

Оригинальная статья

УДК 574.583:574.21:574.633

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-3-251-261>

ФИТОПЛАНКТОН И КАЧЕСТВО ВОДЫ ОЗЕРА КУЧАНЕ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

Т. В. Дрозденко^{1✉}, А. А. Волгушева²

¹ Псковский государственный университет
Россия, 180000, г. Псков, пл. Ленина, д. 2

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

Поступила в редакцию 03.05.2021 г., после доработки 16.06.2021 г., принята 26.06.2021 г.

Аннотация. Впервые проведено исследование фитопланктона озера Кучане, расположенного в границах музея-заповедника «Михайловское», в разные сезоны 2016 – 2017 гг. Всего в фитопланктоне идентифицировано 213 видовых и внутривидовых таксонов из 9 отделов: Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Cyanobacteria, Dinophyta, Cryptophyta, Charophyta и Xanthophyta. Соотношение основных отделов микроводорослей в течение исследованных сезонов имело сходный характер. Флористический комплекс альгофлоры озера составляли диатомовые (36.6%), зеленые (27.2%) и золотистые (10.8%) водоросли. Большинство родов фитопланктона содержали всего один видовой таксон. С весны и до осени 2017 г. видовой состав фитопланктонного сообщества изменялся мало. Минимальное видовое сходство сообществ фитопланктона отмечалось в июле 2016 г. и августе 2017 г. По уровню биомассы планктонных водорослей озеро относится к водоемам олиготрофного типа. Для планктонной альгофлоры оз. Кучане характерно доминирование космополитных пресноводных форм микроводорослей. По отношению к pH преобладали представители, предпочитающие слабощелочные воды. Индекс трофности Милиуса варьировал в диапазоне 18.0 – 39.6 с максимальным значением в летний период. Индекс сапробности по Пантле – Букк практически не изменялся в ходе всего исследования. Воды оз. Кучане соответствовали бета-мезосапробной зоне самоочищения, III классу качества.

Ключевые слова: фитопланктон, биоиндикация, таксономический состав, численность, биомасса, трофический статус, сапробность, качество воды

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-64-46018).

Для цитирования. Дрозденко Т. В., Волгушева А. А. Фитопланктон и качество воды озера Кучане (Псковская область, Россия) // Поволжский экологический журнал. 2021. № 3. С. 251 – 261. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-3-251-261>

✉ Для корреспонденции. Лаборатория комплексных экологических исследований Псковского государственного университета.

ORCID и e-mail адреса: Дрозденко Татьяна Викторовна: <https://orcid.org/0000-0002-5553-2296>, tboichuk@mail.ru; Волгушева Алёна Александровна: <https://orcid.org/0000-0002-0414-1236>, volgusheva_alena@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Экологический мониторинг поверхностных вод является абсолютно необходимым условием оценки и сохранения водных ресурсов в условиях ежегодно возрастающей антропогенной нагрузки (Baginova, 2017).

Водные объекты, находящиеся на особо охраняемых природных территориях, являются крайне важными объектами мониторинга, поскольку результаты исследований позволяют оценить функционирование экосистем в условиях, близких к естественным (Малышева и др., 2018). Более того, они могут быть использованы для сохранения и поддержания биоразнообразия водных экосистем, а также при оценке степени отклонения их свойств и функций в условиях антропогенно нарушенного ландшафта.

Природным заповедникам принадлежит особое место среди наиболее эффективных форм охраны биоразнообразия. Входящие в них природные сообщества служат эталоном при биоиндикационных исследованиях аналогичных экосистем, находящихся вне заповедной территории. Природные заповедники создаются с целью сохранения в природном состоянии типичных или уникальных для данной ландшафтной зоны природных комплексов со всей совокупностью их компонентов, включая водорослевые сообщества.

