

УДК: 574.583:556.52(470.22)

Т. А. Чекрыжева

## ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ ШУИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ, РОССИЯ)

В планктоне девяти озер, расположенных в наиболее освоенном в хозяйственном отношении бассейне р. Шуи (крупный приток Онежского озера), обнаружено 493 вида, разновидности и формы водорослей. Видовое разнообразие фитопланктона формируется диатомовыми (42%), зелеными (28%), золотистыми (11%) и синезелеными (10%) водорослями. Приводятся сведения об особенностях таксономической структуры фитопланктона и экологии отдельных видов планктонных водорослей в озерах бассейна. Выявлены виды — индикаторы экологического состояния озер бассейна р. Шуи. Своеобразие видового состава фитопланктона озер определялось как природными особенностями водосборов, так и разной степенью антропогенного воздействия на водоемы, а также сочетанием таких параметров, как уровень трофии, цветность и рН воды.

*Ключевые слова:* фитопланктон, видовой состав, виды-индикаторы.

Бассейн р. Шуи (приток Онежского озера) является пятым по величине среди основных водосборов озерно-речных систем Карелии. На его территории расположено около 2,5 тыс. разнотипных озер с площадью акватории более 1 км<sup>2</sup>. В соответствии с системой классификации водных объектов Карельского гидрографического района по геохимическим классам поверхностных вод гумидной зоны [15], расположенные между 61° и 65° с.ш. [9] обследованные озера различаются по степени цветности, величине рН и уровню трофии (табл. 1). Высокогумусными, имеющими слабокислую реакцию воды, являются озера Суоярви и Исо-Пюхьярви. Мезогумусные озера Крошнозеро и Пряжинское относятся к циркумнейтральным. Озера Сямозеро, Вохтозеро, Святозеро, Пертозеро, Габозеро — низкогумусные, но с различающейся реакцией среды: так, два первых озера имеют слабокислую реакцию среды, а три остальных — циркумнейтральную. В соответствии с классификацией водных объектов по трофности [10, 11, 15, 20], озера Пертозеро и Габозеро отнесены к низкотрофным (олиготрофным), Суоярви, Исо-Пюхьярви и Сямозеро — к среднетрофным (мезотрофным), а Вохтозеро, Крошнозеро, Пряжинское и Святозеро — к высокотрофным (евтрофным).

Озера в разной степени подвержены антропогенному воздействию различного типа. Оз. Суоярви испытывает негативное влияние промышленных сточных вод картонной фабрики и коммунально-бытовых стоков г. Суояр-

ви. Ухудшение качества воды в ряде озер происходит в результате поступления в них стоков с сельскохозяйственных земель, на территории которых была проведена мелиорация (озера Исо-Пюхьярви, Крошнозеро). Помимо этого, на побережье некоторых озер расположены животноводческие комплексы (оз. Сямозеро), зверофермы (оз. Святозеро), рыбохозяйственные объекты (оз. Сямозеро, Крошнозеро), а также лесоперерабатывающие и разнопрофильные промышленные предприятия [18]. Изученность планктонной флоры обследованных озер бассейна р. Шуи различна, сведения о видовом составе фитопланктона приведены в публикациях [1, 5, 6, 8, 12, 22—26].

Цель работы заключалась в изучении видовой структуры фитопланктона, установлении экологических особенностей отдельных видов водорослей и выявлении видов — индикаторов экологического состояния озер бассейна р. Шуи.

**Материал и методика исследований.** Сезонные (зима, весна, лето, осень) пробы фитопланктона, отобранные батометром Руттнера (объемом 1 дм<sup>3</sup>) в пелагической части девяти озер в период с 1972 по 1994 г., консервировали йодно-формалиновым фиксатором [13] и концентрировали через мембранные фильтры с диаметром пор 0,95—1,02 мкм. Клетки подсчитывали в камере Нажотта объемом 0,02 см<sup>3</sup>, а биомассу вычисляли объемно-весовым методом [21] с использованием таблиц [14]. Эколого-географические характеристики отдельных видов водорослей устанавливали в соответствии с методами и шкалами [2—4, 7, 16, 19, 20, 27]. Степень сходства таксономического состава фитопланктона оценивали с помощью коэффициента Серенсена [17], а также с использованием кластерного анализа (метод Варда).

### *Результаты исследований и их обсуждение*

В фитопланктоне озер обнаружено 493 вида, разновидностей и формы водорослей, относящихся к 144 родам, 60 семействам, 27 порядкам, 15 классам и 8 отделам. Видовое разнообразие фитопланктона формируется диатомовыми (42%), зелеными (28%), золотистыми (11%) и синезелеными (10%) водорослями при незначительном участии видов из других отделов (Euglenophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Xanthophyta) (табл. 2). Флористические списки фитопланктона обследованных озер приведены в работе [12].

