

ФИТОПЛАНКТОН КАК БИОИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА МАЛЕНЕЦ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2020

Дрозденко Т.В., Кек И.В., Мишкова Т.А.*Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация)*

Аннотация. В данной статье показано использование планктонных водорослей в определении экологического состояния водоема. Фитопланктон выступает важным звеном водной экосистемы, который первым реагирует на малейшие колебания условий окружающей среды изменением своей структуры и количественных характеристик, в связи с чем он очень удобен в биоиндикационных исследованиях. В летний сезон 2017 г. впервые изучена планктонная альгофлора озера Маленец, находящегося на территории музея-заповедника «Михайловское» в Пушкиногорском районе Псковской области. Всего идентифицировано 87 видовых и внутривидовых таксонов фитопланктона из 8 отделов, 12 классов, 20 порядков, 35 семейств и 58 родов. Доминирующий комплекс альгофлоры характеризуется как диатомово-хлорофитовый с присутствием золотистых водорослей. С помощью индекса Сьеренсена-Чекановского оценена степень сходства видового состава фитопланктона озера Маленец с близлежащим озером Кучане. Проведен расчет количественных показателей фитопланктона – численности и биомассы, представлена эколого-географическая характеристика микроводорослей, а также установлен класс качества воды озера Маленец. Полученные результаты имеют практическую значимость, так как позволяют не только установить экологическое состояние водного объекта, но и разработать методические рекомендации по его улучшению и стабилизации.

Ключевые слова: экологический мониторинг; альгофлора; фитопланктон; микроводоросли; таксономический состав; эколого-географический анализ; численность; биомасса; сапробность; биоиндикация; качество воды; озеро Маленец; Государственный заповедник; «Михайловское»; Пушкиногорский район; Псковская область.

PHYTOPLANKTON AS A BIOINDICATOR OF THE WATER QUALITY OF LAKE MALENETS (PSKOV REGION)

© 2020

Drozdenco T.V., Kek I.V., Mishkova T.A.*Pskov State University (Pskov, Russian Federation)*

Abstract. This paper shows the use of planktonic algae in determining the ecological state of the reservoir. Phytoplankton is an important link in the aquatic ecosystem, which is the first to react to the slightest fluctuations in environmental conditions by changing its structure and quantitative characteristics, and therefore is very convenient in bioindication studies. In the summer of 2017, the planktonic algaeflora of Lake Malenets, located on the territory of the Mikhailovskoye Museum-Reserve in the Pushkinogorsk District of the Pskov Region, was studied for the first time. In total, 87 species and intraspecific taxa of phytoplankton were identified from 8 phylums, 12 classes, 20 orders, 35 families, and 58 genera. The dominant algaeflora complex is characterized as diatom-chlorophytic with the presence of golden algae. Using the Sierensen-Chekanovsky index, the degree of similarity of the phytoplankton species composition of Lake Malenets with the nearby Lake Kuchane was estimated. The calculation of quantitative indicators of phytoplankton – abundance and biomass was carried out, the ecological and geographical characteristics of microalgae were presented, and the water quality class of Lake Malenets was established. The obtained results are of practical importance, since they allow to establish the ecological state of the water body as well as to develop methodological recommendations for its improvement and stabilization.

Keywords: environmental monitoring; algaeflora; phytoplankton; microalgae; taxonomic composition; ecological and geographical analysis; number; biomass; saprobity; bioindication; water quality; Lake Malenets; State reserve; «Mikhailovskoye»; Pushkinogorsk District; Pskov Region.

Введение

В настоящее время загрязнение водной среды является одной из серьезнейших экологических проблем. Антропогенная деятельность, а также различные факторы среды оказывают существенное влияние на водные экосистемы, вплоть до их деградации. Поэтому на сегодняшний день вопросы чистой воды и оценки качества водной среды наиболее актуальны.

Одним из главнейших компонентов водных биоценозов служит фитопланктон – основной продуцент органического вещества в водоемах, начальное звено трофических цепей, играющий важную роль в гидробиологическом мониторинге пресноводных экосистем. Способность планктонных водорослей адекватно реагировать на изменение условий окружающей

среды определяется его большим видовым разнообразием и коротким жизненным циклом [1, с. 151].

