



УДК 631.466.3(571.53)

Засолённые почвы острова Ольхон и видовое разнообразие почвенных водорослей

О. Г. Лопатовская¹, Е. Н. Максимова¹, Е. Р. Хадеева²

¹Иркутский государственный университет, Иркутск

²Институт географии им. Б. В. Сочавы СО РАН, Иркутск

E-mail: lopatovs@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты анализа засоленных почв Ольхона на Байкале (Иркутская область). Исследованные почвы относятся в основном к серым лесным, чернозёмам текстурно-карбонатным солонцеватым, солонцам тёмным гидрометаморфизированным и солончакам, сформированным вокруг солёных озёр. В накопительных культурах выявлено 32 вида почвенных водорослей, относящихся к четырём отделам: *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* и *Euglenozoa*. По показателю видового разнообразия доминирует отдел *Chlorophyta*. Рассмотрены вопросы встречаемости и распространения водорослей, прослежена взаимосвязь видового разнообразия водорослей со свойствами почв.

Ключевые слова: засоленные почвы, почвенные водоросли, альгофлора, экологическое состояние.

Введение

Остров Ольхон является самым крупным островом озера Байкал. Длина острова составляет примерно 72 км, ширина 15 км, площадь – 730 км². В геологическом отношении территория острова сложена довольно пёстрыми отложениями от кайнозойских озёрных глин и светло-серых песков до позднемелово-эоценовых комплексов возрастом 70–25 млн лет. Климат острова резко континентальный. Количество осадков на острове незначительно и составляет около 200 мм в год. Частые ветры (в среднем 150 дней в году) северо-западного направления достигают скорости примерно 15 м/с. Согласно почвенно-географическому районированию территория относится к горно-котловинной провинции Прибайкалья и Станового нагорья низкогорному округу Ольхона и Приольхонья [3; 7].

Преобладающими почвами на острове являются каштановые и горнокаштановые. В падах и долинах временных водотоков встречаются луговые, лугово-каштановые и дерново-луговые оглеенные почвы с довольно мощным и обогащённым гумусом горизонтом. Локально в западинах и на месте существовавших прежде озёр встречаются солонцы, а в прибрежной полосе солёных озёр под галофитными лугами – солончаки [8; 10]. Именно такие почвы представляют большой интерес для научно-практических изысканий. В последние годы в Приольхонье и на Ольхоне отмечается увеличение пло-

щади солончаков, обладающих неблагоприятными физическими и химическими свойствами. Этому способствует малое количество осадков, из-за чего происходит высыхание солёных озёр, а соли в результате процесса импультверизации переносятся на значительные расстояния от источника образования и засоляют почвы.

Солёные озёра на Ольхоне встречаются в степных комплексах, часто многие из них горько-солёные за счёт аккумуляции минерального вещества в озёрах в силу аридности климата. Химический состав вод солёных озёр различен: гидрокарбонатные натриевые (содовые) озёра с минерализацией от 2–6 г/л до 30–40 г/л; сульфатные натриевые (мирабилитовые) озёра, с минерализацией от 1–50 г/л до 200 г/л; хлоридные натриевые (галитовые) озёра (от 5 до 320 г/л). Солёные озёра имеют химическое, биохимическое, криогенное происхождение. На поверхности солончаков обильны выплеты солей.

Самым крупным солёным озером на острове является Шара-Нур, расположенное в горной части на высоте 750 м над у. м. В настоящее время площадь озера значительно сократилась в размерах в результате высыхания. На освободившейся поверхности образуются засоленные почвы – солончаки.

Широкое развитие засоленных почв в степях Ольхона связано с рядом причин, среди которых на первое место должны быть поставлены особенности геоморфологии, криогенез, а реже – аэральный солеперенос. Например, наличие мерзлоты у поверхности почвы влияет на направление и характер миграции продуктов выветривания, характер передвижения минеральных солей и водорастворимых карбонатов [14]. Поверхностные и надмерзлотные воды в районах с мерзлотой насыщены солями, образующимися при выветривании горных пород. Эти воды, промывая талый деятельный слой почвы до мерзлоты, несут соли в приозёрные понижения, где они, аккумулируясь, тем самым обуславливают формирование засоленных почв в приозёрных понижениях [10].

Нами выявлено, что соли, образующиеся в процессе выветривания и почвообразования, при наличии мерзлоты и равнинном рельефе котловины не выносятся за пределы материнских пород, а испытывают перемещения в пределах оттаивающих горизонтов почвы. Накопившись, они могут вступать во взаимодействие с твёрдой фазой почвы и преобразовывать её. В период промерзания почвы за счёт перераспределения в ней влаги из верхних горизонтов в зону замерзания вода и растворённые в ней соли создают в приозёрных котловинах специфические условия развития почв, например, возникают неустойчивые гидроморфные сочетания почв.

