

УДК 582.261.1(470.341)

**МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
(CENTROPHYCEAE) КАРСТОВОГО ОЗЕРА СВЯТОЕ ДЕДОВСКОЕ
(НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

С. И. Генкал¹, А. Г. Охапкин²

¹ *Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН
Россия, 1525742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок
E-mail: genkal@ibiw.yaroslavl.ru*

² *Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского
Россия, 603600, Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23
E-mail: okhapkin@bio.unn.ru*

Поступила в редакцию 24.02.13 г.

Материалы к флоре диатомовых водорослей (Centrophyceae) карстового озера Святое Дедовское (Нижегородская область). – Генкал С. И., Охапкин А. Г. – По результатам электронно-микроскопического исследования приведены первые данные по видовому составу диатомовых водорослей класса Centrophyceae карстового оз. Святое Дедовское, уникального памятника природы Нижегородской области. Выявлено 25 таксонов центрических диатомовых водорослей из 6 родов: *Aulacoseira* – 13, *Cyclotella* – 1, *Discostella* – 1, *Melosira* – 1, *Stephanodiscus* – 5, *Thalassiosira* – 4, в том числе новый вид для флоры России *Aulacoseira laevisissima*. Видовой состав центрических диатомовых водорослей характеризует озеро как олиготрофное.

Ключевые слова: фитопланктон, диатомовые водоросли, Centrophyceae, флора, электронная микроскопия, озеро Святое Дедовское, Нижегородская область.

Data on the diatom algae (Centrophyceae) flora in the karstic lake Svyatoye Dedovskoye (Nizhny Novgorod region). – Genkal S. I. and Okhapkin A. G. – Early data are presented on the species composition of diatom algae (the Centrophyceae class) in the karstic lake Svyatoye Dedovskoye, a unique natural monument in the Nizhny Novgorod region, from electron microscopy studies. A total of 25 taxa of centric diatoms have been recorded, belonging to 6 genera, namely: *Aulacoseira* (13), *Cyclotella* (1), *Discostella* (1), *Melosira* (1), *Stephanodiscus* (5), *Thalassiosira* (4), including *Aulacoseira laevisissima*, a species new for the flora of Russia. The species composition of centric diatom algae characterizes the lake as oligotrophic.

Key words: phytoplankton, diatom algae, Centrophyceae, flora, electron microscopy, lake Svyatoye Dedovskoye, Nizhny Novgorod region.

ВВЕДЕНИЕ

В литературе данные по видовому составу Bacillariophyta карстовых озёр Среднего Поволжья, в том числе центрическим диатомовым водорослям, немногочисленны. О. В. Палагушкина приводит данные изучения 61 озера (от олиготрофных до эвтрофных) и в качестве наиболее часто встречающихся видов класса Centrophyceae приводит *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclotella* species, *Stephanodiscus hantzschii*, *Stephanodiscus* species, а также в этих озерах она зафиксировала *Aulacoseira granulata*, *A. islandica*, *Cyclostephanos dubius*, *Cyclotella comensis*, *C. radiosa*, *Stephanodiscus minutulus* (Палагушкина, 2004). В эвтрофном оз. Бездонное (Самар-

ская Лука) было обнаружено всего два вида центрических диатомовых водорослей – *Discostella pseudostelligera* и *Stephanodiscus invisitatus* (Генкал, Горохова, 2008).

Карстовое оз. Святое Дедовское – уникальный памятник природы Нижегородской области. Водоём известен как одно из немногих мест произрастания редких видов растений (полушник озёрный, ликоподиелла заливаемая, осока Эдера), внесенных в Красную книгу Нижегородской области (2005). Альгофлора этого уникального водного объекта совершенно не изучена.

Цель работы: на основе электронно-микроскопических исследований выявить видовой состав центрических диатомовых водорослей, выделить массовые и редкие виды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Озеро Святое Дедовское – самое крупное карстовое (карстово-террасное) озеро на территории области. Считают, что оно образовалось в результате слияния нескольких карстовых провалов (Бакка, Киселева, 2009). Водоём расположен в 13 км на северо-восток от г. Навашино Нижегородской области, у с. Дедово (Баканина и др., 2001). Форма озера – овальная, длина водоёма около 2 км, наибольшая ширина 1 км, глубина до 20 м, площадь водного зеркала 136 га. Дно илистое у возвышенного северного берега и песчано-илистое в юго-восточной части водоёма (Панфилов, 1974).

