Оригинальная статья

УДК 574.576.586

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-3-335-347>

АЛЬГОФЛОРА ОЗЕР ЗАКАЗНИКА «КУРГАЛЬСКИЙ» (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е. В. Станиславская , А. Л. Афанасьева, О. А. Павлова

Институт озераведения РАН

Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, д. 9

Поступила в редакцию 28.04.2021 г., после доработки 09.06.2021 г., принята 12.06.2021 г.

Аннотация. В мае и июле 2019 г. проводились исследования различных альгоценозов солоноватоводного оз. Липовское и ультрапресного оз. Белое, расположенных на территории Государственного природного заказника регионального значения «Кургальский». В целом в альгофлоре двух озер обнаружен 291 таксон водорослей рангом ниже рода, принадлежащих к 9 отделам. Таксономическое разнообразие в обоих водоемах было достаточно высоким: в оз. Липовское было выявлено 179, в оз. Белое – 181 таксон. К доминирующим группам фитопланктона оз. Липовское относились синезеленые, криптофитовые и динофитовые водоросли, среди которых отмечены солоноватоводные и морские виды. В перифитоне этого озера наибольшее развитие имели солоноватоводные диатомовые и зеленые водоросли. В планктоне оз. Белое преобладали зеленые, динофитовые и диатомовые водоросли, в перифитоне – синезеленые (цианопрокариоты), диатомовые и зеленые водоросли. Несмотря на близкое расположение исследованных озер, альгофлора их достаточно отличается: коэффициент сходства Сьеренсена составляет лишь 38%. Уровень количественного развития фитопланктона в озерах был низким и увеличивался от весны к лету. В оз. Липовское биомасса фитопланктона изменялась от 0.45 до 1.9 мг/л, содержание хлорофилла «а» – от 3.9 до 7.1 мкг/л. В оз. Белое биомасса фитопланктона варьировала от 0.3 до 1.4 мг/л, содержание хлорофилла «а» – от 0.45 до 1.3 мкг/л. Биомасса перифитона в оз. Липовское составляла 20 г/м² субстр., содержание хлорофилла «а» – 22 мг/м² субстр., в оз. Белое – соответственно 17 г/м² субстр. и 17 мг/м² субстр. В настоящее время экологическое состояние исследованных озер можно считать удовлетворительным, поскольку по трофическому статусу, составу индикаторов альгофлоры их можно отнести к водоемам *чистым* и *удовлетворительной чистоты* (II – III класс чистоты вод). Для сохранения уникальной флоры озер заказника «Кургальский» требуется усиление различных природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: Кургальские озера, ООПТ, фитопланктон, перифитон, таксономический состав, структура сообществ, биомасса

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Института озераведения РАН (ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН) по теме № 0154-2019-0001 (№ гос. регистрации АААА-А19-119031890106-5) и при частичном бюджетном финансировании.

Для цитирования. Станиславская Е. В., Афанасьева А. Л., Павлова О. А. Альгофлора озер заказника «Кургальский» (Ленинградская область) // Поволжский экологический журнал. 2021. № 3. С. 335 – 347. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-3-335-347>

Для корреспонденции. Лаборатория гидробиологии Института озераведения РАН (ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН).

ORCID и e-mail адреса: Станиславская Елена Владимировна: <https://orcid.org/0000-0002-2897-7636>, stanlen@mail.ru; Афанасьева Анна Леонидовна: <https://orcid.org/0000-0001-7282-1383>, afal359@mail.ru; Павлова Оксана Александровна: <https://orcid.org/0000-0001-8521-0549>, pavlova@limno.org.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Государственный природный заказник регионального значения «Кургальский» является самой западной заповедной территорией Ленинградской области, имеющей статус «особо охраняемые природные территории» (ООПТ). Он был создан в 2000 г. на базе Государственного зоологического (охотничьего) заказника «Кургальский полуостров», основанного в 1975 г. с целью изучения и сохранения особо ценных птиц и животных. Основная задача современного комплексного заказника – сохранение эталонов природных комплексов приморских ландшафтов на южном побережье Финского залива, охрана редких видов фауны и флоры (Водно-болотные угодья..., 1998).

Заказник площадью 60 тыс. га расположен на Кургальском полуострове, в его состав также входят части примыкающих акваторий Лужской губы и Нарвского залива. Площадь собственно полуострова и островов равняется 20702 га, из которой 20% составляют озера в совокупности с тремя болотными комплексами (Сергиенко, 2013). Исследованные озера находятся на наиболее возвышенной части полуострова – Кургальском плато. Водоемы имеют ледниковое происхождение, расположены каскадом и разделены моренной запрудой шириной около километра. Гидрологическая связь между озерами отсутствует, указание на картах протоки является ошибочным. Липовское озеро связано широким (до 100 м) каналом с Финским заливом. Соединение с морем и регулярное поступление солоноватых вод делает его уникальным водоемом на всем побережье Финского залива, тогда как оз. Белое остается пресноводным (Красная книга..., 2018; Сергиенко, 2013).

