

ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

© 2023 г. П. Г. Беляева^{1,2,*}

¹“Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН” филиал ПФИЦ УрО РАН
ул. Голева, 13, Пермь, 614081, Россия

²Пермский филиал ФГБНУ “ВНИРО”
ул. Чернышевского, 3, Пермь, 614002, Россия

*e-mail: belyaeva@psu.ru

Поступила в редакцию 29.03.2023 г.

После доработки 02.11.2023 г.

Принята к публикации 07.11.2023 г.

В результате исследований фитопланктона ряда озер Башкирского Зауралья (Атавды, Султанкуль (2017), Бурсунсы, Кулдыбай (2019), Большие Учалы, Узункуль (2021) и пойменного озера Предуралья – Большой Толпак (2022)) изучена таксономическая структура, количественные характеристики, доминантные виды, особенности распределения основных групп водорослей. В составе альгофлоры зарегистрировано 257 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 9 отделов. Установлено, что наиболее высокое видовое разнообразие в озерах имеют зеленые водоросли (33%), цианопрокариоты и диатомовые (по 21% от общего числа видов). Альгофлора специфична для каждого озера и имеет невысокую степень флористического сходства. В эколого-географическом аспекте альгофлора озер представлена в основном широко распространенными планктонными видами, олигогалолами, обитающими в водоемах с нейтральными водами. Количественные показатели фитопланктона изменялись в широком диапазоне значений: численность от 4.4 до 344 млн кл./л, биомасса – от 0.23 до 22.97 мг/л. Доминантные виды по численности представлены преимущественно цианопрокариотами, по биомассе – зелеными, динофитовыми, десмидиевыми водорослями и цианопрокариотами. По величине индекса сапробности воды озер соответствуют β - и α -мезосапробным типам водных объектов с водой III и IV класса качества (умеренно загрязненные или грязные воды).

Ключевые слова: фитопланктон, таксономический состав, структура сообщества, доминантные виды, озера, Башкортостан

DOI: 10.31857/S0006813623120025, EDN: DCLKNB

Фитопланктон в лимнических экосистемах является одним из наиболее важных компонентов. Таксономический состав, разнообразие фитопланктона и уровень его количественного развития являются основными показателями состояния водных экосистем. В озерах эти характеристики определяются климатическими условиями, особенностями ландшафтов водосборного бассейна, генезисом озерных котловин, морфометрией, гидрологией, гидрохимией водоемов, а также совокупностью многих других факторов среды (Drabkova, Sorokin, 1979; Kitaev, 1984, 2007; Smirnova et al., 1993; Trifonova, 1994; Palagushkina, 2004; Bul'on, 2007; Shigapov et al., 2010; Soininen, Luoto, 2012; Ozkan et al., 2013).

В Республике Башкортостан насчитывается более 2200 крупных и мелких озер. Систематические исследования фитопланктона озер Башкирии были начаты в 1978 г. и отражены в многочисленных публикациях (Shkundina, 1983, 1992;

Shkundina, Denisova, 2001, 2002; Denisova, 2003; Gulamanova, 2008; Shkundina, Gulamanova, 2011). Обследованиями в основном были охвачены районы Башкирского Предуралья, а альгофлора водоемов Башкирского Зауралья оставалась недостаточно изученной. Ранее были проведены исследования планктонных водорослей материковых озер Яктыкуль, Суртанды и Малые Улянды (Gulamanova, Shkundina, 2009). Фитопланктон материковых озер Атавды, Бурсунсы, Кулдыбай, Большие Учалы, Узункуль, Султанкуль и пойменного озера Большой Толпак исследован впервые.

Цель работы заключалась в определении особенностей и сравнительной оценке видового состава и количественных характеристик фитопланктона озер, расположенных на территории Республики Башкортостан, а также в определении качества воды по показателям фитопланктона.

Таблица 1. Морфометрические параметры озер Республики Башкортостан (РБ)
Table 1. Morphometric parameters of the studied lakes in the Republic of Bashkortostan

Озеро Lake	Район РБ District	Географические координаты Geographical coordinates	Длина, км Length, km	Ширина, км Width, km	Глубина, м Depth, m		Площадь, га Area, ha
					макс. max	средняя average	
Султанкуль Sultankul	Абзелиловский Abzelilovsky	53°01'06" N, 58°32'47" E	3.0	0.5	5.0	1.5	144
Кулдыбай Kuldybay		53°52'20" N, 58°48'59" E	0.9	1.0	3.5	1.5	215
Атавды Atavdy		53°10'08" N, 58°40'34" E	4.0	2.1	6.5	3.4	830
Бурсунсы Bursunsy		53.193106 N, 58.600282 E	1.9	1.1	2.8	2.2	124
Узункуль Uzunkul	Учалинский Uchalinsky	53°57'31" N, 58°50'05" E	4.56	1.21	4.1	2.0	460
Большие Учалы Bolshiye Uchaly		52°20'40" N, 59°25'35" E	2.8	1.1	5.5	2.5	310
Большой Толпак Bolshoy Tolpak	Кармаскалинский Karmaskalinsky	54°30'11" N, 56°16'39" E	4.0	0.3	5.0	2.0	130

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили данные по фитопланктону озер, полученные в ходе полевых исследований в июле 2017, 2019, 2021 и 2022 гг. Изучен фитопланктон материковых озер (преимущественно тектонического происхождения), расположенных в Башкирском Зауралье: Атавды и Султанкуль (2017), Бурсунсы и Кулдыбай (2019), Большие Учалы и Узункуль (2021), а также пойменного озера Башкирского Предуралья — Большой Толпак (2022 г.). Изученные озера небольшие и неглубокие (табл. 1). Большинство озер характеризуется водой гидрокарбонатного класса (HCO_3^- — 535 ± 142 мг/л), магниевой (Mg^{2+} — $65.0 \pm \pm 25.6$ мг/л), кальциевой (Ca^{2+} — 22.0 ± 2.7 мг/л) и кальциево-натриево-магниевой группы (Abdrakhmanov, 2014). Нарастающее поступление с водосборов продуктов эрозионной деятельности обуславливает заиливание и зарастание многих водоемов. Практически все озера испытывают значительное влияние хозяйственной деятельности человека (Gareev, 2001).

