

ЭКОЛОГИЯ

УДК 582.26 (571.513)

Е.Г. Макеева

ВОДОРΟΣЛИ ОЗЕР СТЕПНЫХ УЧАСТКОВ ЗАПОВЕДНИКА «ХАКАССКИЙ»

В статье обсуждаются результаты исследований альгофлоры озер Государственного природного заповедника «Хакасский». Таксономический список водорослей представлен 562 таксонами видового и внутривидового ранга, принадлежащими к 121 роду, 60 семействам и 10 отделам (*Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Charophyta*, *Dinophyta*, *Chrysophyta*, *Xanthophyta*, *Cryptophyta*, *Rhodophyta*).

Ключевые слова: альгофлора, озера, заповедник «Хакасский».

E.G. Makeeva

ALGAE OF THE LAKES IN THE STEPPE AREAS OF THE NATURE RESERVE «KHA KassKY»

The research results of algal flora of the lakes in the State nature reserve «Khakassky» are discussed in the article. Taxonomic list of algae is presented by 562 taxons from specific and intraspecific order, belonging to 121 genus, 60 families and 10 divisions (*Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Charophyta*, *Dinophyta*, *Chrysophyta*, *Xanthophyta*, *Cryptophyta*, *Rhodophyta*).

Key words: algal flora, lakes, nature reserve «Khakassky».

Введение. Степная часть заповедника «Хакасский» включает семь кластерных участков, расположенных в пределах степного и лесостепного поясов растительности в левобережной части Назарово-Минусинской впадины. На территории участков имеется ряд озер, различающихся по площади, глубине, степени минерализации (табл.).

Основные сведения об озерах степных участков заповедника «Хакасский»

Озеро	Площадь водного зеркала, км ²	Глубина (максимальная), м	Минерализация, г/л	pH
Иткуль	23,25	17	0,6–0,7*	8,6–8,8
Спиринское-4	0,41	2	0,82*	7,2–7,6
Лиственки 1	0,14	5	2,73*	8–8,2
Лиственки 2	0,11	12	6,54*	8–8,4
Терпекколь	0,41	1,5	12,4*–33,7	9,7–10,1
Шира	35,9	21,8	16,6*–21,9	8,9–9,2
Улугколь	7,5	2,7	18,3*–51,5	9,4–9,7

* Минерализация в период исследования.

Озера Лиственки находятся на участке «Подзаплоты» в Июсской лесостепи Июсо-Ширинского (Северо-Хакасского) степного округа, в 150 м друг от друга. Озера бессточные, солоноватые, вода сульфатно-гидрокарбонатная, магниевно-натриевая.

Озера Иткуль, Шира, Спиринское расположены в Ширинской озерно-котловинной степи Июсо-Ширинского степного округа, на участках «Озеро Иткуль», «Озеро Шира». Оз. Иткуль пресное, основными ионами являются гидрокарбонаты, катионы магния и кальция, в него впадает река Карыш и два ручья, а вытекает один небольшой ручей Тушинский, опосредованно связанный с рекой Туим. В сухие годы этот ручей полностью пересыхает, и озеро становится бессточным [1].

Озеро Спириновское-4 находится в 1,8 км юго-восточнее озера Иткуль. Практически все берега заболочены. С юго-восточной стороны в него впадает несколько ручьев. Вода сульфатно-хлоридная, натриево-магниевая.

Озеро Шира приурочено к бессточной впадине, с юго-восточной стороны впадает река Сон. По составу озерная вода хлоридно-сульфатная, магниевая-натриевая. Расстояние между озерами Иткуль и Шира около 4 км.

Озера Улугколь, Терпекколь расположены в Уйбатской степи Приабаканского (Центрально-Хакасского) степного округа на участке «Камызякская степь с озером Улугколь», на расстоянии 500 м друг от друга. Озеро Терпекколь бессточное, мелководное, минерализованное. По составу вода хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатная, натриевая.

Озеро Улугколь представляет собой бессточный водоем, с северной и западной сторон в него впадают три небольших ручья. Вода сильно минерализована, сульфатно-хлоридная, натриево-калиевая [6].

Цель исследований. Изучение и сравнение видового состава водорослей озер степной группы участков заповедника «Хакасский».

Анализ литературных источников, посвященных изучению альгофлоры озер, входящих в состав заповедника, приведен ранее [7].

