
БИОРАЗНООБРАЗИЕ

BIODIVERSITY

УДК 574.5

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

А. Ю. КАРПАЕВА¹⁾

¹⁾Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам,
ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты исследования таксономической структуры фитопланктона в озерах Белорусского Поозерья с разным трофическим статусом. Установлено, что видовое богатство и соотношение основных групп водорослей (синезеленых, диатомовых, зеленых) имеют четкую зависимость от уровня трофности водоемов. Выявлено ключевое отличие мезотрофных озер, которое состоит в неустойчивом балансе доминирующих групп и более выраженной сезонной динамике.

Ключевые слова: фитопланктон; таксономический состав; видовое богатство; трофический статус; доминирующая группа.

TAXONOMIC DIVERSITY OF PHYTOPLANKTON IN LAKES OF DIFFERENT TROPHIC STATUS OF THE BELARUSIAN LAKE REGION

A. Yu. KARPAEVA^a

^aScientific and Practical Centre of the National Academy of Sciences
of Belarus for Bioresources, 27 Akademichnaja Street, Minsk 220072, Belarus

Abstract. The results of the study of the taxonomic structure of phytoplankton in the lakes of the Belarusian Lake Region with different trophic status are presented. It has been established that the species richness and the ratio of the main

Образец цитирования:

Карпаева АЮ. Таксономическое разнообразие фитопланктона в озерах разного трофического статуса Белорусского Поозерья. *Экспериментальная биология и биотехнология*. 2026;1:64–73.
EDN: IUHLWN

For citation:

Karpaeva AYU. Taxonomic diversity of phytoplankton in lakes of different trophic status of the Belarusian Lake Region. *Experimental Biology and Biotechnology*. 2026;1:64–73. Russian.
EDN: IUHLWN

Автор:

Анастасия Юрьевна Карпаева – младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии.

Author:

Anastasia Yu. Karpaeva, junior researcher at the laboratory of hydrobiology.
karpaevanastya1@gmail.com

groups of algae (Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta) have a clear dependence on the trophic level of the lakes. The main difference between mesotrophic lakes has been identified, which lies in the unstable balance of dominant groups and more pronounced seasonal dynamics.

Keywords: phytoplankton; taxonomic composition; species richness; trophic status; dominant group.

Введение

Белорусское Поозерье – регион, расположенный в северной части Беларуси и охватывающий территорию Витебской области, а также прилегающие районы Минской и Гродненской областей. Он включает более 300 озер ледникового происхождения, таких как Нарочь, Лукомльское, Нещердо, Дривяты и др.¹ [1]. Озера Белорусского Поозерья характеризуются разнообразием типов по трофическому статусу, глубине, площади и степени антропогенной трансформации. Данный регион представляет собой эталонный природный кластер, ценный с точки зрения биоразнообразия и экологического мониторинга².

Таксономическое разнообразие фитопланктона отражает потенциал самоорганизации и устойчивости водных экосистем, определяя их способность противостоять как природным, так и антропогенным стрессовым воздействиям. В связи с этим изучение таксономической структуры фитопланктонных сообществ становится обязательным элементом современных экосистемных исследований [2; 3].

Несмотря на важную индикаторную роль фитопланктона, альгологические исследования большинства озер Белорусского Поозерья до настоящего времени носили эпизодический характер, а данные о таксономическом разнообразии фитопланктона в региональном масштабе остаются фрагментарными.

Цель исследования – определить таксономический состав фитопланктона в девяти озерах Белорусского Поозерья с различным трофическим статусом, а также выявить особенности встречаемости таксонов в зависимости от уровня трофности водоемов.

Материалы и методы исследования

Проведен анализ таксономического состава и биомассы фитопланктона в 54 пробах, собранных на девяти озерах разного трофического статуса Белорусского Поозерья с мая по сентябрь 2023–2024 гг. Пробы из четырех озер Ушачской группы (озера Черствятское, Вечелье, Отолово, Кривое) отбирали на протяжении вегетационного сезона 2023 г., а пробы из пяти озер Браславской группы (озера Потех, Горюшка, Обстерно, Волос Северный, Волос Южный) – на протяжении вегетационного сезона 2024 г.

Отбор проб проводили батометром системы Молчанова (объем 8 л) последовательно с поверхности, глубин половины прозрачности и двойной прозрачности, смешивая их затем в одну интегральную пробу. Также отбирали одну поверхностную пробу. Пробы воды фиксировали 2 % формалином. Фитопланктон концентрировали методом отстаивания от изначального объема 0,5 л.

