58	от <0.006 до 0.67	от <0.006 до 3.53
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	<0.003	<0.003 до 0.20	от <0.003 до 0.88
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	<0.20	0.80–3.68	0.29–7.44
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0.05–0.08	0.02–0.05	0.01–1.31
Класс воды	C ^{Ca}	C ^{Ca}	C ^{Ca, Ca, Mg} , C ^{Mg} C ^{Ca, Mg} , C ^{Na} , C ^{-SMg}
TSI-индекс (Carlson R.E., 1977)	73.0–77.0	51.5–60.0	51.0–70.0

A. minutissimum (Kützing) Czarnecki – 1; *A. saprophilum* (Kobayasi et Mayama) Round et Bukhtiyarova – 1, 2, 3; *Adlafia detenta* (Hustedt) Heudre, C.E. Wetzel et Ector – 1; *A. minuscula* (Grunow) Lange-Bertalot – 1; *A. sp.* – 3; *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman et Archibald – 1, 2; *A. meridionali* Levkov – 1; *A. sp.* – 2; *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenberg) Pfitzer – 1; *Asterionella formosa* Hassal – 1, 2, 3; *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen – 1, 2, 3; *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen – 1, 2, 3; *A. islandica* (O. Müller) Simonsen – 1; *A. pusilla* (F. Meister) Tuji et Houki – 1; *Bacillaria* species – 1; *Brachysira brebissonii* Ross – 3; *B. neoexilis* Lange-Bertalot – 1; *Brevilinea kevei* Ács et Ector – 1; *Caloneis lancettula* (Schulz) Lange-Bertalot et Witkowski – 1; *C. silicula* (Ehrenberg) P.T. Cleve var. var.? *silicula* – 1; *C. silicula* var. *elliptica* Frenguelli – 1; *Cocconeis euglypta* (Geitler) Lange-Bertalot – 2; *C. lineate* Ehrenberg – 1, 3; *C. neodiminuta* Krammer – 2; *C. pediculus* Ehrenberg – 1, 2, 3; *C. placentula* Ehrenberg – 1, 2; *Craticula ambigua* (Ehrenberg) D.G. Mann – 1; *C. minusculoides* (Hustedt) Lange-Bertalot – 1; *C. subminuscula* (Manguin) C.E. Wetze et Ector – 2; *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützing) D.M. Williams et Round – 1; *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round – 1, 3; *C. invisitatus* (Hohn et Hellerman) Theriot, Stoermer et Håkansson – 1, 2; *Cyclotella atomus* Hustedt var. *atomus* – 2, 3; *C. atomus* var.

gracilis Genkal et Kiss – 2; *C. meneghiniana* Kützing – 1, 2, 3; *Cymatopleura elliptica* (Brèbisson) W. Smith – 1; *C. hibernica* W. Smith – 1; *C. solea* (Brèbisson) W. Smith – 1, 3; *Diatoma mesodon* Kützing – 1; *D. vulgaris* Bory – 1, 2; *Diploneis oculata* (Brèbisson) R.T. Cleve – 1; *D. petersenii* Hustedt – 3; *D. subovalis* R.T. Cleve – 3; *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk et Klee – 1; *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G. Mann – 1; *E. minutum* (Hilse) D.G. Mann – 2; *E. prostratum* (Berkeley) Kützing – 1; *Entomoneis ornata* (Bailey) Reimer – 1; *Epithemia adnata* (Kützing) Brèbisson – 1; *Eunotia formicina* Lange-Bertalot – 1; *E. implicata* Nörpel-Schempp, Alles et Lange-Bertalot – 1; *E. minor* (Kützing) Grunow – 3; *E. sarek* A. Berg – 1; *E. solerolii* (Nitzsch) Rebenhorst – 3; *E. subarcuatoides* Alles, Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot – 1; *E. sp.* – 3; *Fallacia pygmaea* (Kützing) Stickle et D.G. Mann – 1; *Fragilaria crotonensis* Kitton – 1, 3; *F. elliptica* Schumann – 1, 3; *F. mesolepta* Rabenhorst – 1; *F. neoproducta* Lange-Bertalot – 3; *F. perminuta* (Grunow) Lange-Bertalot – 1; *F. rumpens* (Kützing) Carlson – 1, 3; *F. saxoplanctonica* Lange-Bertalot et Urlich – 1, 3; *F. tenera* (W. Smith) Lange-Bertalot – 3; *F. vaucheriae* (Kützing) Petersen – 1, 2; *Geissleria acceptata* (Hustedt) Lange-Bertalot et Metzeltin – 1; *G. decussis* (Oestrup) Lange-Bertalot et Metzeltin – 1; *G. similis* (Krasske) Lange-Bertalot et Metzeltin – 1, 3;