Материалы и методы исследований. Материалом для исследований послужили пробы фитопланктона, фитобентоса, фитоперифитона, собранные в период с мая по сентябрь 2006–2009 гг. Отбор и обработку альгологических проб проводили по общепринятым методикам [2], был использован «живой» и фиксированный 4 % формалином материал.

Флористический анализ проводили с использованием общепринятых показателей и коэффициентов [14]. Также для анализа данных применяли меры включения и их представление в виде ориентированного графа (графа включения) [13]. Основой расчета мер включения являлась матрица абсолютных мер сходства, содержащая информацию о количестве видов в каждой флоре и о количестве общих видов для каждой пары сравниваемых флор. По матрице мер пересечения была рассчитана матрица мер включений по формуле:

$$K_0(A; B) = \frac{c}{b}, K_0(B; A) = \frac{c}{a},$$

где $K_0(A; B)$ – мера включения множества B в A ; $K_0(B; A)$ – мера включения A в B .

По данным матрицы мер включения был построен ориентированный граф (рис.).

Результаты исследований и их обсуждение. В настоящее время в озерах степных участков заповедника «Хакасский» обнаружено 428 видов (562 вида, разновидности и формы) водорослей, относящихся к 121 роду, 60 семействам из 10 отделов. В общее число таксонов включены пять нитчатых водорослей из отдела *Chlorophyta* (*Vaucheria* sp. ster., *Bulbochaete* sp. ster., *Zygnema* sp. ster., *Spirogyra* sp. ster., *Mougeotia* sp. ster.), которые были найдены в стерильном состоянии и поэтому не определены до вида. Из определенных нами водорослей 378 видов, разновидностей и форм являются новыми для исследуемых озер.

По числу видов в общем списке озер заповедника преобладают отделы *Bacillariophyta* – 51,4 %, *Chlorophyta* – 21,7, *Cyanophyta* – 20,3 %. На отделы *Chrysophyta*, *Xanthophyta*, *Cryptophyta*, *Dinophyta*, *Euglenophyta*, *Rhodophyta*, *Charophyta* приходится 6,6 % общего видового состава.

Основу головной части флористического списка составляют таксоны отдела *Bacillariophyta* (220 видов, 324 таксона видового и внутривидового ранга). Подавляющее число диатомовых, обнаруженных в озерах, принадлежат классу *Pennatophyceae* (96,8 % видового состава) и лишь 7 видов к классу *CentropHYceae*. Центрические диатомеи представлены во флоре исследованных водоемов порядками *Thalassiosirales* и *Aulacoseirales*, семействами *Stephanodiscaceae* и *Aulacoseiraceae*. Наибольшее значение имеет род *Cyclotella* с 5 видами. В классе *Pennatophyceae* порядок *Araphales* представлен семействами *Fragilariaceae*, *Diatomaceae*, *Tabellariaceae*. Выделяются роды *Fragilaria* (15 видов и внутривидовых таксонов) и *Synedra* (10). Основная масса видов данных родов выявлена в оз. Иткуль. Порядок *Raphales* включает 11 семейств, из которых наиболее представительными являются *Naviculaceae* (109 видов и внутривидовых таксонов), *Nitzschiaceae* (50), *Cymbellaceae* (34). Основное число таксонов составляют роды *Navicula* (61), *Nitzschia* (47), *Cymbella* (26 видов и внутривидовых таксонов). Представители *Bacillariophyta* в озерах заповедника в основном являются обитателями грунтов и обрастаний.

Второе место по числу видов занимает отдел *Chlorophyta* (93 вида, 100 видов, разновидностей и форм), включающий пять классов (*Volvocophyceae*, *Chlorococcophyceae*, *Siphonocladophyceae*,