Для рекогносцировочной характеристики альгофлоры озера 26 августа 2012 г. был проведен отбор проб на трех станциях, расположенных в западной, центральной и восточной его частях. Глубина на станциях отбора проб составляла 9 – 10 м, прозрачность воды колебалась от 2.5 до 3 м, температура поверхностного слоя составляла +20 – 21.5°C. Пробы воды отбирались батометром Рутгнера с поверхностного горизонта (0 – 0.5 м) и интегрированные (от поверхности до дна), на месте фиксировались иодно-формалиновым фиксатором (Методика изучения биогеоценозов..., 1975), затем отстаивались в течение двух недель в холодильнике и обрабатывались отстойным методом с последующей фильтрацией супернатанта через мелкопористые мембранные фильтры марки Владипор МФАС-СПА с диаметром пор 1.5 – 3.0 мкм.

Освобождение створок диатомей от органических веществ для электронной микроскопии проводили методом холодного сжигания (Балонов, 1975). Препараты водорослей исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM-25S.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении материалов выявлено 25 представителей Centrophyceae. Их краткие описания и оригинальные иллюстрации приведены ниже.

Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen (рис. 1, 1). Створка диаметром 10 мкм, высотой 10 мкм, число рядов ареол 11 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 16.

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen (рис. 1, 2). Створка диаметром 11,8 мкм, высотой 11.8 мкм, число рядов ареол 9 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 9.

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Aulacoseira islandica (O. Müller) Simonsen (рис. 1, 3). Створка диаметром 20 мкм, высотой 12.2 мкм, число рядов ареол 12 в 10 мкм.

Aulacoseira lacustris (Grunow) Krammer (рис. 1, 4, 5, 7). Створки диаметром 17.1 – 33.3 мкм, высотой 6.6 – 13.0 мкм, число рядов ареол 10 – 12 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 20.

В озере отмечено массовое развитие. Для водоёмов бассейна Средней Волги отмечена впервые.

Максимальные значения диаметра створки и ее загиба превышают известные значения (Генкал, Куликовский, 2008; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал, Чекрыжева, 2011; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Houk, 2003), за исключением данных по этому виду из р. Пасвик, где зафиксирован диаметр створки до 40 мкм (Комулайнен, Генкал 2009).

Aulacoseira laevissima (Grunow) Krammer (рис. 1, 6). Створки диаметром 11.0 – 11.4 мкм, высотой 7.5 мкм, число рядов ареол 20 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 20 – 30.

Новый для флоры России.

Редкий современный пресноводный вид, встречающийся в олиготрофных водоёмах (Haworth, 1988; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Siver, Kling, 1997; Houk, 2003; Houk, Klee, 2007).

Aulacoseira lirata (Ehrenberg) Ross (рис. 1, 8). Створки диаметром 11 – 31 мкм, высотой 8.7 – 12.7 мкм, число рядов ареол 7 – 10 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 8 – 14. Указывалась для Горьковского (Охупкин и др., 1997) и Куйбышевского (Фитопланктон нижней Волги, 2003) водохранилищ.

Максимальные значения диаметра створки и числа ареол в 10 мкм превышают известные значения (Давыдова, Моисеева, 1992; Комулайнен, Генкал, 2009;