Изучение фитопланктона озер является актуальным не только с точки зрения инвентаризации биоразнообразия, но и в целях наиболее эффективного использования и охраны водоемов. Таксономический состав водорослей является отражением всех процессов, происходящих в водном объекте [2, с. 16].

На территории Пушкиногорского района Псковской области имеется более 50 озер, среди которых – озеро Маленец. Это проточное озеро площадью 11,9 га, расположено на территории Государственного заповедника «Михайловское», имеет крутые берега и илистое дно. Максимальная глубина – 4,0 м, средняя глубина – 1,5 м. Степень зарастания озера макрофи-

тами составляет 72%. Здесь водятся такие рыбы, как щука, плотва, окунь, уклея, язь, линь, карась, налим, лещ и др. [3].

Ранее исследования планктонных водорослей озера Маленец не проводились. Однако данные работы имеют высокую практическую значимость, т.к. позволяют на ранних стадиях предотвратить необратимые изменения, которые могут произойти в водоеме под неконтролируемым антропогенным воздействием.

Цель исследования. Цель настоящей работы заключалась в определении таксономического состава, количественных показателей и экологических характеристик фитопланктона как индикатора качества воды озера Маленец.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на озере Маленец в раннелетний период 2017 г. на трех заданных станциях (рис. 1).

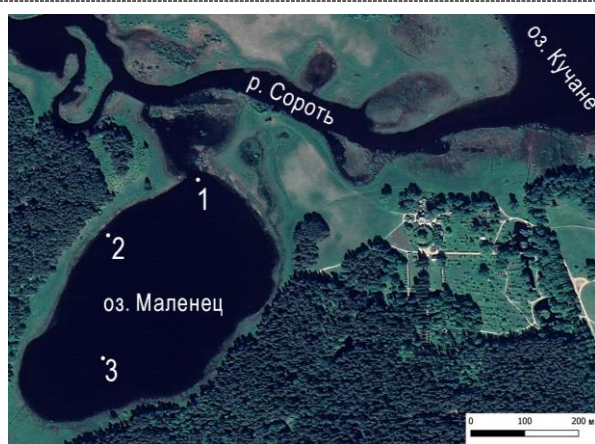


Рисунок 1 – Карта станций отбора проб фитопланктона в озере Маленец (июнь 2017 г.)

Количественные пробы фитопланктона отбирали пластиковыми емкостями объемом 0,5 л из поверхностного слоя (0,3–0,5 м) воды. Параллельно проводили измерение температуры и активной реакции воды (pH). Консервацию проб осуществляли 40% раствором формалина до слабого запаха. Концентрировали водоросли осадочным методом [4; 5, с. 47–56]. Осмотр пробы проводили в камере Нахотта (0,05 мл). Видовой состав встреченных водорослей идентифицировали с помощью отечественных [6] и зарубежных определителей [7–11]. При выделении отделов водорослей придерживались системы, принятой в справочнике «Водоросли» [12, с. 15–16]. Названия видов даны с учетом современных номенклатурных ревизий [13].

Таблица 1 – Таксономический состав фитопланктона озера Маленец (июнь 2017 г.)

Отделы	Количество				Всего BBT	
	классов	порядков	семейств	родов	абс.	отн., %
Cyanobacteria	1	2	5	6	7	8,0
Euglenophyta	1	1	1	3	4	4,6
Chrysophyta	1	1	1	4	10	11,5
Xanthophyta	1	1	1	1	1	1,1
Bacillariophyta	3	6	13	22	36	41,4
Dinophyta	1	1	1	1	1	1,1
Cryptophyta	1	1	1	2	4	4,6
Chlorophyta	3	7	12	19	24	23,0
Итого:	12	20	35	58	87	100

Примечание. BBT – видовые и внутривидовые таксоны фитопланктона.

Степень сходства видового состава альгофлоры планктона на разных станциях отбора проб анализировали с помощью индекса Сьеренсена-Чекановского [14, с. 60].

Для уточнения эколого-географических характеристик водорослей использовали определители и данные из ряда монографий [15; 16].