Ulothrichophyceae, *Conjugatophyceae*), 9 порядков, 21 семейство. Из класса *Volvocophyceae* обнаружено два представителя – *Dunaliella salina* Teod. (оз. Улугколь), *Chlamydomonas monadina* (Ehr.) Stein (оз. Иткуль). Класс *Chlorococcophyceae* объединяет 9 семейств, 58 видов, представленных 62 таксонами рангом ниже рода. Ведущими являются семейства *Scenedesmaceae* (24 вида, разновидности и формы), *Oocystaceae* (11), роды *Scenedesmus* (18 таксонов видового и внутривидового ранга), *Oocystis* и *Pediastrum* (по 6). Из сифонокладовых выявлены *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kütz., *Vaucheria* sp. Среди *Ulothrichophyceae* всего обнаружено 10 видов, разновидностей и форм, распространены семейства *Ulotrichaceae* (роды *Ulothrix* и *Uronema*), *Chetophoraceae* (*Stigeoclonium*, *Chaetophora*), *Oedogoniaceae* (*Oedogonium*, *Bulbochaete*). Конъюгаты насчитывают 23 таксона видового и внутривидового ранга, наиболее разнообразны десмидиевые (20 видов, разновидностей и форм), среди которых выделяется род *Cosmarium* (13 видов, представленных 15 таксонами рангом ниже рода).

Синезеленые водоросли по видовому составу занимают третье место, объединяют 87 видов (105 таксонов видового и внутривидового ранга) из 26 родов, 15 семейств, трех классов. Хроококковые включают 31 вид (43 вида, разновидности и формы), наиболее богаты роды *Gloeocapsa* (10 таксонов видового и внутривидового ранга) и *Microcystis* (9). Гормогониевые более разнообразны – 55 видов (61 таксон видового и внутривидового ранга). Порядок *Oscillatoriales* (42 вида, 46 видов, разновидностей и форм) преобладает по числу таксонов над порядком *Nostocales* (12 видов, 14 таксонов). Более высокому разнообразию осцилляториевых над другими порядками синезеленых водорослей способствует повышенная минерализация вод большинства озер. Ведущим семейством является *Oscillatoriaceae* (41 вид, 45 таксонов) с преобладающими родами *Oscillatoria* (19 видов, разновидностей и форм), *Phormidium* (11), *Spirulina* (8). Синезеленые водоросли достигают большого развития в соленых озерах, где выполняют ведущую роль в составе планктонных и бентосных группировок.

Эвгленовые водоросли в озерах заповедника представлены одним классом *Euglenophyceae*, семейством *Euglenaceae*, родами *Trachelomonas*, *Eutreptia*, *Euglena*, *Lepocinclis*, *Monomorphina*, *Phacus*, которые включают в себя 12 видов (14 таксонов видового и внутривидового ранга). В озерах заповедника эвгленовые являются постоянными компонентами прибрежного фитопланктона и фитобентоса.

Из харовых водорослей в озерах обнаружено 5 видов рода *Chara*, распространенных как в пресных, так и в минерализованных водах.

В отделе *Dinophyta* выявлено 4 вида (6 видов, разновидностей и форм), относящихся к 2 порядкам, 2 семействам, родам *Gymnodinium*, *Glenodinium*, *Peridinium*, *Ceratium*. Представители динофитовых встречаются в пресных озерах Иткуль и Спиринское, а также в солоноватом озере Лиственки 2.

В составе *Chrysophyta* было отмечено 4 вида (5 видов и внутривидовых таксонов), принадлежащих семейству *Dinobryaceae*, роду *Dinobryon*. Золотистые водоросли обнаружены только в озере Иткуль.

Отделы *Xanthophyta*, *Cryptophyta*, *Rhodophyta* содержат по одному виду. Из желто-зеленых водорослей это *Peroniella minuta*, встреченная в оз. Иткуль; из криптофитовых – *Cryptomonas salina*, вид характерный для соленых озер Шира, Улугколь; из красных – *Chroodactylon ramosum*, обнаруженный в озерах Иткуль и Шира.

В изученных водоемах выявлено большое количество одновидовых семейств (28,3 % от общего числа семейств) и родов (50,4 % родового состава), что является характерной чертой бореальных флор.

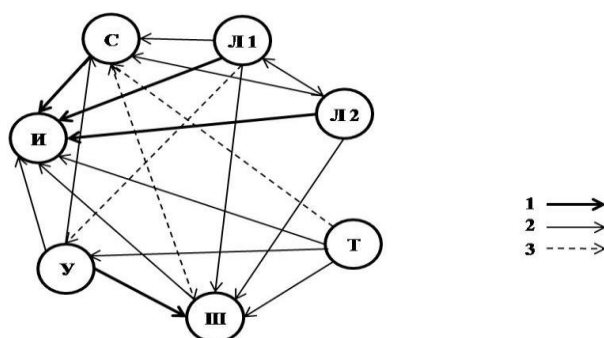
Общими для семи исследованных водоемов явились только 16 родов: *Anabaena*, *Spirulina*, *Phormidium*, *Fragilaria*, *Navicula*, *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Cymbella*, *Amphora*, *Gomphonema*, *Epithemia*, *Nitzschia*, *Oocystis* (13,2 % от общего количества родов). Число общих видов – 11, что составляет 2,6 % видового состава (*Anabaena variabilis*, *Navicula cryptocephala*, *N. halophila*, *N. menisculus*, *N. radiosa*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella affinis*, *C. helvetica*, *C. pusilla*, *Amphora ovalis*, *Nitzschia tibetana*). Данный факт свидетельствует о больших экологических различиях озер заповедника, связанных с разной минерализацией озерных вод.