Заказник «Кургальский» имеет международный природоохранный статус как водно-болотное угодье международного значения и как морская охраняемая территория Балтийского моря (Водно-болотные угодья..., 1998; Ecological coherence..., 2016). Исследования последних лет позволили выявить ареалы новых редких видов сосудистых растений, большинство из которых внесены в Красную книгу Ленинградской области (Красная книга..., 2018; Глазкова и др., 2020), в том числе и на литорали исследованных озер.

Подробные сведения о водорослях получены ранее для побережья Финского залива, а также прибрежных биотопов некоторых островов. Так, на берегах Кургальского полуострова выявлено 15 видов макроводорослей, относящихся к зеленым, бурым и красным водорослям. Среди них наиболее распространена *Cladophora glomerata* (Lemmerman) Kützinger (Губелит, 2011; Балашова, Киселев, 2018).

В составе микроскопических водорослей побережий залива и островов преобладают различные группировки диатомовых водорослей, характерные как для пресных, солоноватоводных, так и для морских вод (Балашова, 2011; Балашова, Киселев, 2018). Сведений об альгофлоре озер заказника в литературе крайне мало, все исследования посвящены систематике отдельных видов и групп (Safronova, Shadrina, 2020 и др.). В связи с этим актуальность наших исследований очевидна. Кроме того, важность исследований обусловлена возникновением в настоящее время угрозы значительного антропогенного воздействия на природные комплексы и биотопы заказника, в том числе и озерные, в связи с усилением нерегламентированной рекреационной нагрузки, а также со строительством газопровода «Север-

ный поток-2», который частично проходит по территории ООПТ. Таким образом, полученные материалы важны для дальнейшего мониторинга озер Липовское и Белое, сохранения биоразнообразия и естественного функционирования их экосистем.

Целью данной работы было выявление различных структурно-функциональных характеристик фитопланктона и перифитона озер Липовское и Белое, входящих в состав «Кургальского» заказника, а также оценка их современного экологического состояния.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследованные озера принадлежат к водосборному бассейну Финского залива. Оз. Липовское расположено в северной части Кургальского полуострова и соединено с Финским заливом широкой протокой глубиной до 1.5 м (рис. 1). Соленые воды при нагонных ветрах проникают в озеро и, как более плотные, опускаются в глубокие слои. Озеро относится к категории соленых озер (средняя соленость 3.8 г л^{-1}) хлоридного класса группы натрия. За период наблюдений pH изменялся от 6.0 до 8 (таблица). По

Рис. 1. Карта-схема района исследований и расположение станций отбора проб (<https://yandex.ru/maps/>)

Fig. 1. Schematic map of the study area and sampling stations (<https://yandex.ru/maps/>)

содержанию основных биогенных элементов оно характеризуется как мезотрофный водоем. На берегах озера есть населенные пункты.

Оз. Белое находится в центральной части Кургальского полуострова на возвышенности с высотами до 25 м (см. рис. 1). Озеро бессточное, не имеет притоков, питание происходит за счет родников. Крайне низкая минерализация воды в озере позволяет отнести его к категории ультрапресных водоемов (см. таблицу). Воды озера относятся к сульфатному классу группы кальция. Водородный показатель изменялся от 5.91 до 8.25. Невысокие

концентрации биогенных элементов характеризуют озеро как олиготрофный водоем (см. таблицу). На берегах озера нет поселений.

Сборы проб фитопланктона на обоих озерах проводились в мае и июле 2019 г. Количественные пробы фитопланктона объемом 0.5 – 1 л отбирали батометром Рутнера на трех станциях оз. Липовское и на двух станциях оз. Белое (см. рис. 1) и концентрировали осадочным способом (Руководство по методам..., 1983). Количественные пробы перифитона собирали в июле 2019 г. на литорали обоих озер с тростника *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud, качественные пробы – с кам-

ней (см. рис. 1) по методике, применяемой в Институте озераедения РАН (Станиславская, Трифонова, 1984). Пробы фитопланктона и перифитона просчитывались в камере Нахотта объемом 0.05 мл, биомассу определяли общепринятым способом по объемам видов. Содержание хлорофилла определяли в смешанном ацетонном экстракте по общепринятой методике (ГОСТ 17.1.4.02-90..., 1990). Для идентификации водорослей использовали отечественные и зарубежные определители и другие номенклатурные разработки. К доминирующим были отнесены виды водорослей, создававшие более 10% суммарных биомасс обоих сообществ (Трифопова, 1990; Комулайнен, 2004). При проведении кластерного анализа по качественному составу фитопланктона использовали индекс сходства Сьеренсена (Sørensen, 1948). Статистический анализ данных был проведен с помощью пакетов прикладных программ Statistica 6.1 и MS Excel 2010.

