

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОЗЕРА ЗАОЗЕРНОЕ (РОССИЯ)

© 2024

Дрозденко Т.В.¹, Волгушева А.А.²¹Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация)²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация. В данной работе были исследованы таксономический состав, биоразнообразие, численность, биомасса, экологические особенности планктонных водорослей и качество воды в озере Заозерное Псковской области через год после признания территории памятником природы. Выявлено двукратное увеличение видового богатства планктона, снижение представителей отдела Euglenozoa в два раза и на 40% представителей Cyanobacteria. Идентифицировано 145 таксонов фитопланктона рангом ниже рода из 8 отделов: Bacillariophyta (50 видовых таксонов), Chlorophyta (36), Ochrophyta (18), Cyanobacteria (12), Euglenozoa (12), Miozoa (Dinophyceae) (8), Cryptophyta (5) и Charophyta (4). По биомассе преобладали диатомовые и криптофитовые водоросли. Среди доминант по численности определены токсичные виды цианобактерий *Aphanocapsa delicatissima* и *Aphanothece* sp. Выявлено 2 редких вида водорослей для водоемов Северо-Западного региона – *Anabaena sphaerica* Bornet & Flahault (Cyanobacteria) и *Phacus monilatus* (A. Stokes) Lemmerman (Euglenozoa). Анализ видового разнообразия с помощью индексов Сьеренсена–Чекановского, Шеннона, Симпсона и Маргалефа показал изменения структуры планктонного сообщества в разных частях озера. Проведено сравнение видового состава озера Заозерное с ближайшими к нему озерами.

Ключевые слова: качество воды; планктонные водоросли; Псковская область; сапробность; таксономический состав; эколого-географическая характеристика.

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF PHYTOPLANKTON COMMUNITIES IN THE ECOLOGICAL MONITORING OF LAKE ZAOZERNOE (RUSSIA)

© 2024

Drozdenco T.V.¹, Volgusheva A.A.²¹Pskov State University (Pskov, Russian Federation)²Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation)

Abstract. In this work, the taxonomic composition, biodiversity, abundance, biomass, ecological features of planktonic algae and water quality in Lake Zaozernoje of the Pskov Region were studied a year after the territory was recognized as a natural monument. A twofold increase in the species richness of plankton was revealed, a two-fold decrease in representatives of the Euglenozoa phylum and a 40% decrease in representatives of Cyanobacteria. 145 phytoplankton taxa ranked below the genus from 8 phyla have been identified: Bacillariophyta (50 species taxa), Chlorophyta (36), Ochrophyta (18), Cyanobacteria (12), Euglenozoa (12), Miozoa (8), Cryptophyta (5) and Charophyta (4). The biomass was dominated by diatoms and cryptophytic algae. Toxic cyanobacteria species *Aphanocapsa delicatissima* and *Aphanothece* sp. have been identified among the dominant species in terms of numbers. 2 rare species of algae have been identified for reservoirs in the Northwestern region – *Anabaena sphaerica* Bornet & Flahault (Cyanobacteria) and *Phacus monilatus* (A. Stokes) Lemmerman (Euglenozoa). The analysis of species diversity using the Sierensen–Chekanovsky, Shannon, Simpson, and Margalef diversity indices revealed changes in the structure of the plankton community in different areas of the lake. The species composition of Zaozernoje is compared with the lakes closest to it.

Keywords: water quality; planktonic algae; Pskov Region; saprobicity; taxonomic composition; ecological and geographical characteristics.

Введение

Экологический мониторинг водоемов позволяет получать важные данные о биоразнообразии и динамике изменений биоценозов под влиянием различных факторов среды. Результаты таких исследований имеют фундаментальное и практическое значение, поскольку позволяют оценить состояние экосистемы и ее изменения, предсказать будущие состояния, а также найти пути для восстановления поврежденных экосистем [1].

Фитопланктон (вместе с бентосными водорослями и макрофитами) является автохтонным первичным продуцентом в водных экосистемах и составляет основу трофической сети. Планктонные водоросли, вследствие короткого жизненного цикла, быстро

реагируют на изменения окружающей среды. Некоторые виды водорослей являются устойчивыми к антропогенным и биогенным факторам, выживая даже после серьезных нарушений экосистемы, что позволяет использовать их в качестве организмов-индикаторов, а также маркеров долгосрочных изменений окружающей среды. Эти преимущества привели к широкому применению фитопланктона в экологическом мониторинге [2].