Обнаружено, что 53 (88%) семейства входят в состав зеленых (34%), диатомовых (28%), синезеленых (18%) и золотистых (8%) водорослей и включают 450 видов, разновидностей и форм. Соотношение видов, когда основу списка составляют представители вышеперечисленных отделов водорослей, характерно как для всех обследованных карельских озер бассейна р. Шуи, так и для других водоемов северо-западных и северо-восточных бореальных и субарктических территорий России и Фенноскандии [12].

Ведущими по видовому разнообразию оказались 20 семейств водорослей, объединяющие 308 видов, разновидностей и форм, что составляет почти 66% от общего их количества. Первые места занимают семейства, относящиеся к отделам диатомовых и зеленых водорослей. Наиболее разнообраз-

## 1. Гидрологические и гидрохимические характеристики озер

Озера	Площадь, км <sup>2</sup>	Средняя глубина, м	pH	Цветность, °Pt-Со шкалы
Суоярви	58,5	4,6	6,3	140
Исо-Пюхярви	8,6	3,5	6,6	85
Сямозеро	266,0	6,7	6,9	40
Вохтозеро	8,5	11,5	6,6	38
Крошнозеро	8,9	6,8	7,2	71
Пряжинское	3,6	4,1	7,0	61
Святозеро	9,9	6,8	7,0	16
Перт-озеро	12,8	14,8	7,4	11
Габозеро	2,0	8,0	7,4	13

## 2. Таксономическое разнообразие планктонных водорослей озер

Отделы	Классы	Порядки	Семейства	Роды	Всего видов, разновидностей и форм водорослей
Cyanophyta	2	3	11	19	47
Chrysophyta	1	2	5	12	56
Bacillariophyta	2	7	17	41	208
Xanthophyta	2	2	2	3	11
Cryptophyta	1	1	1	3	13
Dinophyta	1	2	3	4	7
Euglenophyta	1	1	1	2	12
Chlorophyta	5	9	20	60	139
Всего	15	27	60	144	493

ны семейства Naviculaceae (Bacillariophyta) — 50 видов, разновидностей и форм, Desmidiaceae (Chlorophyta) — 30, Synuraceae (Chrysophyta) — 25, Eunotiaceae (Bacillariophyta) — 22, Ankistrodesmaceae (Chlorophyta) — 18, Fragilariaceae (Bacillariophyta) — 17, Stephanodiscaceae (Bacillariophyta) — 16.

Для фитопланктона озер характерно своеобразие видового состава (рис. 1). Диатомовые водоросли являются ведущей по видовому разнообразию группой. Доля видов диатомовых водорослей в озерах составляет 40—50%, за исключением двух озер (Сямозера, Исо-Пюхярви), в которых на долю диатомей приходится 30% всех обнаруженных видов. Разнообразие диатомей в озерах определяют представители двух классов Pennatophyceae (роды *Asterionella*, *Fragilaria*, *Tabellaria*, *Synedra*) и Centrophyceae (роды *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Stephanodiscus*).

Разнообразие зеленых водорослей, составляющих в озерах 20—30%, формируется главным образом за счет хлорококковых (роды *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus*, *Crucigenia*, *Coenocystis*, *Planktocooccus*, *Elakatotrix*), десмидиевых (роды *Cosmarium*, *Closterium*, *Staurastrum*) и вольвоксовых (роды *Pandorina*, *Eudorina*, *Volvox*) водорослей.

Золотистые водоросли в озерах составляют от 5 до 18% флористических списков. Наиболее богаты видами роды *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Chrysococcus*, *Kephirion*, из группы золотистых водорослей.

