

УДК 631.445.52(571.53)

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ О. ОЛЬХОН, ПРЕДБАЙКАЛЬЕ

Лопатовская О.Г., Денисова Т.П., Максимова Е.Н., Хадеева Е.Р.

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск, e-mail: lopatovs@gmail.com

Обследованы почвы о. Ольхон (Предбайкалье, Иркутская область), распространенные вокруг соленого озера Шара-Нур. Отбор проб произведен по трансект-катене. В работе представлены результаты анализа поверхностных горизонтов шести почвенных разрезов. Дана микробиологическая характеристика почв по качественным и количественным показателям автотрофной и гетеротрофной микрофлоры. В почвенных накопительных культурах отмечено 17 видов микроводорослей, относящихся к трем отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta и Chlorophyta. По показателю видового разнообразия доминирует отдел Chlorophyta. При изучении гетеротрофной микрофлоры выявлено 33 морфотипа колоний. Установлена специфичность выросших колоний для различных почвенных образцов. В почве из разрезов № 1, 3, 5 и 6 преобладают G⁻ бактерии, а в образцах № 2 и 4 – G⁺. Спорообразующие бактерии обнаружены во всех почвенных образцах, капсулообразующие отмечались редко. Жгутиковые формы встречались в опытах из разреза № 2. Микроскопические грибы не обнаружены. Показана высокая активность нитрифицирующих бактерий во всех опытных вариантах. Выявлены аэробные и анаэробные азотфиксирующие бактерии и денитрификаторы.

Ключевые слова: засоленные почвы, автотрофная микрофлора, альгофлора, гетеротрофная микрофлора, микробиоценоз, аэробы, анаэробы, азотфиксаторы, денитрификаторы.

TO THE CHARACTERISTICS OF SOIL SALINITY O. OLKHON, BAIKAL REGION

Lopatovskaya O.G., Denisova T.P., Maksimova E.N., Hadeeva E.R.

Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: lopatovs@gmail.com

The study of soil Olkhon (Baikal, Irkutsk region), distributed around the salt lake Shara-Nur. Sampling made by transect-catena. The results of the analysis of the surface horizons of six soil profiles. Dana microbiological characteristics of soils on the qualitative and quantitative indicators of autotrophic and heterotrophic microorganisms. The soil enrichment cultures observed 17 species of microalgae belonging to three departments: Cyanobacteria, Bacillariophyta and Chlorophyta. In terms of species diversity dominated by Chlorophyta department. In the study of heterotrophic microflora found 33 morphotype colonies. Specificity of colonies for various soil samples. The soil of № sections 1, 3, 5 and 6 G⁻ bacteria predominate, while samples 2 and 4 № - G⁺. Spore-forming bacteria were found in all soil samples. Of capsule were rare. Flagellated forms were cut in from the experiments number 2. Microscopic fungi were found. The high activity of nitrifying bacteria in all experimental variants. Revealed aerobic and anaerobic nitrogen-fixing bacteria and denitrifiers.

Keywords: saline soils, autotrophic microorganisms, algaeflora, heterotrophic microflora microbiocenosis, aerobic, anaerobic, nitrogen-fixers, denitrifiers.

Остров Ольхон находится на юге Иркутской области, является частью Байкальской рифтовой зоны и самым крупным островом оз. Байкал. Длина составляет около 72 км, ширина – 15 км, площадь – 730 км². По почвенно-географическому районированию территория относится к горно-котловинной провинции Приольхонья и Станового нагорья, низкогорного округа о. Ольхон (рисунок). В геологическом строении принимают участие глубокометаморфизованные породы архея-протерозоя, рыхлые отложения сложены делювиальными, пролювиальными отложениями. Почвообразующие породы представлены в основном продуктами выветривания метаморфических и изверженных пород: граниты, диориты, кварц-порфириты, фрагментарно – пестрые кайнозойские отложения, сложенные

зелеными озерными глинами и светло-серыми песками [5]. В рельефе широко встречаются эрозионные формы.