Высокая антропогенная нагрузка оказывает сильное воздействие на экосистемы острова и озера в целом. Важным показателем устойчивости природной среды является экологическое состояние почвы – среды обитания многих живых организмов, для чего традиционно используются параметры физических и химических свойств почв (гранулометрический состав, рН, содержание гумуса, ёмкость поглощения, содержание подвижных элементов, содержание валовых и подвижных форм тяжёлых металлов и др.). Значимой характеристикой в этом плане является также состояние почвен-

ной альгофлоры, с одной стороны – как компонента микробиоценоза, с другой – фитоценоза. Обладая высокой чувствительностью к антропогенному вмешательству, почвенные водоросли могут быть использованы как биоиндикаторы состояния окружающей среды [16]. Сведения о водорослевом населении почв Ольхона и их экологии на сегодняшний день единичны [6; 9].

Целями настоящего исследования стали изучение засоленных почв в районе оз. Шара-Нур на Ольхоне методом почвенных катен и определение видового разнообразия водорослей, населяющих эти почвы.

Материалы и методы

Обследование почв Ольхона проводилось в августе 2014 г. Отбор почвенных образцов проводился согласно общепринятым в почвоведении методам. Были заложены 14 почвенных разрезов в разных районах острова: м. Хобой (разрезы 1, 2), пос. Узуры (разрезы 3, 4), м. Шибетский (разрезы 5, 6), м. Ташкай (разрезы 7, 8), оз. Шара-Нур (трансект-катена, разрезы 9–14) (рис. 1, табл. 1).



Рис. 1. Карта-схема заложения почвенных разрезов в районе оз. Шара-Нур (о. Ольхон, оз. Байкал).

Ниже представлены описания почвенных разрезов 9–14, заложённых по трансект-катене в районе оз. Шара-Нур.

Разрез № 9 заложён на пересохшем дне оз. Шара-Нур.

Рельеф: дно озера.

Растительность: отсутствует.

Координаты: N 53°105'34'', E 107°255'07'', высота 750 м над у. м.



Горизонт	Глубина разреза, см	Описание
	0–0,5(1)	Солевая корка, светло-серая, белесоватая, плотная, вскипает от HCl.
AUca, s	1–4	Тёмно-бурый, влажный, комковато-порошистый, рыхлый, тяжёлый суглинок - глина, включения: единичные корни растений, новообразования не выявлены, вскипает от HCl бурно, характер перехода ясный по цвету, граница перехода карманная.
SS	4–27	Буровато-тёмно-серый, оглеен, мокрый, рыхлый, бесструктурный, иловатый, глина, включения: единичные корни растений, вскипает от HCl бурно, характер перехода неясный по цвету, граница перехода неровная.
Gs	27–45 и ниже	Сизый, глеевый, мокрый, рыхлый, бесструктурный, включений и новообразований нет, бурно вскипает от HCl.

Почва: Солончак сульфидный типичный.

Разрез № 10 заложен на берегу оз. Шара-Нур.

Рельеф: приозёрное понижение.

Растительность: злаки: *Poa pratensis*, *Leymus ramosus*, разнотравье: *Polygonum aviculare*, *Carex cespitosa*.

Координаты: N 53°105'53'', E 107°253'07'', высота 746 м над у. м.



Горизонт	Глубина разреза, см	Описание
AY1	0–7(10)	Буроватый, плотный, свежий, порошистый, лёгкий суглинок, включения: обильные корни растений, в нижней части горизонта встречаются гравелиты, граница перехода чёткая по цвету и плотности, характер перехода неровный, мелкокарманистый.
AY2	7 (10)–15	Буровато-тёмно-серый, более минерализованный, свежий, более рыхлый, порошистый, средний суглинок, включения: корни растений, гравелиты, характер перехода чёткий по цвету и наличию камней, граница перехода волнистая.
AEL	15(20)–35	Светло-серый, рыхлый, свежий, прослойка камней различной окатанности и размеров, в нижней части горизонта более крупные неокатанные камни, от лёгкого до среднего суглинка, характер перехода чёткий по цвету и наличию камней.
G	35–73	Цвет неоднородный: от сизовато-оливкового до охристого, полосчатый, глина, влажный, уплотнён, включения: единичные корни растений, встречаются линзы песка крупнозернистого, серо-сизого цвета 15×20 см, характер перехода чёткий по цвету, плотности и гранулометрическому составу.
Gca	73–96	Сизовато-бурый, бурого больше, отмечается полосчатость, менее уплотнён, липкий, вязкий, влажный, глина, частично опесчанен, бесструктурный, вскипает от HCl.

Почва: Солонец тёмный гидрометаморфизированный.

Разрез № 11 заложен в межгорном понижении севернее оз. Шара-Нур. Рельеф: межгорное понижение; микрорельеф: бугристо-западинный.

Растительность: бобовые: *Vicia cracca*; злаки: *Poa pratensis*, *Elytrigia repens*; разнотравье: *Sanguisorba officinalis*, *Filago arvensis*, *Potentilla anserina*, *Potentilla supina*, *Artemisia vulgaris*, *Carex cespitosa*. Ассоциация: лапчатково-осоковый луг.

Координаты: N 53°106'18'', E 107°252'11'', высота над 748 м у. м.