G. sp. – 1; *Genkalia digituloides* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot et Kulikovskiy – 1; *G. digitulus* (Hustedt) Lange-Bertalot – 1; *Gomphoneis olivaceum* (Hornemann) P. Dawson ex Ross et Sims – 1, 2, 3; *G. olivaceoides* (Hustedt) Carter – 2; *Gomphonema brebissonii* Kützing – 1; *G. gracile* Ehrenberg – 3; *G. italica* Kützing – 1; *G. micropus* Kützing – 2; *G. olivaceoides* Hustedt – 1; *G. pala* Reichardt – 2, 3; *G. parvulum* (Kützing) Kützing – 1, 2, 3; *G. sp.* – 3; *Gomphosphenia stoerme* Kociolek et Thomas – 3; *Gyrosigma spencerii* (Quekett) Griffith et Henfrey – 3; *Halamphora coffeaeformis* (Agardh) Levkov – 1; *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow – 1; *Humidophila contenta* (Grunow) Love, Kociolek, Van de Vijer, Lange-Bertalot et Kopalova – 1; *Hippodonta capitata* (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski – 1; *Karayevia ploenensis* (Kolbe) Bukhtiyarova – 3; *Lemnicola hungarica* (Grunow) Round et Basson – 1; *Luticola nivalis* (Ehrenberg) D.G. Mann – 1; *Melosira varians* Agardh – 1, 2, 3; *Meridion circulare* (Greville) C. Agardh – 3; *Navicula antonii* Lange-Bertalot – 1, 3; *N. cryptotenella* Lange-Bertalot – 1; *N. cryptocephala* Kützing – 1, 3; *N. gregaria* Donkin – 1; *N. mediocostata* Reichardt – 1; *N. moskalii* Metzeltin, Witkowski et Lange-Bertalot – 2; *N. oblonga* (Kützing) Kützing – 1; *N. radiosa* Kützing – 1, 3; *N. reichardtiana* Lange-Bertalot – 1; *N. rostellata* Kützing – 1; *N. slesvicensis* Grunow – 1; *N. sp.* 1 – 3; *N. sp.* 2 – 1; *N. sp.* 3 – 1; *N. tripunctata* (O.F. Müller) Bory – 1; *N. trivialis* Lange-Bertalot – 1; *N. venerabilis* Hohn et Hellerman – 1; *N. viridulacalsis* Lange-Bertalot – 1; *Neidium affine* var. *longiceps* (Gregory) Cleve – 1; *N. ampliatum* (Ehrenberg) Krammer – 1; *N. bisulcatum* (Lagerstedt) P.T. Cleve – 1, 2; *N. dubium* (Ehrenberg) P.T. Cleve – 1; *N. sp.* – 1; *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith – 1, 3; *N. amphibia* Grunow – 1, 2, 3; *N. draveillensis* Coste et Ricard – 1; *N. fonticola* Grunow – 1, 2, 3; *N. frustulum* (Kützing) Grunow – 1; *N. graciliformis* Lange-Bertalot et Simonsen – 1, 3; *N. inconspicua* Grunow – 1, 3; *N. linearis* (Agardh) W. Smith – 1; *N. nana* Grunow – 1, 2; *N. palea* (Kützing) W. Smith – 1; *N. rectirobusta* Lange-Bertalot – 1; *N. vermicularis* (Kützing) Hantzsch – 1, 3; *N. sp.* – 1; *Pinnularia brebissonii* (Kützing) Rabenhorst – 1; *P. divergens* var. *sublinearis* Cleve – 1; *P. gibba* Ehrenberg – 1; *P. ilkaschoenfelderae* Krammer – 1, 3; *P. microstauron* (Ehrenberg) Cleve – 1; *P. neohalophila* Kulikovskiy, Genkal et Mikheeva – 1; *P. neomajor* Krammer – 1; *P. nodosa* (Ehrenberg) W. Smith – 3; *P. parvulissima* Krammer – 1; *P. septentrionalis* Krammer – 1; *P. subgibba* var. *sublinearis* Krammer – 1; *P. subgibba* var. *undulata* Krammer – 1; *P. viridiformis* Krammer – 1; *Placoneis anglica* (Ralfs) Cox – 1; *P. cf. interglacialis* (Hustedt) Cox – 3; *P. paraelginensis* Lange-Bertalot – 3; (?) *P. sp.* – 3; *Planothidium conspicuum* (Mayer) Morales – 1; *P. haynaldii* (Schaarschmidt) Lange-Bertalot – 1; *P. frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot – 1, 2, 3; *P. lanceolatum* (Brébisson) Lange-Bertalot – 1, 2;