Численность фитопланктона определяли счетным методом в камере Фукса – Розенталя по стандартной методике [4]. Биомассу водорослей рассчитывали счетно-объемным методом [4].

Видовой состав фитопланктона определяли с помощью светового микроскопа Axiostar plus (Carl Zeiss, Германия) при увеличении $\times 100$, $\times 200$ и $\times 400$.

Видовую идентификацию проводили с помощью отечественных³ и зарубежных [5] определителей.

Систематическое положение отделов водорослей определяли по системе, принятой в работе [6].

Индекс Шеннона (H) рассчитывали по формуле

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i),$$

где p_i – доля особей i -го вида в общей численности популяции; s – количество видов в популяции.

¹Лопух П. С., Якушко О. Ф. Общая лимнология : пособие для студентов геогр. фак. Минск : БГУ, 2011. 366 с.

²Якушко О. Ф., Марьина Л. В., Емельянов Ю. Н. Геоморфология Беларуси : учеб. пособие для студентов геогр. и геол. специальностей. Минск : БГУ, 1999. 173 с. // Лекция : сайт. URL: https://lektsia.com/13xe0f9.html?utm_source (дата обращения: 24.06.2025).

³Определитель пресноводных водорослей СССР : в 14 вып. / редкол.: М. М. Голлербах [и др.]. М. : Сов. наука ; Л. : Наука, 1951–1983. 14 вып.

Результаты и их обсуждение

Морфометрические и основные биологические характеристики исследованных озер представлены в табл. 1.

Таблица 1

Морфометрические и основные биологические характеристики исследованных озер Белорусского Поозерья

Table 1

Morphometric and key biological characteristics of the studied lakes of the Belarusian Lake Region

Озеро	Площадь, км ²	Объем, км ³	Максимальная глубина, м	Средняя глубина, м	Прозрачность, м	Общая биомасса фитопланктона, мг/л	Индекс Шеннона
Черствятское	9,93	0,021	4,3	2,2	0,70	48,65	1,57
Вечелье	1,36	0,025	35,9	18,5	2,37	3,29	1,44
Отолово	8,20	0,028	16,4	3,5	2,67	8,43	1,42
Кривое	4,50	0,043	31,5	9,6	5,17	0,85	1,35
Потех	1,35	0,452	9,1	3,5	1,20	6,29	1,48
Горушка	0,18	0,000 5	6,9	2,8	1,83	4,85	1,48
Обстерно	9,89	0,050	12,0	5,1	2,37	1,003	1,41
Волос Северный	4,21	0,031	29,2	7,3	5,27	0,46	1,36
Волос Южный	1,21	0,015	40,4	12,5	6,17	0,69	1,42

Примечание. Морфометрические характеристики озер взяты из пособия «Общая лимнология» (Лопух П. С., Якушко О. Ф. Общая лимнология : пособие для студентов геогр. фак. Минск : БГУ, 2011. 366 с.).

В результате исследования в девяти озерах разного трофического статуса суммарно было выявлено 110 видов водорослей, относящихся к 7 отделам (табл. 2).

На основании анализа полученных данных определены следующие особенности.

Наибольшее количество видов (61) отмечено в гиперэвтрофном озере Черствятское, наименьшее количество видов (38) – в мезотрофном с чертами олиготрофии озере Кривое.

Максимальное число представителей отдела Cyanophyta зафиксировано в водоемах с высоким уровнем трофности (см. табл. 2). По мере уменьшения уровня трофности их количество снижалось. Доля видов синезеленых водорослей в эвтрофных и гиперэвтрофных озерах (Черствятское, Отолово, Потех, Горушка) достигала 20–27 % от общего количества видов, а в мезотрофных с чертами олиготрофии озерах (Кривое, Волос Северный, Волос Южный) составляла лишь 13–18 %.

Что касается видового богатства других отделов, то в мезотрофных с чертами олиготрофии озерах выявлено большее количество представителей отдела Bacillariophyta, чем в эвтрофных и гиперэвтрофных озерах (26–32 и 17–23 % от общего количества видов соответственно). В свою очередь, в эвтрофных водоемах была выше доля видов отдела Chlorophyta, варьирующая от 36 % (оз. Отолово) до 46 % (оз. Черствятское). В то время как в мезотрофных с чертами олиготрофии озерах их доля составляла от 33 % (оз. Волос Северный) до 38 % (оз. Волос Южный).