Разные группы фитопланктонного сообщества характеризуются уникальной чувствительностью к колебаниям факторов среды, оказывающих влияние на выживание видов, смену доминантных сообществ, а также цветение водорослей. В свою очередь, изменение таксономического состава фитопланктона влияет

на другие виды сообщества и всю пищевую цепь, а также на биогеохимические циклы таких основных веществ как CO_2 , азот, фосфор и кремний [3].

Озеро Заозерное является уникальным природно-ландшафтным комплексом, на территории которого обитают краснокнижные, а также редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды водорослей, растений и птиц [4; 5]. На территории озера расположено водно-болотное угодье. Известно, что такие угодья играют важную роль в поддержании экологического баланса в природе, являются не только постоянным местом обитания для многих представителей флоры и фауны, но и местами стоянок для мигрирующих птиц [6]. В основном озеро подвергается антропогенной нагрузке. Так, на его территории расположены база отдыха, пляж и организован прокат лодок.

С 2016 года территория, на которой находится озеро, вошло в систему особо охраняемых природных территорий (Постановление от 28.03.2016). Это дало уникальную возможность не только осуществить мониторинг планктонной альгофлоры, оценить экологическое состояние и качество воды озера Заозерное, но и исследовать начальные этапы восстановления водной экосистемы озера. Последнее особенно важно, поскольку исследования в этой области в основном отражают результат реагирования экосистемы на фоне постоянного антропогенного влияния.

Поэтому целью нашей работы стало исследование видовой структуры фитопланктонных сообществ и оценка экологического состояния и качества воды озера Заозерное Псковской области.

Полученные в ходе нашего исследования данные могут быть полезны в понимании процессов восстановления поврежденных экосистем. Эти вопросы в настоящее время являются предметом значительного интереса в области восстановительной экологии, природоохранной биологии и управления природными ресурсами [1; 3].

Материалы и методы исследования

Отбор гидробиологического материала проводили на озере Заозерное 17 июня 2017 г. Среднее значение температуры в озере составило $+22,0 \pm 0,8^\circ\text{C}$, рН – $7,85 \pm 0,14$. Водоем имеет площадь 30,5 га (средняя глубина 3 м, максимальная – 6 м). Озеро слабо-

проточное с низкими берегами и со средней минерализацией воды гидрокарбонатно-кальциевого типа [4]. Пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирали с помощью сети Джели (газ № 77) с поверхностного горизонта (0,3–0,5 м) четырех станций (рис. 1): в районе впадения в озеро рек Насцынка (ст. 1) и Пуховка (ст. 3), в литоральной части (ст. 4) и в середине озера (ст. 2).

Пробы фитопланктона фиксировали 40%-м раствором формалина, концентрировали осадочным способом и обрабатывали по стандартной методике [7]. Микроводоросли идентифицировали с помощью микроскопа «Carl Zeiss Axio Lab. A1», используя камеру Нажотта (0,05 мл) и общепринятые определители, указанные ранее [8; 9]. Биомассу фитопланктона определяли методом геометрического подобия [7].

Сходство таксономического состава микроводорослей анализировали с использованием индекса Сьеренсена–Чекановского. Разнообразие фитопланктона оценивали с помощью индексов Шеннона, Симпсона, которые определяли по биомассе. Индекс Маргалефа рассчитывали по количеству клеток [10].

Уровень трофности озера определяли по индексу трофности Милиус [11]. Индекс сапробности рассчитывали по методу Пантле–Бука в модификации Сладечека [12]. Эколого-географический анализ проводили с использованием данных, приведенных в монографиях [2; 13].

Результаты и обсуждение

Характеристика видовой структуры фитопланктона

В акватории озера Заозерное выявлено 145 видовых и внутривидовых таксонов фитопланктона, принадлежащих 8 отделам: Bacillariophyta (50), Chlorophyta (36), Ochrophyta (18), Cyanobacteria (12), Euglenozoa (12), Miozoa (Dinophyceae) (8), Cryptophyta (5), Charophyta (4) (рис. 2). По количеству видов микроводорослей превалировал отдел Bacillariophyta (34,5% от общего числа видов). Следующими шли отделы Chlorophyta (24,8%) и Ochrophyta (12,4%). На остальные отделы приходилось в совокупности 28,3% микроводорослей.

