

13. *Экология реки Вилюй: состояние природной среды и здоровья населения* / Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние. ЯНЦ. Отд. охраны природы. – Якутск: МГП «Полиграфист», 1993. – 240 с.

14. *Легостаева Я.Б., Макаров В.С., Сивцева Н.Е.* Эколого-геохимическая оценка состояния территории г. Якутска и прогноз дальнейшего развития ситуации // Научное обеспечение решения ключевых проблем г. Якутска. – Якутск: ООО «Издательство Сфера», 2010. – С. 185–190.

15. *Макаров В.Н.* Результаты эколого-геохимического мониторинга окружающей среды и стратегия развития г. Якутска // Мат-лы научно-практич. конф.

«Научные и инновационные основы стратегии социально-экономического развития городского округа «Город Якутск» на период до 2030 года» (19–20 декабря 2012 г., г. Якутск). – Якутск: КнигоГрад, 2013. – С. 65–70.

16. *Саввинов Д.Д.* Гидротермический режим почв в зоне многолетней мерзлоты. – Новосибирск: Наука, 1976. – 254 с.

17. *Еловская Л.Г., Коноровский А.К., Саввинов Д.Д.* Мерзлотные засоленные почвы Центральной Якутии. – М.: Наука, 1966. – 272 с.

Поступила в редакцию 21.02.2014

УДК 631.4

«Зверовые» солонцы Юго-Западной Якутии

Р.В. Десяткин

Раскрывается суть термина «солонец» в почвоведении и народного названия выходов минеральных грунтов с повышенным содержанием солей, используемых дикими животными для пополнения запасов в организме некоторых физиологически необходимых элементов и называемых в народе «зверовыми» солонцами. Дается характеристика состава легкорастворимых веществ «зверовых» солонцов бассейна р. Большая Черепаниха (Юго-Западная Якутия).

Ключевые слова: почва, солонец, биофильные элементы, почвенный поглощающий комплекс, состав растворимых солей, тип засоления.

The article reveals the essence of the term “solonetz” in soil science and popular name of output of soils with high mineral salts content, which is used by wild animals for restocking in the body of some physiologically essential elements and which are called in public as beast solonetzic soils. The characteristic of soluble substances of beast solonetzic soils of the Bolshaya Cherepaniha river basin (Southwestern Yakutia) are given.

Key words: soil, solonetz, biophil elements, soil absorbing complex, composition of soluble salts, salinity type.

В Толковом словаре русского языка В. Даля нет определения слова «солонец», но при толковании содержания слова «соль» упоминаются словосочетания «солонцовые степи» и «солонцовый луг». Данный факт указывает на то, что во времена создания словаря еще не было науки «почвоведение» и не велась массовая охота на лесного зверя в местах выхода минеральных грунтов с высоким содержанием солей. Научное значение слова «солонец» связано с почвенным типом, а народное понимание данного слова, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке, чаще всего связано с охотой на диких копытных.

В почвоведении «солонец» – это тип почвы, отличающийся высоким содержанием ионов натрия в почвенном поглощающем комплексе подгумусового (иллювиального) горизонта. Встре-

чаются солонцы преимущественно в засушливых областях бореального, тропического и субтропического поясов. Ареал распространения солонцов охватывает и мерзлотные области, они чаще всего развиваются под сухими и настоящими лугами по долинам рек и аласов в зоне средней тайги. Мерзлотные солонцы имеют несколько опресненный с поверхности слой почвы, который на небольшой глубине (5–20 см) подстилается плотным солонцовым горизонтом ореховатой или призматической структуры [1]. Ниже залегает карбонатный горизонт. В мокром состоянии эти почвы вязкие, липкие. Такие свойства обусловлены присутствием большого количества обменного натрия и щелочной реакцией среды. По степени насыщенности поглощающего комплекса натрием выделяются слабо- (10–15%), средне- (15–20%), сильносолонцеватые (20–30%) почвы и солонцы (>30%). В отличие от солончаков, солонцы содержат водорас-

ДЕСЯТКИН Роман Васильевич – д.б.н., зам. директора ИБПК СО РАН, rvdcs@ibpc.yasn.ru.

творимые соли не в верхних горизонтах, а на некоторой глубине. По этой причине в мерзлотной области чаще всего выделяются солончаковатые солонцы. Их профиль слабо дифференцирован на генетические горизонты.