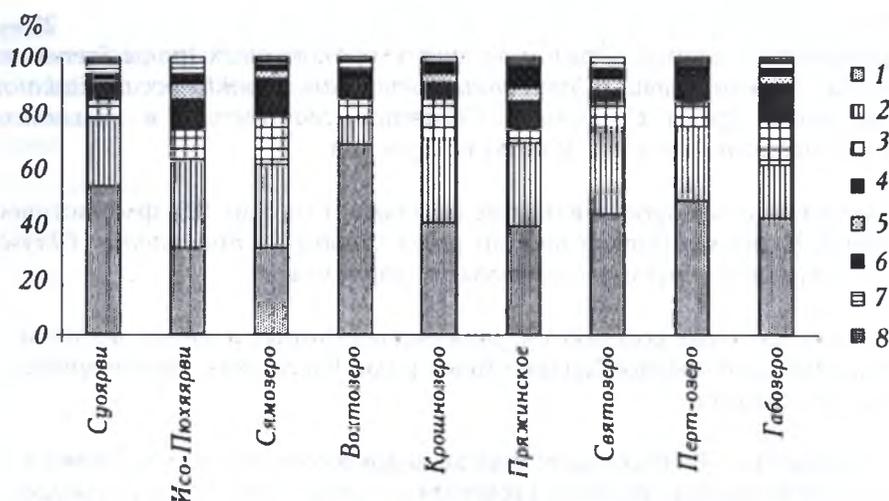
Из синезеленых водорослей, доля видов которых в озерах не превышает 13%, наибольшее разнообразие имеют роды *Microcystis*, *Merismopedia*, *Anabaena*, *Oscillatoria*.

Эвгленовые (1—8% общего списка видов в озерах) представлены видами родов *Trachelomonas*, *Euglena*, криптофитовые (2—7%) — видами родов *Crocomonas*, *Cryptomonas*, *Rhodomonas*, динофитовые (1—5%) — видами родов *Glenodinium*, *Peridinium*, *Ceratium*, а желтозеленые (1—5%) — видами родов *Triboonema*, *Goniochloris*, *Centritractus*.

Сопоставление видового состава фитопланктона озер с использованием индексов биоценотического сходства (коэффициент Серенсена [17]), выявило невысокую степень сходства их флористических списков (табл. 3). Следует отметить, что для озер с повышенным уровнем трофии (евтрофных — Крошнозера, Пряжинского, Святозера, Вохтозера) сходство флор несколько выше и составляет 0,4—0,6.

Кластеризация озер бассейна по видовому составу фитопланктона показала, что высокотрофные (евтрофные), как мезогумусные и низкогумусные, так и циркумнейтральные озера (Крошнозеро, Пряжинское, Святозеро, Вохтозеро) образовали одну группу (рис. 2). Остальные обследованные озера имеют с перечисленными слабую связь.

Эколого-географический анализ фитопланктона показал, что в обследованных озерах преобладают в основном космополитные виды (90%), бореальные и арктоальпийские формы составляют соответственно 9 и 1%. При значительной доле литоральных форм, а также обитателей бентоса и обрастаний (около 40%), представленных в основном пеннатыми диатомеями, большинство обнаруженных водорослей (60%) относится к планктонным формам. По отношению к солености воды все обнаруженные водоросли являются пресноводными, олигогалобами, значительную долю которых составляют индифференты (более 60%). Встречаются в озерах как галофобные, так и галофильные формы. Галофильные виды (*Nitzschia sigma* (Kütz.) W. Sm., *Navicula radiosa* Kütz., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Cocconeis pediculus* Ehr., *Synedra capitata* Ehr., *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Müll.) обнаружены в озерах (Габозеро, Пертозеро, Крошнозеро), для которых характерен более высокий уровень минерализации (37 и 75 мг/дм<sup>3</sup>) по сравнению с другими обследованными озерами.



1. Доля (%) видов водорослей разных отделов в фитопланктоне обследованных озер: 1 — Bacillariophyta; 2 — Chlorophyta; 3 — Chrysophyta; 4 — Cyanophyta; 5 — Dinophyta; 6 — Euglenophyta; 7 — Cryptophyta; 8 — Xanthophyta.

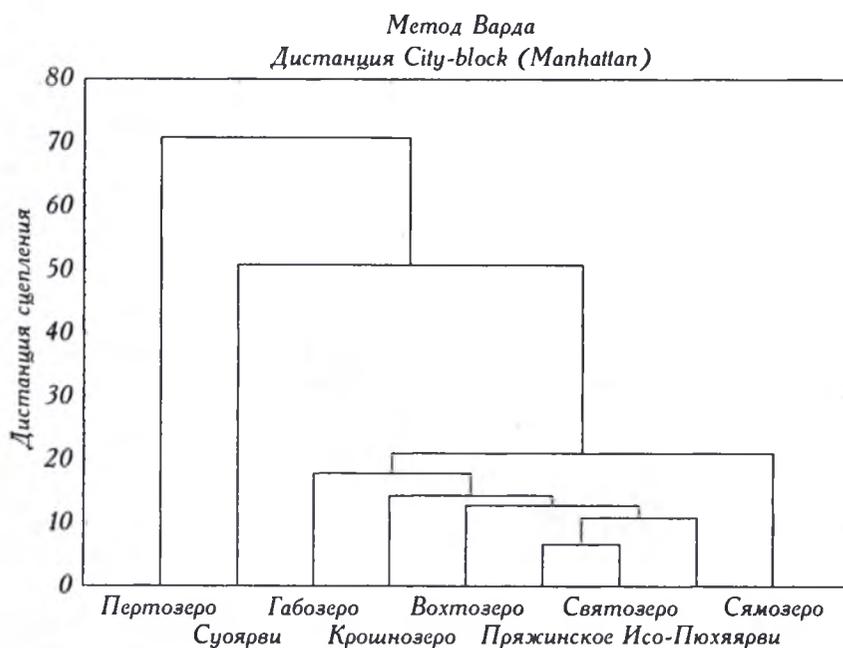
### 3. Коэффициент сходства альгофлоры планктона различных озер