Лимнологические характеристики исследованных озер
Table. Limnological characteristics of the investigated lakes

Озера / Lakes	Показатели / Parameters						
	* Глубина, м / Depth, m	Площадь, га / Square, ha	Цветность, град / Color, degree	pH	P _{вал.} , мгРл ⁻¹ / P _{тол.} , мгРл ⁻¹	N _{вал.} , мгNл ⁻¹ / N _{тол.} , мгNл ⁻¹	%Σ ионов, г л ⁻¹ / %Σ ions, g l ⁻¹
Белое / Beloe	<u>5.5</u> 16.9	328	13.0	5.9 – 8.3	0.010	0.53	0.052
Липовское / Lipovskoe	<u>9.2</u> 13.1	565	15.0	6.0 – 8.1	0.064	0.27	4.03

Примечание. * В числителе – средняя глубина, в знаменателе – максимальная глубина.

Note. * The numerator – the average depth, the denominator – the maximum depth.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в альгофлоре двух водоемов обнаружен 291 таксон водорослей рангом ниже рода, относящийся к 9 отделам: Bacillariophyta – 163 (56%), Cyanophyta (Cyanoprokaryota) – 39 (13.4%), Charophyta – 33 (11.4%), Chlorophyta – 25 (8.6%), Dinophyta – 13 (4.5%), Chrysophyta – 9 (3.1%), Cryptophyta – 6 (2.1%), Euglenophyta – 2 (0.7%) и Xanthophyta – 1 (0.2%). В планктоне найдено 242 таксона, в перифитоне – 118.

По количеству таксонов в обоих сообществах доминировали диатомовые, относящиеся к 3 классам. Центрические диатомовые в обоих озерах встречались исключительно в планктоне – 19 таксонов из 13 родов. Из них 6 таксонов встречены в обоих водоемах. Максимальной видовой насыщенностью отличался род *Aulacoseira* – 5 таксонов. В оз. Липовское обнаружено 17 таксонов центрических диатомей, среди них на всей акватории встречались морские и солоноватоводные виды *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge, *Chaetoceros wighamii* Brightwell, *Melosira lineata* (Dillwyn) C. Agardh и виды рода *Thalassiosira*, характерные для близлежащих акваторий Финского залива – Лужской и Копорской губ (Балашова, 2011). В оз. Белое встречено только 8 таксонов центрических диатомей, в основном виды родов *Aulacoseira* и *Cyclotella*.

Пеннатные диатомей были более разнообразны: в оз. Липовское найдено 92 таксона, в оз. Белое – 80. В обоих сообществах оз. Липовское широко распространены как пресноводные виды *Diatoma tenuis* Agardh, *Craticula cuspidata* (Kützinger)

D. G. Mann, *Rhoicosphenia abbreviata* (Agardh) Lange-Bertalot, *Encyonema caespitosum* Kützing, так и солоноватоводные *Mastogloia smithii* Thwaites, *M. elliptica* (Agardh) Cleve, последние были абсолютными доминантами в перифитоне. В оз. Белое среди пennisных встречались типичные планктонные виды, такие как *Asterionella formosa* Hassall и *Fragilaria crotonensis* Kitton, а также редкие голарктические таксоны *Delicata delicatula* (Kützing) Krammer и *Cavinula vincentii* Antoniadis & Hamilton, *Brachysira neoexilis* Lange-Bertalot, предпочитающие олиготрофные водоемы с крайне низкой минерализацией вод. В перифитоне чаще всего встречались виды родов *Eunotia*, *Encyonema*, *Frustulia*, *Neidium* и *Pinnularia*, также характерные для олиготрофных и дистрофных водоемов.

Из синезеленых водорослей (Цанопрокарыота), включающих 39 таксонов из 25 родов, в планктоне обнаружено 24 таксона, в перифитоне – 16. Состав синезеленых водорослей различных сообществ значительно различался в обоих озерах. Так, в планктоне оз. Липовское было выявлено 20 таксонов, а в обрастаниях – 10, и только один солоноватоводный вид *Nodularia spumigena* Bornet et Flahault был встречен в обоих сообществах. В планктоне оз. Липовское развивались широко распространенные виды синезеленых водорослей из родов *Aphanizomenon*, *Dolichospermum*, характерные, в том числе, для глубоководного района восточной части Финского залива (Ланге и др., 2016; Nikulina, Gubelit, 2011 и др.), а также солоноватоводные виды *Anabaenopsis circularis* (G. S. West) Woloszyńska & V. V. Miller и *Pannus spumosus* B. Hickel. В перифитоне отмечались виды родов *Heteroleibleinia*, *Calothrix* и *Gloeotrichia*, встречающиеся в мезотрофных и эвтрофных водоемах Ленинградской области (Станиславская, 2017). В оз. Белое состав синезеленых был более бедным и также различался в обоих сообществах: в планктоне найдено 12 таксонов, в обрастаниях – 7. В планктоне повсеместно встречалась *Dolichospermum lemmermanii* (Richter) P. Wacklin, L. Hoffman & J. Komárek, в перифитоне – *Diclothrix orsiniana* (Kützing) Bornet et Flahault, виды родов *Stigonema* и *Hapalosiphon*, широко распространенные в водоемах и водотоках северных территорий (Комулайнен, 2004).

