

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ГЛУБОКОЕ (КАЗАНЬ) ПО СОСТАВУ И СТРУКТУРЕ ФИТОПЛАНКТОНА

© 2024 К.И. Абрамова, Р.П. Токинова, С.В. Бердник

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан, г. Казань (Россия)

Поступила 31.05.2024

Аннотация. Представлены результаты исследования фитопланктона в озере Большое Глубокое, расположенном на особо охраняемой природной территории городского лесопарка «Лебяжье» (г. Казань, Республика Татарстан). Определены структурные и количественные показатели летних альгоценозов. По индикаторным показателям фитопланктона проведена оценка сапробиологического состояния озера и его трофического статуса.

Ключевые слова: трофность, сапробность, фитопланктон, городской лесопарк Лебяжье, озеро Большое Глубокое

Введение

Озеро Большое Глубокое располагается на особо охраняемой природной территории городского лесопарка «Лебяжье» (г. Казань) и имеет важное природно-эстетическое и рекреационное значение (рис. 1).

Озеро является излюбленным местом отдыха населения Казани (купание, любительский лов рыбы, катание на малых плавсредствах и др.). Рекреационной привлекательности в значительной мере способствует близость жилых кварталов и транспортная доступность лесопарковой зоны, удобная инфраструктура (сеть кафе, домов отдыха и детских оздоровительных лагерей). Вместе с тем, планируемое освоение природных территорий лесопарка в рамках набирающего популярность в регионе экологического туризма (Токинова и др., 2024б) может привести к усилению антропогенного воздействия на озерную экосистему. При контроле за экологической ситуацией и планировании природоохранных мероприятий важная роль отводится биоиндикации состояния экосистемы озер по составу и структуре гидробиологических сообществ. Значительное место в этом отводится фитопланктону – од-

ному из основных компонентов водных экосистем. Несмотря на то, что озеро находится на особо охраняемой природной территории и имеет рекреационное значение, исследования водоема немногочисленны. По имеющимся данным, в начале 2000-х гг. фитопланктон был сформирован преимущественно цианопрокарриотами, зелеными и динофитовыми водорослями, по уровню биомассы сообщества водоем характеризовался как гиперэвтрофный (Бариева и др., 2005).

Летом 2023 г. сотрудниками лаборатории гидробиологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (ИПЭН АН РТ) проведены комплексные гидробиологические и гидрохимические исследования оз. Большое Глубокое (Токинова и др., 2024а). Целью данной статьи является представление полученных результатов по фитопланктону оз. Большое Глубокое, характеризующих его видовое разнообразие, количественную структуру, а также проведение оценки современного состояния экосистемы озера по показателям фитопланктона.

Материал и методы исследований

Пробы фитопланктона отобраны в летние месяцы 2023 г. (1 и 30 июня, 24 августа) в сухую погоду, в первую половину дня (11⁰⁰–13⁰⁰); отбор произведен на двух станциях в центральной части озера (рис. 1) с борта лодки зачерпыванием

Абрамова Ксения Ивановна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., kseniaiv@yandex.ru; Токинова Римма Петровна, канд. биол. наук, ведущий науч. сотр., r.tokin@rambler.ru; Бердник Сергей Владимирович, науч. сотр., svberdник@mail.ru

из поверхностного слоя воды (0,1–0,3 м). Сбор и обработка проб проведены по общепринятым методикам (Методика ..., 1975). Пробы, зафиксированные раствором Люголя, концентрированы прямой фильтрацией через мембранные фильтры «Владипор» № 9 (диаметр пор 0,4 мкм) с применением вакуумного насоса. Идентификация видового состава водорослей, подсчет их численности и измерение линейных размеров клеток проведены в камере Горяева под микроскопами Микромед-2 и МБИ-11 в трех повторностях. Биомасса определена счетно-объемным методом. Для идентификации видовой принадлежности

водорослей использованы определители серий «Определитель пресноводных водорослей СССР» (1951–1982 гг.) и “Süßwasserflora von Mitteleuropa” (1983–2005 гг.). Номенклатурные преобразования видов проведены согласно альгологической базе данных AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2024). В аннотированном списке (табл. 2) в квадратных скобках указаны синонимы названий видов. К доминирующим отнесены виды, составляющие $\geq 10\%$ от общей численности и/или биомассы, к субдоминирующим – $\geq 5\%$, соответственно (Фитопланктон..., 2003).