Ключевым компонентом всех водных экосистем являются планктонные водоросли. Фитопланктон представляет собой начальное звено трофических цепей и выступает основным продуцентом органического вещества в водоемах, чутко реагирует на любые изменения условий обитания и объективно отражает особенности структурно-функциональной организации гидробиоценозов, что делает его перспективным объектом для индикации качества вод (Ташлыкова, 2018; Pourafrasyabi, Ramezanpour, 2014). Знание таксономического состава, структуры и особенностей функционирования фитопланктона имеет большое значение для понимания закономерностей функционирования водной экосистемы, способствует созданию основы для рационального использования водных объектов, а также необходимо для решения ряда задач контроля санитарно-биологического состояния водоемов. Мониторинг альгоценозов всегда актуален, так как полученные результаты, отражая экологическое состояние водоемов, могут быть использованы для планирования и осуществления природоохранных мероприятий, которые особенно значимы для водных объектов, расположенных на охраняемых территориях (Otchenash et al., 2019).

Государственный мемориальный историко-литературный и природно-ландшафтный музей-заповедник А. С. Пушкина «Михайловское» расположен в Пушкиногорском районе Псковской области. Он является объектом культурного наследия народов Российской Федерации. На территории заповедника расположено пять озер, среди которых – озеро Кучане.

До 2016 г. гидробиологические исследования на оз. Кучане не проводились. Между тем подобные работы имеют высокую практическую значимость, так как позволяют не только установить экологическое состояние водоемов, но и разработать методические рекомендации по их улучшению и стабилизации (Дрозденко, Курка, 2017).

Нарушение целостности экосистемы оз. Кучане может привести к необратимым последствиям в других водных объектах, объединенных р. Сороть. Поэтому данное озеро должно являться объектом регулярного экологического мониторинга.

Цель работы: исследование качественных и количественных характеристик фитопланктона и оценка качества воды оз. Кучане в разные сезоны 2016 – 2017 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Озеро Кучане входит в охранную зону Пушкинского музея-заповедника «Михайловское», предусматривающего особый режим использования включенных в него объектов. Озеро является русловым р. Сороть, которая имеет важное гидрологическое и хозяйственное значение для Псковской области, представляя собой естественную дренажную систему, куда поступает поверхностный сток и сбрасываются различные отходы (Лесненко, 2002).

Площадь проточного оз. Кучане составляет 1.7 км², средняя глубина – 2.4 м, максимальная – 3.5 м. Озеро отличается весьма заиленными и заболоченными низкими берегами. В центре озера и в литорали – ил, песок, крупные камни и сплавины; в прибрежье – леса и луга. Тип озера лещово-плотвичный с уклеей. Основу высшей водной растительности составляют хвощ, камыш, осока, кубышка, сусак (Озера Пушкиногорского района, 2016). Отмечена *Nymphaea alba* L., занесенная в Красную книгу Псковской области (Красная книга..., 2014) и находящаяся под угрозой исчезновения (категория 1).

Материалом для данной работы послужили результаты исследований фитопланктона оз. Кучане, которые начались в июле 2016 г. Подобных работ на озере ранее не проводилось. Гидробиологический материал отбирался на трех заданных станциях (рисунок) летом (июль) 2016 г., весной (май), летом (август) и осенью (октябрь) 2017 г. Всего отобрано 36 проб фитопланктона.

Фитопланктонные пробы отбирались пластиковыми емкостями объемом 500 мл с глубины 0.3 м. Пробы фиксировались формалином (40%) и обрабатывались общепринятым способом после концентрирования осадочным методом (Садчиков, 2003). Параллельно в озере измерялась температура воды водным термометром, а также кислотность воды портативным pH-метром.

Максимум температуры зарегистрирован в летний сезон 2016 г. (22.2°C), минимум –



Карта расположения станций отбора проб в оз. Кучане (2016 – 2017 гг.)

Figure. Location map of our sampling sites on Lake Kuchane (2016–2017)

осенью 2017 г. (9.0°C). Кислотность воды на протяжении исследований оставалась слабощелочной (табл. 1).

Таблица 1. Средние показатели температуры и pH воды оз. Кучане (2016 – 2017 гг.)