Отдел Charophyta представлен десмидиевыми и зигнемовыми водорослями (36 таксонов из 13 родов), наиболее богатая флора которых отмечалась в оз. Белое: в перифитоне – 27 таксонов, в планктоне – 15. Значительное развитие десмидиевых в оз. Белое определялось слабо минерализованными водами и достаточно высокой степенью зарастания. Наибольшим флористическим богатством отличались роды *Cosmarium* (11 таксонов), *Staurostrum* (7) и *Euastrum* (5). Зигнемовые водоросли обнаружены только в перифитоне – виды родов *Zygnema* и *Mougeotia*. В оз. Липовское разнообразие десмидиевых было значительно ниже: в планктоне – 1 вид, в обрастаниях – 11, которые встречались единично. Из зигнемовых в перифитоне встречались в основном виды рода *Spirogyra*.

Из отдела Chlorophyta максимального разнообразия достигали хлорококковые водоросли – 17 таксонов из 15 родов, встречавшиеся только в планктоне. В оз. Белое найдено 13 таксонов, в оз. Липовское – 7. Наиболее значимы из них были: в первом водоеме – *Botryococcus braunii* Kützing, во втором – *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komarkova-Legnerova. Зеленые нитчатые водоросли из порядков

Cladophorales и Ulothrichales по числу таксонов сильно уступали хлорококковым – по 4 таксона соответственно. В оз. Белое, как и в большинстве олиготрофных озер, преобладали виды рода *Bulbochaeta*, а кладофоровые не были отмечены. В оз. Липовское, напротив, большее развитие имели *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützing и *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey, встречающиеся в массе на побережьях Финского залива (Губелит, 2011; Балашова, Киселев, 2018).

Представители других отделов, как истинно планктонные виды, обнаружены только в планктоне. Динофитовые водоросли насчитывали 13 таксонов из 8 родов, из них в оз. Липовское обнаружено 9 таксонов, где в массе развивались морские *Katodinium fungiforme* (Anissimova) Fott и *Peridiniella catenata* (Levander) Balech. В оз. Белое наибольшее значение имели крупноклеточные *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Bergh, *Peridinium cinctum* (O. F. Müller) Ehrenberg и *Gymnodinium eurytopum* Skuja, входящие в состав доминантов по биомассе. Золотистые водоросли наиболее широко представлены в оз. Белое – 9 таксонов из 4 родов, так как они в основном предпочитают чистые воды. В оз. Липовское найден всего 1 вид. Наибольшим видовым обилием отличался род *Dinobryon* – 4 таксона. Из криптонад встречались 6 таксонов из 3 родов, из которых по числу таксонов выделялся род *Cryptomonas* (4 таксона), а наиболее заметную роль в весеннем планктоне оз. Липовское играли *Chroomonas acuta* Utermöhl и виды рода *Cryptomonas*. Эвгленовые и желтозеленые водоросли найдены только в оз. Белое (2 таксона и 1 таксон соответственно), встречались единично и существенной роли в структуре планктона не имели.

В целом таксономическое разнообразие в обоих водоемах было сопоставимым: в оз. Липовское было выявлено 179 таксонов, в оз. Белое – 181 таксон. Несмотря на довольно близкое расположение озер, альгофлора их достаточно разнообразна: анализ степени сходства видового состава Сьеренсена показал, что коэффициент общности составляет лишь 38%.

Фитопланктон. Весной в фитопланктоне оз. Липовское структуру биомассы определяли синезеленые, динофитовые, криптофитовые, зеленые и диатомовые водоросли, вклад которых изменялся по станциям (рис. 2). Общая биомасса была низкой (0.45 – 0.67 мг/л). Максимальное развитие фитопланктона наблюдалось на ст. L1, где преобладали из динофитовых *Gymnodinium fusiforme* Kofoid & Swezy, из синезеленых – *Dolichospermum flosaquae* (Brébisson ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffman & J. Komárek, а также виды рода *Cryptomonas*. Минимальное развитие водорослей отмечалось в центре озера (ст. L2), где вегетировали *Monoraphidium contortum* и *Glenodinium rotundum* (Lebour) J. Schiller. В июле структура биомассы несколько изменилась: на большей части акватории доля диатомовых резко сократилась и увеличился вклад синезеленых водорослей (52 – 71%) (см. рис. 2). Биомасса фитопланктона существенно возросла (1.4 – 1.9 мг/л). Доминирующий комплекс составляли *Dolichospermum flosaquae*, *Nodularia spumigena*, *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komarkova-Legnerova et Cronberg. Также в состав доминант входили динофитовые, из которых существенную роль играли солоноватоводные *Katodinium fungiforme* и *Peridiniella catenata*, типичный доминант весенне-летнего планктона прибрежной зоны Финского залива (Spilling et al., 2006 и др).

Концентрация хлорофилла «a» в оз. Липовское в мае составляла 3.9 – 5.2 мкг/л (см. рис. 2). В июле она была выше (6.0 – 7.1 мкг/л), что определялось как массовым развитием синезеленых, так и вегетацией беспанцирной динофитовой *K. fungiforme*, отличающейся повышенным содержанием фотосинтезирующих пигментов.