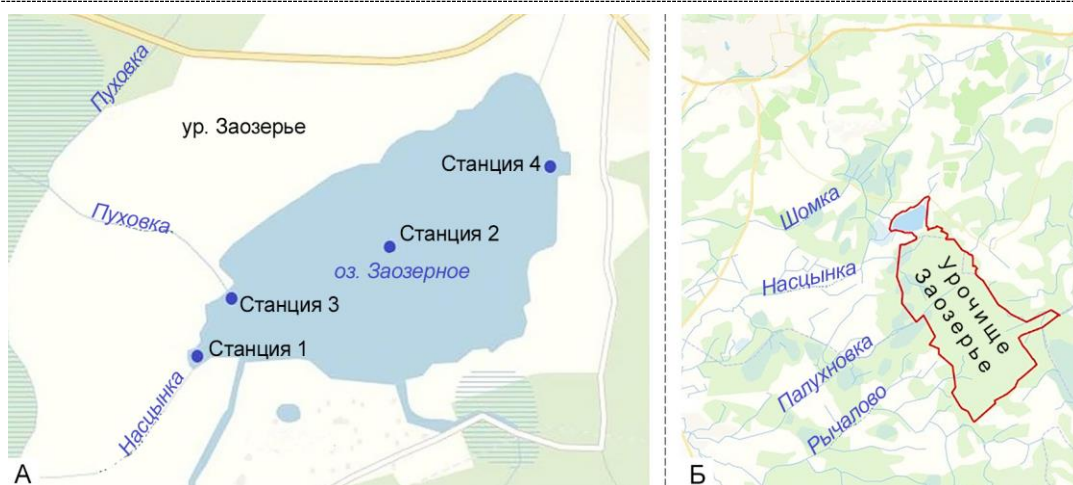


Рисунок 1 – Карта расположения станций отбора (1–4) проб в озере Заозерное (А), находящегося на территории памятника природы «Урочище "Заозерье"» (Б, обведены границы территории памятника природы).

Координаты станций: ст. 1 ($56,980726^\circ$ с.ш., $28,978435^\circ$ в.д.), ст. 2 ($56,982886^\circ$ с.ш., $28,985129^\circ$ в.д.), ст. 3 ($56,981827^\circ$ с.ш., $28,979616^\circ$ в.д.), ст. 4 ($56,984277^\circ$ с.ш., $28,990990^\circ$ в.д.)

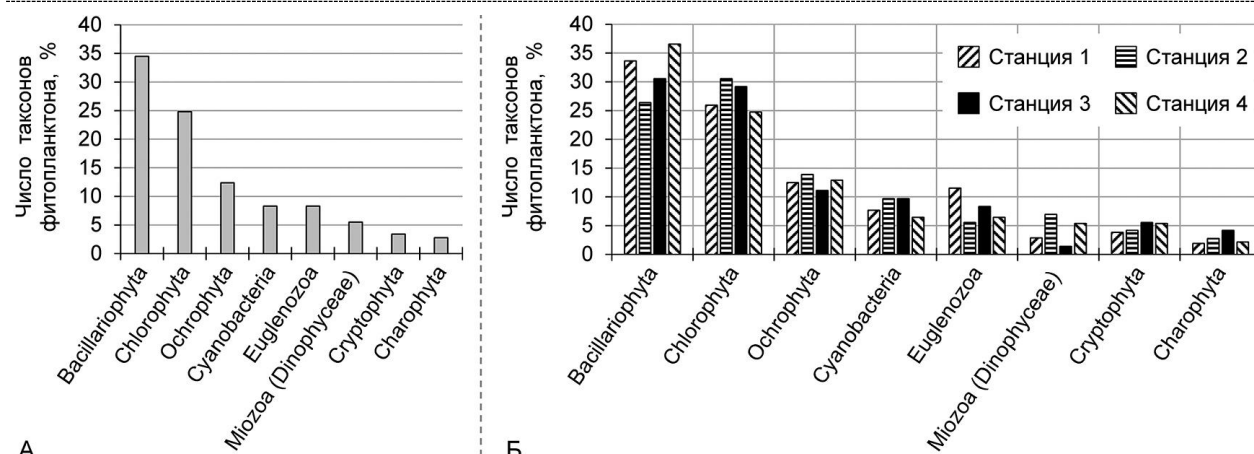


Рисунок 2 – Таксономический состав фитопланктона озера Заозерное:

А – общее число видовых таксонов фитопланктона в озере, %;

Б – число видовых таксонов фитопланктона на станциях отбора проб, %

Распределение доминирующих отделов было сходным на станциях 1 и 4, а также на ст. 2 и ст. 3 (рис. 2: Б). Отметим, что только на ст. 2 и ст. 3 были отмечены водоросли, способные жить в крайне неблагоприятных условиях. Например, диатомея *Diatoma tenuis* Agardh, встречаемая в озере-отстойнике каменноугольной шахты с минерализацией воды до 1 г/дм³ и высоким содержанием ионов хлора [14]; динофитовая водоросль *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin, цветению которой благоприятствуют высокие значения Fe, фосфатов и сульфатов [15]; цианобактерии *Snowella rosea* (Snow) Elenk., предпочитающая эвтрофированные воды [16], и *Oscillatoria limosa* (Dillw.) Ag., являющаяся индикатором сильно загрязненных вод с индексом загрязнения 4 [17].

Количественные показатели фитопланктона

Распределение фитопланктона по численности и биомассе на разных участках озера показано в табл. 1. Максимальная численность фитопланктона наблюдалась на ст. 2 – 2,1 млн кл./л с преобладанием цианобактерий (38% от общей численности фитопланктона на станции) и зеленых водорослей (27%). Минимальная численность микроводорослей зарегистрирована на ст. 1 – 895,2 тыс. кл./л с абсолютным преобладанием цианобактерий – 59%. Наиболее близкими по количеству клеток были ст. 3 и ст. 4, где численность составила 23% и 29% соответственно. Однако, если на ст. 3 преобладали в основном цианобактерии (52%), то на ст. 4 доминировали по численности 3 отдела: Cyanobacteria (28%), Chlorophyta (23%) и Cryptophyta (21%).

Биомасса фитопланктона изменялась от 0,18 мг/л на ст. 1 до 0,48 мг/л на ст. 4 (табл. 1). Станции 2 и 3 были наиболее близкими по биомассе 27% и 22% (от общей биомассы в озере) соответственно. На всех станциях значительный вклад в биомассу вносили представители отдела Bacillariophyta. Исключение составляла ст. 3, где в общую биомассу вносили значительный вклад водоросли из отдела Cryptophyta (47%), а на отдел Bacillariophyta приходился 31%. На ст. 2 заметную роль в биомассе играли представители Euglenozoa – 28%.

Доминантные виды

Одновременный учет доминирующих видов и таксономического состава планктонной альгофлоры по-

зволяет дать более полную оценку распространения и способности к адаптации разных видов к изменяющимся условиям окружающей среды [3].

В исследуемом озере цианобактерия *Aphanocapsa delicatissima* West & G.S. West доминировала по численности на всех станциях – от 15,9% на ст. 3 до 37,5% на ст. 1 (рис. 3: А). Цианобактерия *Aphanocapsa* sp. была отмечена на трех станциях с наибольшим количеством на ст. 3 (28,3%), наименьшим – на ст. 2 (13,0%). Данные цианобактерии рассматриваются как потенциально токсичные виды, способные продуцировать гепатотоксичные циклические пептиды (нодулярины и микроцистины), представляющие риск для здоровья человека и животных [18]. *Aphanocapsa delicatissima* была отмечена в комплексе доминантов озера Кучане Пушкиногорского района Псковской области с мая по октябрь 2017 г. [9].

Охрофитовая водоросль *Kephyrion rubri-claustri* Conrad (10%) и криптофитовая водоросль *Chroomonas acuta* Utermöhl (= *Komma caudata* (L. Geitler) D.R.A. Hill.) (16,6%) доминировали по численности на ст. 2 и ст. 4 соответственно. Оба вида присутствовали на ст. 1 и 3 в небольшом количестве.

Kephyrion rubri-claustri – бентосный бореальный вид, индифферентный к pH. Классически его относят к олигосапробионтам. Однако данный вид широко распространен в водных объектах Омского Прииртышья и Западной Сибири, подверженных загрязнению органическими веществами и эвтрофикации [19]. *Chroomonas acuta* относится к β-мезосапробионтам, может встречаться в водоемах с различным уровнем трофности, толерантен к низким температурам и предпочитает воды с низкой прозрачностью [20].