В мезотрофных озерах (Обстерно, Вечелье) распределение видов по отделам являлось более равномерным.

Помимо оценки видового богатства, для характеристики фитопланктона в озерах разного трофического статуса было определено видовое разнообразие фитопланктона в каждом озере, исходя из биомассы. Основное внимание уделено анализу доминирующего комплекса видов в целях выявления таксонов-индикаторов, характерных для водоемов каждого типа.

Полученные значения индекса Шеннона, варьирующие от 1,35 (оз. Кривое) до 1,57 (оз. Черствятское), указывают на средний и примерно одинаковый уровень видового разнообразия во всех исследованных озерах независимо от их трофического статуса.

Таксономический состав и доминирующий комплекс видов фитопланктона в озерах Белорусского Поозерья демонстрируют выраженные различия, связанные с уровнем трофности водоемов (табл. 3). Несмотря на наличие общих групп таксонов (синезеленые, диатомовые, зеленые и криптофитовые водоросли), их удельный вклад в структуру фитопланктонных сообществ, а также преобладающие виды в гиперэвтрофных, эвтрофных, мезотрофных и мезотрофных с чертами олиготрофии озерах существенно различались.

Ниже представлены результаты сравнения структуры доминантов и ее отличий в озерах разного трофического статуса.

Таблица 2

**Таксономический состав фитопланктона
в озерах разного трофического статуса Белорусского Поозерья**

Table 2

**Taxonomic composition of phytoplankton
in lakes of different trophic status of the Belarusian Lake Region**

Отдел	Озеро (трофический статус)								
	Черствятое (гиперэвтрофное)	Вечелье (мезотрофное)	Отоловое (эвтрофное)	Кривое (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Потех (эвтрофное)	Горюшка (эвтрофное)	Обстерно (мезотрофное)	Волос Северный (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Волос Южный (мезотрофное с чертами олиготрофии)
Cyanophyta	12	5	11	5	13	11	11	7	8
Cryptophyta	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bacillariophyta	13	13	11	12	8	12	12	10	12
Chlorophyta	28	23	17	13	20	24	14	13	17
Chrysophyta	2	3	3	4	2	2	2	3	3
Euglenophyta	4	3	2	1	3	4	2	2	3
Dinophyta	0	0	1	1	0	0	0	2	0
<i>Всего</i>	<i>61</i>	<i>49</i>	<i>47</i>	<i>38</i>	<i>48</i>	<i>55</i>	<i>43</i>	<i>39</i>	<i>45</i>

Примечание. Трофический статус озер определен по показателям биомассы фитопланктона в соответствии с классификацией Китаева [7].

Основные доминирующие виды фитопланктона в озерах разного трофического статуса Белорусского Поозерья по сезонам

Table 3

Main dominant species of phytoplankton in lakes of different trophic status of the Belarusian Lake Region by season