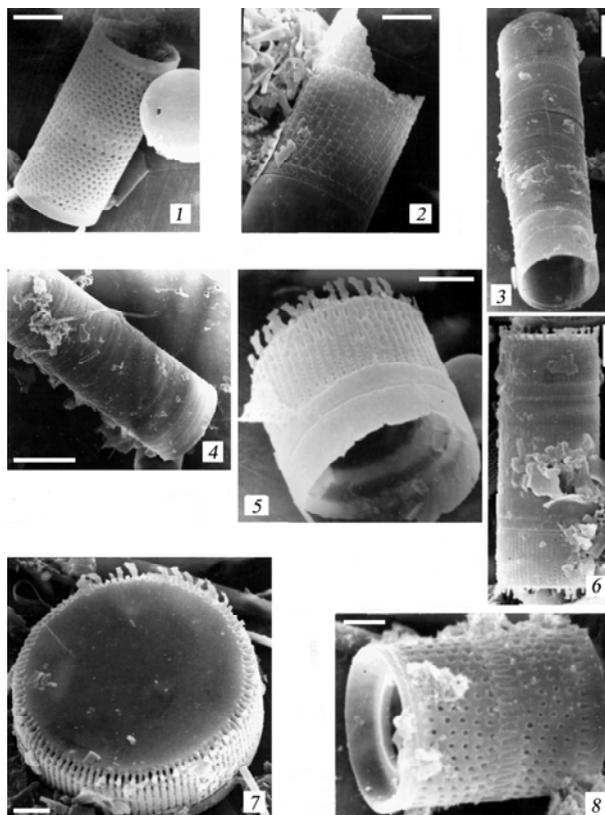


Рис. 1. Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Aulacoseira ambigua*; 2 – *A. granulata*; 3 – *A. islandica*; 4, 5, 7 – *A. lacustris*; 6 – *A. laevissima*; 8 – *A. lirata*. 1 – 8 – створки с наружной поверхности. Масштаб, мкм: 1, 2, 4, 5 – 5; 3, 7, 8 – 10

Генкал, Трифонова, 2009; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2011, 2013; Харитонов, Генкал, 2012; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Houk, 2003).

Aulacoseira perglabra (Oestrup) Haworth (рис. 2, 1). Створки диаметром 6.7 – 20.0 мкм, высотой 1.2 – 3.6 мкм, число рядов ареол 12 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 10.

Для водоёмов бассейна Средней Волги указывается впервые.

Максимальное значение диаметра створки превышает известные из литерату-

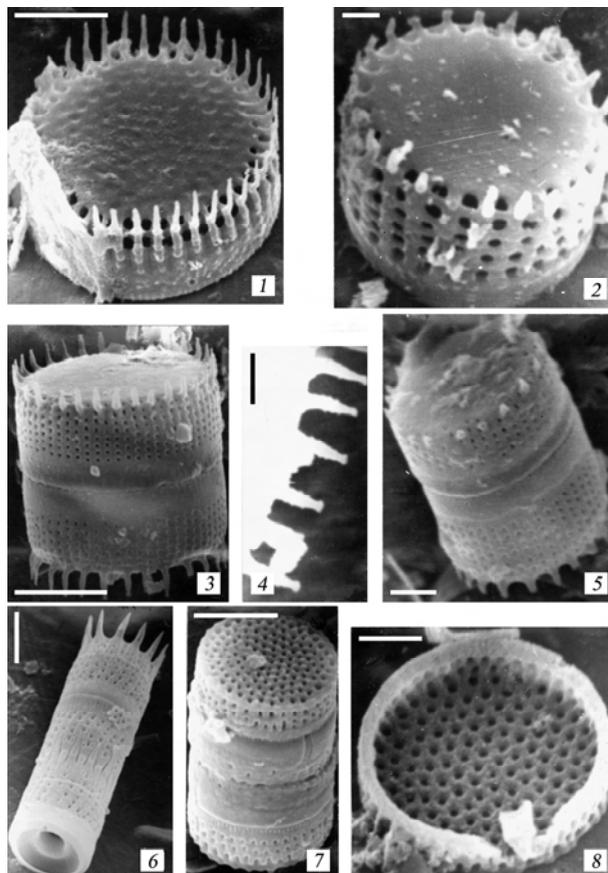


Рис. 2. Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Aulacoseira perglabra*; 2 – *A. septentrionalis*; 3, 4 – *Aulacoseira* species 1; 5 – *Aulacoseira* species 2; 6 – *A. subarctica*; 7, 8 – *A. tenella*. 1 – 3, 5 – 7 – створки с наружной поверхности; 4 – шипы; 8 – створки с внутренней поверхности.

Масштаб, мкм: 1, 3, 6, 7 – 5; 2, 4 – 1; 5, 8 – 2

Aulacoseira tenella (Nygaard) Florin (рис. 2, 7, 8). Створки диаметром 7.6 – 9.0 мкм, высотой 1.4 – 1.8 мкм, число рядов ареол 16 – 20 в 10 мкм.