Расчет численности организмов на 1 литр воды проводился по общепринятой формуле [5, с. 69–70]. Биомассу определяли по объемам водорослей [17]. Индекс сапробности исследуемой акватории вычислялся по формуле Пантле и Букка в модификации Сладечека [18].

Результаты и обсуждение

Во время отбора гидробиологического материала средняя температура воды озера Маленец составляла $13,8 \pm 0,8^\circ\text{C}$, а pH $7,8 \pm 0,2$.

В ходе исследования обнаружено 87 видовых и внутривидовых таксонов фитопланктона из 8 отделов, 12 классов, 20 порядков, 35 семейств и 58 родов (табл. 1).

Наибольшее видовое богатство наблюдалось у отдела Bacillariophyta – 41,4% от общего числа выявленных видовых таксонов фитопланктона. Большинство диатомовых водорослей относилось к классу Pennatophyceae, представленному родами *Amphora*, *Asterionella*, *Cocconeis*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Planothidium*, *Ulnaria* и др. Центрические диатомовые водоросли представлены видами из родов *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Melosira*, *Stephanodiscus*. Многие диатомеи по большей части случайно оказались в планктоне из-за ветрового перемешивания толщи воды.

На всех станциях исследования были встречены *Achnanthes nodosum* (Cleve) Tseplik & Chudaeu, *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simonsen, *Cocconeis placentula* Ehr., *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Smith, *Planothidium lanceolatum* (Bréb. ex Kütz.) Lange-Bert., *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *S. pusillus* (Grun.) W. Krieger, *Ulnaria acus* (Kütz.) Aboal.

На втором месте по числу видов находился отдел Chlorophyta – 23,0% от общего состава планктонной альгофлоры. Общими для всех станций отбора проб были *Crucigenia tetrapedia* (Kirch.) Kuntze, *Desmodesmus communis* (E. Hegewald) E. Hegewald, *Microglona monadina* Ehr., *Oocystis lacustris* Chodat, *Pediastrum tetras* (Ehr.) Ralfs, *Pseudodidymocystis planctonica* (Korsh.) E. Hegewald & Deason.

На третьем месте находился отдел Chrysophyta, содержащий 11,5% от общего числа идентифицированных видовых таксонов фитопланктона из 4 родов: *Dinobryon*, *Kephyrion*, *Mallomonas* и *Pseudokephyrion*.

На представителей цианобактерий приходилось 8,0%. Остальные отделы водорослей заметный вклад в видовое богатство планктонного фитоценоза озера Маленец не вносили (табл. 1).

Исходя из вышесказанного, наиболее значимыми по количеству видов оказались отделы Bacillariophyta и Chlorophyta, что характерно для водоемов северо-западного региона [19]. Заметен вклад в видовое разнообразие альгофлоры озера и у отдела Chrysophyta. На указанные отделы приходилось 75,9% от общего состава планктонных водорослей.

Было проведено сравнение таксономического состава фитопланктона озера Маленец с соединяющимся с ним рекой Сороть озером Кучане (рис. 1). Исходя из опубликованных данных [20, с. 43–47], в летний период 2017 г. в озере Кучане также доминировал диатомово-хлорофитовый комплекс и на третьем месте располагались золотистые водоросли. Очень близким было и процентное соотношение видовых таксонов в указанных отделах. Степень сходства таксономического состава фитопланктонных сообществ между данными озерами была средней: индекс Сьеренсена-Чекановского составил 0,53. Общими для обоих озер были 50 видов микроводорослей.

Согласно экологической характеристике по отношению к местообитанию группа планктонных водорослей озера Маленец насчитывала порядка 59,5% от общего числа микроводорослей. На группу планктонно-бентосных и донных организмов, представленных в основном диатомовыми водорослями, приходилось 28,2% и 9,0% соответственно. Также была отмечена группа эпифитов – 3,3%.

По отношению к галобности в альгофлоре озера более половины организмов являлись индифферентами (52,4% от общего числа). На долю галофилов приходилось порядка 12,0%, галофобов – 2,5%, олигогалофобов – 1,8%. Единично был зарегистрирован мезогалоб – диатомовая водоросль *Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Smith. У трети обнаруженных микроводорослей данных по отношению к солености не имелось.