Пробы фитопланктона объемом 1 л отбирали в прибрежных зонах и в пелагиали озер в горизонте 0–2 м на 4 станциях в каждом водоеме. Всего за период исследований было отобрано 28 количественных и качественных проб. Пробы концентрировали методом фильтрации через мембранные фильтры “Владипор” с диаметром пор 1.2–3.0 мкм. Количественный учет фитопланктона и определение размеров клеток проводили в камере Учинская объемом 0.01 см^3 . Определение видового со-

става водорослей проводили с использованием зарубежных и отечественных определителей, сводок систематического характера и монографий (Opredelitel' presnovodnykh..., 1951–1986; Ettl, 1983; Komárek, Fott, 1983; Starmach, 1983; Krammer, Lange-Bertalot, 1986; 1988; 1991a, b; Komárek, Anagnostidis, 1999; 2005; Krakhmalny, 2011). Номенклатура выявленных видов приведена по международной базе данных интернетресурса Algaebase (Guiry, Guiry, 2022). В общее число таксонов включены несколько представителей, определенных до рода. Эколого-географическая характеристика водорослей составлена по наиболее разработанным системам, принятым в экологии и биогеографии водорослей (Proshkina-Lavrenko, 1953; Sládeček, 1973; Davydova, 1985; Marvan et al., 2005).

Биомассу фитопланктонных организмов вычисляли стандартным счетным объемно-весовым методом (Metodika..., 1975). Для сравнения степени сходства видового состава фитопланктона применяли коэффициент Серенсена (Megarran, 1992). По его величинам проведена кластеризация данных в программе Statistica (v. 6.0), методом Варда. Доминирующими считали виды с биомассой или численностью большей и равной 10% от общей биомассы/численности всех видов сообщества фитопланктона. Для каждой пробы по численности и биомассе фитопланктона вычисляли индекс видового разнообразия Шеннона—Уивера (Pesenko, 1982).

Трофический статус водоемов определяли по значениям биомассы фитопланктона, используя классификацию С.П. Китаева (Kitaev, 1984). Оцен-

Таблица 2. Таксономическая структура фитопланктона озер Республики Башкортостан
Table 2. Taxonomic structure of phytoplankton of the studied lakes in the Republic of Bashkortostan

Отдел водорослей Division of algae	Порядок Order	Семейство Family	Род Genus	Вид Species	Внутривидовые таксоны Intraspecific taxa	Таксоны, идентифициро- ванные до рода Taxa identified to the genus	% от общего числа видов (257) % of the total species (257)
Цианопрокaryota	5	10	28	42	1	11	21.0
Bacillariophyta	11	18	27	48	3	5	20.6
Chrysophyta	2	5	10	22	—	5	11.7
Chlorophyta	6	19	36	64	2	6	28.0
Euglenophyta	1	2	4	9	1	3	5.1
Dinophyta	3	3	5	10	1	2	5.1
Cryptophyta	2	2	2	3	—	1	1.6
Charophyta (Desmidiaceales)	2	3	7	13	1	3	6.5
Raphidophyta	1	1	1	1	—	—	0.4
Всего Total	32	63	120	212	9	36	100.0

ка качества воды проводилась по значениям индекса сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечка (Unifitsirovannyye metody..., 1983).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав и таксономическая структура фитопланктона исследованных озер весьма разнообразны. К настоящему времени идентифицировано 257 видовых и внутривидовых таксонов водорослей, относящихся к 9 отделам, 14 классам, 31 порядку, 63 семействам, 112 родам, в том числе: Цианопрокaryota — 54, Cryptophyta — 4, Dinophyta — 13, Euglenophyta — 13, Bacillariophyta — 53, Chlorophyta — 72, Charophyta (Desmidiaceales) — 17, Chrysophyta — 30, Raphidophyta — 1 (табл. 2).

Богатство видов в фитопланктоне анализируемых озер изменяется от 28 до 117 (рис. 1). Исследования фитопланктона озер Башкирского Зауралья единичны, в оз. Талкас выявлено 47 таксонов (Baktybaeva et al., 2016), в оз. Сурьтанды и Малые Улянды по 47 (Gulamanova, Shkundina, 2009), в оз. Яктыкуль — 106 (Shkundina, Gulamanova, 2011). На данный момент альгофлора озер Башкирского Предуралья более богата и включает около 500 таксонов, от 84 до 287 в разных озерах (Shkundina, Gulamanova, 2011).

Наиболее высокое видовое разнообразие в изученных нами озерах Башкирии характерно для зеленых водорослей, формирующих основу таксономического состава планктонных сообществ (33% альгофлоры). Основными факторами, способствующими развитию хлорококковых водорослей в озерах, являются отсутствие уско-

ренного стока, умеренная минерализация воды и повышенное содержание биогенных элементов. Преобладание зеленых водорослей в изучаемых озерах обусловлено также временем исследования (июль), т.к. зеленые водоросли, особенно представители хлорококковых, развиваются летом во всех водоемах планеты. Преобладание представителей зеленых водорослей в целом характерно для озер мезотрофного и эвтрофного уровней, расположенных в различных географических зонах России, в том числе и для других

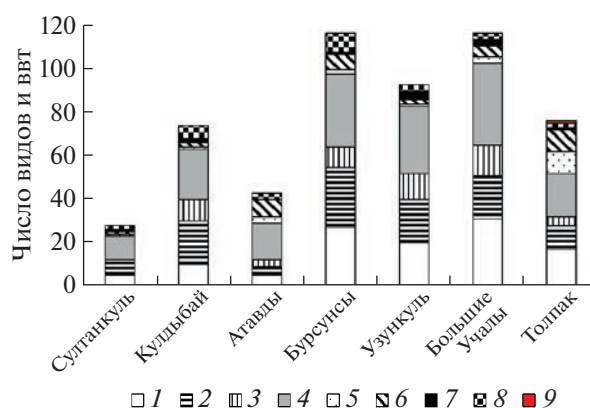


Рис. 1. Видовой состав фитопланктона озер Республики Башкортостан.