P. reichardtii Lange-Bertalot et Werum – 1; *P. sp.* 1 – 2; *Planothidium sp.* 2 – 1; *P. wermianum* Lange-Bertalot – 1; *Psammothidium bioretii* (Germain) Bukhtiyarova et Round – 3; *P. subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova et Round – 1; *Pseudostauronira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams et Round – 3; *P. parasitica* (W. Smith) Morales – 1; *P. sp.* – 1; *P. subconstricta* (Grunow) Kulikovskiy et Genkal – 1; *Punctastriata ovalis* Williams et Round – 1; *Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek et Stoermer – 1; *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bertalot – 1, 2, 3; *Rossithidium sp.* – 1; *Sellaphora americana* (Ehrenberg) D.G. Mann – 1; *S. auldreekie* Mann et McDonald – 1; *S. atomoides* (Grunow) C.E. Wetzel et Van de Vijver – 1, 3; *S. bacillum* (Ehrenberg) D.G. Mann – 1; *S. elorantana* (Lange-Bertalot) C.E. Wetzel – 1, 2; *S. medioconvexa* (Hustedt) C.E. Wetzel – 1; *S. nigri* (De Not.) C.E. Wetzel et Ector – 1; *S. obesa* D.G. Mann et Bayer – 1, 2, 3; *S. parapupula* Lange-Bertalot – 1; *S. pseudopupula* (Krasske) Lange-Bertalot – 1, 3; *S. pupula* (Kützing) Mereschkowsky – 1; *S. smirnovii* Chudaev et Gololobova – 3; *S. verecundiae* Lange-Bertalot – 3; *S. saprotolerans* Lange-Bertalot, G. Hofmann et Cantonati – 1; *S. sp.* – 1; *Stauroneis amphicephala* Kützing – 1; *S. phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenberg – 1; *S. smithii* Grunow – 3; *Stauronira construens* Ehrenberg – 1; *S. triangoexigua* Kulikovskiy et Genkal – 1; *S. venter* (Ehrenberg) Cleve et Möller – 1, 3; *Stauronirella alpestris* (Krasske) Le Cohu – 1; *S. pinnata* (Ehrenberg) D.M. Williams et Round – 1, 3; *Stephanodiscus binatus* Håkansson et Kling – 1; *S. delicatus* Genkal – 2; *S. hantzschii* Grunow – 1, 2, 3; *S. hashiensis* H. Tanaka – 1; *S. invisitatus* Hohn et Hellerman – 2; *S. makarovae* Genkal – 1, 2; *S. minutulus* (Kützing) Cleve et Möller – 1, 2, 3; *S. neoastreae* Håkansson et Hickel emend. Casper, Scheffler et Augsten – 1, 2; *Surirella amphioxys* W. Smith – 1; *S. angusta* Kützing – 1; *S. brebissonii* Krammer et Lange-Bertalot – 1, 2; *S. linearis* W. Smith – 1; *S. minuta* Brébisson – 2; *S. tenera* Gregory – 1; *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz. – 1, 3; *Tabularia fasciculata* (Agardh) D.M. Williams et Round – 1; *Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle – 2; *Tryblionella littoralis* (Grunow) Mann – 1; *T. levidensis* W. Smith – 1; *T. salinarum* (Grunow) Pelletan – 1; *T. tryblionella* (Hantzsch) Cantonati et Lange-Bertalot – 1; *Ulnaria acus* (Kützing) Aboal – 1, 3; *U. cf. grunowii* (Lange-Bertalot et S. Ulrich) Cantoati et Lange-Bertalot – 1; *U. ulna* (Nitzsch) Comperè – 1, 2.

Среди них – новые для флоры России и водоросли, определенные только до рода. Ниже приведены их краткие диагнозы и иллюстрации.

Achnantidium catenatum (рис. 2а). Створки длиной 11.6–12 мкм, шириной 3 мкм, штрихов 30 в 10 мкм. *A. dolomiticum* (рис. 2б). Створка длиной 10.3 мкм, шириной 2.7 мкм, штрихов 33 в 10 мкм. *A. saphophilum* (рис. 2в). Створки длиной 8.6–11.1 мкм, шириной 2.9–3.2 мкм, штрихов 28–32 в 10 мкм.

Adlafia sp. (рис. 2г). Створка длиной 21.5 мкм, шириной 5.3 мкм, штрихов 16 в 10 мкм.