Водоросли *K. rubri-claustri* и *Ch. acuta* не были обнаружены в озере Заозерное в 2015 г. [5].

Заметный вклад в численность фитопланктонного сообщества озера вносила зеленая водоросль *Chlorella vulgaris* Beijerinck, составляя в среднем по акватории порядка 120 тыс. кл./л, а криптофитовая *Cryptomonas ovata* Ehrenberg массово развивалась на ст. 3 (102,4 тыс. кл./л).

По биомассе (рис. 3: Б) доминирующими видами являлись центрические диатомовые водоросли *Stephanodiscus hantzschii* Grunow и *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen. Пространственное распределе-

ние по озеру данных водорослей было неравномерным. *S. hantzschii* была отмечена на ст. 1 (10,7%) и ст. 2 (18,8%). *A. granulata*, являющаяся индикатором сильно загрязненных вод, присутствовала на ст. 2 (13,7%) и как единственная доминанта на ст. 3 (13,7%). Следует отметить, что в июне 2017 г. эта водоросль находилась в комплексе доминантов озера Маленец, расположенном относительно близко с озером Заозерное. Криптофитовая водоросль *Cryptomonas ovata* была единственным доминантом на ст. 4 (19,6%), на ст. 3 ее доля в биомассе достигала почти 44,0%, а на ст. 1 – 14,6%.

Разнообразие фитопланктона

Анализ степени сходства видового состава альгофлор по станциям с использованием индекса Сьере

ренсена–Чекановского (рис. 4) показал, что наиболее близки в видовом отношении оказались ст. 2 и ст. 3 (0,80), наименее – ст. 1 и ст. 4 (0,61). Общими для всех станций были 42 вида микроводорослей.

Разнообразие и выравненность сообществ на разных участках озера оценивали с помощью индекса Шеннона [21]. Более высокие значения индекса свидетельствуют о большем видовом разнообразии и лучшем качестве воды [10]. Как видно из табл. 2, более высокие значения индекса Шеннона были на ст. 1 (1,60) и ст. 4 (1,62). Значения индекса для ст. 2 и ст. 3 было несколько ниже: 1,43 и 1,38 соответственно. Принято считать, что значения индекса в интервале 1,0–2,0 соответствуют умеренно загрязненному состоянию водной экосистемы.

Таблица 1 – Численность и биомасса фитопланктона на разных станциях отбора проб

Отдел водорослей	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3		Ст. 4	
	Биомасса	Численность	Биомасса	Численность	Биомасса	Численность	Биомасса	Численность
Bacillariophyta	77,3	105,6	154,3	234	91,1	182,4	187,1	234
Chlorophyta	18,5	141,6	58,8	566	25,1	248	60,9	418
Ochrophyta	8,9	65,6	22,6	316	7,5	80	26,1	218
Cyanobacteria	1,9	524	0,7	806	10,9	732,8	4,3	516
Euglenozoa	33,3	17,6	100,7	52	11,9	8	41,3	24
Miozoa	11,5	0,8	6	2	9,6	3,2	41,4	12
Cryptophyta	28,6	27,2	10	90	139,6	132,8	117,6	392
Charophyta	0,9	0,8	5	2	1	0	2,2	4
Мелкие жгутиковые	0,5	12,0	1,4	34,0	1,0	24,0	0,5	12,0
Итого:	181,4 ± 25	895,2 ± 167	359,5 ± 55	2102 ± 284	296,7 ± 49	1411,2 ± 233	481,4 ± 62	1830 ± 202