Fig. 1. Species composition of phytoplankton in the lakes of the Republic of Bashkortostan. 1 — Cyanoprokaryota, 2 — Bacillariophyta, 3 — Chrysophyta, 4 — Chlorophyta, 5 — Euglenophyta, 6 — Dinophyta, 7 — Cryptophyta, 8 — Charophyta (Desmidiaceales), 9 — Raphidophyta

Таблица 3. Эколого-географическая характеристика альгофлоры озер Республики Башкортостан
Table 3. Environmental and geographic characteristics of phytoplankton of the studied lakes in the Republic of Bashkortostan

Характеристика/Characteristic	Количество видов (%) Number of species (%)
Распространение/Distribution	167 (100%)
Космополиты/Cosmopolite	144 (86.2%)
Бореальные/Boreal	14 (8.4%)
Аркто-альпийские/Arctic-alpine	9 (5.4%)
Галобность/Halobity	110 (100%)
Галофилы/Halophilic	26 (24%)
Индиференты/Indifferent	73 (66%)
Галофобы/Halophobic	7 (6%)
Мезогалобы/Mesohalobic	4 (4%)
Местообитание/Habitat	180 (100%)
Планктонные/Planktonic	124 (69%)
Бентосные/Benthic	30 (17%)
Планктонно-бентосные/Planktonic-benthic	12 (7%)
Литоральные/Littoral	6 (3%)
Эпифитные/Epiphytic	8 (4%)
pH приуроченность/pH preferences	136 (100%)
Ацидофилы/Acidophilic	4 (3%)
Индиференты/Indifferent	89 (65%)
Алкалифилы/Alkaliphilic	43 (32%)
Алкалибионты/Alkalibiontic	—
Сапробность/Saprobity	156 (100%)
о-сапробы/o-saprobic	18 (11%)
о-α-мезосапробы/o-α-saprobic	8 (5%)
о-β (β-о)-мезосапробы/o-β (β-o)-saprobic	37 (24%)
β-мезосапробы/β-mesosaprobic	72 (46%)
α-β (β-α)-мезосапробы/α-β (β-α)-mesosaprobic	9 (6%)
α-мезосапробы/α-mesosaprobic	6 (4%)
о-χ (χ-о) сапробы/o-χ (χ-o)-saprobic	1 (1%)
χ-сапробы/χ-saprobic	2 (1%)
α-ρ (ρ-α)-сапробы/α-ρ (ρ-α)-saprobic	3 (2%)

Спектр галобности отражает преобладание в изучаемой альгофлоре олигогалобов, из них более 65% составляют индиференты, для которых известно отношение к солености воды, к их числу

относится 73 таксона рангом ниже рода. Галофилов — 26 таксонов рангом ниже рода. Они иногда достигают значительного количественного развития и входят в комплекс доминирующих

видов (*Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet et Flahault, *Anathece clathrata* (West et G.S. West) Komárek, Kastovsky et Jezberová, *Merismopedia tenuissima* Lemm., а также некоторые виды родов *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont и *Navicula* Bory). Галофобы включают 7 видов: доминантный в оз. Кулдыбай — *Staurodesmus cuspidatus* (Bréb.) Teiling и сопутствующие в планктоне виды *Cosmarium reniforme* (Ralfs) W. Archer, *Closterium gracile* Brébisson ex Ralfs, *C. rufescens* Klebs, *Ceratium hirundinella*, *Rhabdoderma lineare* Schmidle et Lauterborn V.N., *Chrysococcus biporus* Skuja). Мезогалофы представлены видами *Euglena proxima* P.A. Dang, *E. viridis* (O.F. Müll.) Ehrenb., *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Born. et Flah.) Komárek et Anagnostidis, *Surirella ovalis* Bréb. Согласно литературным данным (Yarushina et al., 2004; Gulamanova, Shkundina, 2009; Snit'ko, 2009; Eremkina, 2010; Shkundina, Gulamanova, 2011; Baktybaeva et al., 2016) планктон озер Южного Урала представлен широко распространёнными планктонными, эвритермными видами, олигогалофами, что характерно и для фитопланктона изучаемых нами озер.

В изученных озерах в период 2017–2022 гг. отмечены индикаторы всех степеней сапробности (67% общего числа таксонов). Большинство индикаторных организмов относится к бета-мезосапробам (46%), виды, развивающиеся в переходной зоне между олиго- и бета-мезосапробной зонами, занимают второе место (24%). Олигосапробов меньше — 7%. Видов с более высокой степенью сапробности — 12%.

Соотношение водорослей разных отделов по численности и биомассе в изученных озерах представлено на рис. 3. Общая численность фитопланктона изменялась от 4.4 до 344 млн кл./л (табл. 4) и определялась, как правило, массовым развитием цианопрокариот (*Snowella lacustris* (Chod.) Kom. et Hind., *Aphanocapsa delicatissima* West et G.S. West, *A. incerta* (Lemm.) Cronb. et Komárek, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Gloeotrichia echinulata* P. Richt., *Merismopedia tenuissima*, *Pseudanabaena galeata* Böcher, *Planktolingbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronb., *Woronichinia compacta* (Lemm.) Kom. et Hind., *Anathece clathrata*, *Rhabdoderma lineare* Schmidle et Lauterborn), а также зеленых водорослей в озерах Султанкуль, Атавды и Узункуль (*Dictyosphaerium subsolitarium* Van Goor, *Scenedesmus apiculatus* (W. et G.S. West) Chod, *Monoraphidium minutum* (Näg.) Kom.-Legn., *Sphaerocystis planctonica* (Korsh.) Bourr., *Oocystis lacustris* Chod., *O. marssonii* Lemm., *O. solitaria* Wittr. in Witter. et Nordst., *O. borgei* Snow) (табл. 5). Значения общей биомассы фитопланктона озер варьировали от 0.23 до 24.00 мг/л (табл. 4). В формировании биомассы фитопланктона значительный вклад принадлежит зеленым (озера Узункуль, Султанкуль, Атавды, Кулдыбай) и диатомовым водорослям (озера Султанкуль, Кулдыбай, Бур-