ры данные (Генкал, Трифонова, 2009; Комулайнен, Генкал, 2009; Генкал, Бондаренко, 2011; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2011, 2013; Харитонов, Генкал, 2012; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Houk, 2007).

Aulacoseira septentrionalis (Camburn et Charlrs) Genkal et Kulikovskiy (рис. 2, 1). Створки диаметром 5.2 – 7.3 мкм, высотой 2.6 – 3.2 мкм, число рядов ареол 14 – 15 в 10 мкм.

Для водоёмов бассейна Средней Волги указывается впервые.

Aulacoseira species 1 (рис. 2, 3, 4). Створка диаметром 10 мкм, высотой 4 мкм, число рядов ареол 20 в 10 мкм, ареол в 10 мкм штриха 25.

Aulacoseira species 2 (рис. 2, 5). Створка диаметром 7.7 мкм, высотой 4 мкм, число рядов ареол 20 в 10 мкм.

Aulacoseira subarctica (O. Müller) Haworth (рис. 2, 6). Створка диаметром 7.1 мкм, высотой 5.7 мкм, число рядов ареол 14 в 10 мкм.

Для водоёмов бассейна Средней Волги указывается впервые.

Aulacoseira valida (Grunow) Krammer (рис. 3, 1). Створки диаметром 11.0 – 18.6 мкм, высотой 12.7 – 14.0 мкм, число рядов ареол 12 в 10 мкм, число рядов ареол 13, 14 в 10 мкм.

Указывалась для водохранилищ Верхней Волги (кроме Угличского) (Корнева, 2009) и Куйбышевского (Фитопланктон Нижней Волги, 2003).

Cyclotella meneghiniana Kützing (рис. 3, 5, 6). Створки диаметром 16.4 – 32.8 мкм, штрихов 6 – 8 в 10 мкм.

Discostella stelligera (Cleve et Grunow) Houk et Klee (рис. 3, 2 – 4). Вегетативные створки диаметром 9.5 – 28.8 мкм, штрихов 9 – 10 в 10 мкм. Инициальные створки диаметром 20.0 – 22.2 мкм, штрихов 8 – 12 в 10 мкм.

В озере отмечено массовое развитие *D. stelligera*.

Melosira varians Agardh (рис. 3, 7). Створки диаметром 17.7 – 30.0 мкм, высотой 15.7 – 17.7 мкм.

Stephanodiscus binderanus (Kützing) Krieger (рис. 3, 8). Створки диаметром 14.3 – 21.0 мкм, штрихов 8 – 9 в 10 мкм.

Stephanodiscus hantzschii Grunow (рис. 4, 1). Створки диаметром 10.4 – 34.3 мкм, штрихов 4 – 12 в 10 мкм.