К группе количественных показателей систематического разнообразия относятся пропорции флоры и родовой коэффициент, более богатые флоры отличаются повышенными значениями этих показателей [14]. Пропорции флоры для общего таксономического состава степных озер заповедника: 1:2,0:7,1:9,4. Насыщенность родов видами – 3,5, видами и внутривидовыми таксонами – 4,6. Сравнение родового коэффициента по отделам показало, что наибольшее видовое богатство характерно для родов отделов *Bacillariophyta*, *Charophyta*, *Chrysophyta*, *Cyanophyta*. Зеленые водоросли занимают пятое место по значению родового коэффициента, что объясняется наличием большого числа маловидовых родов. Относительно высокое среднее число видов в роде для всей флоры озер заповедника 3,5 свидетельствует о наличии автохтонной тенденции в ее развитии.

Проанализируем зависимость флористических показателей от степени минерализации водоемов. Доминирующую роль во флористическом спектре всех озер заповедника играют представители отделов *Bacilla-*

riophyta, *Chlorophyta* и *Cyanophyta*. По числу видов и внутривидовых таксонов на первом месте стоит отдел *Bacillariophyta*. В озерах с минерализацией 0,7–2,7 г/л второе место принадлежит зеленым водорослям с повышением минерализации до 6,5 г/л и более, третье место занимают синезеленые водоросли, роль зеленых ниже за счет обеднения состава семейств *Hydrodictyceae*, *Scenedesmaceae*, *Desmidiaceae*.

В озерах с минерализацией воды более 12 г/л отсутствуют представители отдела *Dinophyta*. Золотистые и желто-зеленые водоросли встречены только в пресном оз. Иткуль. В зависимости от типа озер несколько меняются позиции лидирующих семейств. Представители семейства *Naviculaceae* занимают одни из первых мест во флорах всех озер. В альгофлорах пресных озер далее следует семейство *Cymbellaceae*. В спектре ведущих семейств альгофлоры соленых озер на первом и втором местах стоит семейство *Oscillatoriaceae*. Анализ родовых спектров показал преобладание родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Cymbella* в озерах с минерализацией до 12 г/л, в водоемах с большей минерализацией в число трех ведущих родов входят *Oscillatoria* или *Spirulina*. Число видов и внутривидовых таксонов в озерах также определяется уровнем минерализации. Известно, что видовое разнообразие водорослей снижается по мере нарастания солености [2]. На уменьшение числа видов в минерализованных озерах указывают многие исследователи [3–5, 8–12; и др.]. В водоемах заповедника не наблюдалось прямой зависимости числа видов от степени минерализации. Количество видов, разновидностей и форм в соленом оз. Шира одинаково с таковым в пресном оз. Спиринское – 196. В оз. Улугколь также отмечено довольно большое число таксонов видового и внутривидового рангов – 111. Число видов в соленых озерах значительно пополнилось за счет обследования участков озер, прилегающих к устьям рек, а также прибрежной зоны. В центральной же части озер многие виды отсутствуют. Исключать таксоны, встреченные в зоне смешивания пресных и соленых вод, мы считаем недопустимым. Для соленых озер, имеющих притоки, целесообразно проведение флористического районирования, когда учитывается пространственное разнообразие таксономической структуры водорослей.