Рис. 1. Вид на озеро Большое Глубокое (с сайта komanda-k.ru); отмечены места отбора проб фитопланктона.

Fig. 1. View of Bolshoe Glubokoe Lake (from the website komanda-k.ru); phytoplankton sampling locations are marked.

Для оценки разнообразия альгоценозов использованы следующие показатели: число таксонов рангом ниже рода в пробе (удельное богатство), ценотическое разнообразие (индекс Шеннона, H_N) и выравненность обилия видов (индекс Пielу, E_N), рассчитанные по численности видов (Шитиков и др., 2011). Характеристика трофического состояния акватории дана на основе комплексной оценки по гидрохимическим и гидробиологическим показателям: по средним показателям уровня биомассы (Трифенова, 1990), численности фитопланктона и соотношению отделов от общей численности, индексам видового разнообразия (Neverova-Dziopak, 2007) и трофности Миллиуса (Теоретические вопросы ..., 1993), прозрачности воды, содержанию общего фосфора, азота и БПК₅ (Даденко, 2007). Класс

качества воды по фитопланктону дан по классификации качества поверхностных вод суши (Жукинский и др., 1981). Сапробность вод оценена по индексу Пантле–Букка в модификации Сладечека. Соотнесение видов с отдельными зонами сапробности проведена по спискам индикаторных организмов (Шитиков и др., 2011; Баринаова и др., 2006).

В ходе наблюдений измерена температура и прозрачность воды (по диску Секки). Учитывая, что на фитопланктон оказывают климатические факторы во временном аспекте, в работе дана характеристика метеоусловий в момент отбора проб и их суммарные/средние показатели за семь дней до проведения исследований (выбор времени произвольный). Данные по температуре воздуха, количеству выпавших осадков, скорости

ветра получены из открытых ГИС-порталов в сети Интернет (Погода и климат ...). Характеристики уровня солнечной радиации, рассеянной (D), суммарной (Q) и прямой (S), любезно предоставлены сотрудниками метеорологической обсерватории Казанского федерального университета. Гидрохимическая характеристика озера дана на основе данных от 27.09.2023. Анализ данных выполнен в лаборатории эколого-аналитических измерений и мониторинга окружающей среды ИПЭН АН РТ.

Результаты и обсуждение

Озеро Большое Глубокое имеет карстово-суффозионное происхождение. При небольшой площади 10,4 га (0,104 км²) средняя глубина составляет 6,5 м, максимальная – 13,8 м. На дне имеются карстовые воронки. Питание озера поверхностное и подземное. Его зеркало овальное, вытянутое. Берега высокие. В северо-западной части озера располагается песчаный пляж. Растительность озера представлена прибрежно-водной и гидрофитной с развитием элодеи, рде-

ста. Прозрачность в озере в летний период составляет 2,0–2,2 м. Вода в озере слабощелочная (рН 7,84) с низкой электропроводностью (72 мкСм/см); слабоминерализованная (концентрация минеральных веществ составляет 98 мг/дм³), очень мягкая (не превышающая 1°Ж). Вода относится к гидрокарбонатно-хлоридному классу кальциевой группы. Содержание хлорид-ионов составляет 30,9 мг/дм³, гидрокарбонат-ионов – 30,5 мг/дм³. По катионному составу высокие значения отмечаются для кальция (11,1 мг/дм³). Содержание биогенных элементов в воде низкое, не превышающее предельно допустимых концентраций (ПДК).

В дни отбора проб температура и прозрачность воды, скорость ветра варьировали слабо (табл. 1, 3). Климатические показатели за семь дней до отбора проб различались. Предшествующая неделя ко второму отбору проб (30 июня) выдалась более прохладной, к третьему отбору проб (24 августа) – дождливой. К началу лета (1 июня) были благоприятные условия для фитопланктона – сухая теплая и солнечная погода.