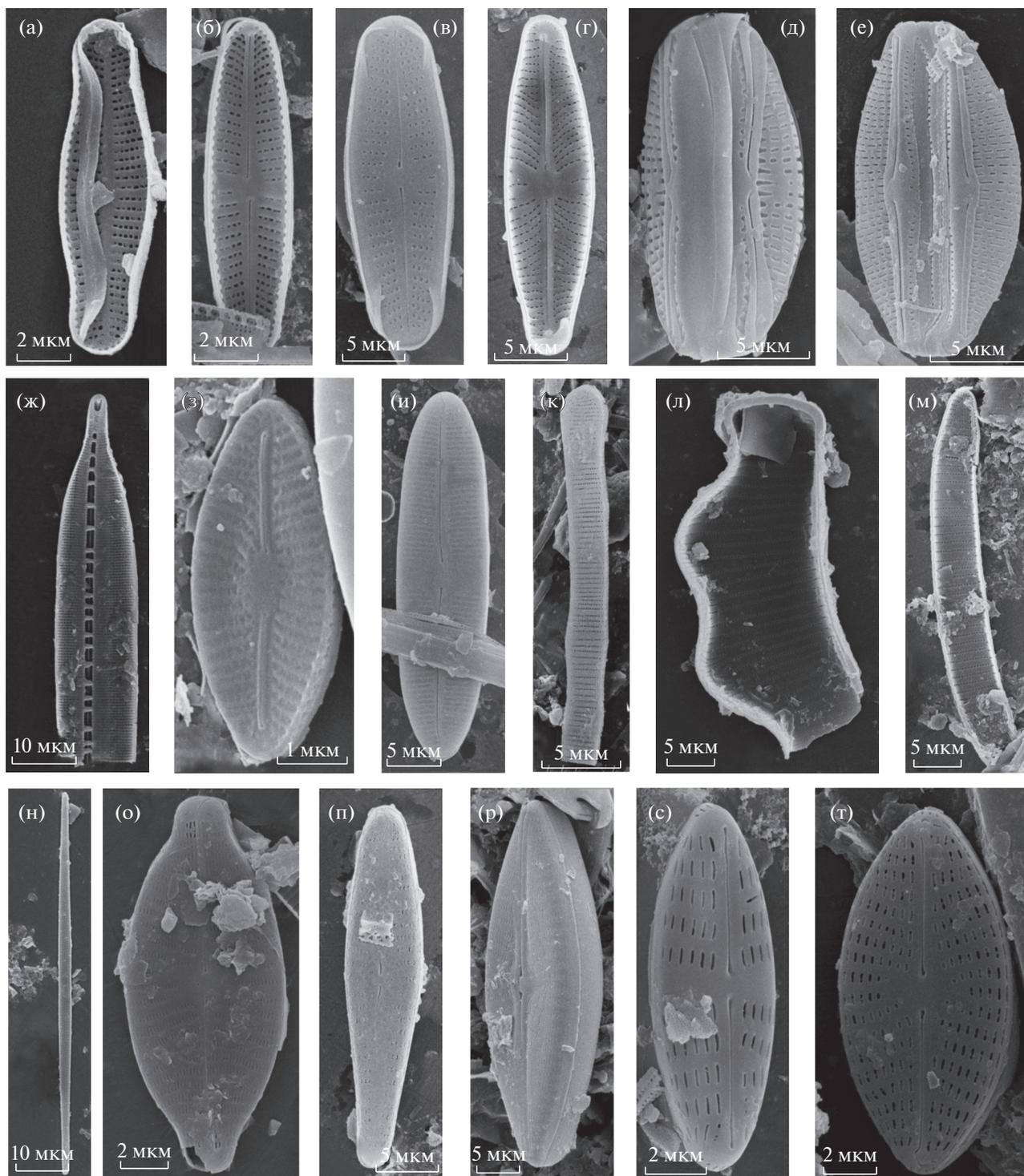


Рис. 2. Электронные микрофотографии створок (СЭМ): а – *Achnanidium catenatum*, б – *A. dolomiticum*, в – *A. saprophilum*, г – *Adlafia* species, д – *Amphora meridionalis*, е – *A. sp.*, ж – *Bacillaria* sp., з – *Brevilinea kevei*, и – *Caloneis silicula* var. *elliptica*, к – *Eunotia formicina*, л – *E. sarek*, м – *Eunotia* sp., н – *Navicula* sp. 1 – *Fragilaria saxoplanctonica*, о – *Geisleria* sp., п – *Gomphonema* sp., р – *Navicula* sp. 1, с – *Navicula* sp. 2, т – *Navicula* sp. 3. а, б, г, ж, л, м – створки с внутренней поверхности; в, д, е, з, и, к, н, о, п, р, с, т – с наружной.

Amphora meridionalis (рис. 2д). Створка длиной 18.4 мкм, шириной 4 мкм, штрихов 16 в 10 мкм. *A. sp.* (рис. 2е). Створка длиной 18.2 мкм, шириной 3.5 мкм, штрихов 30 в 10 мкм.