Table 1. Average water temperature and pH values in Lake Kuchane (2016–2017)

Параметры среды / Environment parameters	Июль, 2016 / July, 2016	Май, 2017 / May, 2017	Август, 2017 / August, 2017	Октябрь, 2017 / October, 2017
Температура / Temperature, °C	22.2±0.06	11.0±0.15	19.3±0.58	9.0±0.06
pH воды / Water pH	7.8±0.08	7.5±0.03	7.3±0.08	7.8±0.08

Идентификация водорослей проводилась с использованием различных определителей, приведенных в опубликованной работе автора (Дрозденко, Курка, 2017). Уточнение видовых названий микроводорослей осуществлялось согласно системе международного сайта AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2020). Количественный учет клеток фитопланктона и определение их размеров проводился в камере На-жотта объемом 0.05 см³. Клетки водорослей пересчитывались на литр по известной формуле, а биомасса клеток вычислялась стандартным счетным объемно-весовым методом. Доминирующими считались виды, численность которых превышала 10% от общей численности водорослей. Степень флористического сходства фитопланктонных сообществ оз. Кучане в разные сезоны года оценивалась с помощью индекса Сьеренсена – Чекановского ($K_{сч}$) (Садчиков, 2003).

Для установления трофности водоема вычислялся индекс трофности Милиус (Исаченко и др., 1993). Оценка качества воды выполнялась с использованием индикаторных организмов по Пантле – Букк в модификации Сладечека (Sládeček, 1973) и в соответствии с эколого-санитарной классификацией (Оксиук и др., 1993).

Подготовительную обработку и анализ данных проводили в приложении Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corp.), статистические расчеты выполнены с использованием программы STATISTICA 6.0 (Statsoft Inc., OK, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Водоросли широко используются как индикаторные организмы при экологическом мониторинге водных объектов. Все происходящие в водоемах изменения в первую очередь отражаются именно на сообществах микроводорослей. Фитопланктон первым в трофической цепи реагирует на загрязнители, не успевая их накапливать. Исследование качественных и количественных характеристик планктонной альгофлоры помогает оценить общее экологическое состояние экосистемы водного объекта, определить его уровень трофности, а также класс качества воды (Кривина, 2015).

За весь период исследования в оз. Кучане идентифицировано 213 видовых и внутривидовых таксонов (BBT) фитопланктона из 9 отделов: Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Cyanobacteria, Dinophyta, Cryptophyta, Charophyta и Xanthophyta (табл. 2). Обнаруженные микроводоросли принадлежали 106 родам, среди которых наблюдалось большое число монотипических, т.е. представленных одним видом (59.4%). Битипические роды, содержащие по два вида,

ФИТОПЛАНКТОН И КАЧЕСТВО ВОДЫ ОЗЕРА КУЧАНЕ

составляли 17.9%. На долю политипических родов, в составе которых насчитывалось от трех и более видов, приходилось 22.6%.

Таблица 2. Таксономический состав фитопланктона исследуемых станций оз. Кучане в разные сезоны года

Table 2. Taxonomic composition of the phytoplankton of the studied sampling sites of Lake Kuchane in different seasons of the year

Отдел / Phylum	Число таксонов фитопланктона, абс. / The number of phytoplankton taxa, abs.												За весь период / For the entire period
	Июль, 2016 / July, 2016			Май, 2017 / May, 2017			Август, 2017 / August, 2017			Октябрь, 2017 / October, 2017			
	Станции / Sampling sites												
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Bacillariophyta	33	15	24	38	16	33	29	29	27	19	21	31	78
Chlorophyta	23	25	33	18	18	21	13	15	7	5	14	9	58
Chrysophyta	5	4	6	8	6	8	4	9	6	8	7	5	23
Euglenophyta	4	14	13	1	3	4	4	2	1	2	4	3	17
Cyanobacteria	6	6	8	3	6	9	6	6	5	5	1	2	16
Dinophyta	6	-	2	1	-	-	1	3	1	2	-	2	7
Cryptophyta	5	4	4	5	5	5	4	3	3	3	5	4	5
Charophyta	3	-	1	2	-	1	-	-	1	1	-	-	5
Xanthophyta	-	1	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Итого / Total	85	69	92	76	54	81	61	69	51	45	52	56	213
	126			111			100			88			

По видовому богатству доминировал отдел Bacillariophyta, включающий 36.6% от общего числа обнаруженных видов фитопланктона. Наибольшим числом видовых таксонов отличались роды *Navicula* Bory (11 видов), *Fragilaria* Lyngbye (9) и *Nitzschia* Hassall (7).