Рис. 2. Вклад основных групп водорослей, общая биомасса фитопланктона (B_{phyto}) и содержание хлорофилла «a» (Chl a) на исследованных станциях оз. Липовское (St.L) весной и летом 2019 г.

Fig. 2. Contribution of the main groups of algae, the total biomass (B_{phyto}) of phytoplankton and the content of chlorophyll a (Chl a) at the studied stations of the Lake Lipovskoe in 2019 (spring and summer)

В целом динамика распределения хлорофилла «a» соответствовала ходу биомассы фитопланктона (см. рис. 2). Весной биомасса фитопланктона оз. Белое была низкой (0.3 – 0.4 мг/л), ее структуру определяли диатомовые, зеленые и динофитовые водоросли (рис. 3). Среди первых преобладали виды родов *Cyclotella* и *Stephanodiscus*, среди вторых – крупные колонии *Botryococcus braunii*, из динофитовых доминировали *Ceratium hirundinella* на ст. B1 и *Peridinium cinctum* на ст. B2. Уровень развития летнего фитопланктона различался по акватории – от 0.4 до 1.4 мг/л. В центре озера (ст. B1) структуру биомассы определяли динофитовые, главным образом, *C. hirundinella* и *Gymnodinium eurytopum*, и зеленые – крупноклеточная десмидиевая *Staurastrum ophiura* P. Lundell. На ст. B2 основу суммарной биомассы создавали динофитовые, зеленые и синезеленые. В состав доминирующего комплекса входили виды родов *Gymnodinium* и *Glenodinium*, *Dolichospermum lemmermanii* и *Botryococcus braunii*. Концентрация хлорофилла «a» в оз. Белое была низкой и значительно различалась по акватории. В мае ее значения колебались в пределах 0.45 – 1.0 мкг/л, в июле – от 1.0 до 1.3 мкг/л (см. рис. 3).

Перифитон. В оз. Липовское летом преобладали диатомовые, синезеленые и зеленые водоросли (рис. 4). К доминантам относились солоноватоводные *Mastogloia elliptica* и *M. smithii*, а также *Encyonema caespitosa*, *Epithemia sorex* Kützing, *Eunotia exigua* (Brébisson) Rabenhorst, клетки которых в этом озере были очень мелкими. Среди синезеленых водорослей преобладали *Gloeotrichia pisum* Thuret ex Bornet & Flahault и *Chroococcus giganteus* West, а также характерная для восточной части Финского залива *Nodularia spumigena*. Из зеленых водорослей значительную роль играли виды родов *Spirogyra* и *Oedogonium*. Биомасса перифитона составляла 20 г/м² субстр., содержание хлорофилла «a» – 22 мг/м² субстр., что соответствует количественным характеристикам обрастаний в озерах мезотрофного типа (Станиславская, 2011; Метелёва, 2013).

Рис. 3. Вклад основных групп водорослей, общая биомасса фитопланктона (B_{phyto}) и содержание хлорофилла «a» (Chl a) на исследованных станциях оз. Белое (St.B) в 2019 г.

Fig. 3. Contribution of the main groups of algae, the total biomass of phytoplankton (B_{phyto}) and the content of chlorophyll a (Chl a) at the studied stations of the Lake Beloe in 2019

ское, составила 17 г/м^2 субстр., а содержание хлорофилла «a» – 17 мг/м^2 субстр., что укладывается в пределы колебаний количественных характеристик обрастаний в низкопродуктивных озерах. Таким образом, по структуре, уровню количественного развития и составу доминирующих комплексов перифитон оз. Белое значительно схож с перифитоном других олиготрофных озер северных районов Ленинградской области (Станиславская, 2017; Станиславская, Афанасьева, 2019).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследованных озерах Кургальского заказника развивается достаточно богатая и своеобразная альгофлора. В оз. Липовское выявлены солоноватоводные и морские виды диатомовых, синезеленых, зеленых и динофитовых водорослей. В

Рис. 4. Вклад основных групп водорослей, общая биомасса перифитона (B_{per}) и содержание хлорофилла «a» (Chl a) в исследованных озерах в июле 2019 г.

Fig. 4. Contribution of the main groups of algae, the total biomass of periphyton (B_{per}) and the content of chlorophyll a in the studied lakes in July, 2019

Структуру обрастаний в оз. Белое определяли зеленые, синезеленые и диатомовые водоросли (см. рис. 4). Доминирующий комплекс был представлен зелеными *Zygnema* sp. и *Bulbochaete* sp., диатомовыми *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützinger и синезелеными водорослями *Stigonema tamilosum* C. Agardh ex Bornet & Flahault и *Hapalosiphon fontinalis* (Agardh) Bornet. Биомасса перифитона была ниже, чем в оз. Липов-

ское, составила 17 г/м^2 субстр., а содержание хлорофилла «a» – 17 мг/м^2 субстр., что укладывается в пределы колебаний количественных характеристик обрастаний в низкопродуктивных озерах. Таким образом, по структуре, уровню количественного развития и составу доминирующих комплексов перифитон оз. Белое значительно схож с перифитоном других олиготрофных озер северных районов Ленинградской области (Станиславская, 2017; Станиславская, Афанасьева, 2019).