Bacillaria sp. (рис. 2ж). Створка шириной 4 мкм, фибул 12 в 10 мкм, штрихов 9 в 10 мкм.

Brevilinea kevei (рис. 2з). Створка длиной 4.8 мкм, шириной 2 мкм, штрихов 40 в 10 мкм.

Caloneis silicula var. *elliptica* (рис. 2и). Створка длиной 35.5 мкм, шириной 8.9 мкм, штрихов 22 в 10 мкм.

Eunotia formicina (рис. 2к). Створка длиной 100 мкм, шириной 8 мкм, штрихов 9 в 10 мкм. *E. sarek* (рис. 2л). Створка длиной 39 мкм, шириной 12.5 мкм, штрихов 10 в 10 мкм. *E. sp.* (рис. 2м). Створка длиной 39 мкм, шириной 12.5 мкм, штрихов 10 в 10 мкм.

Fragilaria saxoplanctonica (рис. 2н). Створки длиной 74–100 мкм, шириной 1.8–3.3 мкм, штрихов 22–30 в 10 мкм.

Geisleria sp. (рис. 2о). Створка длиной 16 мкм, шириной 6.8 мкм, штрихов 18 в 10 мкм.

Gomphonema sp. (рис. 2п). Створка длиной 25.6 мкм, шириной 5.4 мкм, штрихов 11 в 10 мкм.

Navicula sp. 1 (рис. 2р). Створка длиной 39 мкм, шириной 9 мкм, штрихов 8 в 10 мкм, ареол 40 в 10 мкм. *N. sp.* 2 (рис. 2с). Створка длиной 11.7 мкм, шириной 3.9 мкм, штрихов 22 в 10 мкм, ареол 40 в 10 мкм. *N. sp.* 3 (рис. 2т). Створка длиной 13 мкм, шириной 6 мкм, штрихов 14 в 10 мкм, ареол 35 в 10 мкм.

Neidium sp. (рис. 3а). Створка длиной 30 мкм, шириной 4 мкм, штрихов 26 в 10 мкм.

Nitzschia sp. (рис. 3б). Створка длиной 200 мкм, шириной 11 мкм, фибул 10 в 10 мкм, штрихов 16 в 10 мкм.

(?) *Placoneis sp.* (рис. 3в). Створка длиной 14 мкм, шириной 4.6 мкм, штрихов 24 в 10 мкм.

Planothidium reichardtii (рис. 3г, 3ж). Створки длиной 9.5–10 мкм, шириной 5–5.2 мкм, штрихов 14 в 10 мкм. *P. sp.* 1 (рис. 3д). Створка длиной 15.2 мкм, шириной 6 мкм, штрихов 13 в 10 мкм. *P. sp.* 2 (рис. 3е). Створка длиной 8.2 мкм, шириной 4.1 мкм, штрихов 25 в 10 мкм. *P. wermianum* (рис. 3з). Створка длиной 6.8 мкм, шириной 3.1 мкм, штрихов 15 в 10 мкм.

Sellaphora auldreekie (рис. 3и). Створка длиной 18.9 мкм, шириной 6.7 мкм, штрихов 19 в 10 мкм. *S. medioconvexa* (рис. 3к). Створка длиной 17.3 мкм, шириной 4.6 мкм, штрихов 24 в 10 мкм. *S. nigri* (рис. 3л). Створка длиной 13 мкм, шириной 4.3 мкм, штрихов 24 в 10 мкм. *S. saprotolerans* (рис. 3м). Створка длиной 18.7 мкм, шириной 6.8 мкм, штрихов 20 в 10 мкм. *S. sp.* (рис. 3н). Створка длиной 16 мкм, шириной 5 мкм, штрихов 28 в 10 мкм.

Stephanodiscus hashiensis (рис. 3о). Створка диаметром 7.5 мкм, штрихов 17 в 10 мкм.

Ulnaria cf. grunowii (рис. 3п, 3р). Створка длиной 178 мкм, шириной 2.7 мкм, штрихов 17 в 10 мкм.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

К настоящему времени с учетом литературных и собственных данных общий таксономический список фитопланктона Черноисточинского водохранилища включает 180 ВВТ (видов и внутривидовых таксонов) из девяти отделов. Основу таксономической структуры (32.2% общего видового богатства) формируют диатомовые водоросли. Видовой состав фитопланктона Нижнетагильского водохранилища представляют 332 вида и внутривидовых таксона из девяти отделов, вклад диатомовых водорослей, занимающих ведущие позиции, достигает 34.3% общего разнообразия. В Белоярском водохранилище Bacillariophyta находятся на втором месте в структуре альгофлоры фитопланктона, включающей 610 видов и внутривидовых таксонов из 10 отделов. Доля Bacillariophyta в общем таксономическом разнообразии достигает 27.2%, первое место занимают представители Chlorophyta (29.1%).