Район исследования (А – Иркутская область, Б – о. Ольхон, В – оз. Шара-Нур)

Климат резко-континентальный, значительно смягчается действием оз. Байкал. Ольхон относится к территории с недостаточным увлажнением с умеренно холодной малоснежной зимой и жарким летом, количество атмосферных осадков не более 250 мм в год, суммарная солнечная радиация 4400-4700 МДж/м² в год. Ветра бывают часто, в среднем 150 дней в году, их скорость достигает 15 м/с. Преобладающее направление ветров северо-западное [1].

Основная часть солоноватых и соленых озер Байкальской Сибири располагается в контурах мезо-кайнозойских впадин [3]. Большинство из них невелики по размерам и существенно меняют свою площадь не только по годам, но и по сезонам.

Озеро Шара-Нур расположено на о. Ольхон на высоте 750 м над у. м., имеет площадь 13,8 га. Это самое большое озеро острова, которое содержит в воде соли, в том числе гидрокарбонат натрия [6]. Сумма главных ионов в воде варьирует в зависимости от сезона от 1,35 до 1,90 г/л. На состав и степень минерализации солоноватых и соленых озер Байкальской Сибири, в том числе и оз. Шара-Нур, оказывает влияние разный состав питающих их подземных вод, а также сезонные процессы эвапорации и криогенеза [8].

В настоящее время в Приольхонье и на о. Ольхон отмечается уменьшение площади минеральных озер. При высыхании озер происходит образование засоленных почв – солончаков, которые обладают неблагоприятными физическими и химическими свойствами. В результате процесса импульверизации соли переносятся на значительное расстояние от источника образования и засоляют почвы. Преобладающими почвами являются каштановые и горно-каштановые, среди которых встречаются солончаки [4, 6].

Важную роль в почвообразовании играют микроорганизмы. Однако микробиоценозы почв около оз. Шара-Нур не изучались, хотя эта информация необходима для понимания

тенденций в почвообразовательном процессе околородных экосистем минеральных озер. Результаты изучения почвенной микрофлоры позволяют судить об адаптации организмов к экстремальным условиям среды. Последнее предполагает выделение устойчивых природных штаммов с целью дальнейшего их исследования в области биоприложений [9, 10].

Объекты и методы

В работе приводятся результаты физико-химических и микробиологических анализов поверхностных горизонтов почв, как наиболее быстро реагирующих на антропогенную нагрузку. Отбор почвенных образцов проводился в трансект-катене согласно общепринятым в почвоведении методам: с поверхности до почвообразующей породы, либо до появления грунтовых вод. В настоящий момент дно оз. Шара-Нур пересохло, что связано с периодом минимального количества осадков за летний период. Однако в другие годы озеро наполнено мутной водой.

Определение электропроводности почвенного раствора и pH почв осуществлялось в полевых условиях с использованием прибора фирмы HANNA.

Микробиологические исследования включали выявление автотрофной и гетеротрофной микрофлоры почв. Диагностика видового состава почвенных микроводорослей проведена по общепринятым в почвенной альгологии методам, с использованием отечественных и зарубежных определителей. Для выращивания водорослей применялась жидкая питательная среда Бристоль в модификации Голлербаха [2].

Изучение микробиоценоза почв предусматривало определение нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, свободноживущих аэробных и анаэробных азотфиксирующих бактерий. С целью обнаружения различных групп микроорганизмов использовали селективные питательные среды [7].

Результаты исследования почв

Электропроводность почв, которая указывает на общее содержание минеральных веществ, изменяется в пределах от 0,1 до 10 ppt. Наибольшая электропроводность отмечается на дне оз. Шара-Нур, что характерно для минеральных озер (таблица). Кислотность почв верхних горизонтов колеблется от слабокислого до сильнощелочного (6,2 до 9,9). Такие результаты связаны со специфическими условиями почвообразования на данной территории. В процессе почвообразования принимают участие сульфиды железа, благодаря которым pH становится более кислым. Легкорастворимые соли, в том числе сода, способствуют подщелачиванию почв и воды в озере, что придает им высокие значения (9,9).