Далее следовал отдел Chlorophyta, содержащий 27.2% микроводорослей с наиболее представительными родами *Scenedesmus* Meyen (6 видов), *Chlamydomonas* Ehrenberg (6) и *Monoraphidium* Komárková-Legnerová (5).

На представителей отдела Chrysophyta приходилось 10.8%. По числу ВВТ доминировали роды *Dinobryon* Ehrenberg (10 видов) и *Kephyrion* Pascher (4).

В отделах Euglenophyta и Cyanobacteria содержалось 8.0% и 7.5% микроводорослей соответственно (см. табл. 2).

Остальные отделы весомый вклад в общее видовое богатство фитопланктона озера не вносили.

Максимальное число ВВТ фитопланктона наблюдалось в оз. Кучане в летний период 2016 г., а минимальное – осенью 2017 г. (см. табл. 2). Соотношение основных отделов микроводорослей во все сезоны исследования имело сходный характер: по представленности видами доминантами выступали отделы Bacillariophyta, Chlorophyta и Chrysophyta. Только в июле 2016 г. флористический комплекс характеризовался как хлорофито-диатомово-эвгленофитовый.

Анализ таксономического состава водорослей показал, что вне зависимости от периода наблюдений на всех станциях отбора проб доминирующий комплекс составляли диатомовые и зеленые водоросли (см. табл. 2). Вклад диатомовых в общее видовое богатство варьировал от 21.7% на станции 2 в июле 2016 г. до

55.4% на станции 3 в октябре 2017 г. Содержание зеленых водорослей на станции 1 колебалось от 11.1% в октябре 2017 г. до 36.2% в июле 2016 г. от общего числа видов в сообществе. Стоит отметить, что представители отдела Chlorophyta были более чувствительны к снижению температуры к концу вегетационного периода (к октябрю), что выражалось в общем снижении количества видовых таксонов.

На третьем месте по видовому разнообразию в большинстве случаев находилась отдел Chrysophyta, за исключением июля 2016 г., где на станциях 2 и 3 на представителей отдела Euglenophyta приходился больший процент. Также золотистые водоросли по числу видовых таксонов превосходили зеленые на станции 1 в осенний период (см. табл. 2).

За период исследования практически на всех станциях встречались следующие виды водорослей: из отдела Bacillariophyta – *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Gomphonema olivaceum* var. *minutissimum* Hustedt, *Navicula cryptocephala* Kützinger, *Nitzschia acicularis* (Kützinger) W. Smith, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, *S. hantzschii* var. *pusillus* Grunow, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère; из отдела Chlorophyta – *Desmodesmus communis* (E. Hegewald) E. Hegewald, *Microglena monadina* Ehrenberg, *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák; из отдела Chrysophyta – *Pseudokephyrion conicum* Schiller; из отдела Euglenophyta – *Trachelomonas volvocina* (Ehrenberg) Ehrenberg; цианобактерии *Aphanocapsa delicatissima* W. West & G.S. West, *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg; из отдела Cryptophyta – *Cryptomonas erosa* Ehrenberg, *C. marssonii* Skuja, *C. ovata* Ehrenberg, *Komma caudata* (L. Geitler) D.R.A. Hill.

Оценка флористического сходства фитопланктонных сообществ оз. Кучане в разные сезоны года с помощью индекса Сьеренсена – Чекановского показала, что наиболее близкими по видовому составу являлись сообщества планктонных водорослей в весенний и летний период 2017 г. ($K_{сч} = 58.8\%$), а также весной и осенью 2017 г. ($K_{сч} = 59.3\%$), наименее близкими – в июле 2016 г. и августе 2017 г. ($K_{сч} = 47.8\%$).