В наиболее изученном Белоярском водохранилище по данным световой микроскопии обнаружено 165 видов и разновидностей Bacillariophyta из 60 родов, включая 12 форм, определенных только до рода. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечено в родах *Gomphonema* (10 видов и разновидностей), *Navicula* (13) и *Nitzschia* (20) (Ярушина и др., 2003; Мухутдинов, Попов, 2004; Еремкина, 2014; Биломар, Кульнев, 2014; неопубликованные данные Т.В. Еремкиной). По нашим данным электронно-микроскопического исследования, выявлено 46 видов и разновидностей из 23 родов (две формы определены только до рода), из них 30 – новые для флоры этого водохранилища. Также зафиксированы новые роды (*Craticula* и *Gomphoneis*), наиболее насыщенными родами оказались *Cocconeis* (4 таксона), *Gomphonema* (5) и *Stephanodiscus* (5).

Для Нижнетагильского водохранилища известно 80 видов и разновидностей из 23 родов (Марченко и др., 2018; неопубликованные данные Т.В. Еремкиной). Наибольшее богатство зафиксировано в родах *Navicula* и *Stauroneis* (по 4 вида), *Surirella* (6) и *Nitzschia* (10). Наше исследование выявило 174 таксона диатомовых водорослей из 59 родов, включая 9 форм, определенных только до рода. Видовой состав этого водохранилища расширен в значительной степени за счет 142 видов и разновидностей, новых для флоры этого водоема. Кроме того, обнаружены представители родов, неизвестных ранее для водохранилища (*Anomooneis*, *Bacillaria*, *Brachysira*, *Brevilinea*, *Caloneis*, *Cocconeis*, *Craticula*, *Ctenophora*, *Cyclostepha-*