Отдел	Озеро (трофический статус)								
	Черствяцкое (гиперэвтрофное)	Вечелье (мезотрофное)	Оголово (эвтрофное)	Кривое (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Потех (эвтрофное)	Горушка (эвтрофное)	Обстерно (мезотрофное)	Волос Северный (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Волос Южный (мезотрофное с чертами олиготрофии)
Поздневесенний сезон									
Cyanophyta	<i>Limnothrix planctonica</i> (32,1 %), <i>Planktolyngbya limnetica</i> (13,8 %)	–	–	–	<i>Limnothrix planctonica</i> (20,2 %), <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (13,2 %), <i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> (9,0 %)	–	–	<i>Aphanothece clathrata</i> (5,9 %)	–
Bacillariophyta	<i>Synedra acus</i> (29,1 %), <i>Stephanodiscus</i> sp. (5,4 %)	<i>Synedra acus</i> (48,4 %)	<i>Stephanodiscus</i> sp. (25,6 %)	<i>Stephanodiscus</i> sp. (31,0 %)	<i>Stephanodiscus</i> sp. (30,4 %)	<i>Stephanodiscus</i> sp. (73,0 %), <i>Amphora ovalis</i> (5,0 %)	<i>Stephanodiscus</i> sp. (29,7 %), <i>Amphora ovalis</i> (7,2 %)	<i>Synedra ulna</i> (5,3 %)	<i>Stephanodiscus</i> sp. (10,5 %), <i>Synedra acus</i> (30,0 %)
Chlorophyta	–	<i>Chlamydomonas</i> sp. (5,9 %)	–	<i>Chlamydomonas</i> sp. (5,0 %)	–	–	–	<i>Chlamydomonas</i> sp. (8,5 %)	<i>Chlamydomonas</i> sp. (8,0 %)
Cryptophyta	–	–	<i>Rhodomonas pusilla</i> (61,0 %)	<i>Rhodomonas pusilla</i> (4,0 %)	–	<i>Rhodomonas pusilla</i> (5,0 %)	<i>Cryptomonas ovata</i> (5,9 %), <i>Rhodomonas pusilla</i> (5,3 %)	<i>Rhodomonas pusilla</i> (18,2 %)	<i>Rhodomonas pusilla</i> (15,5 %)
Chrysophyta	–	<i>Dinobryon divergens</i> (6,5 %)	–	<i>Dinobryon divergens</i> (15,8 %)	–	<i>Dinobryon divergens</i> (6,8 %)	<i>Dinobryon divergens</i> (20,9 %)	<i>Mallomonas</i> sp. (12,5 %), <i>Dinobryon bavaricum</i> (10,5 %), <i>Dinobryon divergens</i> (8,0 %)	<i>Dinobryon bavaricum</i> (7,3 %), <i>Dinobryon divergens</i> (13,8 %)

Отдел	Озеро (трофический статус)								Волос Северный (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Волос Южный (мезотрофное с чертами олиготрофии)
	Черствяцкое (гиперэвтрофное)	Вечелье (мезотрофное)	Оголово (эвтрофное)	Кривое (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Потех (эвтрофное)	Горушка (эвтрофное)	Обстерно (мезотрофное)			
	Раннелетний сезон									
Цyanophyta	<i>Limnothrix planctonica</i> (33,4 %), <i>Planktolyngbya limnetica</i> (29,9 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (10,3 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (19,2 %), <i>Microcystis aeruginosa</i> (6,2 %)	–	<i>Aphanothece clathrata</i> (16,0 %), <i>Oscillatoria</i> sp. (5,0 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (17,2 %), <i>Oscillatoria</i> sp. (10,6 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (19,2 %), <i>Geitlerinema lemmermannii</i> (16,9 %), <i>Planktolyngbya limnetica</i> (9,3 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (42,5 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (20,9 %)	
Bacillariophyta	<i>Synedra acus</i> (5,6 %)	<i>Stephano-discus</i> sp. (52,1 %)	<i>Stephano-discus</i> sp. (33,2 %)	<i>Stephano-discus</i> sp. (14,6 %), <i>Asterionella formosa</i> (7,9 %)	<i>Synedra ulna</i> (10,0 %), <i>Stephano-discus</i> sp. (9,2 %), <i>Asterionella formosa</i> (6,7 %)	<i>Melosira granulata</i> (50,8 %)	<i>Stephano-discus</i> sp. (7,2 %)	<i>Cyclotella</i> sp. (5,0 %)	<i>Stephano-discus</i> sp. (6,7 %)	
Chlorophyta	–	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (6,5 %)	<i>Oedo-gonium</i> sp. (8,7 %)	–	–	–	–	<i>Cosmarium meneghinii</i> (5,1 %)	<i>Tetraedron minimum</i> (5,7 %), <i>Scenedesmus quadricauda</i> (5,4 %)	
Cryptophyta	–	–	<i>Rhodo-monas pusilla</i> (7,6 %)	<i>Rhodo-monas pusilla</i> (6,8 %)	–	–	–	–	<i>Cryptomonas ovata</i> (6,2 %)	
Chrysophyta	–	–	–	<i>Dinobryon sociale</i> (29,9 %), <i>Dinobryon divergens</i> (18,9 %)	–	–	–	<i>Mallomonas</i> sp. (15,6 %)	<i>Dinobryon divergens</i> (10,8 %)	
Euglenophyta	–	<i>Trachelo-monas</i> sp. (14,4 %)	–	–	<i>Trachelo-monas</i> sp. (35,5 %)	<i>Trachelo-monas</i> sp. (6,1 %)	<i>Trachelo-monas</i> sp. (19,5 %)	<i>Trachelo-monas</i> sp. (10,1 %)	<i>Phacus</i> sp. (13,0 %), <i>Trachelomo-nas</i> sp. (8,0 %)	