Таблица 1

Метеорологические условия в период исследования оз. Большое Глубокое
Meteorological conditions during the exploration of the Lake Bolshoe Glubokoe

	1 июня	30 июня	24 августа
Показатели в день отбора проб			
Температура воздуха, °С	17,3	23,2	15,2
Скорость ветра, м/с	4	4	3
Количество осадков, мм	0	0	0
Рассеянная солнечная радиация, кВт/м ²	0,46	0,26	0,21
Суммарная солнечная радиация, кВт/м ²	0,46	0,88	0,21
Прямая солнечная радиация, кВт/м ²	0,83	0,70	0,61
Средние/суммарные показатели за 7 дней до отбора проб			
Температура воздуха, °С	20,6±1,0	18,1±0,9	20,5±1,7
Количество осадков, мм	0,5	1,0	16,1
Рассеянная солнечная радиация, кВт/м ²	0,20±0,02	0,17±0,01	0,20±0,03
Суммарная солнечная радиация, кВт/м ²	0,32±0,01	0,39±0,05	0,34±0,05

В составе летнего фитопланктонного сообщества оз. Большое Глубокое выявлено 54 вида и таксона (рангом ниже рода) водорослей из восьми основных отделов: Chlorophyta – 19, Cyanoprokaryota (Cyanophyta) – 14, Charophyta – 7, Cryptophyta – 5, Chrysophyta – 4, Euglenophyta – 3, Dinophyta и Bacillariophyta – по 1. Флористически наиболее богато представлены отделы зеленых водорослей (35% от общего количества видов) и цианопрокариот (26%). Обнаруженные виды – преимущественно широко распространенные, типично планктонные формы. В составе зеленых водорослей более высоким разнообразием видов представлен порядок Chlorococcales (8), харофитовых – Desmidiaceales (7)

и цианопрокариот – Nostocales (7). Таким образом, по соотношению водорослей из разных отделов флористический состав фитопланктона можно охарактеризовать как зелено-цианопрокариотный с сопутствием харофитовых.

По количественному обилию, численности и биомассе в доминирующий и субдоминирующий комплекс озерного фитопланктона вошли 17 видов. Это преимущественно представители цианопрокариот и зеленых водорослей (табл. 2). Из этих форм отдельно можно выделить *Aphanizomenon flos-aquae*, *Cosmarium tenue*, *Staurastrum paradoxum* и *Ceratium hirundinella*, которые также относились к доминирующим видам в озере в начале 2000-х годов.

Список видов, доминирующих и субдоминирующих в фитопланктоне оз. Большое Глубокое
List of species dominating and subdominating in the phytoplankton of Lake Bolshoe Glubokoe

Названия видов	Даты отбора проб		
	1 июня	30 июня	24 августа
Cyanoprokaryota			
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault		+	+
<i>Dolichospermum flos-aquae</i> (Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek [<i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson ex Bornet & Flahault]	+	+	+
<i>Dolichospermum perturbatum</i> (Hill) Wacklin, Hoffmann & Komárek [<i>Anabaena perturbata</i> Hill]		+	
<i>Dolichospermum solitarium</i> (Klebahn) Wacklin, Hoffmann & Komárek [<i>Anabaena solitaria</i> Klebahn]		+	
<i>Dolichospermum</i> sp.		+	+
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek [<i>Oscillatoria limnetica</i> Lemmermann]		+	
Chlorophyta			
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda		+	
<i>Chlamydomonas</i> sp.	+		
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	+		
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová		+	
<i>Nephrochlamys willeana</i> (Printz) Korshikov	+	+	+
<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas		+	+
Charophyta			
<i>Cosmarium tenue</i> Archer	+		
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs	+		
Chrysophyta			
<i>Ochromonas</i> sp.	+		
Cryptophyta			
<i>Cryptomonas</i> sp.	+		
Dinophyta			
<i>Ceratium hirundinella</i> (Müller) Dujardin			+

На протяжении периода исследований численность фитопланктона сохранялась в пределах невысоких значений 1,84–2,52 млн. кл./л, биомасса не превышала 1,10 мг/л (табл. 2). Индексы сапробности, рассчитанные по численности индикаторных видов, изменялись в диапазоне 1,85–1,96, что свойственно β -мезосапробной зоне и соответствует «умеренно-загрязненным водам».