Горизонт	Глубина разреза, см	Описание
AU1	0–6	Буровато-тёмно-серый, уплотнён, влажный, порошисто-комковатый, лёгкий суглинок, включения: обильные корни растений, встречаются гравелиты, характер перехода постепенный по количеству корней и камней, вскипание от HCl среднее.
AU2sn	6–15	Буровато-тёмно-серый до чёрного, свежий, уплотнён, порошистый, мелкокомковатый, от лёгкого до среднего суглинка, включения: обильно камни, характер перехода резкий по цвету, плотности и степени вскипания от HCl, граница перехода – неровная.
BCAT(s)	15–38	Сильно сцементированный, карбонатный горизонт, очень плотный, белесоватый, сухой, средний суглинок, местами встречаются карманы с наполнением камней, вскипает от HCl, характер перехода чёткий по цвету и степени вскипания.
CRca	38–60 и ниже	На буром фоне светлые (белёдые) пятна карбонатов, вскипают от HCl только они, структура неясно выражена, криогенная, по карбонатным пятнам пылит, плотный, свежий, тяжёлый суглинок, встречаются небольшие кротовины, заполненные гумусом.

Почва: Чернозём текстурно-карбонатный солонцеватый.

Разрез № 12 заложен на склоне межгорного понижения.

Рельеф: склон межгорного понижения, северо-западной экспозиции, кругизной около 5°, микрорельеф: ровный.

Растительность: I ярус: подрост *Pinus sylvestris*; травы: бобовые: нет; злаки: *Stipa baicalensis*, *Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*, *Leymus ramosus*; разнотравье: *Potentilla supina*, *Veronica incana*, *Goniolimon speciosum*, *Dianthus campestris*, *Galium verum*, *Aster alpinus*, *Artemisia frigida*. Ассоциация: полынно-ковыльная степь с подростом сосны.

Координаты: N 53°110'69'', E 107°247'02'', высота над 766 м у. м.



Горизонт	Глубина разреза, см	Описание
AУ	0–8	Буровато-тёмно-серый, рыхлый, сухой, пылевато-слабокомковатый, средне-тяжелосуглинистый, включения: обильные корни растений, встречаются гравелиты, характер перехода резкий по цвету, плотности и гранулометрическому составу, граница перехода волнистая, не вскипает от HCl.
EL	8–20	Буровато-светло-серый, сухой, уплотнён, пылит, слабокомковатая, лёгкий суглинок, включения: обильно камни, характер перехода постепенный по цвету, плотности, не вскипает от HCl, граница перехода нечёткая.
BF	20–49	Бурый однородный, свежий, сильно опесчаненный суглинок, очень плотный, комковатый, включения: камни по всему горизонту, но меньше, чем в верхнем горизонте, единичные корни растений, не вскипает от HCl.
C	49 и ниже	Карбонатный горизонт.

Почва: Серая типичная иллювиально-железистая

Разрез № 13 заложен в межгорном понижении на приозёрной возвышенности в южном направлении от оз. Шара-Нур.

Рельеф: приозёрная возвышенность, микрорельеф: ровный.

Растительность: бобовые: нет; злаки: *Poa pratensis*, *Elytrigia repens*, *Koeleria* sp.; разнотравье: *Polygonum aviculare*. Ассоциация: мятликовый луг.

Координаты: N 53°103'60'', E 107°258'80'', высота над 752 м у. м.



Горизонт	Глубина разреза, см	Описание
AU[S] mg,ca	0 – 10	Буровато-тёмно-серый, рыхлый, свежий, порошистый, лёгкий суглинок, оторфован, включения: обильные корни растений, вскипает, характер перехода явный по цвету, плотности, наличию корней и грансоставу, граница перехода ровная.
AУ[S] ca(s)	10–20	Светло-серый с буроватым оттенком, свежий, плотный, пылевато-слабокомковатый, супесь-лёгкий суглинок, включения: единичные корни растений, вскипает от HCl, характер перехода резкий, граница перехода слабоволнистая.
Vca(s)	20–35	Палевый (на темновато-буром фоне более тёмно-бурые затёки из верхнего горизонта), плотный, свежий, порошистый слабокомковатый, опесчанен, лёгкий суглинок, включения: камни, гравий различного размера, вскипает от HCl, характер перехода неясный по цвету.

Горизонт	Глубина разреза, см	Описание
Cca,s(g)	35–57	Серовато-бурый, плотный, свежий, слабокомковатый, опесчаненный, лёгкий суглинок, включения: единичные корни растений, щебень, вскипает от HCl, характер перехода постепенный по цвету и гранулометрическому составу.
Mca(s)	57–70	Охристо-бурый, очень плотный, свежий, порошисто-слабокомковатый, опесчаненный средний суглинок, включения: единичные корни растений, вскипает от HCl.

Почва: Солончак тёмный.

Разрез № 14 заложен в межгорном понижении в долине оз. Шара-Нур, в южном направлении.

Рельеф: долина, микрорельеф: ровный.

Растительность: бобовые: *Thermopsis lanceolata*; злаки: *Leymus ramosus*, *Koeleria* sp., *Cleistogenes squarrosa*; разнотравье: *Bupleurum scorzonerifolium*, *Veronica incana*, *Aster alpinus*, *Potentilla tanacetifolia*, *Artemisia frigida*. Ассоциация: степь вострещово-володушко-козелецелистная.

Координаты: N 53°102'73'', E 107°260'35'', высота 746 м над у. м.