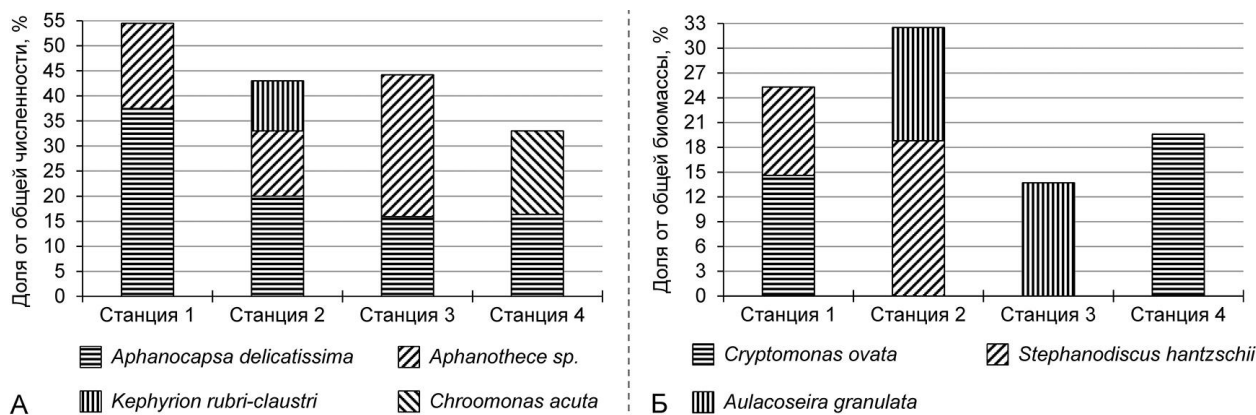


Рисунок 3 – Распределение доминирующих видов фитопланктона по численности (А) и биомассе (Б) на разных станциях отбора проб (1–4)

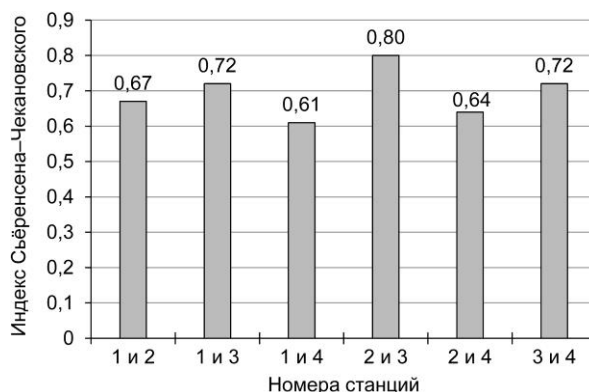


Рисунок 4 – Коэффициенты сходства видового состава фитопланктонных сообществ, отобранных на разных станциях (1–4)

Поскольку индекс Шеннона чувствителен даже к небольшим изменениям видового разнообразия, для более детального анализа был использован индекс Симпсона, слабо зависящий от видового богатства. Анализ значений показал, что на ст. 2 и ст. 3 степень доминирования в фитопланктонном сообществе выражена сильнее по сравнению со ст. 1 и ст. 4. Такую же динамику показал анализ значений индекса Маргалефа. Более низкие значения индекса наблюдались на ст. 2 и ст. 3, что свидетельствует о малом количестве видов на фоне небольшого количества особей.

Экологические особенности фитопланктона

Эколого-географический анализ показал, что по отношению к распространению в фитопланктонных сообществах озера Заозерное доминировали космополиты – 61,4% от общего числа видов. На бореальные формы приходилось 6,2%. Арктоальпийские, голарктические и циркумбореальные формы составляли в совокупности 3,5%. Не имело данных около 30,0% водорослей.

По приуроченности к местообитанию большинство микроводорослей относилось к планктонным формам – 54,5%. Было отмечено значительное количество планктонно-бентосных форм – 25,5%. На долю бентосных форм и обрастателей приходилось 15,9% и 4,1% соответственно.

По отношению к минерализации преобладали индифференты – 49,0%, а на долю галофилов и галофобов приходилось 11,7% и 1,4% соответственно. Был отмечен один мезогалоб – эвгленовая водоросль *Euglena viridis* (O.F. Müller) Ehrenberg.

По отношению к pH среды преобладали алкалофилы, предпочитающие слабощелочную реакцию воды (25,5%). На долю индифферентных форм приходилось 15,2%, ацидофилов – 3,4%. По данному показателю не имело данных больше половины обнаруженных видов – 55,9%.

По признаку реофильности большинство микроводорослей предпочитали стояче-текучие воды – 26,2%. Стоячие воды предпочитали 4,8%. Отмечен 1 представитель текучих вод – диатомовая *Gomphonema parvulum* Kütz. Большинство обнаруженных видов данных по показателю реофильности не имело – 68,3%.