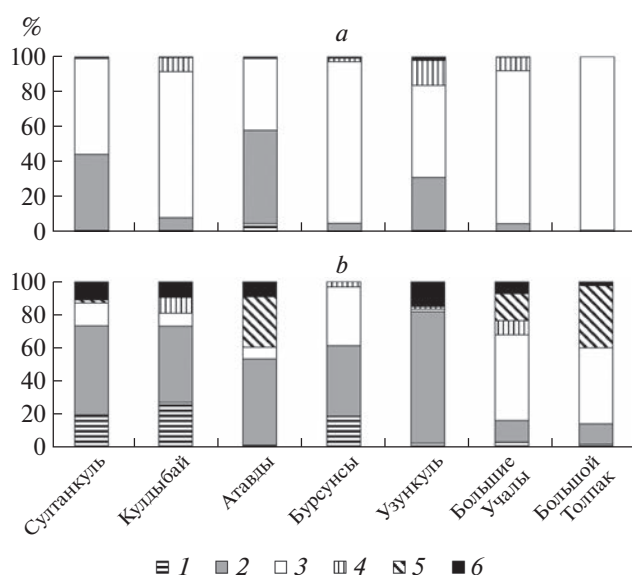


Рис. 3. Вклад отделов водорослей в структуру фитопланктона озер Республики Башкортостан. 1 – Bacillariophyta; 2 – Chlorophyta; 3 – Cyanoprokaryota; 4 – Chrysophyta; 5 – Dinophyta; 6 – прочие отделы водорослей. По оси ординат: а – численность (млн кл./л); б – биомасса (мг/л).

Fig. 3. Contribution of main microalgae taxa in the lakes of the Republic of Bashkortostan. 1 – Bacillariophyta; 2 – Chlorophyta; 3 – Cyanoprokaryota; 4 – Chrysophyta; 5 – Dinophyta; 6 – other divisions of microalgae. Y-axis: number, million cells/L (a); biomass, mg/L (b).

сунсы). В озерах Учалы, Атавды, Бурсунсы и Толпак велика роль динофитовых водорослей, доминирующих по биомассе (рис. 3). Десмидиевые вносят существенный вклад в формирование общей биомассы фитопланктона в озерах Бурсунсы и Кулдыбай. Золотистые водоросли не имеют высоких количественных показателей, только в оз. Узункуль при развитии *Uroglena* sp. в мелководной зоне роль этой группы в формировании общей численности достигала 20%. Сведения о доминантных видах и доле разных отделов водорослей в формировании численности и биомассы фитопланктона в других озерах Башкирии в литературе отсутствуют.

Средние индексы видового разнообразия Шеннона–Уивера, рассчитанные по численности и биомассе фитопланктона, были достаточно велики, соответственно 3.44 ± 0.25 бит/экз. (от 1.56 до 4.57) и 3.83 ± 0.38 бит/мг (от 1.15 до 4.84), как и для многих озер Южного Урала (Yarushina et al., 2004; Snit'ko, 2009; Eremkina, 2010). Более высокие показатели индекса (выше 4) характерны для фитопланктона озер Учалы, Бурсунсы, Атавды и Кулдыбай, где фитопланктон имеет значительное таксономическое разнообразие на уровне отделов, а вклад каждого из доминирующих видов не превышает 25%. При массовом развитии (до 70%) зеленых водорослей по биомассе в

Таблица 4. Структура фитопланктона озер Республики Башкортостан

Table 4. Structure of phytoplankton of the studied lakes in the Republic of Bashkortostan

Показатели Indicators	Узункуль Uzunkul	Большие Учалы Bolshiye Uchaly	Большой Толпак Bolshoy Tolpak	Султанкуль Sultankul	Атавды Atavdy	Бурсунсы Bursunsy	Кулдыбай Kuldybay
Численность, млн кл./л Number, million cells/L	<u>24.0–26.6</u> 25.3 ± 0.6	<u>108.9–344.3</u> 226.6 ± 55.6	<u>600–984</u> 909 ± 62	<u>7.9–9.2</u> 8.3 ± 1.4	<u>14.2–19.8</u> 17.6 ± 3.2	<u>52.4–63.5</u> 59 ± 2.63	<u>4.4–12.1</u> 8.2 ± 1.79
Биомасса, мг/л Biomass, mg/L	<u>11.63–15.90</u> 13.76 ± 1.10	<u>8.82–17.95</u> 13.38 ± 4.15	<u>19.91–24.80</u> 22.97 ± 3.54	<u>0.89–1.93</u> 1.08 ± 0.39	<u>3.56–5.00</u> 4.16 ± 0.49	<u>1.46–3.24</u> 2.35 ± 0.42	<u>0.23–0.40</u> 0.32 ± 0.04
Индекс сапроб- ности по чис- ленности Index of sapro- bity by number	<u>1.71–1.82</u> 1.77 ± 0.12	<u>2.05–2.34</u> 2.17 ± 0.08	<u>2.57–2.80</u> 2.69 ± 0.12	<u>2.13–2.44</u> 2.39 ± 0.17	<u>1.85–2.40</u> 2.09 ± 0.13	<u>1.57–2.10</u> 1.85 ± 0.14	<u>1.62–1.90</u> 1.73 ± 0.07

Примечание: над чертой пределы, под чертой среднее со стандартной ошибкой.

Note. Above the line: limits, below the line: average with standard error.