Особенности мерзлотного почвообразования приводят к присутствию водорастворимых форм натрия в деятельном слое почв и под лесами. Наличие подвижных форм соединений натрия вызывает внедрение ионов натрия в поглощающий комплекс верхних горизонтов лесных почв. С этим явлением связано широкое распространение осолоделых почв и солодей под листовыми и березово-лиственными лесами Центральной Якутии.

Мерзлотные солонцы формируются на материнских породах преимущественно тяжёлого гранулометрического состава, в Центральной Якутии, как правило, они представлены покровными лессовидными суглинками. На лугах растительность представлена специфическими солонцовыми фитоценозами, включающими полыни и другие растения, обладающие глубокой корневой системой. В аласных котловинах на солончаковатых солонцах хорошо произрастает бескильница тонкоцветковая, которая отличается высокими кормовыми качествами. В целом следует отметить, что минеральный состав луговой растительности на солонцовых почвах богат биофильными элементами и содержит значительное количество солей натрия и хлора [2]. Возможно, по этой причине на территории распространения почв щелочного ряда нет необходимости лесным животным искать выходы минеральных грунтов с высоким содержанием солей. Как следствие этому, в Центральной Якутии почти не практикуется охота на «зверовых» солонцах.

Свое название «зверовые» солонцы получили от охотников, которые подстерегали здесь крупных копытных зверей: сохатых, маралов, изюбря, оленей. Для функционирования любого живого организма необходим сбалансированный комплекс минеральных веществ, который животные, как правило, получают из корма. Считается, что хищные животные восполняют свои потребности в микро- и макроэлементах, поедая своих жертв. В отличие от них травоядные животные не всегда могут получить вместе с кормом весь набор веществ для полноценной жизнедеятельности. Необходимость в постоянном потреблении кормов с содержанием достаточного количества микро- и макроэлементов особенно важна для диких зверей. Сбалансированное по минеральному составу питание ускоряет выздоровление животных при травмах и болезнях, помогает легче пережить зимний период. В от-

ветственные периоды жизни диких копытных – во время линьки, роста рогов, при беременности и лактации – потребность в минералах повышается.

Эта проблема особо остро возникает у них при переходе на летние или, напротив, зимние виды кормов. Летние корма содержат мало клетчатки и натрия, поэтому при смене рациона с началом вегетации у животных происходит нарушение кислотно-щелочного пищеварения и организма в целом [3]. Для регуляции обмена веществ и восстановления ионного равновесия в организме животным требуется минеральная подкормка. В дикой природе животные нашли выход из положения, посещая природные солонцы, «земля» которых помимо солей натрия, магния, кальция содержит целый букет макро- и микроэлементов. Элементы и их соединения «зверовых» солонцов помогают животным регулировать биохимические и микробиологические процессы в пищеварительном тракте. Их роль во многом состоит в нейтрализации избытков калия и магния, особенно в начальный период вегетации растительности. В молодой сочной траве содержание калия в 1000 раз больше, избыточное поступление калия может быть причиной плохой усвояемости других элементов [3]. Минеральные сорбенты, особенно натрийсодержащие, способны эффективно снижать действие ядовитых веществ, содержащихся в некоторых растениях.

Большую роль в формировании качества растений любой территории играют почвы, почвообразующие породы, почвенные и подземные воды, рудные проявления, состав атмосферных поступлений (осадки и аэрозоли), т.е. все, что объединяется понятием «геохимический ландшафт» [4–7 и др.]. Особенности геохимических ландшафтов по содержанию тех или иных химических элементов обуславливают избыток или недостаток их в компонентах природной среды локальных территорий (в первую очередь водах и растениях). По этой причине дефицит или избыток какого-либо, необходимого для нормального развития организма, химического элемента вызывает появление очаговых заболеваний геохимической природы, таких как урская (избыток стронция, вызывающий «коряжную» болезнь), зоб (недостаток йода). Как отмечает А.Д. Егоров с соавторами [8], широкое распространение среди крупного рогатого скота Якутии эндемичных заболеваний (диспепсия, беломышечная болезнь, искривление скелета и др.) связано с недостатком или избытком тех или других элементов в кормах.