оз. Белое в составе обоих сообществ отмечаются ксеносапробы и олигосапробы из диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей, которые встречаются в водоемах с низкой минерализацией вод. О своеобразии альгофлор каждого из исследованных озер свидетельствует также низкий коэффициент сходства Сьеренсена – 38%. Таксономический состав, доминирующие группы и виды, количественные характеристики и содержание растительных пигментов обоих сообществ в целом определяют слабomezотрофный трофиче-

ский статус оз. Липовское и олиготрофный – оз. Белое. В настоящее время экологическое состояние исследованных озер можно считать удовлетворительным, так как по структурно-функциональным показателям альгофлоры их можно отнести к водоемам *чистым и удовлетворительной чистоты* (II – III класс чистоты вод). В связи с увеличением антропогенной нагрузки на территории заказника «Кургальский» и прилегающих акваториях Финского залива (Berezina et al., 2017) крайне необходимо проведение природоохранных мероприятий, что предотвратит ухудшение экологического состояния исследованных озер.

Авторы приносят благодарность сотрудникам Института озероведения РАН (ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН): старшему научному сотруднику лаборатории гидрологии, кандидату географических наук С. Г. Каретникову, старшему научному сотруднику лаборатории гидробиологии, кандидату биологических наук В. П. Белякову, заведующей лабораторией гидрохимии, кандидату географических наук Н. В. Игнатъевой и старшему инженеру Л. И. Суворовой за организацию полевых работ, сбор материала и предоставленные гидрологические и гидрохимические данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Балашова Н. Б. Диатомовые водоросли в альгофлоре островов Финского залива // Диатомовые водоросли : Морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : труды XII международной научной конференции диатомологов. М. : Университетская книга, 2011. С. 68 – 70.

Балашова Н. Б., Киселев Г. А. Водоросли Кургальского полуострова // Водоросли : Проблемы таксономии, экологии и использования в мониторинге : материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. СПб. : Реноме, 2018. С. 34 – 37.

Водно-болотные угодья международного значения // Водно-болотные угодья России. М. : Wetlands International Publ., 1998. Т. 1. 256 с.

Глазкова Е. А., Лисакова Н. С., Доронина А. Ю., Гимельбрант Д. Е., Степанчикова И. С., Гинзбург Э. Г., Потемкин А. Д. Ценные ботанические объекты заказника «Кургальский» (Ленинградская область). 3. Приморские, водные и прибрежно-водные биотопы. Заказник как ключевая ботаническая территория // Труды КарНЦ РАН. 2020. № 1. С. 5 – 15. <https://doi.org/10.17076/bg833>

ГОСТ 17.1.4.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла – а. М. : Изд-во стандартов, 1990. 12 с.

Губелин Ю. И. Структура и функционирование прибрежных альгоценозов восточной части Финского залива : автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2011. 24 с.

Комулайнен С. Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Финляндии. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2004. 182 с.

Красная книга Ленинградской области. Объекты растительного мира. СПб. : Марафон, 2018. 848 с.

Ланге Е. К., Еремина Т. Р., Еришова А. А., Исаев А. В. Влияние термогалинного режима на структуру позднелетнего фитопланктона восточной части Финского залива Балтийского моря // Морские биологические исследования : достижения и перспективы : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции / под общ. ред. А. В. Гаевской : в 3 т. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. Т. 2. . С. 335 – 338.

Метелёва Н. Ю. Структура и продуктивность фитоперифитона водоемов бассейна Волги : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2013. 22 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

Сергиенко В. Г. Разнообразие растительных сообществ и флоры заказника «Кургальский» // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2013. № 3. С. 49 – 55.

Станиславская Е. В. Сезонная динамика структуры и уровня биомассы фитоперифитона в разнотипных озерах // Водоросли : таксономия, экология, использование в мониторинге / под ред. Е. Н. Патовой. Екатеринбург : УрО РАН, 2011. С. 222 – 226.

Станиславская Е. В. Разнообразие перифитонных сообществ в озерах Карельского перешейка // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2017. Т. 10, № 1. С. 35 – 48.

Станиславская Е. В., Афанасьева А. Л. Оценка экологического состояния озера Вачозеро (Ленинградская область) по структуре альгоценозов // Региональная экология. 2019. № 2. С. 30 – 42. <https://doi.org/10.30694/1026-5600-2019-2-30-42>

Станиславская Е. В., Трифонова И. С. Продукционная характеристика растительного перифитона // Особенности формирования качества воды в разнотипных озерах Карельского перешейка. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1984. С. 192 – 206.

Трифорова И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. 184 с.

Berezina N. A., Gubelit Y. I., Polyak Y. M., Sharov A. N., Kudryavtseva V. A., Lubimtsev V. A., Petukhov V. A., Shigaeva T. D. An integrated approach to the assessment of the eastern Gulf of Finland health : A case study of coastal habitats // Journal of Marine System. 2017. Vol. 171. P. 159 – 171. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.08.013>

Ecological coherence assessment of the Marine Protected Area network in the Baltic Sea // Baltic Sea Environment Proceedings. Helsinki : Helsinki Commision, 2016. № 148. 69 p.