Максимальное значение диаметра створки пре-

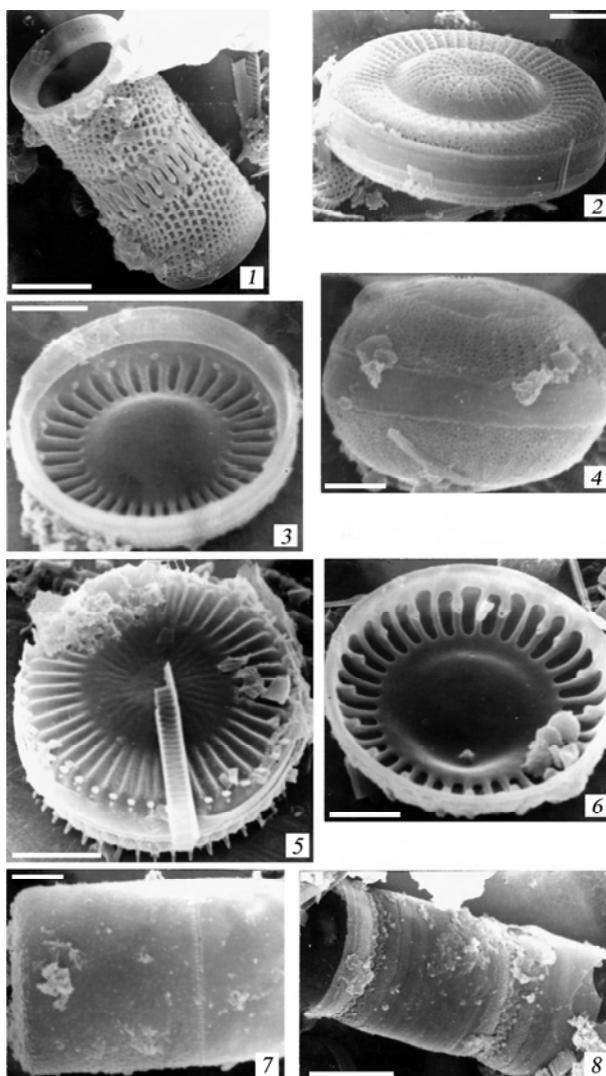


Рис. 3. Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Aulacoseira valida*; 2 – 4 – *Discostella stelligera*; 5, 6 – *Cyclotella meneghiniana*; 7 – *Melosira varians*; 8 – *Stephanodiscus binderanus*. 1, 2, 5, 7, 8 – створки с наружной поверхности; 4 – инициальные створки с наружной поверхности; 3, 6 – створки с внутренней поверхности. Масштаб, мкм: 1, 5, 8 – 10; 2 – 4, 6, 7 – 5

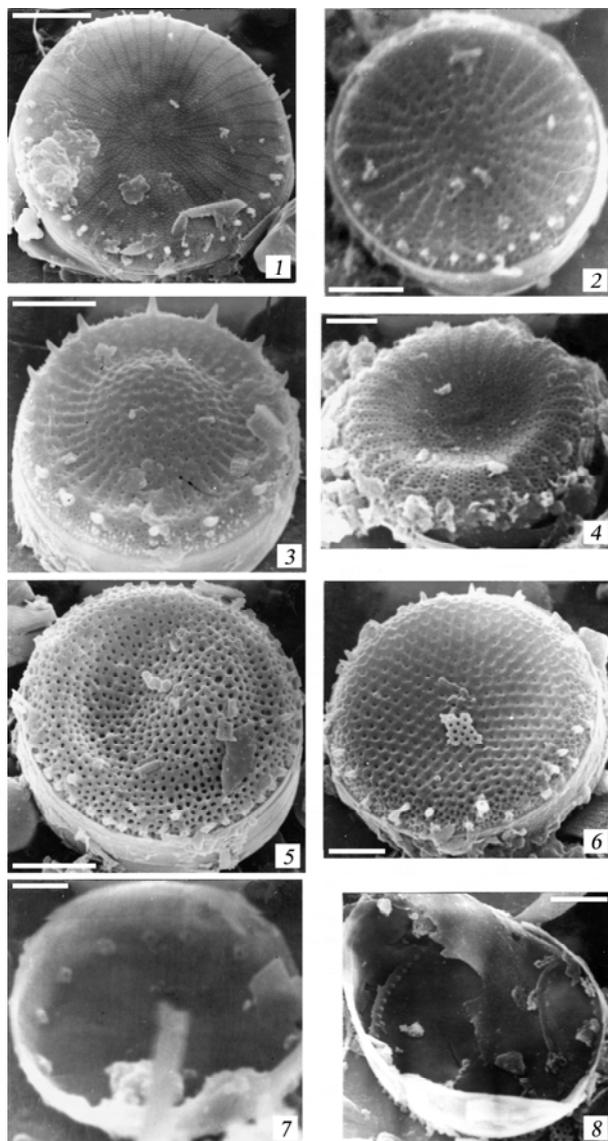


Рис. 4. Электронные микрофотографии створок (СЭМ): 1 – *Stephanodiscus hantzschii*; 2 – *S. minutulus*; 3 – *S. neoastreae*; 4 – *S. triporus*; 5 – *Thalassiosira lacustris*; 6 – *T. incerta*; 7 – *T. pseudonana*; 8 – *T. weissflogii*; 1 – 6 – створки с наружной поверхности; 7, 8 – створки с внутренней поверхности. Масштаб, мкм: 1, 5 – 10; 2, 4 – 2; 3, 6, 8 – 5; 7 – 1

вышает известные (Определитель..., 1951; Генкал, 1992; Козырченко и др., 1992; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал и др., 2011; Kramer, Lange-Bertalot, 1991).

Stephanodiscus makarovae Genkal (рис. 4, 2). Створка диаметром 7.7 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

Stephanodiscus neoastreae Håkansson et Nickel emend. Casper, Scheffler et Augsten (рис. 4, 3). Створки диаметром 15.7 – 20.7 мкм, штрихов 10 в 10 мкм.