Отдел	Озеро (трофический статус)								
	Черствяцкое (гиперэвтрофное)	Вечелье (мезотрофное)	Оголово (эвтрофное)	Кривое (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Потех (эвтрофное)	Горюшка (эвтрофное)	Обстерно (мезотрофное)	Волос Северный (мезотрофное с чертами олиготрофии)	Волос Южный (мезотрофное с чертами олиготрофии)
Позднелетний сезон									
Cyanophyta	<i>Limnothrix planctonica</i> (33,2 %), <i>Planktolingbya limnetica</i> (43,5 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (18,6 %)	<i>Limnothrix planctonica</i> (34,5 %), <i>Planktolingbya limnetica</i> (21,2 %), <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (16,4 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (15,9 %)	<i>Limnothrix planctonica</i> (41,7 %), <i>Planktolingbya limnetica</i> (14,8 %), <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (6,7 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (9,1 %), <i>Planktolingbya limnetica</i> (5,9 %)	<i>Planktolingbya limnetica</i> (31,2 %), <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (16,0 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (27,6 %)	<i>Aphanothece clathrata</i> (19,4 %)
Bacillariophyta	—	<i>Asterionella formosa</i> (27,5 %), <i>Stephanodiscus</i> sp. (8,8 %)	—	—	—	—	<i>Stephanodiscus</i> sp. (10,7 %), <i>Melosira granulata</i> (9,0 %)	—	<i>Stephanodiscus</i> sp. (13,7 %), <i>Cyclotella</i> sp. (5,8 %)
Chlorophyta	—	—	—	<i>Chlamydomonas</i> sp. (9,5 %)	—	<i>Tetrastrum glabrum</i> (5,6 %)	—	—	<i>Crucigenia rectangularis</i> (10,2 %), <i>Coenochloris ovalis</i> (6,5 %)
Cryptophyta	—	<i>Rhodomonas pusilla</i> (7,3 %)	—	<i>Rhodomonas pusilla</i> (34,5 %)	<i>Cryptomonas ovata</i> (5,7 %)	—	<i>Cryptomonas ovata</i> (8,8 %)	<i>Cryptomonas ovata</i> (18,7 %), <i>Rhodomonas</i> sp. (5,2 %)	<i>Rhodomonas</i> sp. (10,5 %)
Chrysophyta	—	—	—	—	—	<i>Dinobryon divergens</i> (33,6 %)	—	<i>Dinobryon divergens</i> (9,6 %)	—
Euglenophyta	—	<i>Trachelomonas</i> sp. (19,2 %)	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. В скобках после названия вида указана его средняя доля в общем количестве видов.

Эвтрофные и гиперэвтрофные озера. В эвтрофных и гиперэвтрофных озерах (Черствятское, Отолово, Потех, Горушка) к доминирующему комплексу видов фитопланктона на протяжении всего лета относились виды синезеленых водорослей.

В оз. Черствятское преобладали виды синезеленых водорослей *Limnothrix planctonica* (Wołoszyńska) Meffert и *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg. Из диатомовых водорослей значительный вклад в общую биомассу весной вносил вид *Synedra acus* Kütz. Доля остальных видов составляла менее 6,0 %.

В оз. Потех также преобладали виды *Limnothrix planctonica* и *Planktolyngbya limnetica*, а в оз. Горушка в разные сезоны доминировали различные виды. Так, в поздневесенний период по биомассе доминировал вид диатомовых водорослей *Stephanodiscus* Ehrenberg sp., к лету его вытесняли виды синезеленых водорослей *Aphanothece clathrata* West & G. S. West и *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont sp.

Еще одно эвтрофное озеро – оз. Отолово – характеризуется преобладанием синезеленых водорослей, однако в нем хорошо заметна сезонная сменяемость видов (см. табл. 3). Виды, преобладающие в данном озере, являются одним из показателей интенсификации процесса эвтрофирования, поскольку наблюдается увеличение доли синезеленых водорослей, среди которых в пик вегетационного сезона интенсивно развивались вид *Limnothrix planctonica*, представители рода *Lyngbya* C. Agardh ex Gomont, а также вид *Aphanothece clathrata* [8].