Nikulina V. N., Gubelit Y. I. Cyanobacteria and macroalgae in ecosystem of the Neva Estuary // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 2011. Vol. 402. Article number 06. <https://doi.org/10.1051/kmae/2011049>

Safronova T. V., Shadrina S. N. New and noteworthy species of Chrysophyta for the Russian flora // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. 2020. Vol. 54, iss. 2. P. 371 – 380. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2020.54.2.371>

Spilling K., Kremp A., Tamelander T. Vertical distribution and cyst production of *Peridiniella catenata* (Dinophyceae) during a spring bloom in the Baltic Sea // Journal of Plankton Research. 2006. Vol. 28, iss. 7. P. 659 – 665. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi149>

Sørensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons // Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter. 1948. Bd. 5, № 4. S. 1 – 34.

Algoflora of lakes in the Kural'sky Nature reserve (Leningrad region)

E. V. Stanislavskaya , A. L. Afanas'eva, O. A. Pavlova*Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanova St., Saint Petersburg 196105, Russia*

Received: 28 April 2021 / revised: 9 June 2021 / accepted: 12 June 2021

Abstract. Various algocenoses in the brackish Lake Lipovskoe and ultra-oligotrophic Lake Beloe located in the Kural'sky Nature reserve were studied in May and July of 2019. In the algal flora of the lakes studied, we found 291 taxa belonging to 9 orders. The both lakes were characterized by high species richness, namely: 179 and 181 algae taxa were identified in the Lake Lipovskoe and Lake Beloe, respectively. In the Lake Lipovskoe, its phytoplankton was dominated by Cyanophyta, Cryptophyta and Dinophyta, among which brackish-water and marine species were presented. In the periphyton of this Lake, brackish-water diatoms and green algae were the most abundant. In the Lake Beloe, its phytoplankton was dominated by Dinophyta, Bacillariophyta and Chlorophyta; the blue-greens, diatoms and green algae dominated in the periphyton of Lake Beloe. Despite that the lakes are located close to each other, their algal flora is quite different: the Sorensen similarity index between the two lakes was 38% only. The phytoplankton biomass in both lakes was low, increasing from spring to summer. In the Lake Lipovskoe, the phytoplankton biomass varied from 0.45 to 1.9 mg/L, chlorophyll *a* fluctuated from 3.9 to 7.1 µg/L. In the Lake Beloe, the phytoplankton biomass varied from 0.3 to 1.4 mg/L, chlorophyll *a* fluctuated from 0.45 to 1.3 µg/L. The periphyton biomass was 20 g/m² (chlorophyll *a* being 22 mg/m²) and 17 g/m² (chlorophyll *a* being 17 mg/m²) in the Lake Lipovskoe and Lake Beloe, respectively. Nowadays, the ecological status of both lakes can be considered satisfactory, because based on trophic conditions and species compositions they belong to waterbodies of *clean* and *satisfactory clean* conditions (II–III classes of water quality). To preserve the unique flora of the lakes in the Kural'sky Nature reserve, nature-protected measures should be strengthened.

Keywords: Kural'sky lakes, specially protected natural areas, phytoplankton, periphyton, taxonomic composition, community structure, biomass

Funding. The study was carried out with partial financial support in the framework of the state task of Institute Limnology of the Russian Academy of Sciences on themes No. 0154-2019-0001 (Registration No. AAAA-A19-119031890106-5).

For citation: Stanislavskaya E. V., Afanas'eva A. L., Pavlova O. A. Algoflora of lakes in the Kural'sky Nature reserve (Leningrad region). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2021, no. 3, pp. 335–347. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2021-3-335-347>

REFERENCES

Balashova N. B. Diatoms in the algal flora of the islands of the gulf of Finland. *Diatoms: Morphology, Systematic, Phylorystic, Ecology, Paleogeographic, Biostratigraphic: Proceedings of*

Corresponding author. Laboratory of Hydrobiology, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Elena V. Stanislavskaya: <https://orcid.org/0000-0002-2897-7636>, stanlen@mail.ru; Anna L. Afanas'eva: <https://orcid.org/0000-0001-7282-1383>, afal359@mail.ru; Oksana A. Pavlova: <https://orcid.org/0000-0001-8521-0549>, pavlova@limno.org.ru.

the 12th International Scientific Conference of Diatomologists. Moscow, Universitetskaya kniga Publ. 2011, pp. 68–70 (in Russian).

Balashova N. B., Kiselev G. A. Algae of the Kurgalsky peninsula. *Algae: Problems of Taxonomy, Ecology and Use in Monitoring: Proceedings of the IV All-Russian Scientific Conference with International Participation*. Saint Petersburg, Renome Publ., 2018, pp. 34–37 (in Russian).