По отношению к активной реакции воды (pH) у 54,5% водорослей информации не было. На группу алкалифилов приходилось 21,6%, индифферентов – 15,6%, ацидофилов – 5,6%, алкалибионтов – 2,7%.

Географический анализ фитопланктона озера Маленец показал, что большинство микроводорослей являлись космополитами (67,0% от общего числа видов). Бореальные виды составляли 4,3%, на голарктические и арктические формы приходилось по 1,7%. Данные по распространению не имели 27,0% микроводорослей.

Анализ количественных характеристик водорослей показал, что значения их численности и биомассы в зависимости от станций отбора проб изменялись незначительно (табл. 2). Так, численность фитопланктона колебалась в пределах 702,0–796,0 тыс. кл./л при среднем значении 742,8 тыс. кл./л. Стоит отметить, что основной вклад в численность вносили цианобактерии *Aphanocapsa delicatissima* West & G.S. West и *Aphanothece* sp. (11,4–17,6% в зависимости от станции), а также зеленая водоросль *Desmodesmus communis* (11,6–13,1%).

Таблица 2 – Количественные показатели фитопланктона озера Маленец (июнь 2017 г.)

Количественные показатели	Станции исследования			Среднее значение
	1	2	3	
Численность, тыс. кл./л	796,0	702,0	730,5	742,8 ± 48,2
Биомасса, мкг/л	264,6	238,3	240,4	247,8 ± 14,6

Значения биомассы планктонных водорослей изменялись в диапазоне 238,3–264,6 мкг/л при среднем значении 247,8 мкг/л (табл. 2). Заметную роль в биомассе играли диатомовые водоросли *Aulacoseira granulata* (12,8% на ст. 1), *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenhorst (13,1% на ст. 2), *Stephanodiscus hantzschii* (9,4–16,9% в зависимости от станции), а также эвгленовая водоросль *Trachelomonas volvocina* (Ehr.) Ehr. (11,2–15,1%).

Для определения уровня органического загрязнения и степени антропогенной нагрузки на биогеоценоз озера Маленец был проведен сапробиологический анализ. Из всех обнаруженных микроводорослей 68 видовых таксонов (78,2%) являлись видами-индикаторами органического загрязнения воды и относились к 12 группам сапробионтов. Доминировали бета-мезосапробионты, включающие 28 видов и составляющие 41,2% от общего числа видов-индикаторов (рис. 2). Это позволяет отнести воды озера Маленец к бета-мезосапробной зоне самоочищения. Микроводоросли, предпочитающие чистые воды (олигосапробионты), составляли 10,3%, загрязненные (альфа-мезосапробионты) – 7,4%. На переходные формы приходилось в совокупности 41,1%.

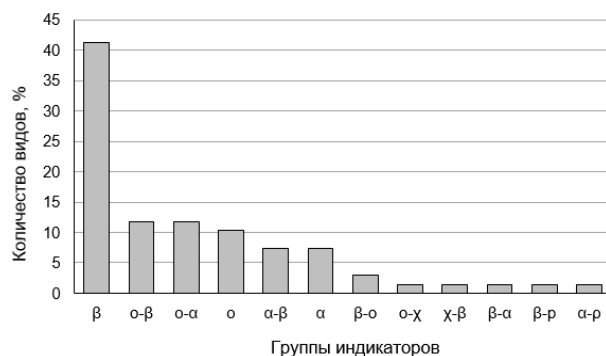


Рисунок 2 – Сапробиологическая структура фитопланктона озера Маленец (июнь 2017 г.)

Значения индексов сапробности по Пантле и Букку в зависимости от станции исследования изменялись от 2,05 до 2,09. Среднее значение индекса сапробности составило $2,07 \pm 0,02$, что соответствует III классу чистоты вод.

Заключение

Согласно результатам настоящего исследования, в летний период 2017 г. в озере Маленец идентифицировано 87 таксонов микроводорослей из 8 отделов: Bacillariophyta (36), Chlorophyta (24), Chrysophyta (10), Cyanobacteria (7), Euglenophyta (4), Cryptophyta (4), Dinophyta (1) и Xanthophyta (1). Планктонная альгофлора водоема характеризовалась как диатомово-хлорофитовая с присутствием золотистых водорослей. В озере преобладали широко распространенные пресноводные формы микроводорослей, предпочитающие слабощелочные воды.