Разрез, №	Глубина, см	Электропроводность, ppt	pH	Гумус, %
1	1-4	10	6,2	29,15
2	0-7	0,3	8,1	39,81
3	0-6	0,1	8,6	9,50
4	0-8	Не опр.	Не опр.	2,33
5	0-10	1,0	9,9	6,18
6	0-15	Не опр.	Не опр.	17,56

Содержание органического вещества варьирует в широких пределах от 2,33 % до 39,81 %. Однако, следует отметить, что содержание гумуса выше 15 % указывает на присутствие перегноя, сапропеля, либо органических остатков, разложенных в разной степени, что в свою очередь не является гумусом. Таким образом, на дне озера и части, прилегающей к берегу, содержание органики наибольшее. В данном случае это связано с отложением донного ила – сапропеля [6]. В разрезах 3, 4, 5 содержание гумуса характерно для зональных почв. Наименьшее количество гумуса – 2,33 % отмечено в разрезе 4. Это соответствует содержанию гумуса в дерново-подзолистых и серых лесных почвах.

Разрез № 1 заложен на дне озера Шара-Нур. Растительность отсутствует. Координаты: N 53° 105' 34"; E 107° 255 '07"; высота над у. м. 750 м.

0–0,5 см – солевая корка, светло-серая, белесоватая, плотная, вскипает от HCl.

1–4 см – темно-бурый, влажный, комковато-порошистый, рыхлый, от тяжелого суглинка до глины, включение единичных корней, новообразований не выявлено, вскипает бурно, характер перехода ясный по цвету, карманный.

Разрез № 2 заложен на приозерном понижении озера Шара-Нур. Растительность: разнотравно-осоково-мятликовый луг; во флоре: мятлик луговой, вострец китайский; горец, осока твердоватая. Координаты: N 53 105'53"; E 107 253'07"; высота над у. м. 746 м.

0–7 (10) см – буроватый, плотный, свежий, порошистый, легкий суглинок, обильные включения корней, в нижней части горизонта встречаются гравелиты, граница перехода четкая по цвету и плотности, характер перехода неровный, мелкокарманистый.

Разрез № 3 заложен в межгорном понижении оз. Шара-Нур: бугристо-западинный микрорельеф. Растительность: лапчатково-осоковый луг. Во флоре: горошек мышиный, кровохлебка лекарственная, жабник полевой, лапчатка гусиная, лапчатка поднимающаяся, полынь, осока; мятлик луговой, пырей ползучий. Координаты: N 53 106'18"; E 107 252'11"; высота над у. м. 748 м.

0–6 см – Буровато-темно-серый, уплотнен, влажный, порошисто-комковатый, легкий суглинок, включения: обильно корни растений, гравелиты, переход постепенный, вскипает.

Разрез № 4 заложен на склоне межгорного понижения озера Шара-Нур, ровная поверхность.

Растительность: остепненный сосняк холодно-полынно-ковыльный. Во флоре: ковыль Крылова, житняк гребенчатый, змеевка растопыренная, вострец китайский, лапчатка поднимающаяся, вероника седая, гониолимон красивый, гвоздика разноцветная, подмаренник настоящий, астра альпийская, полынь холодная. Координаты: N 53 110'69"; E 107 247'02"; высота над у. м. 766 м.

0–8 см – Буровато темно-серый, рыхлый, сухой, пылевато-слабокомковатый, средний суглинок – легкий суглинок, обильные включения обильные корней растений, встречаются гравелиты, характер перехода резкий по цвету, плотности и грансоставу, граница перехода волнистая, не вскипает.

Разрез № 5 заложен в межгорном понижении, на приозерной возвышенности с южной стороны оз. Шара-Нур, поверхность ровная.

Растительность: горцово-мятликовый луг. Во флоре: мятлик луговой, пырей ползучий, тонконог, горец. Координаты: N 53°103'60; E 107°258'80; высота над у. м. 752 м.

0–10 см – Буровато темно-серый, рыхлый, сухой, пылевато-слабокомковатый, средний-легкий суглинок, вскипает, включения: обильные корни, гравелиты, переход резкий по цвету, плотности и грансоставу, граница волнистая.