Горизонт	Глубина разреза, см	Описание
AU[S]	0–15	Тёмно-серый, рыхлый, свежий, слабокомковатый, лёгкий-средний суглинок, включения: обильные корни растений, характер перехода резкий по цвету, плотности, граница перехода неровная, затёчная
Cs,ca	15–34 (35)	Палево-белёсый, окарбоначенный, свежий, плотный, пылеватый, осложнён плитчатостью, средний суглинок, встречаются крупные поры, включения: корни растений, единичные неокатанные камни, характер перехода постепенный по цвету, граница перехода ровная.
Cs,g,ca	34 (35) – 62	Желтовато-бурый, свежий, очень плотный, пылевато-комковатый, включения: камни по всему горизонту, вскипает от HCl.

Почва: Солончак тёмный типичный.

Физико-химические методы исследования почвенных проб включали определение pH, выделение солей в водной вытяжке, определение содержания обменных оснований и микроэлементов, оценку гранулометрического состава согласно общепринятым в почвоведении методикам [2]. Определение содержания микроэлементов проведено авторами с применением метода

оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES DIN 11466 (EN ISO 11885), Hg – DIN 38 406-E 12-1) в Химико-аналитическом центре Института географии им. Б. В. Сочавы СО РАН.

Диагностика видового состава почвенных микроводорослей осуществлялась по общепринятым в почвенной альгологии методам с использованием определителей [1; 4; 11–13]. Для выращивания водорослей применялась жидкая питательная среда Бристоль в модификации Голлербаха [4]. Посев на агаризованные питательные среды применяли для выделения чистых культур некоторых трудно диагностируемых водорослей (представители порядков *Chlorococcales*, *Tetrasporales* и некоторых спорообразующих сине-зелёных).

Результаты и обсуждение

В течение летнего периода максимальные показатели содержания элементов приходятся на верхние горизонты исследованных почв, поскольку интенсивное испарение воды с поверхностей озера и почвы привело к аккумуляции в них солей. В составе обменных оснований присутствуют карбонаты, кальций и магний. Содержание CO_2 и CaCO_3 достигает высоких значений (CO_2 – до 21,3 %; CaCO_3 от 17,5 до 48,5 %). В отдельных случаях отмечаются два максимума. Это может быть связано с утяжелением гранулометрического состава почвы и влиянием уровня грунтовых вод. Уровень грунтовых вод отмечался на глубине 30 см. Очень высокое содержание солей (до 20 %) связано с тем, что вода озера в значительных количествах содержит легкорастворимые соли, по вкусу вода горько-соленая. Показатель pH воды высокий (9,3–10,9), максимальных значений достигает в верхней части профиля, затем вниз по профилю убывает на глубине 5–10 см до 8,40 и вновь возрастает до 9,0 в нижней части профиля.

Почвы вокруг озера относятся к солончакам, в точке заложения разреза 9 на поверхности образуется белёная плотная солевая корка. Показатель pH очень высокий (10,3), с глубиной снижается до 8,6. Такая же тенденция наблюдается в разрезе 13, хотя по гранулометрическому составу почвы из этих разрезов значительно различаются (рис. 2).

В разрезе 13 преобладает фракция крупного песка, при этом показатель pH очень высокий (10,4). В разрезе 10, напротив, значения pH увеличиваются вниз по профилю, хотя по гранулометрическому составу почвы схожи. Можно предположить, что соли с высыхающей поверхности озера выдуваются в восточном направлении по вектору преобладающих ветров.

В образцах из разрезов 10, 12, 14 показатель pH уменьшается с глубиной. В почве из разреза 11 этот показатель незначительно изменяется по всему профилю, но резко снижается на глубине 50 см (табл. 1).