Стоит отметить, что во всех эвтрофных озерах (Отолово, Потех, Горушка) в поздневесенний период доминировали диатомовые водоросли, в частности вид *Stephanodiscus* sp. (до 73,0 %), и криптофитовые водоросли, а именно вид *Rhodomonas pusilla* (H. Bachmann) Javornicky (до 61,0 %), однако уже тогда в оз. Черствятское проявлялась тенденция к доминированию нитчатых синезеленых водорослей, таких как *Limnothrix planctonica* (32,1 %) и *Planktolyngbya limnetica* (13,8 %), при резком снижении доли криптофитовых и диатомовых водорослей.

В раннелетний сезон в эвтрофных водоемах значительно увеличилась доля колониальных синезеленых водорослей, в частности вида *Aphanothece clathrata* (до 19,2 %), при этом в гиперэвтрофном озере (Черствятское) полностью преобладали нитчатые синезеленые водоросли, а именно *Limnothrix planctonica* (33,4 %) и *Planktolyngbya limnetica* (29,9 %).

В конце лета во всех высокоэвтрофных водоемах наблюдалось устойчивое доминирование водорослей отдела Cyanophyta: доля вида *Limnothrix planctonica* составляла 41,7 %, а доля вида *Planktolyngbya limnetica* достигала 43,5 %, тогда как роль диатомовых и криптофитовых водорослей заметно снижалась.

Таким образом, в эвтрофных озерах была выявлена сезонная динамика таксономической структуры фитопланктона, проявляющаяся в закономерной смене доминирующих групп. Наиболее характерной чертой являлся летне-осенний сдвиг в сторону доминирования нитчатых и колониальных синезеленых водорослей на фоне снижения вклада в общую биомассу диатомовых водорослей.

Мезотрофные озера. Для мезотрофных озер (Обстерно, Вечелье) характерны еще более выраженная сезонная сменяемость видов и более равномерное их распределение.

Так, в оз. Обстерно не наблюдалось ярко выраженного доминанта. Все виды были относительно равномерно распределены по биомассе, а доминирующий комплекс сменялся в зависимости от сезона. К видам, доля которых в общей биомассе в разные сезоны составляла более 10,0 %, относились виды *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanothece clathrata*, *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault, *Dinobryon divergens* O. E. Imhof, *Stephanodiscus* sp.

Доминирующий комплекс оз. Вечелье также сменялся в зависимости от сезона. В поздневесенний период здесь доминировал вид диатомовых водорослей *Synedra acus* (48,4 %), однако уже летом его вытеснял вид *Stephanodiscus* sp. (52,1 %). Все остальные виды составляли менее 8,0 %.

В раннелетний сезон усиливалась роль мелкоклочных синезеленых водорослей. В частности, к доминантам по биомассе относился вид *Aphanothece clathrata* (10,3 %). Его вклад в общую биомассу возрастал к концу лета, достигая 18,6 %.

Кроме того, к концу лета происходила смена доминанта среди диатомовых: преобладавший в раннелетний сезон вид *Stephanodiscus* sp. сменялся видом *Asterionella formosa* Hass. (27,5 %).

Важное отличие мезотрофных озер от гиперэвтрофных заключается в том, что в мезотрофных озерах синезеленые водоросли не являются абсолютными доминантами на протяжении всего вегетационного сезона. Их доминирование носит выраженный сезонный характер и проявляется преимущественно в раннелетний и позднелетний периоды, в отличие от гиперэвтрофных водоемов, где виды синезеленых водорослей преобладают на протяжении всех сезонов.

Также стоит отметить тот факт, что в мезотрофных озерах были выявлены именно мелкоклочные виды синезеленых водорослей, а не нитчатые колониальные формы, которые чаще встречались в эвтрофных водоемах. Во многих исследованиях это обстоятельство объясняется тем, что мелкие клетки с высокой площадью поверхности относительно объема эффективнее усваивают ограниченные ресурсы

(P, N), чем крупные морфотипы. Кроме того, такие формы способны образовывать слизистые колонии, которые создают микросреду для удержания питательных веществ [9–12].

В целом для мезотрофных озер характерен более сбалансированный комплекс с сочетанием диатомовых, зеленых и мелкоклеточных колониальных синезеленых водорослей (см. табл. 3).

Мезотрофные с чертами олиготрофии озера. В мезотрофных с чертами олиготрофии озерах (Кривое, Волос Северный, Волос Южный) наблюдалось дальнейшее уменьшение количества доминирующих видов. Распределение видов по биомассе в разных отделах было более равномерным. Доминирующие комплексы сменялись в зависимости от сезона, однако чаще всех в этих озерах доминировали виды диатомовых (*Stephanodiscus* sp.), криптофитовых (*Rhodomonas pusilla*) и хризифитовых (*Dinobryon divergens*) водорослей (см. табл. 3).