Ориентированный граф отношений включения флор озер заповедника «Хакасский»: И – оз. Иткуль; С – оз. Спиринское; Л 1 – оз. Лиственки 1; Л 2 – оз. Лиственки 2; Т – оз. Терпекколь; Ш – оз. Шира; У – оз. Улугколь (меры включения: 1 – от 0,60 до 0,70; 2 – от 0,50 до 0,60; 3 – от 0,40 до 0,50)

Рассмотрим результаты обработки материала с помощью несимметричных мер. При пороге включения 0,60–0,70 ориентированный граф разделяется на две группы (рис.). Первая из них объединяет четыре локальные флоры пресных (Иткуль и Спиринское) и солоноватых (Лиственки) озер. Вторую группу формируют флоры соленых водоемов Шира и Улугколь. Флора соленого озера Терпекколь включена во флоры озера Шира, Улугколь и Иткуль при порогах включения 0,54; 0,52; 0,51 соответственно.

Выводы

В озерах заповедника «Хакасский» выявлено 562 вида, разновидности и формы водорослей из 10 отделов. Основу таксономического спектра составляют представители диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей (93,4 % общего видового состава). Наибольшим видовым богатством отличаются семейства *Naviculaceae*, *Oscillatoriaceae*, *Nitzschiaceae*, роды *Navicula*, *Nitzschia*, *Cymbella*, *Oscillatoria*. Для озер характерна концентрация видовых и внутривидовых таксонов водорослей в сравнительно небольшом числе семейств и родов, что свидетельствует об автохтонном развитии альгофлоры. Отмечено значительное коли-

чество маловидовых семейств и родов (данный факт указывает на сложность флорогенетических процессов и на большую роль миграции в них).

Основными факторами, регулирующими развитие водорослей в озерах заповедника, являются минерализация воды и наличие притоков. Выявлено повышение ранга семейства *Oscillatoriaceae* и рода *Oscillatoria* в озерах с минерализацией более 12 г/л. Анализ, проведенный при помощи мер включения, показал, что наиболее сильные флористические несимметричные связи при пороге 0,6–07 обнаружены между флорами озер Иткуль, Спириновское, Лиственки 1, Лиственки 2, имеющими минерализацию до 6,54 г/л, и между сильно минерализованными водоемами Шира и Улугколь.

Литература

1. Водные ресурсы Ширинского района Республики Хакасия / под ред. В.П. Парначева. – Томск: Изд-во ТГУ, 1999. – 171 с.
2. Водоросли: справ. / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1989. – 608 с.
3. Воронихин Н.Н. К биологии минерализованных водоемов Кулундинской степи // Тр. СОПС АН СССР. – Л., 1934. – Ч. 1. – Вып. 8. – С. 177–183.
4. Воронихин Н.Н. Сравнительная характеристика альгологической растительности пресных и минерализованных водоемов Кулундинской степи // Юбил. сб. Б.А. Келлера. – Воронеж, 1931. – С. 273–279.
5. Коган Ш.И. Водоросли водоемов Туркменской ССР. – Ашхабад, 1972. – Кн. 1. – 250 с.
6. Кривошеев А.С. Лечение и отдых на озерах Красноярского края. – Красноярск, 1991. – 93 с.
7. Макеева Е.Г. Состояние изученности альгофлоры озер степных участков заповедника «Хакасский» // Науч. тр. Ассоциации заповедников и национальных парков Алтае-Саянского экорегиона / под ред. В.В. Непомнящего. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – Вып. 2. – С. 16–20.
8. Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон озер разной минерализации (на примере системы реки Касмалы, Алтайский край) // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. – 2010. – № 6. – С. 67–72.
9. Науменко Ю.В. Первые сведения об альгофлоре соленого озера Шара-Нур (Южная Тува) // Ботан. журн. – 1997. – Т. 82. – № 4. – С. 39–46.
10. Науменко Ю.В. Флора водорослей озера Убсу-Нур // Сибир. экол. журн. – 2003. – Т. 10. – № 4. – С. 415–421.
11. Попова Т.Г. К познанию альгофлоры водоемов Северной Хакасии. Ч. 1. К познанию альгофлоры водоемов Ширинской (Качинской) степи // Изв. Зап.-Сиб. фил. АН СССР. Сер. биол. – 1946. – № 1. – С. 41–72.
12. Сафонова Т.А., Ермолаев В.И. Водоросли водоемов системы озера Чаны. – Новосибирск: Наука, 1983. – 153 с.
13. Семкин Б.И., Комарова Т.А. Анализ фитоценологических описаний с использованием мер включения (на примере растительных сообществ долины р. Амгуемы на Чукотке) // Бот. журн. – 1977. – Т. 62. – № 1. – С. 54–62.
14. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 176 с.