Stephanodiscus triporus Genkal et Kuzmin (рис. 4, 4). Створка диаметром 11.4 мкм, штрихов 12 в 10 мкм.

Thalassiosira lacustris (Grunow) Hasle et Fryxell (рис. 4, 5). Створки диаметром 32.8 – 37.7 мкм, краевых выростов 5 в 10 мкм.

Thalassiosira incerta Makarova (рис. 4, 6). Створки диаметром 21.4 – 23.3 мкм, краевых выростов 4 в 10 мкм.

Thalassiosira pseudonana Hasle et Heimdal (рис. 4, 7). Створка диаметром 5.3 мкм, краевых выростов 17 в 10 мкм.

Thalassiosira weissflogii (Grunow) Fryxell et Hasle (рис. 4, 8). Створка диаметром 20 мкм, краевых выростов 14 в 10 мкм.

Наиболее насыщенным в таксономическом отношении оказался род *Aulacoseira* – 11 видов и 2 формы, определенные только до

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

рода, и из них один вид, новый для флоры России (*A. laevisissima*). При этом значительная часть представителей этого рода (*A. lacustris*, *A. laevisissima*, *A. lirata*, *A. perglabra*, *A. septentrionalis*, *A. tenella*) относится к редким видам, характерным для северных, альпийских или горных олиготрофных водоёмов (Давыдова, Моисеева, 1992; Генкал, Трифонова, 2009; Комулайнен, Генкал, 2009; Генкал, Бондаренко, 2011; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2011, 2013; Харитонов, Генкал, 2012; Houk, 2003; Houk, Klee, 2007). Из перечисленных видов этого рода только *Aulacoseira lirata* и *A. valida* были отмечены в составе волжского фитопланктона. Такое необычно высокое богатство этого рода в регионе, в водоёмах которого, как правило, встречается другой набор видов – *A. ambigua*, *A. granulata*, *A. islandica* и *A. subarctica* (Корнева, Генкал, 2000), характеризует оз. Святое Дедовское как олиготрофный водоём с уникальным видовым составом. При этом в других изученных карстовых озёрах этого региона состав Centrophyceae сильно отличается от перечня центрических диатомей исследованного водоёма (Палагушкина, 2004; Генкал, Горохова, 2008). С другой стороны, в озере единично отмечены пресноводно-солонатоводные представители рода *Thalassiosira*, что может быть следствием наблюдающихся в бассейне р. Волги постепенных изменений условий формирования стока водоёмов, сопровождающихся ростом минерализации, изменением ионного состава и трофии вод. Значительная часть видов центрических диатомовых водорослей отмечена не в поверхностных, а в интегрированных по глубине водоёма пробах воды (особенно крупноклеточные виды рода *Aulacoseira*), что косвенно свидетельствует об их концентрации во второй половине лета в зоне гипolimниона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первое исследование уникального памятника природы Нижегородской области карстового озера Святое Дедовское выявило богатый видовой состав диатомовых водорослей класса Centrophyceae – 25 таксонов из 6 родов. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечено в роде *Aulacoseira* (13), в том числе обнаружен новый вид для флоры России (*Aulacoseira laevisissima*). Видовой состав центрических диатомовых водорослей необычен для водоёмов бассейна Средней Волги, характеризует озеро как олиготрофное и требует дальнейшего изучения. Наличие в озере представителей рода *Thalassiosira* возможно свидетельствует о постепенной экспансии представителей высокоминерализованных вод в водоёмы исследуемого региона в связи с постепенной трансформацией условий обитания и динамикой климата.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-04-00878-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баканина Ф. М., Воротников В. П., Лукина Е. В., Фридман Б. И. Озера Нижегородской области / Нижегород. отд-ние Всерос. о-ва охраны природы. Н. Новгород, 2001. 165 с.

Бакка С. В., Киселева Н. Ю. Особо охраняемые природные территории Нижегородской области. Аннотированный перечень / Минприроды Нижегородской области. Н. Новгород, 2009. 560 с.

Балонов И. М. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. С. 86 – 87.