Разрез № 6 заложен в межгорном понижении, на приозерной возвышенности с южной стороны оз. Шара-Нур, ровная поверхность.

Растительность: вострецово-володушково-козелецелистная степь. Во флоре: термопсис ланцетный, вострец китайский, тонконог, змеевка растопыренная, володушка козелецелистная, вероника седая, гониолимон красивый, астра альпийская, лапчатка пижмолистная, полынь холодная. Координаты: N 53 102'73"; E 107 260'35"; высота над у. м. 746 м.

0–15 см – Темно-серый, рыхлый, свежий, структура слабо комковатая, легкий-средний суглинок, не вскипает, густо переплетен корнями, новообразования не выявлены, переход резкий по цвету, плотности, граница перехода неровная, затечная.

Результаты исследования автотрофной микрофлоры (альгофлоры)

На данный момент в накопительных культурах из поверхностных горизонтов шести почвенных разрезов отмечено 17 видов водорослей, относящихся к трем отделам. Из них отдел Cyanobacteria включает четыре вида прокариотических фотосинтезирующих, азотфиксирующих организмов. Так, *Trichormus variabilis* (Kütz. ex Born. et Flah.) Kom. et

Anagn. отмечен для четырех образцов, при этом в массе развивается в образце № 5 с щелочным рН=9,9 и низким содержанием гумуса. Доминирование этого вида в щелочных почвах свойственно данной группе организмов. В целом альгоценоз образца отличается большим видовым разнообразием (9 видов) и представлен видами из трех отделов. Отделы Bacillariophyta (2 вида) и Chlorophyta (10 видов) представлены эукариотическими водорослями. Наименьшее число (2) видов отмечено для образца разреза № 1, заложенного на дне пересохшего озера, с кислым значением рН=6,6. В нем развиваются зеленые одноклеточные водоросли, рост незначителен. Для образца № 4, отобранного из остепненного сосняка, отмечено преобладание в массе *Tetracystis pampae* Brown et Bold, такое доминирование зеленых водорослей свойственно лесным почвам.

Результаты исследования гетеротрофной микрофлоры

При посеве на ГРМ-агар учитывали количество выросших бактериальных колоний и их культуральные свойства по стандартным признакам [7]. В общей сложности выявлено 33 морфотипа колоний, установлена их специфичность для различных почвенных образцов. Микроскопические грибы не выявлены.

При микроскопировании регистрировали количество бактериальных клеток в пяти полях зрения и их морфологию. Диагностировали только палочковидные клетки, среди которых были и отдельные клетки и их цепочки. Незначительное количество подвижных (жгутиковых) бактерий обнаружено в образце № 2. Наибольшая доля Г⁻бактерий обнаружена в образце 5 и более 50 % - в 1, 3 и 6 образцах почвы. В пробах 2 и 4 преобладали Г⁺-бактерии. Во всех почвенных образцах были обнаружены и споро- и капсулообразующие бактерии, но наиболее богаты ими образцы № 5 и 1, 4 соответственно.

Нитрифицирующие бактерии определяли на среде Виноградского по качественным реакциям: окрашиванию среды после трехнедельного культивирования при обнаружении нитритов и нитратов в первую и вторую фазы. Результаты качественных реакций отмечались знаками «+» – есть изменения, «-» – нет изменений. Степень интенсивности протекания реакций обозначали как «+», «++» или «+++». В фазу I наибольшее количество нитритов обнаружено в точках № 1–3, а количество нитратов во всех точках одинаково и слабо выражено. В фазу II во всех образцах отмечается активная реакция на нитриты («+++»); нитраты также обнаружены во всех пробах, но в меньшей концентрации, за исключением реакций в точках № 1, 3 и 6. Среди нитрифицирующих бактерий преобладали микрококки и одиночные палочковидные формы.