Таблица 5. Доминантные виды фитопланктона озер Республики Башкортостан

Table 5. Dominant phytoplankton species in lakes of the Republic of Bashkortostan

Озеро Lake	Доминанты виды по биомассе Dominant species by biomass	Доминанты виды по численности Dominant species by number of cells
Султанкуль Sultankul	<i>Scenedesmus apiculatus</i> <i>Oocystis marssonii</i> <i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenb.	<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> <i>Scenedesmus apiculatus</i>
Кулдыбай Kuldybay	<i>Staurodesmus cuspidatus</i> <i>Cosmarium contractum</i> O. Kirchn. <i>C. cucumis</i> Corda ex Ralfs <i>Navicula radiosa</i> Kütz.	<i>Sphaerocystis planctonica</i> <i>Planktolyngbya limnetica</i> <i>Rhabdoderma lineare</i> <i>Pseudanabaena galeata</i>
Атавды Atavdy	<i>Oocystis lacustris</i> <i>Peridinium cinctum</i> (O.F. Müll.) Ehrenb.	<i>Planktolyngbya limnetica</i> <i>Monoraphidium minutum</i> <i>Woronichinia compacta</i>
Бурсунсы Bursunsy	<i>Peridinium cinctum</i> <i>Staurodesmus cuspidatus</i> <i>Cosmarium</i> sp.	<i>Snowella lacustris</i> <i>Rhabdoderma lineare</i> <i>Aphanocapsa incerta</i> <i>Anathece clathrata</i>
Узункуль Uzunkul	<i>Oocystis solitaria</i> <i>O. borgei</i>	<i>Oocystis solitaria</i> <i>O. borgei</i> <i>Uroglena</i> sp. <i>Snowella lacustris</i> <i>Anathece clathrata</i>
Большие Учалы Bolshiye Uchaly	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i> <i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> <i>Snowella lacustris</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i> <i>Merismopedia tenuissima</i>
Большой Толпак Bolshoy Tolpak	<i>Pseudanabaena galeata</i> <i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans	<i>Pseudanabaena galeata</i> <i>Planktolyngbya limnetica</i>

оз. Узункуль и цианопрокариот по численности в оз. Толпак значения индекса резко снижались (менее 2), что указывает на упрощение структуры фитопланктона.

По биомассе фитопланктона трофический статус озер изменяется от олиго- до гиперэвтрофного. Величины индексов Пантле-Букка, рассчитанные по численности, для альгоценозов озер изменялись от 1.57 до 2.80 (табл. 4), что соответствует β - и α -мезосапробным типам водных объектов с водой III и IV класса качества (умеренно загрязненные или грязные воды).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены первые сведения о фитопланктоне материковых озер Башкирского Зауралья Атавды, Бурсуны, Султанкуль, Кулдыбай, Большие Учалы, Узункуль и пойменного озера Предуралья — Большой Толпак. В составе фитопланктона озер выявлено 257 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 9 отделов. Установлено, что наиболее высокое видовое разнообразие в озерах имеют зеленые (33%), диатомовые и цианопрокариоты (по 21% от общего числа видов). Видовой состав фитопланктона специфичен для озер и имеет невысокую степень флористического сходства по коэффициентам Серенсена (пределы 0.20–0.53). В эколого-географическом аспекте альгофлора озер представлена преимущественно планктонными видами, широко распространенными в водоемах земного шара, индифферентными к солености воды и предпочитающими нейтральные воды.

Количественные показатели развития фитопланктона менялись в широком диапазоне: численность от 4.4 до 344 млн кл./л, биомасса — от 0.23 до 22.97 мг/л. Минимальные количественные показатели отмечены в олиготрофном оз. Кулдыбай, а максимальные зафиксированы в гиперэвтрофном оз. Большой Толпак.

Для каждого из водоемов характерен специфический набор видов, входящих в состав доминирующего комплекса фитопланктона. В основном это широко распространенные с разнообразным спектром экологических характеристик виды водорослей, представленные преимущественно видами цианопрокариот по численности, и зелеными, динофитовыми водорослями и цианопрокариотами — по биомассе.

Индексы сапробности, отражающие степень органического загрязнения водных масс, характеризовали озера как β -мезосапробные с III клас-

сом качества воды (умеренно загрязненная), и α -мезосапробные с III–IV классом качества воды (умеренно загрязненная — грязная).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа частично поддержана программой, номер госрегистрации НИОКТР АААА-А19-119112290008-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Abdrakhmanov] Абдрахманов Р.Ф. 2014. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. Уфа. 416 с.
- [Al'goflora...] Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. 2006. Петрозаводск. 81 с.
- [Baktybaeva et al.] Бактыбаева З.Б., Габидуллина Г.Ф., Кулагин А.А. 2016. Изучение водорослей и цианопрокариот водных объектов Зауралья республики Башкортостан. — Вестник Удмуртского ун-та. Серия Биология. Науки о Земле. 26 (4): 5–11.
- [Bul'on] Бульон В.В. 2007. Влияние географических факторов на первичную продукцию озерных и наземных экосистем. — Водные ресурсы. 34 (5): 565–572.
- [Davydova] Давыдова Н.Н. 1985. Диатомовые водоросли — индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л. 244 с.
- [Denisova] Денисова Н.В. 2003. Фитопланктон пойменных озер и использование его в мониторинге (на примере озер Бирского района Башкортостана): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 16 с.
- [Drabkova, Sorokin] Драбкова В.Г., Сорокин И.Н. 1979. Озеро и его водосбор — единая природная система. Л. 196 с.
- [Eremkina] Ерёмкина Т.В. 2010. Структура и функционирование фитопланктона озер северной части Увильдинской зоны (Челябинская область) в условиях антропогенного эвтрофирования: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок. 22 с.
- Ettl H. 1983. Chlorophyta I. Phytomonadina. — Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena. Bd. 9. 807 s.
- [Flora...] Флора водорослей континентальных водоемов Украины: Десмидиевые водоросли. 2003. Вып. 1. Ч. 1. Киев. 355 с.
- [Gareev] Гареев А.М. 2001. Реки и озера Башкортостана. Уфа. 258 с.
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. 2022. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (дата обращения 20.11.2022).
- [Gulamanova] Гуламанова Г.А. 2008. Автотрофный планктон как показатель степени эвтрофирования (на примере разнотипных озер Республики Башкортостан): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 16 с.