Генкал С. И. Атлас диатомовых водорослей планктона реки Волги. СПб. : Гидрометеоиздат, 1992. 128 с.

Генкал С. И., Бондаренко Н. А. Диатомовые водоросли горных озер Джергинского заповедника (Прибайкалье). 1. Centrophyceae // Поволж. экол. журн. 2011. № 2. С. 127 – 136.

Генкал С. И., Горохова О. Г. Материалы к флоре диатомовых водорослей (Centrophyceae) водоемов Самарской Луки // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2008. Т. 10, № 5/1 (25). С. 205 – 213.

Генкал С. И., Куликовский М. С. Новые виды центрических диатомовых (Bacillariophyta) из государственного природного заповедника «Рдейский» (Новгородская область) // Бот. журн. 2008. Т. 93, № 5. С. 771 – 775.

Генкал С. И., Трифонова И. С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск : Изд-во «Рыбинский дом печати», 2009. 72 с.

Генкал С. И., Чекрыжева Т. А. Центрические диатомовые водоросли (Bacillariophyta, Centrophyceae) водоемов Карелии // Биол. внутр. вод. 2011. № 1. С. 5 – 16.

Генкал С. И., Бондаренко Н. А., Шур Л. А. Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири. Рыбинск : Изд-во «Рыбинский дом печати», 2011. 72 с.

Генкал С. И., Поповская Г. И., Осипов Э. Ю., Онищук Н. А., Лихошвай Е. В. Bacillariophyta высокогорных водоемов Баргузинского хребта // Биол. внутр. вод. 2013. № 3. С. 4 – 8.

Давыдова Н. Н., Моисеева А. И. Род *Aulacosira* Thw. // Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1992. Т. II, вып. 2. С. 76 – 85.

Козыренко Т. Ф., Хурсевич Г. К., Логинова Л. П., Генкал С. И., Шешукова-Порецкая В. С. Род *Stephanodiscus* Ehr. // Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1992. Т. II, вып. 2. С. 7 – 20.

Комулайнен С. Ф., Генкал С. И. Материалы к флоре Bacillariophyta приграничной реки Пасвик (Патсойки, Мурманская область, Россия). 1. Centrophyceae // Альгология. 2009. Т. 19, № 3. С. 273 – 283.

Корнева Л. Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов : дис. ... д-ра биол. наук. Борок, 2009. 434 с.

Корнева Л. Г., Генкал С. И. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона волжских водохранилищ // Каталог растений и животных водоемов бассейна Волги. Ярославль : Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 2000. С. 5 – 112.

Красная книга Нижегородской области : в 2 т. Т. 2. Сосудистые растения, водоросли, лишайники, грибы / Комитет охраны природы и управления природопользованием Нижегородской области. Н. Новгород, 2005. 328 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. : Наука, 1975. 240 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1951. Вып. 4. 619 с.

Охапкин А. Г., Микульчик И. А., Корнева Л. Г., Минеева Н. М. Фитопланктон Горьковского водохранилища / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 1997. 224 с.

Палагушкина О. В. Экология фитопланктона карстовых озер Среднего Поволжья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2004. 25 с.

Панфилов Д. Н. Воды // Природа Горьковской области. Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1974. С. 126 – 172.

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Фитоплантон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки. СПб. : Наука. С.-Петербург. отделение, 2003. 232 с.

Харитонов В. Г., Генкал С. И. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан : Изд-во СВНЦ ДВО РАН, 2012. 402 с.

Haworth E. Y. Distribution of diatom taxa of the Old genus *Melosira* (now mainly *Aulacoseira*) in Cumbrian waters // *Algae and the Aquatic Environment* / ed. F. E. Round. Bristol : Biopress, 1988. P. 138 – 167.

Houk V. Atlas of freshwater centric diatoms with brief key and descriptions. Part I. Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae // *Czech. Phycol.* 2003. Suppl. 1. P. 1 – 112.

Houk V., Klee R. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part II. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Part I) // *Fottea, Olomouc.* 2007. Vol. 7, № 2. P. 85 – 255.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 3. Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // *Süswasserflora von Mitteleuropa.* Stuttgart ; Jena : Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 s.

Siver P. A., Kling H. Morphological observations of *Aulacoseira* using scanning electron microscopy // *Can. J. Bot.* 1997. Vol. 75. P. 1807 – 1835.