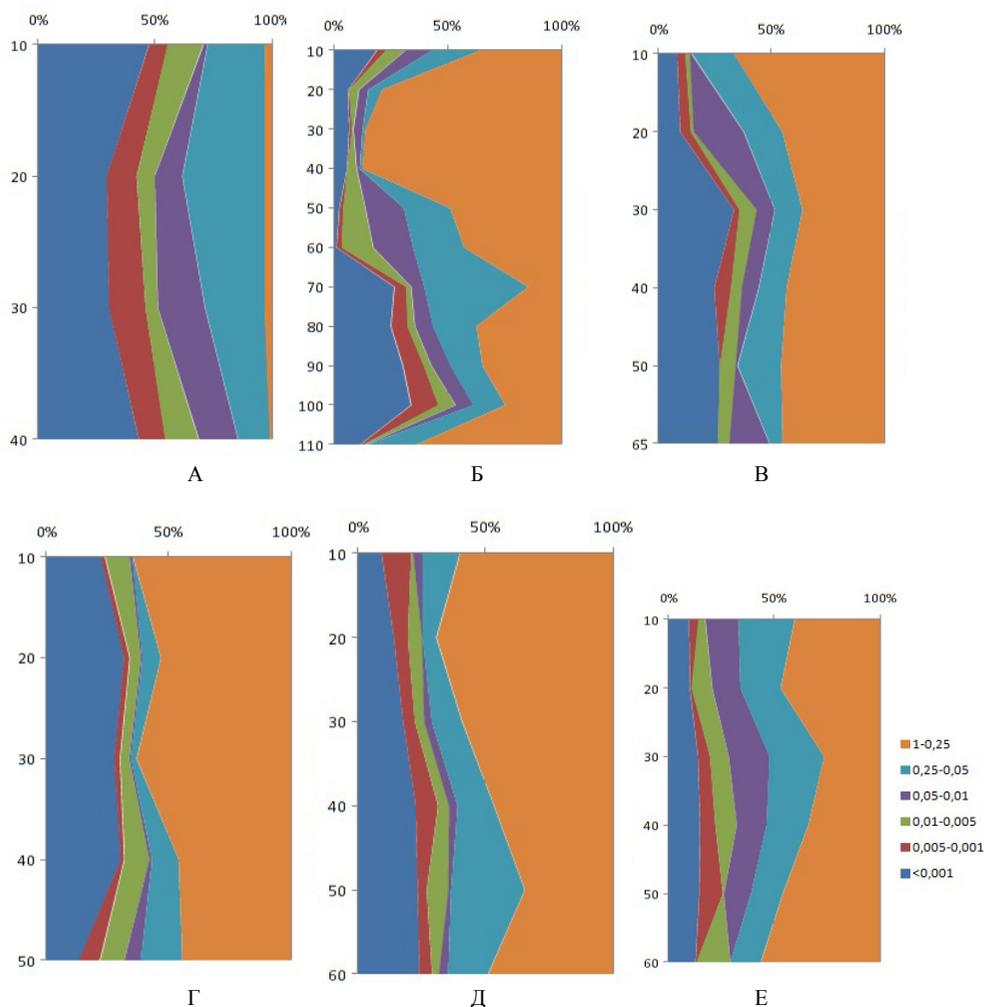


Рис. 2. Распределение гранулометрических частиц по профилю почв из разрезов, заложенных в районе оз. Шара-Нур (о. Ольхон, оз. Байкал) (состав почв). А – разрез 9, Б – разрез 10, В – разрез 11, Г – разрез 12, Д – разрез 13, Е – разрез 14. Размер фракций указан в мм

Результаты анализа водной вытяжки показали, что максимальное содержание легкорастворимых солей в верхнем горизонте почвы достигает 20,9 мг-экв./100 г почвы, постепенно уменьшается на глубине 30 см до 2,13 мг-экв./100 г почвы, а далее вниз по профилю снова постепенно возрастает до 5,76 мг-экв./100 г почвы. Солевой состав почвы в основном однороден. В верхней части засоление гидрокарбонатно-сульфатное натриево-калиевое. В нижней части отмечается увеличение содержания кальция и уменьшение содержания гидрокарбонатов. Засоление изменяется на сульфатное кальциево-натриевое. Содержание гумуса максимальное в верхних горизонтах, вниз по профилю постепенно, в некоторых случаях резко, снижается (см. табл. 1) [6; 15].

Таблица 1

Физико-химические характеристики образцов почв из разрезов,
заложённых в районе оз. Шара-Нур (о. Ольхон, оз. Байкал)

№ разреза, тип почвы	Глубина, см	Содержание гумуса, %	pH
9 Солончак сульфидный типичный	0–2 (солевая корка)	не опред.	10,03
	2–10	29,15	10,04
	10–20	16,60	9,15
	20–30	17,00	8,85
	30–40	7,37	8,6
10 Солонец тёмный гидрометаморфизированный	0–10	39,81	7,86
	10–20	14,28	8,32
	20–30	5,80	8,06
	30–40	1,12	8,12
	40–50	0,64	8,33
	50–60	0,52	8,62
	60–70	0,49	8,59
	70–80	0,90	8,65
	80–90	0,81	8,48
	90–100	1,42	8,24
11 Чернозём текстурно-карбонатный солонцеватый	100–110	11,29	8,5
	0–10	9,50	8,64
	10–20	3,76	8,9
	20–30	1,75	8,75
	30–40	1,85	8,66
	40–50	1,35	8,58
12 Серая типичная иллювиально-железистая	50–65	10,94	6,72
	0–10	2,33	7,22
	10–20	1,66	7,31
	20–30	1,13	7,61
	30–40	1,52	7,74
13 Солончак тёмный	40–50	1,20	9,38
	0–10	6,18	10,39
	10–20	4,38	10,36
	20–30	1,86	10,19
	30–40	1,52	10,01
	50–60	1,73	9,73
14 Солончак темный типичный	60–70	1,13	9,76
	0–10	17,56	7,98
	10–20	1,66	8,8
	20–30	1,13	9,58
	30–40	1,52	9,72
	40–50	17,20	9,8
	50–60	6,18	9,95

Ранее проводившиеся нами исследования показали, что содержание тяжёлых металлов в почвах находится в пределах норм ПДК (Cr – 90, Hg – 2,1, Cd – 5, Pb – 32, Zn – 167, Ni – 104, Cu – 69 мг/кг) и регионального фона (Pb – 16, Zn – 76, Ni – 40, Cu – 20 мг/кг) за исключением меди [5], содержание которой в незначительной степени превышает фоновые значения для региона [7]. Во всех случаях отмечается увеличение содержания веществ в нижней части профиля, что обусловлено особенностями состава почвообразующих пород. Кроме того, в состав некоторых легкорастворимых солей входят микроэлементы. Профильное распределение микроэлементов в целом не подчиняется закономерностям миграции и содержания легкорастворимых солей и обменных форм соединений (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика микроэлементного состава почв в районе оз. Шара-Нур, по данным 2003 г. [7]