В начале июня основной вклад в развитие фитопланктонного сообщества вносили, главным образом, харофитовые водоросли порядка Desmidiaceae (с преимущественным развитием *Cosmarium tenue*, *Staurastrum paradoxum*), зеленые (*Chlamydomonas* sp.) и золотистые (*Ochromonas* sp.) водоросли (рис. 2). В конце месяца доминирующая роль перешла к комплексу видов цианопрокариот, вклад которых в численность фитопланктона достиг 91%. Наблюдалось развитие теплолюбивых представителей рода *Dolichospermum* (*D. flos-aquae*, *D. perturbatum*, *D. solitarium*). В августе к доминирующему ком-

плексу присоединился крупноклеточный представитель динофитовых *Ceratium hirundinella*. Вклад последнего в биомассу фитопланктона составил 84%.

Особенностью структуры летнего фитопланктона озера является относительно высокое разнообразие десмидиевых водорослей и доминирование по численности/биомассе в начале лета двух их представителей (*C. tenue*, *S. paradoxum*). Согласно сравнению с литературными данными, эта тенденция может прослеживаться в фитопланктоне озера на протяжении двух последних десятилетий. Десмидиевые водоросли весьма чувствительны к окружающим условиям среды и многим их видам свойственно населять определенные водоемы (Неудахина, Анисимова, 2022). Большинство десмидиевых предпочитают кислые и слабо кислые воды, низкое содержание в среде обитания ионов кальция, населяют обычно олиго- и мезотрофные водоемы; известны виды, приуроченные к водам с низкой электропроводностью (Анисимова, 2017, 2020). Кроме того,

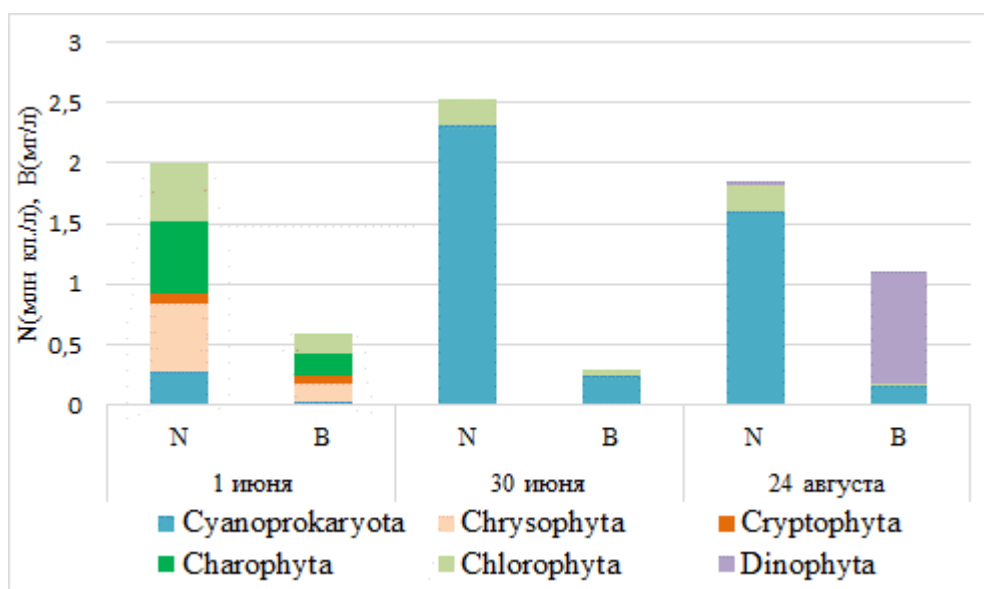


Рис. 2. Изменение количественной структуры основных отделов фитопланктона в оз. Большое Глубокое в летние месяцы; N – численность, B – биомасса.

Fig. 2. Changes in the quantitative structure of the main departments of phytoplankton in the Lake Bolshoe Glubokoe in the summer months; N – abundance, B – biomass.

на обилие десмидиевых могут влиять воздействие солнца и форма водоема (Sophia, Carmo, 2004).

Согласно нашим наблюдениям, харофитовые (пор. Desmidiaceae) входят в доминирующий состав фитопланктона в озере в начале лета. Впоследствии, с увеличением трофности водоема и обилия цианопрокариот и динофитовых водорослей, десмидиевые в пробах не встречаются, значительно снижается доля зеленых водорослей.