Средняя численность фитопланктона озера Маленец составляла 742,8 тыс. кл./л, средняя биомасса – 247,8 мкг/л.

Воды акватории озера Маленец в летний период 2017 г. относились к умеренно-загрязненному, III классу качества (средний индекс сапробности по Пантле-Букку составил 2,07).

Список литературы:

1. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 317 с.
2. Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.
3. Озера Пушкиногорского района [Электронный ресурс] // Рыбы и озера Псковской области. – http://pskovfish.ru/ozero-sp/ozera_pushk.htm.
4. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во МГУ, 1979. 168 с.
5. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: методическое руководство. М.: Изд-во «Университет и школа», 2003. 157 с.
6. Определитель пресноводных водорослей СССР. Л.: Наука, 1953–1986. Вып. 2–8, 10, 11, 13.
7. Флора водорослей водойм України. Т. I. Синьозелені водорості. Вип. 1. Порядок хроококкальні / О.В. Коваленко. Київ: Інст. бот. ім. М.Г. Холодного НАН України, 2009. 387 с.
8. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
9. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. Teil 1: Chroococcales // *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19/1. Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm, 1998. 548 p.
10. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 1. Naviculaceae // *Die Süsswasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1986. Bd. 2/1. P. 1–876.
11. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales. Fragilariaceae. Eunotiaceae // *Ibid*. Stuttgart, 1991. Bd. 2/3. P. 1–576.
12. Водоросли: справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк, Г.М. Паламарь-Мордвинцева, З.И. Ветрова, Е.Л. Кордюм, Н.А. Мошкова, Л.П. Приходькова, О.В. Коваленко, В.В. Ступина, П.М. Царенко, В.П. Юнгер, М.И. Радченко, О.Н. Виноградова, Л.Н. Бухтиярова, Л.Ф. Разумна. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
13. AlgaeBase. 2020 [Internet] // World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – <https://www.algaebase.org>.
14. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1980. 176 с.
15. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. Атлас сапробных организмов. М.: Секретариат СЭВ, 1977. 227 с.
16. Судницына Д.Н. Альгофлора водоемов Псковской области. Псков: ООО «ЛЮГОС Плюс», 2012. 224 с.
17. Кузьмин Г.В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан: ДВНЦ АН СССР, 1984. 47 с.
18. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Gasund Wasserbach*, 1955. Vol. 96 (18). 604 p.
19. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. 182 с.
20. Дрозденко Т.В., Курка А.А. Таксономический состав и экологические особенности фитопланктона озера Кучане (Псковская область) // Биологические ресурсы: изучение, использование, охрана: мат-лы IV всерос. науч. конф. с междунар. уч.. 19–22 апреля 2018 г., г. Вологда, Российская Федерация / отв. ред. Н.Л. Болотова. Вологда: ВоГУ, 2018. С. 43–47.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Дрозденко Татьяна Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и экологии растений, старший научный сотрудник лаборатории комплексных экологических исследований; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: tboichuk@mail.ru.</p> <p>Кек Ирина Владимировна, магистрант кафедры ботаники и экологии растений; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: fedorovairina1996@yandex.ru.</p> <p>Мишкова Татьяна Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии животных; Псковский государственный университет (г. Псков, Российская Федерация). E-mail: biorad7@yandex.ru.</p>	<p>Drozdenco Tatiana Viktorovna, candidate of biological sciences, associate professor of Botany and Plant Ecology Department, senior researcher of Integrated Environmental Research Laboratory; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: tboichuk@mail.ru.</p> <p>Kek Irina Vladimirovna, master student of Botany and Plant Ecology Department; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: fedorovairina1996@yandex.ru.</p> <p>Mishkova Tatiana Anatolievna, candidate of biological sciences, associate professor of Zoology and Animal Ecology Department; Pskov State University (Pskov, Russian Federation). E-mail: biorad7@yandex.ru.</p>

Для цитирования:

Дрозденко Т.В., Кек И.В., Мишкова Т.А. Фитопланктон как биоиндикатор качества воды озера Маленец (Псковская область) // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 3. С. 58–61. DOI: 10.17816/snv202093110.