Месяц отбора проб	Глубина отбора, см	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
		мг/кг							
Июль	0–10	3,30	4,87	0,57	20,4	12	17	0,2	39,6
	10–35	3,30	4,84	0,55	32,6	9,78	20,1	0,2	32,3
	35–55	4,57	6,82	0,66	36,4	20,4	27,6	0,2	34
	55–70	5,46	3,49	0,99	48,5	30,4	32,5	0,2	39,5
Сентябрь	0–30	3,3	3,15	0,4	20,2	5,41	13,8	0,2	20,1
	30–50	6,19	5,85	0,84	37,9	22,8	25,6	0,2	32,5
	50–70	5,37	6,66	0,91	53	24,3	34,8	0,2	41,7
Граница определения		3,30	3,3	0,33	0,33	0,33	0,7	0,2	0,2
Прибор ICP-OES DIN 11466 (EN ISO 11885), Hg – DIN 38 406 – E 12-1									

Ассоциации почвенных водорослей, входя в состав соответствующих фитоценозов, формируются под влиянием наземной растительности и почвенных условий. Взаимозависимость растительного покрова, почвы и её микроскопического населения обуславливает более или менее чёткую приуроченность группировок водорослей к определённым типам почв и растительным формациям, поэтому, оценивая состояние ассоциаций водорослей, можно получить представление о состоянии почв и окружающей природной среды в целом.

На данном этапе исследований в почвенных накопительных культурах отмечены 32 вида водорослей, относящихся к четырём отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenozoa. Господствующий род во флоре выделить нельзя, так как большинство родов является одновидовыми, а роды *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Chlamydomonas*, *Euglena* и *Tetracystis* содержат по 3 вида каждый.

Отдел Cyanobacteria включает 8 видов прокариотических фотосинтезирующих, азотфиксирующих организмов. Среди них *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Born. et Flah.) Kom. et Anagn. отмечен для четырёх образцов, при этом в массе развивается в образце разреза № 12 с щелочным значением pH (9,9) и низким содержанием гумуса (6,18 %). *Nostoc paludosum* Kütz. ex Born.

et Flah. f. *paludosum* встречается в трёх образцах. Доминирование этих видов в щелочных почвах типично для данной группы, указывая также на антропогенную нарушенность почвенного покрова. Эти виды переживают неблагоприятные условия среды в виде спор, могут сохраняться длительное время в вегетативном состоянии при условии поддержания хорошей водоудерживающей способности слизи (*Nostoc paludosum*).

Виды, выявленные в почвенных образцах, отобранных близ пос. Узуры и м. Шибетский – типичные ксерофиты, преобладающие в сухих почвах, они тяготеют к голым участкам минеральной почвы с низким содержанием гумуса и занимают пространства между растениями (виды рода *Oscillatoria*).

Отделы Bacillariophyta (2 вида), Chlorophyta (19 видов) и Euglenozoa (3 вида) представлены эукариотическими водорослями.

Соотношение отделов водорослей по числу видов в почвенных образцах представлено в табл. 3. Названия отделов приводятся согласно системе, принятой крупнейшим альгологическим интернет-ресурсом AlgaeBase [17].

Таблица 3

Распределение видов водорослей различных отделов по образцам почв о. Ольхон (оз. Байкал), по данным исследований 2014 г.

Отдел	Номер почвенного разреза													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Cyanobacteria</i>			1	2	1		1			2	2	1	3	1
<i>Bacillariophyta</i>													2	1
<i>Chlorophyta</i>	1	1		1	1	5			2	3	2	3	5	1
<i>Euglenozoa</i>					2		1							
Число видов	1	1	1	3	4	5	2	0	2	5	4	3	10	3

Примечание: цифрами указано число видов водорослей, выявленных в почвенном образце.

Наибольшим видовым разнообразием отличается альгофлора образца из разреза № 13: 10 видов, относящихся к трём отделам. В образце разреза № 8 рост водорослей не наблюдался. В образце № 9, заложенном на дне пересохшего озера Шара-Нур, со значением pH 6,6 (кислая среда), отмечено 2 вида. В исследованной почве развиваются зелёные одноклеточные водоросли, рост которых незначителен, а при длительном экспонировании культуры наблюдается гибель клеток. Для образца из разреза № 12 отмечено массовое преобладание *Tetracystis pampae* Brown et Bold, что характерно для лесных почв. В целом наименьшее число видов (1–2) выявлено в пяти образцах. В образцах из разрезов № 5 и 6, собранных в окрестностях зал. Шибетский, в поверхностных горизонтах в культуре в массе преобладают представители отдела Euglenozoa – *Euglena viridis* (Müll.) Ehr., *E. geniculata* Dujardin. Диатомовые водоросли *Hantzschia amphyxis* (Ehr.) Grun. и *Cymbella* sp. отмечены в поверхностных горизонтах разрезов № 13 и 14, заложенных в межгорном понижении со слабощелочным и щелочным значением pH. В образцах почв из разрезов № 5, 7 и 9, отобранных со дна пересохших водоёмов, отмечено от 2 до 4 видов. При этом 4 вида отмечены при показателе pH 8,6, по 2 вида – при более щелочных или кислых значениях среды.