Согласно терминологии функциональной классификации пресноводного фитопланктона (Reynolds et al., 2002), состав фитопланктона принадлежит к N-P-N₁-L_M-типу. Основу сообщества формируют обитатели чувствительные к перемешиванию, повышению pH и снижению кремния в воде. В начале лета преобладают представители, толерантные к низкому содержанию азота и углерода, диазотрофные виды; в конце летнего сезона – обитатели эвтрофных водоемов. Вхождение на протяжении двух десятилетий в доминирующий состав нитчатых гетероцистных цианопрокариот может свидетельствовать о том, что фитопланктон развивается в условиях азотного лимитирования.

Вместе с тем, можно отметить признаки сукцессии сообщества за последние два десятилетия. Изменилась количественная структура доминирующих видов в сторону уменьшения их обилия и появления новых субдоминирующих видов. В исследованном нами материале в доминирующем комплексе не отмечены представители эвгленовых, а также некоторые виды циано-

прокариот. Кроме того, в структуре цианопрокариот, в группе N₁, отмечается смена главного доминирующего вида с ранее преобладавшего *Aphanizomenon flos-aquae* на *Dolichospermum*. В настоящее время также значимая роль в формировании альгоценоза принадлежит зеленым водорослям порядка Chlorococcales (виды р. *Monoraphidium*, *Ankistrodesmus*, *Raphidocelis* и др.) и Chlamydomonadales (*Chlamydomonas* sp.).

Также обращает на себя внимание снижение роли гетеротрофного вида *C. hirundinella* в формировании количественных показателей. Ранее данный вид доминировал с первой половины июня по август, образуя к концу лета монокультуру с биомассой выше 10 мг/л. Дискретность динамики развития крупноклеточного вида в озере отражается на количественных показателях фитопланктона. Зарегистрированное нами обилие на порядок меньше тех значений, что указывались ранее (для августа 26–32 мг/л (Бариева и др., 2005)). Отмеченные перестройки планктонных сообществ в ходе летнего сезона 2023 г. могут указывать на тенденцию к упрощению их структуры (табл. 3: число видов в пробе, H_N , E_N). Подобная смена состава и структуры доминирующего комплекса планктонных водорослей характерна для экосистем, находящихся под воздействием факторов, обусловленных, в том числе, антропогенной нагрузкой. Снижение индекса видового разнообразия к концу лета непосредственно связано с доминированием трех представителей цианопрокариот (р. *Dolichospermum*) в сообществе.

Количественное развитие фитопланктона, индексы видового разнообразия и выравнинности, оценка качества воды в оз. Большое Глубокое
Quantitative development of phytoplankton, indices of species diversity and equalization, assessment of water quality in the Lake Bolshoe Glubokoe

Показатели	1 июня	30 июня	24 августа
Температура поверхностного слоя воды, °С	21,5	22,4	22,1
Прозрачность воды, м	2,0	2,2	2,0
Число видов в пробе	12±4	5±1	3±1
Общая численность, N млн. кл./л	2,01±0,18	2,52±0,15	1,84±1,15
Общая биомасса, B мг/л	0,59±0,08	0,29±0,05	1,10±0,82
Индекс видового разнообразия, H_N	2,82±0,43	1,79±0,13	1,13±0,2
Индекс выравнинности сообщества, E_N	0,81±0,01	0,77±0,08	0,63±0,05
Индекс сапробности, S	1,96±0,04	1,85±0,05	2,1±0,1
Зона сапробности	β -мезосапробная		
Трофический статус	олиготрофный		мезотрофный
Качество воды	«чистая»		«удовлетворительно чистая»

Сравнение с имеющимся литературными данными позволяет предположить, что экологическое состояние водоема, оцениваемое по состоянию фитопланктона, изменилось в сторону снижения его количественных показателей (от гиперэвтрофии до олиготрофии-мезотрофии).

Биомасса фитопланктона снизилась на порядок относительно данных начала 2000-х годов и в настоящее время озеро можно классифицировать как олиготрофный водоем с сезонным переходом в мезотрофный. По другим показателям уровень трофности водоема определяется также на уровне олиготрофии-мезотрофии: по индексам видового разнообразия и трофности Миллиуса (31,9±8,9) – олиготрофный с переходом в мезотрофный; по численности фитопланктона – олиготрофный; по соотношению зеленых и цианопрокариот – олиготрофный с переходом в мезотрофный; по прозрачности воды – мезотрофный; по содержанию общего фосфора (0,005 мг/дм³) и азота (0,105 мг/дм³) – олиготрофный; по БПК₅ (1,66 мгО₂/дм³) – олиготрофный. Таким образом, биоиндикация по фитопланктону и гидрохимическим показателям указывает на мезотрофно-олиготрофный уровень трофности водоема. Качество воды по классификации Жукинского с соавторами (1981), оцениваемое по биомассе фитопланктона, характеризуется как чистая–удовлетворительно чистая.