Присутствие денитрифицирующих бактерий фиксировали через семь суток выращивания на селективной среде по качественной реакции с дифениламино, которая выражалась газовой выделением. Во всех образцах была обнаружена эта группа

микроорганизмов, представленная в основном микрококками и отдельными палочковидными формами.

При исследовании свободноживущих аэробных азотфиксирующих бактерий, образующих на среде Эшби слизистые колонии, и их способности к капсулообразованию, обнаружено 7 типов слизистых колоний. Наибольшее количество капсулообразующих бактерий зафиксировано в образце № 3, а наименьшее – в точке № 1.

Свободноживущие анаэробные азотфиксирующие бактерии определялись по газообразованию и запаху масляной кислоты. Эта группа бактерий демонстрировала свое присутствие во всех пробах активным проявлением реакций. Установлено, что бактерии, выявленные в опыте, относились к спорообразующим микроорганизмам: в точке № 3 зафиксировано наибольшее количество – 20,9, а в точке № 4 – наименьшее – 1,7.

Выводы

Почвы относятся к солончакам, о чем свидетельствуют: солевая корка на поверхности почв, рН почв, высокое содержание солей, неблагоприятные для произрастания растений физико-химические свойства.

В поверхностных горизонтах исследуемых почв наиболее полно представлены водоросли отдела Chlorophyta, однако ввиду увеличения антропогенной нарушенности территории на место сформировавшемуся видовому разнообразию могут прийти более устойчивые виды – убиквисты, развивающиеся в массе, из отдела Cyanobacteria.

В четырех почвенных образцах преобладают Г⁻-бактерии. Наибольшее количество спорообразующих бактерий отмечено в образце разреза № 5. Наибольшее число капсулообразующих бактерий характерно для точек № 1 и 4. Показана высокая активность нитрифицирующих бактерий во всех опытных вариантах. Денитрифицирующие микроорганизмы были обнаружены во всех анализируемых пробах. Обнаружены аэробные азотфиксирующие бактерии в достаточном количестве, что подтверждается присутствием капсулообразующих форм. Присутствие анаэробных азотфиксирующих бактерий в большом количестве доказано активным газообразованием и интенсивным запахом масляной кислоты.

Список литературы

1. Атлас Иркутской области: экологические условия. – М., Иркутск, 2004. – 90 с.
2. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
3. Дзюба А.А. Распространение и химизм соленых озер Прибайкалья и Забайкалья / А.А. Дзюба, А.К. Тулухонов, Т.И. Абидуева, П.И. Гребнева // География и природ. ресурсы. – 2003. – № 4. – С. 73–78.

4. Классификация и диагностика почв России /Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. Копосов Г.Ф. Генезис почв Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, 1983. – 270 с.
6. Лопатовская О.Г. Педо-гало-геохимические особенности засоленных почв соленых озер острова Ольхон / О.Г. Лопатовская, Г.В. Кондратьева, Д. Людвиг. Депонированная рукопись ВИНТИ № 195-В2006 27.02.2006.
7. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов. – М.: Академия, 2005. – 608 с.
8. Складорова О.А. Геохимия и генезис озер Приольхонья (Западное Прибайкалье): автореферат дис. ... канд. геол.-минералог. наук. – Иркутск, 2004. – 17 с.
9. Novoselova J.P. Laser target evaporation Fe_2O_3 nanoparticles for water-based ferrofluids for biomedical applications / J.P. Novoselova, A.P. Safronov, I.V. Beketov, G.V. Kurlyandskaya, O.M. Samatov, H. Khurshid, Z. Nemati, H. Srikanth, T.P. Denisova // Andrade R.IEEE Transactions on Magnetics. 2014. T. 50, № 11. С. 6971372, USA.
10. Kulesh N.A. Total reflection x-ray fluorescence spectroscopy as a tool for evaluation of iron concentration in ferrofluids and yeast samples / N.A. Kulesh, I.P. Novoselova, A.P. Safronov, I.V. Beketov, O.M. Samatov, G.V. Kurlyandskaya, M. Morozova, T.P. Denisova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Netherlands. DOI: 10.1016 / j.jmmm. 2016.01.095. Available online 29 January 2016.