

УДК 631.445.53:631.416

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МЕРЗЛОТНЫХ СОЛОНЦАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

ПАНОВ Н. П., ЯКИМОВ С. Н.
(Кафедра почвоведения)

В связи с широким ареалом солонцовых почв большое значение имеет исследование состава подвижных соединений в мерзлотных солонцах Забайкалья, что важно для изучения особенностей генезиса этих почв. Экспериментальные работы последних лет [7, 9—12] показали, что солонцовые почвы отличаются от зональных повышенным содержанием подвижных соединений и четкой дифференциацией их по профилю. Для солонцовых почв характерен также значительный запас потенциальноподвижных соединений, природа которых изучена слабо. Приуроченность потенциальноподвижных соединений к солонцовым горизонтам, а также их тесная зависимость от распределения илистых частиц указывают на определенную взаимосвязь этих соединений со вторичными образованиями. Отсюда следует, что потенциальноподвижные соединения, несомненно, участвуют в формировании иллювиальных горизонтов солонцов.

К. К. Гедройц [2] и его последователи связывали образование иллювиальных горизонтов в солонцах с накоплением высокодисперсных коллоидов в результате пептизирующего действия поглощенного натрия. В. А. Ковда [5], не отрицая взглядов К. К. Гедройца, полагал, что солонцеватость сопряжена с интенсивным гидролизом алюмосиликатов при насыщенности их натрием, большое значение при этом придавалось цементующему влиянию подвижных веществ и прежде всего окислам и соединениям кремневой кислоты. Особое место в трактовке генезиса солонцов занимает концепция Б. В. Андреева [1], который объяснял проявление неблагоприятных признаков в малонатриевых солонцах накоплением гидрофильных продуктов, возникающих и накапливающихся вследствие трансформации минералов в ходе воздействия солевых растворов.

А. М. Можейко [8] считает, что элювиально-иллювиальный процесс не является уникальным в формировании профиля солонцов, дополнительным источником накопления глинистого материала в иллювиальных горизонтах этих почв может быть глеевый процесс, который сохраняется в сформировавшемся солонце благодаря исключительно плохим водно-физическим свойствам.

Экспериментальные работы, выполненные на кафедре почвоведения Тимирязевской академии [3, 20], показали, что вынос полуторных окислов в процессе солонцеобразования в значительной мере связан с переводом их в подвижное состояние не под влиянием диспергирующего действия натрия, а в результате развивающихся в почве биохимических восстановительных процессов в периоды временного избыточного увлажнения. Развитию солонцеватости почв также способствует повышенное количество поглощенного магния. Причем непосредственное пептизирующее воздействие магния проявляется только при определен-

ном соотношении его с натрием [13, 16]. В связи с изложенным большой интерес представляют изучение природы подвижных соединений и выяснение их роли в формировании профиля почв солонцовых комплексов в условиях многолетней мерзлоты. Аналогичных исследований в данном регионе не проводилось.

Объект и методика

Исследовались лугово-черноземные и мерзлотные солонцы Еравнинской котловины, расположенной в юго-восточной части Витимского плоскогорья. Она представляет собой впадину, орфографически не резко выраженную, сложенную четвертичными отложениями: супесями, песчано-галечниковой толщей, древнеозерными осадками. Климат котловины суровый, резко континентальный. Среднегодовая температура колеблется от -3 до $-4,9^{\circ}$. Годовое количество осадков не превышает 400 мм; четко выражен летний максимум. Здесь повсеместно распространена многолетняя мерзлота, к концу лета она опускается до 2—3 м. Растительность представлена разнотравно-злаковыми лугами. Строение профиля и морфологические признаки мерзлотного солонца описаны ниже.

Разрез 1 заложен в совхозе «Сосновский» Еравнинского района на опытном поле Бурятского филиала Академии наук в урочище Хайми-сан. Расположен на небольшом микроповышении (приозерная равнина), целина, лесостепь. В травянистом покрове преобладают вострец и мятлик луговой, проективное покрытие 50—60%. Увлажнение атмосферно-мерзлотное. Почва солонец черноземный мерзлотный лугово-степной.

- A₁, 1—10 — темно-серый, пылеватый, уплотнен, обильно пронизан живыми корнями, свежий, от HCl не вскипает, переход ясный по плотности и структуре.
- B₁, 10—40 — темно-серый с черным глянцевым оттенком по граням структурных отдельностей, ореховато-столбчатый, очень плотный, пронизан тонкими корешками, встречается щебенка (1—3 мм в диаметре), свежий, от HCl не вскипает, переход выражен по цвету и структуре.
- B₂, 40—61 — бурый со слабым белесым оттенком от мучнистой присыпки карбонатов, пылевато-комковатый, с гумусовыми затеками по морозобойным трещинам, слабозаметные охристые пятна диаметром 8—10 мм, плотный, бурно вскипает от HCl, переход в следующий горизонт ясный по цвету.
- B_с, 61—76 — бурый, плотный, суглинистый с песчаными влажными прослойками и охристыми пятнами, включения щебенки, пронизан сверху вниз конусообразными гумусовыми затеками по морозобойным трещинам, вскипает от HCl, но слабее, чем в горизонте B₂, влажный, переход заметный.
- C, 76—120 — зернисто-влажный песок, хрящеватый с грубокатанными камешками и небольшими, едва заметными охристыми пятнами, с суглинистыми прослойками, от HCl не вскипает.