Заключение

В составе фитопланктона оз. Большое Глубокое в летние месяцы 2023 г. выявлено 54 вида и таксона (рангом ниже рода) водорослей. Флористический состав можно охарактеризовать

как зелено-цианопрокариотный с присутствием харофитовых водорослей.

По сравнению с предшествующими данными, полученными в начале 2000-х годов, отмечено значительное снижение количественных показателей фитопланктона (численности – от 628 млн. до 2,5 млн. кл./л, биомассы – от 38 мг до 1,1 мг/л). Гипертрофный статус озера сменился на мезотрофно-олиготрофный. Индексы сапробности указывают на принадлежность поверхностной толщи вод озера к β -мезосапробной зоне, или умеренно-загрязненным водам.

В составе фитопланктона продолжают преобладать зеленые, харофитовые, синезеленые (цианопрокариоты) и динофитовые водоросли. Характерной особенностью озера на протяжении двух десятилетий остается обилие в фитопланктоне десмидиевых водорослей. Значительно сократилось участие в сообществе *Aphanizomenon flos-aquae* и *Ceratium hirundinella*, количественные показатели которых уменьшились на порядок. Из доминантов исчез ряд представителей цианопрокариот, зеленых и эвгленовых водорослей. На фоне снижения биомассы фитопланктона вклад в нее биомассы цианопрокариот и динофитовых по-прежнему высок.

Основу цианопрокариотного комплекса заняли представители нитчатых гетероцистных цианобактерий рода *Dolichospermum*, которые ранее не отмечались. Увеличение их разнообразия в озере, вероятно, обусловлено многофакторным влиянием гидрохимических показателей, таких, как низкие концентрации общего азота и фосфора, относительно высокая прозрачность воды.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список русскоязычной литературы

Анисимова О.В. Десмидиевые водоросли сфагно-вых болот Московской области: видовое разнообразие и экологическая приуроченность // Тр. ИБВВ РАН. 2017. Вып. 79 (82). С. 10-18.

Анисимова О.В. Новые виды рода *Euastrum* (Charophyta, Desmidiaceae) для Карелии (Россия) // Ботан. журн. 2020. Т. 105. № 4. С. 67-74.

Бариева Ф.Ф., Халиуллина Л.Ю., Мингазова Н.М. Фитопланктон городских водоемов и водотоков. Экология города Казани. Казань: ФЭН, 2005. С. 236-248.

Барнинова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.

Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 252 с.

Жукинский В.Н., Оксийук О.П., Олейник Г.Н., Кошелова С.И. Принципы и опыт строения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1981. № 17 (2). С. 38-50.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.

Неудахина М.А., Анисимова О.В. История изучения рода *Staurastrum* (Zygnematomphyceae, Desmidiaceae) в Московской области // Бюл. МОИП. 2022. Т. 127, вып. 2. С. 23-36.

Погода и климат / справочно-информационный портал. URL: www.pogodaiklimat.ru (дата обращения: 27.09.2023).

Теоретические вопросы классификации озер / отв. ред. Н.П. Смирнов. СПб.: Наука, 1993. 185 с.

Токинова Р.П., Галиахметова Л.К., Любарский Д.С. Видовое разнообразие и количественные показатели зообентоса системы Глубоких озер (Казань) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2024а. Т. 33, № 1. С. 74-81.

Токинова Р.П., Любарский Д.С., Бердник С.В. Акваландшафтное разнообразие городского лесопарка как потенциальный рекреационный экоресурс // Экология родного края: проблемы и пути их решения: мат-лы XIX Междунар. науч.-практ. конф. Кн. 1. (г. Киров, 23-24 апреля 2024 г.). Киров: Вятский гос. ун-т, 2024б. С. 227-231.

Трифонов И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.

Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки. СПб.: Наука, 2003. 232 с.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти: Кассандра, 2011. 255 с.

Общий список литературы / Reference List

Anisimova O.V. Desmidium algae of sphagnum bogs of the Moscow region: species diversity and ecological maturity // Proc. of IBIW RAS. 2017. Iss. 79 (82). pp. 10-18. (In Russian).