- [Gulamanova, Shkundina] Гуламанова Г.А., Шкундина Ф.Б. 2009. Видовое разнообразие планктонных водорослей и цианопрокариот озер Башкирского Зауралья. — Вестник ОГУ. 6: 111–112.
- [Kitaev] Китаев С.П. 1984. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М. 207 с.
- [Kitaev] Китаев С.П. 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск. 395 с.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil. Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/1. Jena. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil. Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/2. München. 759 p.
- Komárek J., Fott B. 1983. Chlorophyceae (Gruunalgen). Ordnung: Chlorococcales Bd. 16 (7, 1). Schweizerbart, Stuttgart. 1044 s.
- [Krakhmalny] Крахмальный А.Ф. 2011. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель). Киев. 444 с.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. T. 1: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1. Jena. 876 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. T. 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2. Stuttgart-New York. 596 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. T. 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3. Stuttgart-Jena. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. T. 4: Achnanthaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4. Stuttgart-Jena. 437 p.
- Marvan P., Marsalek B., Hetesa J., Sukacova K., Marsalkova E., Geris R., Kozakova M. 2005. Comments on the revised tables of algal (and other botanical) water quality indicators listed in CSN 75 7716 — discussion material for assessment of trophic status of water bodies. — Association Flos Aquae. www.cyanobacteria.net on 6th May 2005.
- [Megarran] Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М. 184 с.
- [Metodika...] Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М. 239 с.
- [Opredelitel' presnovodnykh...] Определитель пресноводных водорослей СССР. 1951–1986. М.; Л. Т. 1–14.
- Ozkan K., Jeppesen E., Sondergaard M. et al. 2013. Contrasting roles of water chemistry, lake morphology, land-use, climate and spatial processes in driving phytoplankton richness in the Danish landscape. — Hydrobiologia. 710 (1): 173–187.
- [Palagushkina] Палагушкина О.В. 2004. Экология фитопланктона карстовых озер Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань. 25 с.
- [Pesenko] Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. 287 с.
- [Proshkina-Lavrenko] Прошкина—Лавренко А.И. 1953. Диатомовые водоросли — показатели солёности воды. — В кн.: Диатомовый сборник. Л. С. 186–205.
- [Shigapov et al.] Шигапов И.С., Мингазова Н.М., Шарифуллин А.Н. и др. 2010. Зависимость физико-химических показателей воды озер урбанизированных территорий от морфометрических параметров. — География и природные ресурсы. 1: 177–179.
- [Shkundina] Шкундина Ф.Б. 1983. Сезонные изменения фитопланктона озера Кандры-Куль. — Биол. науки. 2: 60–64.
- [Shkundina] Шкундина Ф.Б. 1992. Морфологическая структура сообществ фитопланктона водоемов Башкирии. — Биол. науки. 9: 98–102.
- [Shkundina, Denisova] Шкундина Ф.Б., Денисова Н.В. 2001. Биологический мониторинг состояния пойменных озер реки Белой по фитопланктону. — Совр. пробл. биоиндикации и биомониторинга: Тез. докл. XI Междунар. симпоз. по биомониторам. Сыктывкар. С. 209.
- [Shkundina, Denisova] Шкундина Ф.Б., Денисова Н.В. 2002. Изменение трофической структуры озер Башкортостана под влиянием различных форм урбанизации. — Проблемы региональной экологии. 5: 5–8.
- [Shkundina, Gulamanova] Шкундина Ф.Б., Гуламанова Г.А. 2011. Биологическое разнообразие автотрофного планктона озер Республики Башкортостан (Россия). — Альгология. 21 (3): 329–345.
- Sládeček V. 1973. System of Water Quality from the Biological Point of View. — Arch. Hydrobiol. Beih. 7. Ergebnisse der Limnologie. H. 7. 218 s.
- [Smirnova et al.] Смирнова Н.П., Исаченко А.Г., Андроникова И.Н. 1993. Теоретические вопросы классификации озер. СПб. 192 с.
- [Snit'ko] Снитко Л.В. 2009. Экология и сукцессии фитопланктона озер Южного Урала. Миасс. 376 с.
- Soininen J., Luoto M. 2012. Is catchment productivity a useful predictor of taxa richness in lake plankton communities? — Ecol. Appl. 22 (2): 6.
- Starmach K. 1983. Euglenophyta — Eugleniny. T. 3. Flora Słodkowodna Polski. Warszawa. Krakow. 594 p.
- [Trifonova] Трифонова И.С. 1990. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л. 184 с.
- [Trifonova] Трифонова И.С. 1994. Закономерности изменения фитопланктонных сообществ при эвтрофировании озер: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб. 78 с.
- [Unifitsirovannyye metody...] Унифицированные методы исследования качества вод: Методы биологического анализа вод. 1983. М. Т. 3. 371 с.
- [Vodorosli...] Водоросли, вызывающие “цветение” водоемов северо-запада России. 2006. М. 367 с.
- [Yarushina et al.] Ярушина М.И., Танаева Г.В., Ерёмкина Т.В. 2004. Флора водорослей водоемов Челябинской области. Екатеринбург. 307 с.

PHYTOPLANKTON IN THE LAKES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

P. G. Belyaeva^{a,b,#}

^a“Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, UB RAS”
Goleva Str., 13, Perm, 614081, Russia

^bPerm Branch of the All-Russian Federal Biological Scientific Research Institute “VNIRO”
Chernyshevskogo Str., 3, Perm, 614002, Russia

[#]e-mail: belyaeva@psu.ru

The phytoplankton in a number of lakes in the Bashkir Trans-Urals (Atavdy, Sultankul (2017), Bursunsky, Kuldybay (2019), Bolshiye Uchaly, Uzunkul (2021)) and Bashkir Pre-Urals (Bolshoy Tolpak, 2022)) was studied. As a result of the study, the taxonomic structure, quantitative characteristics, dominant species, distribution features of main algal groups were revealed, and their ecological and geographical characteristics were identified. 257 species and intraspecific taxa of algae from 9 divisions were registered in the algal flora. Green algae (33%), cyanoprokaryotes and diatoms (21% each of total species number) show the highest species diversity in the lakes. The algal flora is specific for each lake and has low degree of floristic similarity (0.13–0.57 according to Sørensen coefficients). In the ecological and geographical terms, the algal floras of lake plankton is represented by typical planktonic species, widespread in waterbodies of the globe, indifferent to water salinity, living only in fresh waterbodies and preferring neutral waters. Quantitative indicators of phytoplankton varied in a wide range of values: number of cells from 4.4 to 344 mln cells/L, biomass from 0.23 to 22.97 mg/L. Dominant species in terms of abundance are represented predominantly by cyanoprokaryotes (*Snowella lacustris*, *Aphanocapsa delicatissima*, *A. incerta*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Gloeotrichia echinulata*, *Merismopedia tenuissima*, *Pseudanabaena galeata*, *Planktolyngbya limnetica*, *Woronichinia compacta*, *Anathece clathrata*, *Rhabdoderma lineare*), in terms of biomass by green (*Oocystis lacustris*, *O. borgei*, *O. marssonii*, *Scenedesmus apiculatus*), dinophyte (*Peridinium cinctum*, *Gymnodinium* sp., *Ceratium furcoides*), desmidioid algae (*Staurodesmus cuspidatus*, *Cosmarium contractum*, *C. cucumis*) and cyanoprokaryotes (*Pseudanabaena galeata*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Gloeotrichia echinulata*). According to the value of the saprobity index (Pantle – Bucc by number 1.57–2.80), the lake waters correspond to β- and α-mesosaprobic types of waterbodies with III and IV water quality classes (moderately polluted or dirty water).