Эколого-географический анализ фитопланктона показал, что в оз. Кучане по отношению к фактору распространения преобладали космополиты. В зависимости от периода исследований их количество изменялось в пределах 61.3 – 64.3% от общего числа. Большинство идентифицированных микроводорослей являлись истинно планктонными – 50.5 – 53.2%, на долю планктонно-бентосных форм приходилось 11.1 – 26.0%, донных форм – 15.0 – 31.0% от общего числа микроводорослей. Отмечен небольшой процент литоральных видов (1.6 – 2%) и представителей перифитона (3.9 – 7.2%). По отношению к минерализации воды индифферентные формы составляли 44.0 – 54.8% от общего числа видов. На долю галофилов приходилось 11.7 – 14.6%, галофобов – 2.4 – 4.7% микроводорослей. По отношению к кислотности воды преобладали алкалифилы, предпочитающие щелочные воды, – 21.4 – 30.0%. На долю индифферентов приходилось 12.6 – 17.5% от общего числа водорослей, ацидофилов – 1.6 – 4.5%. Информации по данному показателю не имело больше половины выявленных микроводорослей.

Численность микроводорослей колебалась в зависимости от сезона и станции исследования от 83.8 тыс. кл./л до 3.2 млн. кл./л (см. табл. 3).

ФИТОПЛАНКТОН И КАЧЕСТВО ВОДЫ ОЗЕРА КУЧАНЕ

Таблица 3. Численность (*N*) и биомасса (*B*) фитопланктона, доминирующие по численности виды водорослей оз. Кучане (2016 – 2017 гг.)

Table 3. Cell density (*N*) and biomass (*B*) of phytoplankton, the predominant alga species in Lake Kuchane (2016–2017)

Период исследований / Research period	№ станции / No. sampling sites	<i>N</i> , тыс. кл./л / <i>N</i> , 1000 cells/L	<i>B</i> , мкг/л / <i>B</i> , µg/L	Виды-доминанты / Dominant species	% от общей численности / % of the total amount of cells
Июль, 2016 / July, 2016	1	1960.0	554.0	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	45.7
	2	1342.0	287.4	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Merismopedia minima</i>	24.5 11.6
	3	3168.0	930.1	<i>Merismopedia minima</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i> var. <i>pusillus</i>	50.9 11.3
Май, 2017 / May, 2017	1	283.2	165.6	<i>Komma caudata</i>	28.4
	2	609.6	106.7	<i>Pleurocursa minor</i> <i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Snowella rosea</i>	23.6 12.1 10.5
	3	266.4	165.7	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Komma caudata</i>	20.9 16.4
Август, 2017 / August, 2017	1	545.4	202.1	<i>Aphanothece</i> sp. <i>Aphanocapsa delicatissima</i>	32.3 26.4
	2	808.0	414.4	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Aphanothece</i> sp. <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	17.8 17.8 16.4
	3	422.4	214.3	<i>Aphanothece</i> sp. <i>Aphanocapsa delicatissima</i>	30.3 18.9
Октябрь, 2017 / October, 2017	1	118,5	35.1	<i>Aphanothece</i> sp. <i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Snowella rosea</i>	24.5 12.3 12.3
	2	83,8	71.2	<i>Pediastrum boryanum</i> <i>Tetrastrum triangulare</i>	18.0 11.2
	3	105.5	101.8	–	–

За весь период наблюдений среди доминант отмечалась цианобактерия *Aphanocapsa delicatissima*, численность которой могла достигать 45.7% от общей численности фитопланктона в пробе. Цианобактерия *Merismopedia minima* Beck значительно увеличивала свою численность в жаркое время года – в июле, *Pleurocursa minor* Hansgirg – весной, *Aphanothece* sp. – осенью, а *Snowella rosea* (Snow) Elenkin – в начале и конце вегетационного периода. В весенний период помимо цианобактерий среди доминант отмечен представитель из отдела Cryptophyta – *Komma caudata*. В летний сезон 2016 – 2017 гг. заметный вклад в общую численность вносили представители диатомовых из рода *Stephanodiscus* Ehrenberg, а осенью – зеленые водоросли *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini и *Tetrastrum triangulare* (Chodat) Komárek (см. табл. 3).

Средняя численность фитопланктона по всем станциям исследования имела минимальное значение в осенний период 2017 г. и составляла 102.6 тыс. кл./л, максимальное – в июле 2016 г. – 2.2 млн. кл./л. Значения биомассы также зависели от сезона исследований и изменялись от 69.4 мкг/л до 0.6 мг/л (табл. 4). Значи-

тельный вклад в биомассу вносили крупноразмерные диатомовые водоросли родов *Gyrosigma* Hassall, *Nitzschia*, *Surirella* Turpin.