Наибольшее число видов выявлено при значении рН среды 9,9 в образце из разреза, заложенного в межгорном понижении на приозёрной возвышенности с южной стороны оз. Шара-Нур. Преобладание зелёных водорослей в образце противоречит литературным данным и может быть связано с недовыявленностью видового состава. Тем не менее отмечено, что в этой почве доминантом альгоценоза является синезелёная водоросль *Trichormus variabilis*, предпочитающая щелочные значения рН. Меньше всего видов выявлено при слабощелочных и щелочных значениях кислотности в образцах из разрезов 1–3. Два вида обнаружены даже при кислой реакции среды 6,2.

Общая закономерность влияния рН на почвенные водоросли – увеличение видового богатства водорослей при слабом подщелачивании почвы. Показано, что сильное подщелачивание среды, равно как и подкисление, действует на видовое разнообразие как лимитирующий фактор: группировки водорослей становятся олигодоминантными с преобладанием одного-двух видов. При высоких значениях содержания гумуса видовое разнообразие также снижается.

Гранулометрический состав почв, являясь косвенным фактором, тем не менее играет немаловажное значение в распространении водорослей в почвах, поскольку обуславливает водный режим почв. Песчаные почвы более сухие и численность водорослей в них обычно меньше, чем в тяжёлых глинистых. Глины с их высокой влагоёмкостью содействуют массовому разрастанию водорослей на поверхности почв. Пески и супеси, обладая хорошей аэрацией и способностью пропускать свет, способствуют более глубокому проникновению водорослей по почвенному профилю. Для исследуемых почв показано, что наибольшее видовое разнообразие водорослей характерно для средних и лёгких суглинков, обладающих оптимальными для развития водорослей водоудерживающими свойствами и гранулометрическим составом.

Анализ состава и распределения альгофлоры показал, что в структуре альгогруппировок почвенных водорослей в разных районах Ольхона прослеживается ряд общих черт, что выражается в преобладании во всех почвах представителей отдела *Chlorophyta*. Второе по значимости место занимает отдел *Cyanobacteria*, на третьем и четвёртом местах располагаются эвгленовые и диатомовые водоросли (табл. 4). Тем не менее не зарегистрировано ни одного вида, встречающегося во всех образцах. Это подтверждает уникальность природных условий и разнородность параметров почв острова.

Таблица 4

Распределение видов водорослей по отделам в почвенных образцах из различных участков о. Ольхон (оз. Байкал), по данным исследований 2014 г.

Название местности	<i>Cyanobacteria</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Bacillariophyta</i>	<i>Euglenozoa</i>	Всего
	Число видов водорослей				
м. Хобой	–	2	–	–	2
пос. Узуры	3	1	–	–	4
зал. Шибетский	1	6	–	2	9
м. Ташкай	1	–	–	1	2
оз. Шара-Нур	4	11	2	–	17

Примечание: «–» – водоросли не выявлены.

Заключение

Максимальные значения содержания солей зарегистрированы в верхней части профиля заложенных на Ольхоне почвенных разрезов, при этом сумма солей изменяется от десятых долей процента до 20 %, что соответствует сильному засолению. В составе водной вытяжки преобладают анионы: карбонаты, гидрокарбонаты и сульфаты, из катионов – кальций, натрий, калий. Соли концентрируются в верхней части профиля и у границы с грунтовыми водами, что может быть связано с небольшим количеством осадков в летний период. Дефицит влаги вызвал подтягивание солей к поверхности почвы и, как следствие, засоление верхних горизонтов. Показатели pH имеют максимальные значения в верхних горизонтах засоленных почв – 10,4, и снижаются вниз по профилю до 6,4.

В почвах Ольхона выявлено 32 вида водорослей, относящихся к четырём отделам. Доминируют зелёные водоросли, что объясняется преобладанием в альгофлоре широко распространённых видов-убиквистов. Наибольшее число (10 видов) отмечено для образца разреза № 13. В остальных образцах почв выявлено от 1 до 5 видов. Недостаточная изученность альгофлоры не позволяет провести её сравнительный анализ. Однако отмечено, что наибольшее число видов обнаружено в трансект-катене оз. Шара-Нур, это подтверждает уникальность околководной экосистемы солёного озера, что требует тщательного отслеживания её экологического состояния.

В большинстве случаев в почвах формируются олигодоминантные альгоценозы, а комплекс доминантных видов представлен преимущественно широко распространёнными зелёными водорослями (например, *Chlorococcum infusionum* (Schrank) Menegh, *Mychonastes homoshaera* (Skuja) Kalina et Punč. и *Tetracystis* spp.).

На антропогенно нарушенных засоленных почвах с щелочными значениями pH вокруг оз. Шара-Нур в массе развиваются *Nostoc linckia* (Roth) Bornet ex Bornet et Flahault f. *linckia* и *Trichormus variabilis*.