В.И. Вернадский [9] выделяет 14 химических элементов, которые больше всех накапливаются

в живых организмах и представляют собой концентрационную функцию 1-го рода живого вещества – Н, С, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca и Fe. Выступающий отличительной чертой солонцов – почв и «зверовых» солонцов – химический элемент натрия в списке 1-го рода живого вещества В.И. Вернадского по значимости занимает 5-е место, что указывает на исключительную роль этого элемента в функционировании живых организмов. Как показали исследования А.Д. Егорова [2], в провинции распространения почв щелочного ряда крупный рогатый скот вместе с травой или сеном и водопоя получает в сутки поваренной соли не менее, чем 15–20 г, что полностью покрывает потребности организма животных натрием. Содержание натрия в растениях за пределами провинции распространения почв щелочного ряда недостаточно. Содержание хлора в луговых растениях Западной, Южной и Юго-Западной Якутии уменьшается в 15–30 раз, а натрия – до 20 и более раз [2]. По данным А.Л.Ковалевского [10], фоновое содержание натрия в коре стволов березы плосколистной и бородавчатой, осины дрожащей, сосны обыкновенной, лиственницы даурской и сибирской в регионах Сибири равняется 0,6%. Соотношение фонового содержания натрия в этих местах в коре деревьев к кларку элемента в литосфере равняется 0,3. В то же время это же соотношение для магния составляет 0,9, для калия – 2,0 и кальция – 3,0 и свидетельствует о достаточном содержании данных элементов в древесных растениях Сибири. Таким образом, за пределами провинции почв щелочного ряда животные в сутки вместе с питанием получают лишь доли грамма натрия и нуждаются в дополнительной подкормке. По этой причине дикие животные вынуждены пополнять дефицит натрия на природных «зверовых» солонцах, представленных выходами минерального грунта или водоема. Химический состав «зверовых» солонцов не постоянен: солонцы в разных регионах различаются по количеству в них тех или иных элементов, общей концентрацией и другими параметрами.

Исходя из вышеизложенного, вытекает, что для характеристики «зверовых» солонцов достаточно изучение состава водорастворимых веществ, главным образом, количества важного

для жизни животных элемента – натрия. При этом изучение состава почвенного поглощающего комплекса (ППК) и доли натрия в составе обменных оснований, скорее всего, не требуется по двум причинам. Первое – валовое содержание натрия, входящее в состав ППК, мизерное, и второе – активное участие поглощенных коллоидными частицами почвы ионов натрия в обменных процессах организмов животных сильно затруднено.

Проведено камеральное изучение 3 образцов «зверовых» солонцов из бассейна р. Б. Черепаных (Олекминский район, 60°33′38,3″с.ш.; 120°03′58,2″в.д.). Они представляют собой выходы минеральных грунтов посреди таежной растительности. Визуальная характеристика образцов приводит к мысли, что они не являются выходами материнских горных пород, а скорее всего, представляют собой минеральные горизонты почвенной толщи (переходные от гумусово-аккумулятивных к материнским породам):

– образец №1 – однородный по окраске и структуре, светло-серовато-бурый, среднесуглинистый с небольшой примесью супеси, плитчатый с участием агрегатов листоватого сложения, присутствуют единичные корни растений, небольшое участие слаборазложившихся растительных остатков, бурно вскипает от соляной кислоты;

– образец №2 – однородный по окраске и структуре, бурый, задернованный среднесуглинистый, плотно переплетен корнями травянистых растений, по крупным корням бусы из минерального грунта, много включений из сильно разложившихся растительных остатков, не вскипает от соляной кислоты;

– образец №3 – неоднородный по окраске, светло-серый с бежевым оттенком, среднесуглинистый, листовато-глыбистый, плотный, включений корней почти нет, единичные включения каменистой крошки (до 0,3 см), бурно вскипает от соляной кислоты.

Анализ гранулометрического состава образцов показал, что все они представлены крупнопылевато-мелкопесчаным средним суглинком (табл. 1). Участие илстых частиц невысокое (11–13%), по содержанию физической глины наиболее тяжелый гранулометрический состав имеет образец №2 (29,9%), что возможно объяс-

Т а б л и ц а 1

Гранулометрический состав солонцов

Про-ба	Гигро-влага, %	Удельная масса твердой фазы, г/см ³	Количество частиц (%) с диаметром, мм						Сумма частиц <0,01 мм
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
1	0,47	2,71	1,2	54,6	21,3	3,6	8,4	10,9	22,9
2	1,40	2,53	2,6	46,3	21,2	5,3	12,3	12,3	29,9
3	0,64	2,72	1,6	47,1	23,7	5,1	9,2	13,3	27,6