Wetlands of international importance. *Wetlands in Russia*. Moscow, Wetlands International Publ., 1998, vol. 1. 256 p. (in Russian).

Glazkova E. A., Liksakova N. S., Doronina A. Yu., Himelbrant D. E., Stepanchikova I. S., Ginzburg E. G., Potemkin A. D. Valuable botanical objects of the Kurgalsky nature reserve (Leningrad region). 3. Coastal, aquatic and semiaquatic biotopes of high conservation value. The Kurgalsky reserve as an important plant area. *Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science*, 2020, no. 1, pp. 5–16 (in Russian). <https://doi.org/10.17076/bg833>

GOST 17.1.4.02-90. *Water. Method of Spectrophotometric Determination of Chlorophyll – a*. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1990, 12 p. (in Russian).

Gubelit Yu. I. *The Structure and Functioning of Coastal Algae in the Eastern Part of the Gulf of Finland*. Thesis Diss. Cand. Sci. (Biol.). Saint Petersburg, 2013. 22 p. (in Russian).

Komulainen S. F. *Ecology of Attached Algal Communities in Small Rivers of East Fennoscandia*. Petrozavodsk, Karelskii nauchnyi tsentr RAN Publ., 2004. 182 p. (in Russian).

The Red Data Book of the Leningrad Region: Plants. Saint Petersburg, Marafon Publ., 2018. 848 p. (in Russian).

Lange E. K., Eremina T. R., Ershova A. A., Isaev A. V. Influence of thermohaline regime at late summer phytoplankton structure in the eastern gulf of Finland (Baltic sea). In: A. V. Gaevskaya, ed. *Marine Biological Research: Achievements and Perspectives: Proceedings of All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation dedicated to the 145th anniversary of Sevastopol Biological Station*: in 3 vol. Sevastopol, EKOSI-Gidrofizika Publ., 2016, vol. 2, pp. 335–338 (in Russian).

Meteleva N. Y. *Structure and Productivity of Phytoplankton in Volga Basin Reservoirs*. Thesis Diss. Cand. Sci. (Biol.). Borok, 2013. 22 p. (in Russian).

Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii. Pod red. V. A. Abakumova [V. A. Abakumova, ed. Guide to Methods for Hydrobiological Analysis of Surface Water and Bottom Sediments]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983. 239 p. (in Russian).

Sergienko V. G. Diversity of plant communities and flora in reserve “Kurgalskyi”. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*, 2013, no. 3, pp. 49–55 (in Russian).

Stanislavskaya E. V. Seasonal dynamics of phytoplankton structure and biomass level in lakes of different type. In: E. N. Patova, ed. *Algae: Taxonomy, Ecology, Application in Monitoring*. Ekaterinburg, Ural branch of RAS Publ., 2011, pp. 222–226 (in Russian).

Stanislavskaya E. V. A variety of periphyton communities in the lakes of the Karelian Isthmus. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 35–48 (in Russian).

Stanislavskaya E. V., Afanas'eva A. L. Assessment of ecological state of lake Vachozero (Leningrad region) by the structure of algae communities. *Regional Ecology*, 2019, no. 2, pp. 30–42 (in Russian). <https://doi.org/10.30694/1026-5600-2019-2-30-42>

Stanislavskaya E. V., Trifonova I. S. Production characteristics of plant periphyton. *Osobennosti formirovaniia kachestva vody v raznotipnykh ozerakh Karel'skogo peresheika* [Features of the Formation of Water Quality in Different Types of Lakes on the Karelian Isthmus]. Leningrad, Nauka Publ., 1984, pp. 192–206 (in Russian).

Trifonova I. S. *Ekologiya i suksessiya ozernogo fitoplanktona* [Ecology and Succession of Lake Phytoplankton]. Leningrad, Nauka Publ., 1990. 184 p. (in Russian).

Berezina N. A., Gubelit Y. I., Polyak Y. M., Sharov A. N., Kudryavtseva V. A., Lubimtsev V. A., Petukhov V. A., Shigaeva T. D. An integrated approach to the assessment of the eastern Gulf of Finland health: A case study of coastal habitats. *Journal of Marine System*, 2017, vol. 171, pp. 159–171. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.08.013>

Ecological coherence assessment of the Marine Protected Area network in the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings*. Helsinki, Helsinki Commission, 2016, no. 148, pp. 1–69 p.

Nikulina V. N., Gubelit Y. I. Cyanobacteria and macroalgae in ecosystem of the Neva Estuary. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 2011, vol. 402, article number 06. <https://doi.org/10.1051/kmae/2011049>

Safronova T. V., Shadrina S. N. New and noteworthy species of Chrysophyta for the Russian flora. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 2020, vol. 54, iss. 2, pp. 371–380. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2020.54.2.371>

Spilling K., Kremp A., Tamelander T. Vertical distribution and cyst production of *Peridiniella catenata* (Dinophyceae) during a spring bloom in the Baltic Sea. *Journal of Plankton Research*, 2006, vol. 28, iss. 7, pp. 659–665. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi149>

Sørensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter*, 1948, Bd. 5, no. 4, S. 1–34.