Anisimova O.V. New species of the genus *Euastrum* (Charophyta, Desmidiaceae) for Karelia (Russia) // Botan.

J. 2020. Vol. 105. No.4. pp. 67-74. (In Russian).

Barieva F.F., Khaliullina L.Yu., Mingazova N.M. Phytoplankton of urban reservoirs and watercourses. Ecology of the city of Kazan. Kazan: FEN P.H., 2005. pp. 236-248. (In Russian).

Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. Biodiversity of algae-indicators of the environment. Tel Aviv. 2006. 498 p. (In Russian).

Datsenko Y.S. Eutrophication of reservoirs. Hydrological and hydrochemical aspects. Moscow: GEOS, 2007. 252 p. (In Russian).

Zhukinsky V.N., Oksiuk O.P., Oleinik G.N., Kosheleva S.I. Principles and experience of constructing an ecological classification of the quality of surface waters of the land // Hydrobiol. J. 1981. No. 17 (2). pp. 38-50. (In Russian).

Methodics of studying biogeocenoses of inland reservoirs / Ed. F.D. Morduhaj-Boltovskoy. Moscow: Nauka, 1975. 240 p. (In Russian).

Neudakhina M.A., Anisimova O.V. History of the study of the genus *Staurastrum* (Zygnematomphyceae, Desmidiaceae) in the Moscow region // Bul. of MSON. 2022. Vol. 127, Iss. 2. pp. 23-36. (In Russian).

Weather and climate / reference and information portal. URL: www.pogodaiklimat.ru (accessed: 27.09.2023). (In Russian).

Theoretical issues of classification of lakes / Ed. N.P. Smirnov. St. Petersburg: Nauka, 1993. 185 p. (In Russian).

Tokenova R.P., Galiahetova L.K., Lyubarskiy D.S. Species diversity and quantitative indicators of zoobenthos in the Glubokoe lake system (Kazan) // Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology. 2024. Vol. 33, No. 1. P. 74-81 (In Russian).

Tokenova R.P., Lyubarskiy D.S., Berdник S.V. Aquatic landscape diversity of an urban forest park as a potential recreational eco-resource // Ecology of native land: problems and ways of their solution: Matls. XIX Internat. sci. and pract. conf. Book 1. (Kirov, April 23-24, 2024). Kirov: Vyatka SU, 2024. P. 227-231. (In Russian).

Trifonova I.S. Ecology and succession of lake phytoplankton. Leningrad: Nauka, 1990. 184 p. (In Russian).

Phytoplankton of the Lower Volga. Reservoirs and the lower reaches of the river. St. Petersburg: Nauka, 2003. 232 p. (In Russian).

Shitikov V.K., Zinchenko T.D., Rosenberg G.S. Macroecology of river communities: concepts, methods, models. Tolyatti: Kassandra, 2011. 255 p. (In Russian).

Sophia M.G., Carmo B.P. Desmids of phytotelm terrestrial bromeliads from the National Park of "Restinga de Jurubatiba" // Algological studies. 2004. Vol. 114. P. 99-119.

Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. Nat. Univ. of Ireland, Galway. 2020. URL: www.algaebase.org (accessed: 06.05.2024).

Neverova-Dziopak E. Ekologiczne aspekty ochrony wod powierzchniowych. Rzeszow, 2007. 103 p.

Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. Towards classification of the freshwater phytoplankton // J. Plankton Research. 2002. Vol. 24, No. 5. pp. 417-428.

BIOINDICATION OF THE ECOSYSTEM OF LAKE BOLSHOE GLUBOKOE (KAZAN) BY COMPOSITION AND STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON

© 2024 K.I. Abramova, R.P. Tokinova, S.V. Berdnik

Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan, Kazan (Russia)

Annotation. The results of a study of summer phytoplankton in Bolshoe Glubokoe Lake, located in a specially protected natural area of the Lebyazhye Urban Forest Park (Kazan, Republic of Tatarstan), are presented. The structural and quantitative indicators of summer algocenoses have been determined. Using indicator parameters of phytoplankton, the saprobiological state of the lake and its trophic status were determined.

Keywords: trophic state, saprobity, phytoplankton, Lebyazhye Urban Forest Park, Bolshoe Glubokoe Lake