Keywords: phytoplankton, taxonomic composition, community structure, dominant species, lakes, Republic of Bashkortostan

ACKNOWLEDGEMENTS

The work was partially supported with the program, state registration number: NIOKTR AAAA-A19-119112290008-4.

REFERENCES

- Abdrakhmanov R.F. 2014. Presnyye podzemnyye i mineral'nyye lechebnyye vody Bashkortostana [Fresh underground and mineral medicinal waters of Bashkortostan]. Ufa. 416 p. (In Russ.).
- Al'goflora ozer i rek Karelii. Taksonomicheskii sostav i ekologiya. 2006. [Algal flora of the lakes and rivers in Karelia. Taxonomic composition and ecology]. Petrozavodsk. 81 p. (In Russ.).
- Baktybaeva Z.B., Gabidullina G.F., Kulagin A.A. 2016. Izucheniye vodorosley i tsianoprokariot vodnykh ob'yektov Zaural'ya respubliki Bashkortostan [Study of algae and cyanoprokaryotes of water bodies of the Trans-Urals of the Republic of Bashkortostan]. – Bulletin of the Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 26 (4): 5–11 (In Russ.).
- Bul'on V.V. 2007. Vliyanie geograficheskikh faktorov na pervichnyuyu produktsiyu ozernykh i nazemnykh ekosistem [Geographical factors effect on the primary production of lacustrine and terrestrial ecosystems]. – Vodnye resursy. 34 (5): 565–572 (In Russ.).
- Davydova N.N. 1985. Diatomovyye vodorosli – indikatory prirodnikh usloviy vodoyemov v golotsene [Diatoms algae – indicators of environmental conditions of water bodies in the Holocene]. Leningrad. 244 p. (In Russ.).
- Denisova N.V. 2003. Fitoplankton poymennykh ozer i ispol'zovaniye yego v monitoringe (na primere ozer Birskego rayona Bashkortostana) [Phytoplankton of floodplain lakes and its use in monitoring (on the example of the lakes of the Birske region of Bashkortostan)]: Abstr. ... Diss. Kand. Sci. Ufa. 16 p. (In Russ.).
- Drabkova V.G., Sorokin I.N. 1979. Ozero i ego vodosbor – edinaya prirodnaya Sistema. [Lake and its catchment as an united natural system]. Leningrad. 196 p. (In Russ.).
- Eremkina T.V. 2010. Struktura i funktsionirovaniye fitoplanktona ozer severnoy chasti Uvil'dinskoy zony (Chelyabinskaya oblast') v usloviyakh antropogennogo evtrofirovaniya [Structure and functioning of phytoplankton in lakes of the northern part of the Uvild zone (Chelyabinsk region) under conditions of anthropogenic eutrophication]: Abstr. ... Diss. Kand. Sci. Borok. 22 p. (In Russ.).
- Ettl H. 1983. Chlorophyta I. Phytomonadina. – Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena: Gustav Fischer Verlag, Bd. 9. 807 s.