Озера	Перт-озеро	Суоярви	Исо-Пюхярви	Крошно-озеро	Свято-озеро	Пряжинское	Габозеро
Сямозеро	0,25	0,27	0,35	0,46	0,40	0,34	0,22
Пертозеро	—	0,40	0,27	0,24	0,19	0,12	0,28
Суоярви	—	—	0,39	0,39	0,26	0,20	0,14
Исо-Пюхярви	—	—	—	0,49	0,34	0,36	0,28
Крошнозеро	—	—	—	—	0,59	0,39	0,27
Святозеро	—	—	—	—	—	0,39	0,26
Пряжинское	—	—	—	—	—	—	0,15

Для фитопланктона обследованных озер по отношению к кислотности водной среды характерно преобладание видов-индифферентов (63%), при значительной доле алкалифильных форм (25%). Встречены в озерах со слабкокислой реакцией среды (Суоярви, Исо-Пюхярви) ацидофильные формы фитопланктона (*Frustulia rhomboides* (Ehr.) D. T., а также виды рода *Eunotia*).

Большинство видов — индикаторов сапробности относятся к β-мезосапробам и β-мезо-олигосапробам (66%), характеризующим условия средней степени загрязнения. Обитатели зон сильного загрязнения (α-мезосапробы, α-мезо-р-сапробы) составляют 13%, доля ксеносапробов, показателей чистых вод, не превышает 5%.

В озерах, подверженных антропогенному воздействию (оз. Суоярви), а также в озерах, водосборные площади которых освоены в хозяйственном



2. Дендрограмма группировки озер бассейна р. Шуя на основании сходства и различия видового состава фитопланктона.

отношении в наибольшей степени (Пертозеро, Сямозеро, Исо-Пюхярви, Крошнозеро, Святозеро), обнаружены виды — индикаторы сапробности (органического загрязнения) — *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm. (диатомовые), виды родов *Crotonomas*, *Cryptomonas* (криптофитовые), а также родов *Planctococcus*, *Chlamydomonas* и *Sphaerocystiformis* (зеленые водоросли).

Из индикаторных видов, являющихся показателями евтрофирования, а также возбудителями «цветения» воды в озерах, обнаружены *Aphanothece clathrata* W. et G.S.West, *Microcystis aeruginosa* Kütz. (Elenk.), *Anabena lemmermanii* P. Richt, *Anabaena spiroides* Kleb., *Gloeotrichia echinulata* (J. S. Smith.) P. Richt. (синезеленые), *Volvox globator* (Linne.) Ehr., *Eudorina elegans* Ehr. и *Tribonema affine* West.

### Заключение

Видовое разнообразие фитопланктона озер бассейна р. Шуи сформировано диатомовыми, зелеными, золотистыми и синезелеными водорослями. Для каждого озера бассейна характерен специфический комплекс видов, что подтверждается невысокой степенью общности альгофлор водоемов по коэффициенту Серенсена.

Своеобразие видового состава озер определяется как природными особенностями водосборов, так и разной степенью антропогенного воздействия на во-

доемы, а также сочетанием таких признаков, как уровень трофии, цветность и рН воды.

Для фитопланктона озер характерно преобладание космополитных форм при существенной доле бореальных и арктоальпийских видов. Эколого-географический анализ показал, что в водоемах преобладают индифферентные по отношению к солености и активной реакции среды виды. Большинство видов — индикаторов сапробности относится к  $\beta$ -мезосапробным и  $\beta$ -мезо-олигосапробным формам.

На основе анализа экологических особенностей обнаруженных видов в фитопланктоне выявлены виды — индикаторы различных условий среды обитания (ацидификации, гумификации, органического загрязнения).