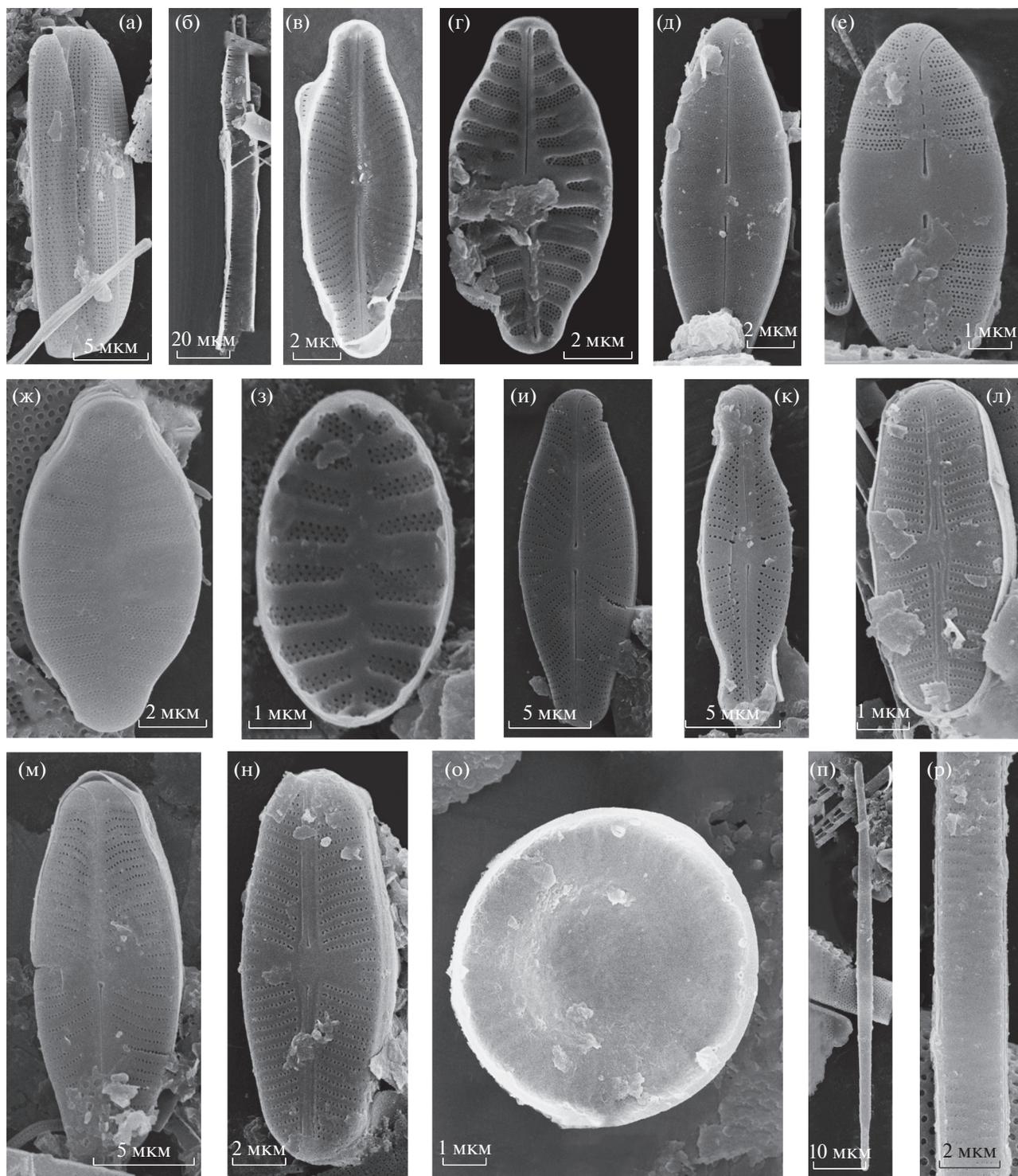


Рис. 3. Электронные микрофотографии створок (СЭМ): а – *Neidium* sp., б – *Nitzschia* sp., в – (?) *Placoneis* sp., г, ж – *Planothidium reichardtii*, д – *P.* sp. 1, е – *P.* sp. 2, з – *P. wermianum*, и – *Sellaphora auldreekie*, к – *S. medioconvexa*, л – *S. nigri*, м – *S. saprotolerans*, н – *S.* sp., о – *Stephanodiscus hashiensis*, п, р – *Ulnaria* cf. *grunowii*. а, д, е, ж, и, к, л, м, н, п, р – створки с наружной поверхности; б, в, г, з, о – с внутренней.

nos, *Diploneis*, *Discostella*, *Eolimna*, *Fallacia*, *Geissleria*, *Genkalia*, *Halamphora*, *Humidophila*, *Hantzschia*, *Lemnicola*, *Luticola*, *Placoneis*, *Psammothidium*, *Punctastriata*, *Reimeria*, *Rhoicosphenia*, *Rosithidium*, *Tabulata*,

Thalassiosira, *Tryblionella*). Наиболее насыщенными в таксономическом плане были роды *Nitzschia* и *Pinnularia* (по 12 видов), *Sellaphora* (13) и *Navicula* (16).

В Черноисточинском водохранилище при изучении центрических диатомовых водорослей с помощью электронной микроскопии выявлено четыре таксона: *Aulacoseira subarctica*, *Cyclostephanos dubius*, *Stephanodiscus makarovaе*, *S. minutulus* (Генкал, Ярушина, 2012). По неопубликованным данным Т.В. Еремкиной, в результатах светомикроскопических исследований зафиксировано 54 вида и разновидности из 34 родов (включая два вида, определенных только до рода). Наибольшее богатство зафиксировано в родах *Aulacoseira* и *Navicula* (по три вида) и *Fragilaria* и *Nitzschia* (по четыре вида). Согласно результатам нашего исследования, в этом водохранилище обнаружено 68 таксонов видового ранга из 35 родов, в том числе 52 новых для флоры этого водохранилища; зафиксированы новые роды *Adlafia*, *Brachysira*, *Cyclostephanos*, *Cumatopleura*, *Diploneis*, *Eunotia*, *Geissleria*, *Gomphosphenia*, *Karayevia*, *Melosira*, *Pinnularia*, *Placoneis*, *Psammothidium*, *Pseudostaurosira*, *Rhoicosphenia*, *Surirella*. Наиболее насыщенные в таксономическом плане — роды *Gomphonema*, *Nitzschia* и *Sellaphora* (по 5 видов), *Fragillaria* (6).