Список литературы

1. Андреева В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли / В. М. Андреева. – СПб. : Наука, 1998. – 351 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
3. Атлас Иркутской области: экологические условия. – М. ; Иркутск, 2004. – 90 с.
4. Голлербах М. М. Почвенные водоросли / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – Л. : Наука, 1969. – 228 с.
5. Контроль химических и биохимических параметров окружающей среды / ред. А. К. Исаева. – СПб. : Эколог, 1998. – 896 с.
6. К характеристике засоленных почв о. Ольхон, Предбайкалье / О. Г. Лопатовская [и др.] // Современ. проблемы науки и образования. – 2016. – № 3. – С. 386.
7. Лопатовская О. Г. Педо-гало-геохимические особенности засоленных почв соленых озер острова Ольхон / О. Г. Лопатовская, Г. В. Кондратьева, Д. Людвиг. – Деп. рукопись ВИНТИ № 195-B2006 27.02.2006.

8. Исследование физиолого-биохимических свойств гетеротрофных микроорганизмов из почв, сформированных на озерных отложениях Приольхонья / О. Г. Лопатовская [и др.] // Современ. проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1446.
9. Структура микробиоценоза засоленных почв острова Ольхон (Прибайкальский национальный парк, Иркутская область) / Е. Н. Максимова [и др.] // Экология родного края: проблемы и пути решения : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Киров, 2016. – С. 152–155.
10. Николаев И. В. Почвы Иркутской области / И. В. Николаев. – Иркутск, 1949. – 404 с.
11. Определитель пресноводных водорослей СССР. – М. : Сов. наука, 1951. – Т. 4. – 619 с.
12. Определитель пресноводных водорослей СССР. – М. : Сов. наука, 1953. – Т. 2. – 652 с.
13. Определитель пресноводных водорослей СССР. – Л. : Наука, 1986. – Т. 10 (1). – 360 с.
14. Угланов И. Н. Физико-химические и мерзлотно-гидрологические особенности пойменно-надпойменных территорий Приангарья / И. Н. Угланов, А. А. Скуратовский, О. Г. Лопатовская // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по подземным водам Востока СССР. – Иркутск ; Юж.-Сахалинск, 1988. – С. 98–99.
15. Шпина Э. А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы / Э. А. Шпина // Бот. журн. – 1990. – Т. 75, № 4. – С. 441–453.
16. Хадеева Е. Р. Гумус засоленных почв Тажеранской степи / Е. Р. Хадеева, О. Г. Лопатовская // Антропогенная трансформация природной среды. – 2012. – № 1. – С. 129–136.
17. Guiry M. D. AlgaeBase. World-wide electronic publication [Electronic resource] / M. D. Guiry, G. M. Guiry. ; National University of Ireland. – Galway, 2014. – URL: <http://www.algaebase.org>.

Saline Soils and Diversity of Soil Algae of Ol'khon Island at Baikal Lake

¹O. G. Lopatovskaya, ¹E. N. Maksimova, ²E. R. Khadeeva

¹*Irkutsk State University, Irkutsk*

²*Institute of Geography SB RAS, Irkutsk*

Abstract. The article presents the results of a survey of saline soils of Ol'khon Island at Baikal Lake (Irkutsk region). In work is shown soil formation of Ol'khon steppes. The classification characteristic of soils is considered. The physical and chemical properties and geochemical features of soils are determined. Sampling is made according to generally accepted in the soil science and algology methods. 14 soil profiles in different areas of the island were investigated. The paper presents the results of analysis of surface soil horizons. Data on soil algal flora of the island are rare. The enrichment cultures revealed 32 species of soil algae, belonging to the four departments: *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* and *Euglenozoa*. Diagnosis of some species continues. *Cyanobacteria devisio* comprises 8 species. *Bacillariophyta divisio* (2 species), *Chlorophyta* (19 species) and *Euglenozoa* (3 species) are eukaryotic algae. Dominates *Chlorophyta* devision. The problems of the occurrence and spread of algae were considered. It is noted that the alkaliza-

tion and acidification of the environment acts as a limiting factor in species diversity. At high humus and species diversity decreases. In the soil oligodontia developing communities, which consist of one or two kinds. In samples from the Shibetsky Cape culture in developing mass representatives *Euglenozoa* division – *E. viridis*, *E. geniculata*. Most genera contains from one to three species. It is shown that algae cenosis differ in qualitative composition in different parts of the island, which is determined by the environmental properties of soils.

Keywords: saline soils, soil algae, algal flora, ecological conditions.

Лопатовская Ольга Геннадьевна
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: 8 (3952) 24–18–70
e-mail: lopatovs@gmail.com

Lopatovskaya Olga Gennadyevna
Candidate of Sciences (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: 8 (3952) 24–18–70
e-mail: lopatovs@gmail.com

Максимова Евгения Николаевна
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
664003 г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 24–18–55
e-mail: evgen_max@list.ru

Maksimova Evgenia Nikolaevna
Candidate of Science (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24–18–55
e-mail: evgen_max@list.ru

Хадеева Екатерина Романовна
ведущий инженер
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: 8 (3952) 42-67-80
e-mail: war_ker@mail.ru

Khadeeva Ekaterina Romanovna
Leading Engineer
Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: 8 (3952) 42-67-80
e-mail: war_ker@mail.ru