В поздневесенний период в мезотрофных с чертами олиготрофии озерах преобладали диатомовые (*Stephanodiscus* sp. (10,5–31,0 %)), хризифитовые (*Dinobryon divergens* (8,0–15,8 %)), а также криптофитовые (*Rhodomonas pusilla* (4,0–18,2 %)) водоросли. На виды синезеленых водорослей во всех озерах приходилось менее 6,0 %.

В раннелетний сезон снижался удельный вклад вида *Stephanodiscus* sp. (6,7–14,6 %), а также практически исчезал вид *Rhodomonas* sp. (1,6–6,8 %), однако значительно увеличивался процент мелкоклеточных синезеленых водорослей, а именно *Aphanothece clathrata* (до 42,5 %).

В позднелетний период также отмечалось доминирование мелкоклеточных синезеленых водорослей вида *Aphanothece clathrata* (в оз. Волос Северный их вклад в общую биомассу составлял 27,6 %, в оз. Волос Южный – 19,4 %, а в оз. Кривое – 15,9 %), при этом снова возрастала доля криптофитовых (*Rhodomonas* sp. (10,5–34,5 %)), хризифитовых (*Dinobryon divergens* (5,0–9,6 %)), а также отдельных видов зеленых (*Chlamydomonas* Ehrenberg sp. (9,5 % в оз. Кривое) и *Crucigenia rectangularis* (Nägeli) Gay (10,2 % в оз. Волос Южный)) водорослей (см. табл. 3).

Во многих исследованиях отмечено [13; 14], что стремительный рост количественных показателей криптофитовых водорослей (*Cryptomonas* и *Rhodomonas*) связан с их высокой экологической гибкостью и улучшением условий (света, температуры) после цветения диатомовых водорослей. Именно криптофитовые водоросли начинают интенсивно размножаться после весеннего пика вегетации диатомовых водорослей и создают основу для следующего этапа развития сообщества.

Таким образом, мезотрофные с чертами олиготрофии озера демонстрировали устойчивое присутствие диатомовых и хризифитовых водорослей на протяжении всех сезонов, тогда как синезеленые водоросли оставались менее разнообразными и были представлены преимущественно мелкоклеточными формами.

Заключение

Таксономическая структура фитопланктона в озерах Белорусского Поозерья определяется их трофическим статусом и проявляет выраженные закономерности.

В эвтрофных и гиперэвтрофных озерах (Черствятское, Отолово, Потех, Горушка) видовое богатство достигает 61 вида, но до 60–70 % биомассы приходится на 1–3 доминирующих вида. Кроме того, наблюдается смещение соотношений основных групп водорослей в сторону синезеленых водорослей: летом их доля составляет в среднем 67 %. Для этих водоемов характерно формирование устойчивого доминирования нитчатых и колониальных форм (*Limnothrix planctonica*, *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanizomenon flos-aquae*).

В мезотрофных озерах (Обстерно, Вечелье) отмечается более низкое общее количество видов (43–49), а их распределение по биомассе значительно меняется в течение сезона: весной доля диатомовых водорослей достигает 43–66 %, тогда как на зеленые водоросли приходится 11 %, а на синезеленые водоросли – лишь 3–7 %. Летом существенно возрастает вклад в общую биомассу синезеленых водорослей (в среднем до 37 %) и заметно снижается доля диатомовых (до 15–30 %) и зеленых (до 4–13 %) водорослей. Кроме того, в мезотрофных озерах к доминирующим видам синезеленых водорослей относились именно мелкоклеточные, а не нитчатые колониальные формы, которые чаще встречались в эвтрофных водоемах, что, по всей видимости, связано с тем, что мелкоклеточные колониальные формы более эффективно усваивают ограниченные ресурсы.

В мезотрофных с чертами олиготрофии озерах (Кривое, Волос Северный, Волос Южный) основной вклад в общую биомассу вносят диатомовые и хризифитовые водоросли, суммарная доля которых составляет 50–73 % весной и 14–30 % летом. Синезеленые водоросли представлены преимущественно мелкоклеточными колониальными формами (*Aphanothece clathrata*, *Microcystis*), доля которых редко превосходит 15–20 %, что отражает сохранение олиготрофных черт. Общая доля отдела Cyanophyta в пик вегетационного сезона не превышает 45 %.