Выводы. В Белоярском, Нижнетагильском и Черноисточинском водохранилищах обнаружено 216 видов и разновидностей Bacillariophyta, включая водоросли, определенные только до рода. Зафиксировано 17 таксонов, новых для флоры России из родов *Achnanidium*, *Amphora*, *Brevilinea*, *Caloneis*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Planothidium*, *Sellaphora*, *Stephanodiscus*, *Ulnaria*. Наибольшее таксономическое разнообразие (179) отмечено в Нижнетагильском водохранилище.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках госзадания по теме № 121051100099-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балонов И.М. 1975. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов. Москва: Наука. С. 87.
- Биломар Е.Е., Кульнев В.В. 2014. Биологическая реабилитация Белоярского водохранилища методом коррекции альгоценоза // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 23. № 2. С. 22.
- Водные ресурсы Свердловской области. 2004. Екатеринбург: Издательство АМБ.
- Водохранилища мира. 1979. Москва: Наука.
- Генкал С.И., Ярушина М.И. 2002. Материалы к флоре центрических (Centrophyceae) диатомовых водорослей водоемов Среднего Урала // Биология внутр. вод. № 2. С. 27.
- Еремкина Т.В. 2014. Фитопланктон водохранилищ Среднего Урала в современных условиях // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге. Сборник материалов докладов III Международной научной конференции, 24–29 августа 2014 года. Ярославль: Филигрань. С. 143.
- Куликовский М.С., Глуценко А.Н., Генкал С.И., Кузнецова И.В. 2016. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань.
- Марченко Е.А., Анциферова Г.А. 2018. Фитопланктон Нижнетагильского городского пруда и Леневого водохранилища // Глобальные экологические проблемы: локальное решение: Матер. Всеросс. с между. участием науч.-практ. конф. Борисоглебск: ООО “Кристина и К”. С. 74.
- Мухомудинов В.Ф., Попов А.Н. 2004. Продукционные характеристики фитопланктона Белоярского водохранилища // Водное хоз-во России: проблемы, технол., управ. Т. 6. № 3. С. 243.
- Ярушина М.И., Гусева В.П., Чеботина М.Я. 2003. Видовой состав и экологическая характеристика водорослей водоема-охладителя Белоярской АЭС // Экология. № 1. С. 23.
- Carlson R. E. 1977. A trophic state index for lake // Limnol., Oceanogr. V. 22. № 2. P. 361.
- Krammer K. 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* part. // Bibl. Diatomologica. Bd 36.
- Krammer K. 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis* // Bibl. Diatomologica. Bd 37.
- Krammer K. 2000. Diatoms of Europe. *Pinnularia*. V. 1.
- Krammer K. 2002. Diatoms of Europe. *Cymbella*. V. 3.
- Krammer K. 2003. Diatoms of Europe. *Cymboplectra*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocybella*. V. 4.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Teil 1. Naviculaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fischer. Bd 2/1. S. 1.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. Teil 2. Epithemiaceae, Bacillariaceae, Surirellaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fischer. Bd 2/2. S. 1.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fischer. S. 1.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. Teil 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema* // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fischer. Bd 2/4. S. 1.
- Lange-Bertalot H. 2001. Diatoms of Europe. *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu lato. V. 2. S. 1.
- Lange-Bertalot H., Genkal S.I. 1999. Diatoms of Siberia. I // Iconographia Diatomologica. V. 6. S. 7.
- Lange-Bertalot H., Bak M., Witkowski A. 2011. Diatoms of Europe. *Eunotia* and some related genera. V. 6. S. 1.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 1996. Indicators of oligotrophy // Iconographia Diatomologica. Bd 2. S. 1.
- Lange-Bertalot H., Moser G. 1994. *Brachysira*-Monographie der Gattung. Wichtige indicator-species für das gewässer-monitoring und *Naviculadicta* nov. gen. Ein-

- lösungsvorschlagzudem problem. *Navicula* sensu lato onhe *Navicula* sensu strict // Bibliotheca Diatomologica. Bd 29. 1 s.
- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. Freshwater benthic diatoms of Central Europe. Schmittens-Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books.
- Levkov Z. 2009. Diatoms of Europe. Amphora sensu lato. V. 5. Ruggell: Gantner Verlag. P. 5.
- Levkov Z., Mitić-Kopanja D., Reichardt E. 2016. Diatoms of Europe. The diatom genus *Gomphonema* from the Republik of Macedonia. V. 8.
- Levkov Z., Metzeltin D., Pavlov A. 2013. Diatoms of Europe. *Luticola, Luticolopsis*. V. 7.
- Reichardt E. 1999. Zur revision der gattung *Gomphonema* // Iconographia Diatomologica. Bd. 8.

Diatom Algae of Different Types of Middle Ural Reservoirs (Sverdlovsk Region, Russia)

S. I. Genkal¹, * and T. V. Eremkina²

¹*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia*

²*Ural Branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Russian Federal Research Institute of Fisheries and oceanography", Ekaterinburg, Russia*

*e-mail: genkal47@mail.ru

For the first time, diatoms from the Beloyarskoe, Chernostochinskoe and Nizhnetagilskoe reservoirs of the Sverdlovsk region are studied using electron microscopy. The data on the species composition of Bacillariophyta of the Chernostochinskoe Reservoir are significantly supplemented. A total of 216 taxa of species and intraspecific rank from 63 genera are identified in these three reservoirs. Among them 17 taxa are new to the flora of Russia, 14 forms from 11 genera are identified only to the genus. The maximum taxonomic diversity is recorded in the Nizhnetagilskoe reservoir (179).

Keywords: Sverdlovsk region, Middle Ural, Beloyarskoe, Nizhnetagilskoe, Chernostochinskoe reservoirs, phytoplankton, Bacillariophyta, electron microscopy