Оценка качества воды

Для определения качества воды, уровня органического загрязнения и степени антропогенной нагрузки использовали общепринятые расчетные индексы, учитывающие общее разнообразие планктонной альгофлоры и наличие организмов, принадлежащих к индикаторным группам (табл. 3). Индекс трофности озера Заозерное по Милиус варьировал от 27,63 на

ст. 1 до 37,49 на ст. 4 (средний индекс трофности составил 33,06), что соответствует олиготрофному типу водоема.

Согласно сапробиологическому анализу, большая часть микроводорослей относилась к β-мезосапробионтам – 39,6% от общего числа видов-индикаторов. Водоросли, предпочитающие чистые воды, составляли 13,5%, загрязненные – 8,3% (α- и р-мезосапробионты). На переходные формы приходилось 39,6%. Индекс сапробности по Пантле–Букк в зависимости от станции изменялся незначительно и в среднем составил 2,17.

Заключение

В работе проведен анализ структуры и биоразнообразия фитопланктонного сообщества для оценки антропогенной нагрузки на озеро Заозерное через год после признания территории водоема памятником природы. Установлено почти двукратное увеличение видового богатства в 2017 г. по сравнению с 2015 г. [5], что указывает на значительное снижение антропогенной нагрузки. Доминирующий комплекс остался неизменным – диатомово-зеленым. Однако стоит отметить, что произошло двукратное снижение представителей отдела Euglenozoa с 16,7% (2015 г.) до 8,3% (2017 г.) и снижение на 40% представителей Cyanobacteria – с 14% до 8,3%.

Выявлены различия в структуре фитопланктонного сообщества в разных частях озера. Наименьшее сходство видового состава водорослей и наибольшее количество видов отмечалось на ст. 1 и ст. 4. Наибольшее сходство видового состава при низком числе зарегистрированных видов выявлено между ст. 2 и ст. 3. Значения индексов Шеннона, Симпсона и Маргалефа показали одинаковую динамику, указывающую на большее разнообразие и выравненность сообществ фитопланктона на ст. 1 и ст. 4, по сравнению со ст. 2 и ст. 3.

В 2015 году было выявлено 4 редких вида водорослей для водоемов Северо-Западного региона [5]. В нашем исследовании зарегистрировано только два – *Anabaena sphaerica* Bornet & Flahault (Cyanobacteria) и *Phacus monilatus* (A. Stokes) Lemmerman (Euglenozoa). Водоросли *Xanthidium armatum* Brébisson ex Ralfs (Charophyta) и *Cymbella falsana diluviana* (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin (Bacillariophyta) обнаружены не были.

Воды озера Заозерное в июне 2017 г. относились к олиготрофному типу и 3 классу качества. Преобладание β-мезосапробионтов среди видов-индикаторов указывает на умеренное загрязнение водоема.

Таблица 2 – Индексы видового разнообразия фитопланктона на разных станциях отбора проб

Индексы видового разнообразия	Станции отбора проб			
	1	2	3	4
Индекс Шеннона	1,60	1,43	1,38	1,62
Индекс Симпсона	0,25	0,29	0,33	0,24
Индекс Маргалефа	15,15	9,28	9,79	11,98

Таблица 3 – Значения индексов трофности и сапробности озера Заозерное

Индексы	Станции				Среднее
	1	2	3	4	
Индекс трофности	27,63	34,54	32,59	37,49	33,06 ± 4,14
Индекс сапробности	2,21	2,13	2,23	2,10	2,17 ± 0,06

Список литературы:

1. Palmer M.A., Zedler J.B., Falk D.A. Foundations of restoration ecology. Island press, 2021. 584 p. DOI: 10.5822/978-1-61091-698-1.
2. Баринаева С.С., Медведева А.Л., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio Publ., 2006. 498 с.
3. Litchman E., de Tezanos P.P., Edwards K.F., Klausmeier C.A., Kremer C.T., Thomas M.K. Global biogeochemical impacts of phytoplankton: a trait-based perspective // Journal of Ecology. 2015. Vol. 103, № 6. P. 1384–1396. DOI: 10.1111/1365-2745.12438.
4. Борисов В.В., Урядова Л.П., Щерблякина Л.С. Орнитофауна акватории и окрестностей озера Заозерное Пушкиногорского района Псковской области в условиях антропогенной нагрузки // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2015. № 7. С. 3–12.
5. Истомина А.В., Истомина Н.Б., Лихачева О.В., Татарников О.М., Борисов В.В., Щерблякина Л.С., Судницына Д.Н. Памятники природы Псковской области. Псков: Псковский государственный университет, 2017. 298 с.
6. Копылов М.Н., Солнцев А.М. Международно-правовая охрана экосистем водно-болотных угодий (к 40-летию Рамсарской конвенции 1971 г.) // Московский журнал международного права. 2012. № 1. С. 141–159. DOI: 10.24833/0869-0049-2012-1-141-159.
7. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М.: Университет и школа, 2003. 157 с.
8. Дрозденко Т.В. Фитопланктон как индикатор экологического состояния водоема (на примере озера Барское, Псковская область) // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 225–231. DOI: 10.18500/1816-9775-2018-18-2-225-231.
9. Дрозденко Т.В., Волгушева А.А. Фитопланктон и качество воды озера Кучане (Псковская область, Россия) // Поволжский экологический журнал. 2021. № 3. С. 251–261. DOI: 10.35885/1684-7318-2021-3-251-261.
10. Розенберг Г.С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19, № 2. С. 4–25.
11. Милиус А.Ю., Линдпере А.В., Стараст Х.А. и др. Статистическая модель трофического состояния малых светловодных озер // Водные ресурсы. 1987. № 3. С. 63–66.
12. Одум Е.П. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
13. Судницына Д.Н. Альгофлора водоемов Псковской области. Псков: Логос Плюс, 2012. 224 с.
14. Стенина А.С. Диатомовые водоросли в эписилоне водоемов европейского Севера (Республика Коми, НАО) // Вопросы современной альгологии. 2020. № 2 (23). С. 46–56. DOI: 10.33624/2311-0147-2020-2(23)-46-56.
15. Walt N.V. Investigation into the occurrence of the dinoflagellate, *Ceratium hirundinella* in source waters and the impact thereof on drinking water purification: PhD. thesis. Potchefstroom, 2011. 255 p.
16. Баянов Н.Г., Макеев И.С. Межсезонная динамика массовых видов метазойного планктона // Труды ФГБУ «Государственный заповедник «Керженский». 2016. Т. 8. С. 39–67.
17. Atici T., Tokatli C. Algal diversity and water quality assessment with cluster analysis of four freshwater lakes (Mogan, Abant, Karagol and Poyrazlar) of Turkey // Wulfenia. 2014. № 21 (4). P. 155–169.
18. Jakubowska N., Szelaż-Wasielewska E. Toxic picoplanktonic cyanobacteria – review // Mar Drugs. 2015. Vol. 13, № 3. P. 1497–1518.
19. Баженова О.П., Барсукова Н.Н., Герман Л.В., Игошкина И.Ю., Коновалова О.А., Мамаева О.О. Chrysophyta водоемов и водотоков Омского Прииртышья (Россия) // Альгология. 2012. Т. 22, № 3. С. 286–294. DOI: 10.1615/interjalgae.v14.i4.20.
20. Митрофанова Е.Ю. *Chroomonas acuta* Uterm. (Cryptophyta) в Телецком озере (Алтай, Россия) // Turczaninowia. 2015. Т. 18, № 2. С. 96–104. DOI: 10.14258/turczaninowia.18.2.10.
21. DeJong T.M. A comparison of three diversity indices based on their components of richness and evenness. Oikos. 1975. Vol. 26. P. 222–227.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-24-00353).

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Дрозденко Татьяна Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и экспериментальной биологии, старший научный сотрудник лаборатории комплексных экологических исследований; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: tboichuk@mail.ru.</p> <p>Волгушева Алёна Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры биофизики; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (г. Москва, Российская Федерация). E-mail: volgusheva_alena@mail.ru.</p>	<p>Drozdenco Tatiana Viktorovna, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology and Experimental Biology Department, senior researcher of Integrated Environmental Research Laboratory; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: tboichuk@mail.ru.</p> <p>Volgusheva Alena Aleksandrovna, candidate of biological sciences, senior researcher of Biophysics Department; Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation). E-mail: volgusheva_alena@mail.ru.</p>

Для цитирования:

Дрозденко Т.В., Волгушева А.А. Анализ структуры сообществ фитопланктона в экологическом мониторинге озера Заозерное (Россия) // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 1. С. 24–29. DOI: 10.55355/snv2024131103.