Таблица 4. Средние значения численности (N_{cp}) и биомассы (B_{cp}) фитопланктона, трофический статус и качество воды оз. Кучане (2016 – 2017 гг.)

Table 4. Average values of cell density (N_{av}) and biomass (B_{av}) of phytoplankton, the trophic status and water quality of Lake Kuchane (2016–2017)

Показатели / Parameters	Июль, 2016 / July, 2016	Май, 2017 / May, 2017	Август, 2017 / August, 2017	Октябрь, 2017 / October, 2017
N_{cp} , тыс. кл./л / N_{av} , 1000 cells/L	2156.7±928.8	386.4±193.5	590.9±197.3	102.6±17.6
B_{cp} , мкг/л / B_{av} , µg/L	590.5±322.9	146.0±34.0	276.9±119.2	69.4±33.4
Индекс трофности / Trophic index	39.6	25.5	31.9	18.0
Индекс сапробности / Saprobity index	2.0	2.1	2.2	2.1

Индекс трофности Милиус, рассчитанный по биомассе, изменялся от 18.0 в октябре до 39.6 в июле (средний индекс составил 28.8 ± 9.2) (см. табл. 4), что позволило отнести воды оз. Кучане к олиготрофному типу.

Согласно сапробиологическому анализу в оз. Кучане за все время исследования доминировали бета-мезосапробионты, на долю которых приходилось 36.2 – 50.5% от общего числа видов-индикаторов. Альфа-бета-, бета-альфа-мезосапробионты составляли 9.5 – 16.0%, олиго-бета-, бета-олиго-сапробионты – 7.1 – 17.5%. Среди олигосапробионтов встречено 5.6 – 10.7% от общего числа видов-индикаторов. Остальные группы индикаторов сапробности встречены в незначительном количестве.

Индекс сапробности по Пантле – Букк изменялся от 1.80 до 2.16 (2.0 ± 0.08) (см. табл. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В фитопланктоне оз. Кучане за весь период исследования выявлено 213 таксонов фитопланктона рангом ниже рода из 9 отделов: Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Cyanobacteria, Dinophyta, Cryptophyta, Charophyta и Xanthophyta. На протяжении всего периода исследований флористический комплекс фитопланктонных сообществ оставался неизменным и характеризовался как диатомово-хлорофитовый.

Наиболее близкими в видовом отношении оказались планктонные альгофлоры весной и летом 2017 г., а также в весенний и осенний периоды 2017 г. ($K_{сч} = 0.59$).

В оз. Кучане преобладали широко распространенные пресноводные планктонные формы микроводорослей, предпочитающие слабощелочные воды.

Средние значения численности и биомассы в исследованной акватории за весь период наблюдений составляли 809.2 тыс. кл./л и 0.27 мг/л соответственно. Среди доминант по численности на всех исследованных станциях встречались цианобактерии, на отдельных станциях также отмечались диатомовые, криптофитовые и зеленые водоросли. Наибольший вклад в биомассу вносили диатомовые водоросли.

Среднее значение индекса трофности Милиус составило 28.8, что указывает на олиготрофный тип водоема. Среднее значение индекса сапробности по Пант-

ФИТОПЛАНКТОН И КАЧЕСТВО ВОДЫ ОЗЕРА КУЧАНЕ

ле – Букк составило 2,0, что свидетельствует о бета-мезосапробной зоне самоочищения, умеренном загрязнении вод оз. Кучане (III класс качества).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дрозденко Т. В., Курка А. А. Оценка экологического состояния водоема по показателям фитопланктона (на примере озера Кучане, Псковская область) // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6, № 1 (18). С. 22 – 26.

Исаченко А. Г., Бовыкин И. В., Румянцев В. А., Сорокин И. Н. Теоретические вопросы классификации озер / под ред. Н. П. Смирнова. СПб. : Наука. С.-Петербург. отд-ние, 1993. 185 с.

Красная книга Псковской области / под ред. А. В. Истомина, В. Ю. Мусатова, Т. Э. Можжиной. Псков : Изд-во Псков. гос. ун-та, 2014. 544 с.