Состав водной вытяжки солонцов

Проба	рН, водный	Сумма солей, %	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Засоленность		
											степень	тип (по анионам)	тип (по катионам)
1	9,96	0,236	$\frac{0,024}{0,8}$	$\frac{0,085}{1,4}$	$\frac{0,028}{0,8}$	$\frac{0,012}{0,25}$	$\frac{0,010}{0,50}$	$\frac{0,001}{0,05}$	$\frac{0,076}{3,32}$	Следы 0,004	Очень сильная	Хлоридный	Натриевый
2	7,25	0,184	Нет	$\frac{0,055}{0,9}$	$\frac{0,028}{0,8}$	$\frac{0,046}{0,95}$	$\frac{0,021}{1,05}$	$\frac{0,016}{1,35}$	$\frac{0,018}{0,80}$	Следы 0,009	Средняя	Хлоридно-сульфатный	Кальциево-магниевый
3	9,47	0,165	$\frac{0,012}{0,4}$	$\frac{0,067}{1,1}$	$\frac{0,021}{0,6}$	$\frac{0,005}{0,1}$	$\frac{0,005}{0,25}$	$\frac{0,005}{0,45}$	$\frac{0,05}{2,19}$	Следы 0,003	Сильная	Хлоридный	Натриевый

Примечание. В числителе – %, в знаменателе – ммоль.

няется наиболее сильным влиянием почвообразовательных процессов на данный образец. Это подтверждают наиболее темная окраска образца и большее участие органогенных включений: корней и растительных остатков. Образец №1 представлен сильно опесчаненным суглинком с небольшим для солонца содержанием физической глины. В целом гранулометрический состав «зверовых» солонцов бассейна р. Б. Черепаниха, по всей вероятности, диктуется особенностями материнских пород.

Как показали результаты анализа водных вытяжек, все образцы изученных солонцов по почвенной классификации относятся к засоленным почвам (табл. 2). Степень засоления образцов солонцов рассчитана в зависимости от суммарного эффекта токсичных ионов по Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой [11] в эквивалентах хлора. Сумма токсичных солей образца №1 равняется 9,31%, №2 – 1,35 и №3 – 4,99%. По данному показателю первый образец относится к почвам с очень сильной, образцы №2 и №3 – средней степени засоления. При этом солонцы отличаются по типу засоления. Образцы №1 и №3 имеют хлоридно-натриевый, а образец №2 – по анионам хлоридно-сульфатный, а по катионам кальциево-магниевый типы засоления. Тип засоления представленных образцов проявляется и в реакции среды солонцов. Солонцы с хлоридно-натриевым засолением (образцы №1 и №3) имеют очень сильную щелочную реакцию, а образец с малым содержанием натрия – слабощелочную.

Принимая во внимание большую потребность живых организмов в дополнительном приеме солей натрия за пределами провинции распространения почв щелочного ряда, можно предположить, что солонцы, где взяты образцы №1 и №3, являются источником пополнения дефицита натрия. Солонец, где отобран образец №2, имеет по анионам хлоридно-сульфатный, а по катионам кальциево-магниевый тип засоления. В данном случае привлекательным для диких животных выступает, главным образом, сульфат-ион.

В древесных растениях региона фоновое содержание кальция высокое, магния – нормальное [10]. Луговые растения, как все хлорофильные организмы, также богаты кальцием и магнием. Так что биогеохимические особенности региона обуславливают достаток этих элементов для живых организмов. В то же время известно, что сульфат-ион играет большую роль при регулировании окислительно-восстановительных функций и обмена веществ организма. Сера входит в состав трех аминокислот (цистина, цистеина и метионина). Почти все белки включают аминокислоты, содержащие серу, поэтому высока её роль в белковом обмене организма. Сера входит также в состав многих витаминов и ферментов. Таким образом, сера принимает участие в многочисленных реакциях обмена (аэробная фаза дыхания, синтез жиров и др.). Сера также снижает токсическое воздействие свинца на живые организмы. По этой причине диким животным помимо натриевых солонцов в определенных условиях нужны и солонцы с содержанием серы.

Как показали проведенные исследования, солонцы бассейна р. Б.Черепаниха представлены не выходами горных пород, а минеральными горизонтами почв. Они отличаются по содержанию солей, типу засоления, реакции почвенной среды и, имея в своем составе необходимые для нормального функционирования организма элементы (натрий и сера), привлекают диких животных.