\*\*

*У складі планктону дев'яти озер, розташованих в найбільш освоєному у господарському відношенні басейні р. Шуї (великий приток Онежського озера), знайдено 493 види, різновиди і форми водоростей. Видове різноманіття фітопланктону формується діатомовими (42%), зеленими (28%), золотистими (11%) та синьозеленими (10%) водоростями. Наведено відомості щодо особливостей таксономічної структури фітопланктону і екології окремих видів планктонних водоростей в озерах басейну. Виявлено види — індикатори екологічного стану озер басейну р. Шуї. Своярідність видового складу фітопланктону озер визначалася як природними особливостями водозборів, так і різним ступенем антропогенного впливу на водойми, а також сполученням таких ознак, як рівень трофності, кольоровість та рН води.*

\*\*

*Surveys of nine lakes within the most actively exploited watershed of the River Shuja (large stream flowing to Lake Onego) yielded 493 algal taxa. The species diversity of phytoplankton is made up of diatoms (42%), green algae (28%), golden algae (11%) and cyanobacteria (10%). The paper presents data on distinctive characteristics of the taxonomic structure of phytoplankton communities and ecology of individual species of planktonic algae in lakes within the watershed. Indicator-species of the condition of the water bodies were identified. Distinctions between the lakes' algal floras was due both to natural characteristics of the watersheds and to different degrees of human impact on the water bodies, as well as to the combination of traits such as the trophic level, water colour and pH.*

\*\*

1. Балонов И.М. Золотистые водоросли сем. Synuraceae Lemm. водоемов Карелии // Тр. Ин-та биологии внутр. вод. Флора и растительность водоемов бассейна верхней Волги. — 1979. — Вып. 42 (45). — С. 3—26.
2. Баринова С.С., Мегведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды — Тель-Авив, 2006. — 498 с.
3. Библиографический указатель по теме «Биологический указатель качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. — Л.: Наука. 1974. — 53 с.
4. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник. — Киев: Наук. думка, 1989. — 608 с.

5. Генкал С.И., Иешко Т.А., Чекрыжева Т.А. Материалы к флоре Bacillariophyta Карелии. Пертозеро. 1. Centrophyceae // Альгология. — 1997. — Т. 7, № 3. — С. 297—300.
6. Генкал С.И., Иешко Т.А., Чекрыжева Т.А. Материалы к флоре Bacillariophyta Карелии. Пертозеро. 2. Pennatophyceae // Там же. — № 4. — С. 396—399.
7. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли — индикаторы природных условий водоемов в голоцене. — Л.: Наука, 1985. — 244 с.
8. Иешко Т.А. Фитопланктон озера Пертозера // Биологические ресурсы внутренних водоемов и их использование. — Петрозаводск: Изд-во Петрозавод. ун-та, 1989. — С. 21—34.
9. Каталог озер и рек Карелии. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 2001. — 290 с.
10. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 2007. — 395 с.
11. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. — М.: Наука, 1984. — 207 с.
12. Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г.. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 2006. — 81 с.
13. Кузьмин Г.В. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. — М.: Наука, 1975. — С. 73—84.
14. Кузьмин Г.В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. — Магадан: ДВ НЦ АН СССР, 1984. — 47 с.
15. Лозовик П.А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: Автореф. дис. ... докт. хим. наук. — М., 2006. — 59 с.
16. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. — Л.: Наука, 1974. — 60 с.
17. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. — М.: Мир, 1992. — 184 с.
18. Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 1991. — 212 с.
19. Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли-показатели солености воды // Диатомовый сборник. — Л.: Наука, 1953. — С. 186—205.
20. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. — Л.: Наука, 1990. — 184 с.
21. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 166 с.
22. Чекрыжева Т.А. Видовой состав фитопланктона некоторых озер и рек Карелии // Препринт доклада на Ученом Совете Ин-та водных проблем Севера Кар НЦ РАН. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 1990. — 39 с.
23. Чекрыжева Т.А. Фитопланктон оз. Суоярви // Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 1991. — С. 122—126.
24. Чекрыжева Т.А. Водоемы среднего участка реки Шуи и озеро Ведлозеро. Фитопланктон // Современное состояние водных объектов Карелии. По

- результатам мониторинга 1992—1997 гг. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. — С. 148—150.
25. *Чекрыжева Т.А., Власова Л.И.* Планктон и качество воды оз. Исо-Пюхьярви Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 1991. — С. 174—175.
26. *Чекрыжева Т.А., Потахин М.С.* Фитопланктон разнотипных озер бассейна реки Шуя (Карелия) // Тр. Кар НЦ РАН. Сер. Биogeография. — Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 2008. — С. 148—156.
27. *Sladecek V.* System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. — 1973. — Н. 7. — Р. 1—128.

Институт водных проблем Севера  
Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Поступила 08.09.10