Кривина Е. С. Общая характеристика зимнего фитопланктона оз. Восьмерка в феврале 2014 года // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17, № 4. С. 919 – 924.

Лесненко В. К. Природные ресурсы Псковской области, их рациональное использование : учеб. пособие. Псков : Псков. гос. пед. ин-т, 2002. 136 с.

Малышева А. А., Кривина Е. С., Кузьмина К. А. Состав и структура фитопланктона памятника природы оз. Яицкое (Самарская область, Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2018. Т. 3, № 3. С. 70 – 79. <https://doi.org/10.24189/ncr.2018.042>

Озера Пушкиногорского района // Рыбы и озера Псковской области. 2016. URL: http://pskovfish.ru/ozero-sp/ozera_pushhk.htm (дата обращения: 15.05.2020).

Оксиюк О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62 – 76.

Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона : методическое руководство. М. : Университет и школа, 2003. 157 с.

Ташилькова Н. А. Состав и структура фитопланктона прибрежной и центральной частей оз. Арахлей (Забайкальский край) в весенне-летний сезон 2017 г. // Принципы экологии. 2018. № 3, С. 75 – 90. <https://doi.org/10.15393/j1.art.2018.7403>

Barinova S. On the classification of water quality from an ecological point of view // International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources. 2017. Vol. 2, iss. 2. P. 38 – 45. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2017.02.555581>

Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. Galway : National University of Ireland, 2020. Available at: <http://www.algaebase.org> (accessed 22 March 2020).

Otchenash N. G., Dvoryankin G. A., Imant E. N. State of spring phytoplankton and quality of the Kenozero waters in 2018 // Arctic Environmental Research. 2019. Vol. 19, iss. 1. P. 43 – 48. <https://doi.org/10.3897/issn2541-8416.2019.19.1.43>

Pourafrahyabi M., Ramezanpour Z. Phytoplankton as bio-indicator of water quality in Sefid Rud River – Iran (South Caspian Sea) // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2014. Vol. 12, № 1. P. 31 – 40.

Sládeček V. System of Water Quality from the Biological Point of View // Achieves für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie. 1973. Bd. 7, № 1. S. 1 – 218.

Phytoplankton and water quality of Lake Kuchane (Pskov region, Russia)

T. V. Drozdenko^{1✉}, A. A. Volgusheva²

¹ Pskov State University

2 Lenin Square, Pskov 180000, Russia

Lomonosov Moscow State University

bldg. 1/12, Vorobyovi Gory, Moscow 119991, Russia

Received: 3 May 2021 / revised: 16 June 2021 / accepted: 26 June 2021

Abstract. The phytoplankton communities of Lake Kuchane, located in the Mikhailovskoye Museum-Reserve, were studied during different 2016–2017 seasons for the first time. 213 specific and intraspecific taxa from 9 phylums were identified in the phytoplankton, namely: Bacillariophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Cyanobacteria, Dinophyta, Cryptophyta, Charophyta, and Xanthophyta. The ratio of the main phylums of microalgae during the studied seasons was similar. The floristic complex of the lake's algoflora consisted of diatoms (36.6%), green (27.2%) and golden (10.8%) algae. Most of the phytoplankton genera contained one species taxon only. The specific composition of the phytoplankton community in 2017 was similar from spring to autumn. The minimum specific similarity of the phytoplankton communities was noted in July, 2016, and August, 2017. According to the level of biomass of planktonic algae, the lake belongs to oligotrophic water bodies. The planktonic algoflora of Lake Kuchane is characterized by the predominance of cosmopolitan freshwater forms of microalgae. In relation to pH, the predominant representatives preferred slightly alkaline waters. The Milius trophic index varied in the range 18.0–39.6 with a maximum value in summer. The Pantle–Bukk saprobity index almost did not change during the entire study. The waters of Lake Kuchane corresponded to the beta-mesosaprobic self-purification zone, quality class III.

Keywords: phytoplankton, bioindication, taxonomic composition, biomass, trophic status, saprobity, water quality

Funding. The reported study was funded by Russian Science Foundation (project number 20-64-46018).