Литература

1. Десяткин Р.В., Оконешикова М.В., Десяткин А.Р. Почвы Якутии. – Якутск: Бичик, 2009. – 64 с.
2. Егоров А.Д. Химический состав кормовых растений Якутии (лугов и пастбищ). – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 336 с.
3. Мальцев А. На зверовых солонцах // Охотник и рыбовод Сибири. 08.07.2010. <http://www.oir.su/anons/okhotnik-i-rybolov-sibiri-iyul-2010>.
4. Перельман А.И. Изучая геохимию... (о методологии науки). – М.: Наука, 1987. – 152 с.

5. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высшая школа, 1988. – 325 с.
6. Касимов Н.С. Геохимия степных и пустынных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 184 с.
7. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 294 с.
8. Егоров А.Д., Григорьева Д.В., Курилюк Т.Т., Сазонов Н.Н. Микроэлементы в почвах и лугопастбищных растениях мерзлотных ландшафтов Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1970. – 288 с.
9. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1965. – 374 с.
10. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений. – Новосибирск: Наука, 1991. – 294 с.
11. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Методические указания по учету засоленных почв. – М.: Гипроводхоз, 1968. – 50 с.

Поступила в редакцию 28.01.2014

УДК 614.77:630*114(571.56)

Ферментативная активность мерзлотной лугово-черноземной почвы транспортной зоны «Аэропорт–Якутск»

М.В. Щелчкова, М.С. Жерготова

В результате рассеивания выхлопных газов автомобилей в мерзлотной лугово-черноземной почве транспортной зоны «Аэропорт–Якутск» накапливаются тяжелые металлы Pb, Zn и Cu. Приоритетным загрязнителем является Pb, валовое содержание которого превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в 3 раза. Максимальное содержание кислого растворимого Pb (54 мг/кг) не достигает ПДК, но в 13 раз превышает фоновое значение. Зона загрязнения распространяется на 50 м от источника. Мерзлотная лугово-черноземная почва фонового участка, удаленного от автотрассы на 250 м, характеризуется высоким ферментным потенциалом. Инвертазная, фосфатазная, каталазная активность проявляется во всех генетических горизонтах почвы, включая почвообразующую породу, уреазная и дегидрогеназная активность – преимущественно в гумусово-аккумулятивных горизонтах А и АВ. Загрязнение почв тяжелыми металлами негативно отражается на уровне их каталитической активности. Активность инвертазы падает приблизительно в 3–5 раза по сравнению с фоном, фосфатазы – в 4–5, уреазы – в 3–4, каталазы – в 4–10, дегидрогеназы – в 2–4 раза соответственно. Замедление скоростей биохимических реакций гидролитического разложения и окисления органических веществ понижает экологические функции городских почв транспортных зон. Наиболее чувствительны к загрязнению гидролитические ферменты инвертаза и уреазы и окислительно-восстановительный фермент каталаза. Между активностью этих ферментов и содержанием свинца в почвах выявляется статистически достоверная обратно пропорциональная связь высокой силы ($-0,697 \leq r \leq -0,927$, при $P=0,95$). Активность уреазы, инвертазы и каталазы можно использовать в мониторинге загрязнения мерзлотных почв тяжелыми металлами.

Ключевые слова: выхлопные газы, тяжелые металлы, ферментативная активность почв, гидролитические и окислительно-восстановительные ферменты.

The heavy metals such as Pb, Zn and Cu accumulate in permafrost meadow-chernozem soil of the transport area «Airport–Yakutsk» as a result of exhaust gases dispersion. The priority pollutant is Pb, which total content reaches up to 3 MAC (maximum allowable concentrations). Maximum content of the acid soluble Pb (54 mg / kg) does not reach the MAC, but is 13 times more than background value. The area of contamination extends to 50 m from the source of pollution. Permafrost meadow-chernozem soil of the background portion remote from the highway at 250 m is characterized by high enzyme potential. Invertase, phosphatase, catalase activities are found in all genetic soil horizons, including the soil-forming sediments. Urease and dehydrogenase activities are restricted mainly in the humus-accumulative horizons A and AB. Contamination of soils with heavy metals negatively affects the level of their catalytic activity. Invertase activity drops by about 3-5 times compared with the background, phosphatase activity – in 4-5 times, urease activity – in 3-4 times, catalase activity – in 4-10 times, dehydrogenase one – in 2-4 times respectively. Slow-

ЩЕЛЧКОВА Марина Владимировна – к.б.н., в.н.с. ИЕН СВФУ, mar-shchelchkova@yandex.ru; ЖЕРГОТОВА Мария Сергеевна – стажер-исследователь ИЕН СВФУ, zhergotova87mari@mail.ru.