- Flora vodorosley kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy: Desmidiyevyye vodorosli. 2003. [Flora of algae of continental water bodies of Ukraine: Desmid algae]. Part 1. Kyiv. 355 p. (In Russ.).
- Gareev A.M. 2001. Reki i ozero Bashkortostana [Rivers and lakes of Bashkortostan]. Ufa. 258 p. (In Russ.).
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. 2022. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (20.11.2022).
- Gulamanova G.A., Shkundina F.B. 2009. Vidovoye raznoobrazie planktonnykh vodorosley i tsianoprokariot ozer Bashkirskogo Zaural'ya [Species diversity of planktonic algae and cyanoprokaryotes in lakes of the Bashkir Trans-Urals]. — Bulletin of OSU. 6: 111–112 (In Russ.).
- Gulamanova G.A. 2008. Avtotrofnyy plankton kak pokazatel' stepeni evtrofirovaniya (na primere raznotipnykh ozer Respubliki Bashkortostan) [Autotrophic plankton as an indicator of the degree of eutrophication (on the example of different types of lakes in the Republic of Bashkortostan)]: Abstr. ... Diss. Kand. Sci. Ufa. 16 p. (In Russ.).
- Kitaev S.P. 1984. Ekologicheskie osnovy bioproduktivnosti ozer raznykh prirodnnykh zon [Ecological bases of lake bioproductivity in different natural areas]. Moscow. 207 p. (In Russ.).
- Kitaev S.P. 2007. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov [Fundamentals of limnology for aquatic biologists and ichthyologists]. Petrozavodsk. 395 p. (In Russ.).
- Komárek J., Anagnostidis K. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil. Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/1. Jena. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil. Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/2. München. 759 p.
- Komárek J., Fott B. 1983. Chlorophyceae (Gruunalgen). Ordnung: Chlorococcales Bd. 16 (7, 1). Schweizerbart, Stuttgart. 1044 s.
- Krakhmalny A.F. 2011. Dinofitovyie vodorosli Ukrainy (il'yustrirovannyi opredelitel') [Dinophyta of Ukraine (illustrated book for identification)]. Kiev. 444 p. (In Russ.).
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. T. 1: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1. Jena. 876 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. T.2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2. Stuttgart-New York. 596 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. T. 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3. Stuttgart-Jena. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. T. 4: Achnanthesaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4. Stuttgart-Jena. 437 p.
- Marvan P., Marsalek B., Hetesá J., Sukacova K., Marsalkova E., Geris R., Kozakova M. 2005. Comments on the revised tables of algal (and other botanical) water quality indicators listed in CSN 75 7716 — discussion material for assessment of trophic status of water bodies. — Association Flos Aquae. www.cyanobacteria.net on 6th May 2005.
- Megarran E. 1992. Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie [Ecological diversity and its measurement]. Moscow. 184 p. (In Russ.).
- Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyemov. 1975. [Methods for Studying Biogeocenoses of Inland Water Bodies]. Moscow. P. 73–84 (In Russ.). Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. 1951–1986. [Identification Guide of the USSR freshwater algae]. Moscow, Leningrad. Vol. 1–14 (In Russ.).
- Ozkan K., Jeppesen E., Sondergaard M. et al. 2013. Contrasting roles of water chemistry, lake morphology, land-use, climate and spatial processes in driving phytoplankton richness in the Danish landscape. — Hydrobiologia. 710 (1): 173–187.
- Palagushkina O.V. 2004. Ekologiya fitoplanktona karstovykh ozer Srednego Povolzh'ya [Ecology of the karst lakes phytoplankton of the Middle Volga region]: Abstr. ... Diss. Kand. Sci. Kazan'. 25 p. (In Russ.).
- Pesenko Yu.A. 1982. Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic research] Moscow. 287 p. (In Russ.).
- Proshkina-Lavrenko A.I. 1953. Diatomovyie vodorosli — pokazateli solenosti vody [Diatom algae — indicators of salinity. Diatomcollection]. Leningrad. P. 186–205 (In Russ.).
- Shigapov I.S., Mingazova N.M., Sharifullin A.N., Palagushkina O.V., Pavlova L.R., Musin A.G. 2010. Zavisi-most' fiziko-khimicheskikh pokazatelei vody ozer urbanizirovannykh territorii ot morfometricheskikh parametrov [Relation between physical and chemical characteristics of lakes water in urban lands and morphometric parameters]. — Geografiya i prirodnye resursy. 1: 177–179 (In Russ.).
- Shkundina F.B. 1983. Sezonnyye izmeneniya fitoplanktona ozera Kandry-Kul' [Seasonal changes in phytoplankton of Lake Kandy-Kul]. — Biol. nauki. 2: 60–64 (In Russ.).
- Shkundina F.B. 1992. Morfologicheskaya struktura soobshchestv fitoplanktona vodoyemov Bashkirii [Morphological structure of phytoplankton communities in water bodies of Bashkiria]. — Biol. nauki. 9: 98–102 (In Russ.).
- Shkundina F.B., Denisova N.V. 2001. Biologicheskii monitoring sostoyaniya poymennykh ozer reki Beloy po fitoplanktonu [Biological monitoring of the state of floodplain lakes of the Belaya River by phytoplankton]. — In: Sovr. probl. bioindikatsii i biomonitoringa: Tez. dokl. XI mezhdunar. simpoz. po biomonitoring. Syktyvkar. P. 209 (In Russ.).
- Shkundina F.B., Denisova N.V. 2002. Izmeneniye troficheskoy struktury ozer Bashkortostana pod vliyaniyem razlichnykh form urbanizatsii [Changes in the trophic structure of the lakes of Bashkortostan under the influence of various forms of urbanization]. — Problem. rekon. ekol. 3: 5–8 (In Russ.).
- Shkundina F.B., Gulamanova G.A. 2011. Biologicheskoye raznoobrazie avtotrofnogo planktona ozer Respubliki Bashkortostan (Rossiya) [Biological diversity of auto-

- trophic plankton in lakes of the Republic of Bashkortostan (Russia)]. — *Al'gologiya*. 21 (3): 329–345 (In Russ.).
- Sládeček V. 1973. System of Water Quality from the Biological Point of View. — *Arch. Hydrobiol. Beih.* 7. Ergebnisse der Limnologie. H. 7. 218 s.
- Smirnova N.P., Isachenko A.G., Andronikova I.N. 1993. *Teoreticheskie voprosy klassifikatsii ozer*. [Theoretical issues of lakes classification]. St. Petersburg. 192 p. (In Russ.).
- Snit'ko L.V. 2009. *Ekologiya i suksessii fitoplanktona ozer Yuzhnogo Urala*. [Ecology and succession of phytoplankton in lakes of the Southern Urals]. Miass. 376 p. (In Russ.).
- Soininen J., Luoto M. 2012. Is catchment productivity a useful predictor of taxa richness in lake plankton communities? — *Ecol. Appl.* 22 (2): 6.
- Starmach K. 1983. *Euglenophyta — Eugleniny*. T. 3. *Flora Słodkowodna Polski*. Warszawa. Krakow. 594 p.
- Trifonova I.S. 1990. *Ekologiya i suksessiya ozernogo fitoplanktona* [Ecology and succession of lake phytoplankton]. Leningrad. 184 p. (In Russ.).
- Trifonova I.S. 1994. *Zakonomernosti izmeneniya fitoplanktonnykh soobshchestv pri evtrofirovanii ozer* [Patterns of phytoplankton communities changes under lake eutrophication]: Abstr. ... Diss. Doct. Sci. St. Petersburg. 78 p. (In Russ.).
- Unifitsirovannyye metody issledovaniya kachestva vod. 1983. [Unified Methods for the Study of Water Quality] Chast' 3. *Metody biologicheskogo analiza vod* [Part 3. Methods of biological water analysis]. Moscow. 371 p. (In Russ.).
- Vodorosli, vyzyvayushchiye "tsveteniye" vodoyemov severo-zapada Rossii. 2006. [Algae causing "blooming" of reservoirs in the north-west of Russia]. Moscow. 376 p. (In Russ.).
- Yarushina M.I., Tanaeva G.V., Eremkina T.V. 2004. *Flora vodorosley vodoyemov Chelyabinskoy oblasti* [Flora of algae in reservoirs of the Chelyabinsk region]. Yekaterinburg. 307 p. (In Russ.).