For citation: Drozdenko T. V., Volgusheva A. A. Phytoplankton and water quality of Lake Kuchane (Pskov region, Russia). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2021, no. 3, pp. 251–261. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-3-251-261>

REFERENCES

Drozdenko T. V., Kurka A. A. Assessment of the ecological state of the pond on the phytoplankton indicators (for example, Kuchane lake, Pskov region). *Samara Journal of Science*, 2017, vol. 6, no. 1 (18), pp. 22–26 (in Russian).

✉ Corresponding author. Laboratory of Integrated Environmental Research, Pskov State University, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Tatiana V. Drozdenko: <https://orcid.org/0000-0002-5553-2296>, tboichuk@mail.ru; Alena A. Volgusheva: <https://orcid.org/0000-0002-0414-1236>, volgusheva_alena@mail.ru.

Isachenko A. G., Bovykin I. V., Rumyantsev V. A., Sorokin I. N. *Teoreticheskie voprosy klassifikatsii ozer*. Pod red. N. P. Smirnova [N. P. Smirnov, ed. Theoretical Questions of Lakes Classification]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 1993. 185 p. (in Russian).

Krasnaia kniga Pskovskoi oblasti. Pod red. A. V. Istomina, V. Iu. Musatova, T. E. Mozhzhinoi [A. V. Istomin, V. Yu. Musatov, T. E. Mozhzhina, eds. The Red Book of the Pskov Region]. Pskov, Izdatel'stvo Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014. 544 p. (in Russian).

Krivina E. S. Winter phytoplankton of the lake Eight (february 2014 year). *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2015, vol. 17, no. 4, pp. 919 – 924 (in Russian).

Lesnenko V. K. *Prirodnye resursy Pskovskoi oblasti, ikh ratsional'noe ispol'zovanie: uchebnoe posobie* [Natural Resources of the Pskov Region, Their Rational Use: A textbook]. Pskov, Pskovskii gosudarstvennyi pedagogicheskii institut Publ., 2002. 136 p. (in Russian).

Malysheva A. A., Krivina E. S., Kuzmina K. A. The algal composition and structure of the Yaitskoe lake (Samara Region, Russia). *Nature Conservation Research*, 2018, vol. 3, no. 3, pp. 70–79 (in Russian). <https://doi.org/10.24189/ncr.2018.042>

Lakes of the Pushkinogorsky district. *Ryby i ozero Pskovskoi oblasti* [Fish and Lakes of the Pskov Region]. 2016. Available at: http://pskovfish.ru/ozero-sp/ozera_pushk.htm (accessed 15 May 2020).

Oksiyuk O. P., Zhukinskii V. N., Braginskii L. P., Linnik P. N., Kuz'menko M. I., Klenus V. G. Comprehensive Ecological Classification of the Quality of Surface Land Waters. *Hydrobiological Journal*, 1993, vol. 29, no. 4, pp. 62–76 (in Russian).

Sadchikov A. P. *Methods of Studying Freshwater Phytoplankton: Methodological Guide*. Moscow, Universitet i shkola Publ., 2003. 157 p. (in Russian).

Tashlykova N. A. Composition and structure of phytoplankton in the coastal and central parts of Arakhley Lake (Zabaikalsky territory) in spring and summer 2017. *Principy ekologii*, 2018, no. 3, pp. 75–90 (in Russian). <https://doi.org/10.15393/j1.art.2018.7403>

Barinova S. On the classification of water quality from an ecological point of view. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 2017, vol. 2, iss. 2, pp. 38–45. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2017.02.555581>

Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase*. Galway, National University of Ireland, 2020. Available at: <http://www.algaebase.org> (accessed 22 March 2020).

Otchenash N. G., Dvoryankin G. A., Imant E. N. State of spring phytoplankton and quality of the Kenozero waters in 2018. *Arctic Environmental Research*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 43–48. <https://doi.org/10.3897/issn2541-8416.2019.19.1.43>

Pourafrahyabi M., Ramezanpour Z. Phytoplankton as bio-indicator of water quality in Sefid Rud River – Iran (South Caspian Sea). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 2014, vol. 12, no. 1, pp. 31–40.

Sládeček V. System of Water Quality from the Biological Point of View. *Achieves für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 1973, Bd. 7, no. 1, S. 1–218.