Таким образом, установлено, что в сильноэвтрофных водоемах доминируют нитчатые синезеленые водоросли. В отличие от них мезотрофные и мезотрофные с чертами олиготрофии озера характеризуются более выраженной сезонной динамикой и структурой фитопланктонного сообщества, где синезеленые водоросли (в основном мелкоклеточные колониальные виды) доминируют лишь в отдельные периоды, а мезотрофные с чертами олиготрофии озера демонстрируют устойчивое присутствие диатомовых и хризофитовых на протяжении всех сезонов.

Библиографические ссылки

1. Ивановский ВВ. Хищные птицы Белорусского Поозерья [Интернет]. Витебск: Витебский государственный университет имени П. М. Машерова; 2012 [процитировано 24 июня 2025 г.]. Глава 1, Место проведения исследований. Природные условия Белорусского Поозерья; с. 6–11. Доступно по: <https://ecosystema.ru/01welcome/articles/ivanovski/01.htm?utm>.
2. Самойленко ВМ, Карташевич ЗК. Реакция фитопланктона на изменение абиотических условий озер Национального парка «Браславские озера». *Природные ресурсы*. 2007;3:16–25.
3. Воденеева ЕЛ, Кулизин ПВ, Шарагина ЕМ, Старцева НА, Гаврилко ДЕ, Жихарев ВС и др. Видовое и функциональное разнообразие фитопланктона в устьевых участках притоков Чебоксарского водохранилища (Нижегородская область). В: Телеш ИВ, Скарлато СО, Науменко ЕН, редакторы. *Актуальные проблемы планктонологии. Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием; 25–30 сентября 2022 г.; Светлогорск, Россия*. Калининград: Калининградский государственный технический университет; 2022. с. 39–42.
4. Mikheyeva TM. Methods of quantitative enumeration of nanophytoplankton (review). *Hydrobiological Journal*. 1989;25(4):3–21.
5. Komárek J, Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota. 2. Teil, Oscillatoriales*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag; 2005. 759 S. (Büdel B, Gärtner G, Krienitz L, Schagerl M, Herausgeber. Süßwasserflora von Mitteleuropa; Band 19/2).
6. Михеева ТМ. *Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог*. Минск: БГУ; 1999. 396 с.
7. Китаев СП. *Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон*. Винберг ГГ, редактор. Москва: Наука; 1984. 207 с.
8. Мустафаева ЗА, Намозов СМ, Мирзаев УТ. Видовой состав и экологические формации гидробионтов озер Восточного Арнася. *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2022;59(1):51–62.
9. Maileht K. *Phytoplankton as ecological quality indicator of lakes* [dissertation]. Tartu: [s. n.]; 2021. 118 p.
10. Walsby AE. Stratification by cyanobacteria in lakes: a dynamic buoyancy model indicates size limitations met by *Planktothrix rubescens* filaments. *New Phytologist*. 2005;168(2):365–376. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01508.x.
11. Malerba ME, Marshall DJ, Palacios MM, Raven JA, Beardall J. Cell size influences inorganic carbon acquisition in artificially selected phytoplankton. *New Phytologist*. 2021;229(5):2647–2659. DOI: 10.1111/nph.17068.
12. Колмаков ВИ. Роль прижизненного прохождения *Microcystis aeruginosa* через пищеварительные тракты животных-фильтраторов в эвтрофных водоемах (обзор). *Сибирский экологический журнал*. 2014;21(4):601–613. EDN: SMIBSR.
13. Schälch-Schuler M, Wüest A, Dirren-Pitsch G, Niedermann R, Bassin B, Köster O, et al. Variability of winter cooling affects intensity of phytoplankton spring blooms – how resilient is the ciliate assemblage composition to changes in food availability? *Frontiers in Protistology*. 2024;2:1428985. DOI: 10.3389/frpro.2024.1428985.
14. Dokulil M, Skolaut C. Succession of phytoplankton in a deep stratifying lake: Mondsee, Austria. *Hydrobiologia*. 1986;138:9–24. DOI: 10.1007/BF00027229.

Получена 07.10.2025 / исправлена 16.12.2025 / принята 19.12.2025.
Received 07.10.2025 / revised 16.12.2025 / accepted 19.12.2025.