Из описания разреза видно, что солонцы мерзлотные четко диагностируются по морфологическим признакам. Наличие постоянного слоя многолетней мерзлоты накладывает специфический отпечаток на строение почвенного профиля. В мерзлотных солонцах четко выражены криогенные явления, о чем свидетельствуют конусообразные трещины, заполненные перемешанной минеральной массой темного цвета.

По механическому составу солонцы Забайкалья представляют собой глинистые и тяжелосуглинистые почвы. Иллювиальные горизонты отличаются повышенным содержанием илистой фракции.

Содержание гумуса в мерзлотных солонцах высокое, с глубиной оно резко уменьшается. Во всех горизонтах мерзлотного солонца, кроме надсолонцового, содержание обменных натрия и магния составляет более 50% от суммы поглощенных оснований. Подробная характеристика химических свойств мерзлотных солонцов представлена в наших предыдущих сообщениях [15, 19].

Подвижные элементы извлекали по методике, описанной в работе [10]. В качестве экстрагирующих реагентов использовали дистиллированную воду и оксалатную вытяжку по Тамму. Для получения вытяжки почву смешивали с водой в соотношении 1:10, взбалтывали на ротаторе 2 ч и затем фильтровали через плотный фильтр (водную вытяжку дополнительно очищали от коллоидной взвеси, пропуская ее через свечи Шамберлена). Указанные реагенты были выбраны в целях выяснения запасов, соотношения и распределения по горизонтам профиля двух категорий элементов: легкоподвижных (водорастворимых) и потенциальноподвижных (оксалатно-растворимых). С помощью оксалатной вытяжки можно составить представление о реальных запасах тех почвенных элементов, которые входят в состав сравнительно неустойчивых минералов или вторичных образований и могут мобилизоваться из них естественными агентами (особенно хелатирующего типа).

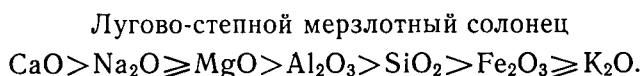
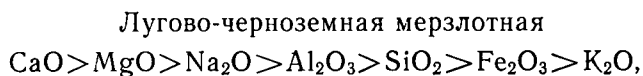
Полученную вытяжку водорастворимых элементов делили на две порции: в одной определяли содержание углерода и простых ионных форм кремния, алюминия, железа, кальция и магния, вторую выпаривали и прокаливали при 400—450° для разрушения органического вещества и комплексных соединений. В осадке определяли суммарное количество SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO и MgO , находящихся в составе всех растворившихся простых и комплексных соединений.

Углерод определяли методом Тюрина, состав гуминовых кислот — по Кононовой и Бельчиковой, кремний — весовым методом, сумму полутороокисей — весовым методом, железо — колориметрически с роданом, кальций и магний — трилонометрически, калий и натрий — на пламенном фотометре (поэтому для них было получено только общее содержание элементов в вытяжке без расчленения на простые и комплексные формы). По разности между данными до и после прокаливания сухого остатка вытяжки рассчитывали содержание простых ионных и комплексных форм каждого элемента с последующим перерасчетом в окислы. Несмотря на условность, такой расчет дает представление о комплексообразовательной способности отдельных элементов и о содержании комплексных соединений в различных почвах или горизонтах профиля.

Результаты исследований

В лугово-черноземных мерзлотных почвах содержится небольшое количество водорастворимых соединений (табл. 1), мало изменяющееся по профилю. В мерзлотных солонцах содержится больше водорастворимых соединений, причем наблюдается четкая дифференциация их по профилю. В надсолонцовом горизонте количество подвижных минеральных соединений минимальное, в солонцовом и подсолонцовом — максимальное (табл. 1).

В мерзлотных солонцах возрастает подвижность минеральных элементов, отмечаются определенные закономерности их распределения по профилю. Увеличение суммы легкоподвижных соединений в солонцах по сравнению с зональными почвами происходит благодаря накоплению кальция, магния и натрия, особенно заметно возрастает их содержание в солонцовом и надсолонцовом горизонтах. Водорастворимые элементы по абсолютному содержанию в почвах мерзлотного комплекса можно расположить в следующий ряд:



В водных вытяжках доминируют кальций и магний, в меньших количествах присутствуют натрий, кремний и алюминий. Абсолютное содержание водорастворимого железа и калия очень мало. Приуроченность подвижных соединений к солонцовым и подсолонцовым горизонтам указывает на взаимосвязь их с развитием солонцового процесса.

Другого рода информацию о природе и особенностях подвижных компонентов почвы дают результаты определения элементов после разрушения в вытяжках комплексных соединений.

Т а б л и ц а 1

Содержание различных форм элементов в водных вытяжках почв лугово-мерзлотного солонцового комплекса

Горизонт и глубина, см	Найдено в растворе после разрушения комплексных соединений*, мг на 100 г							Сумма окислов	Связано в комплексы, % от общего количества растворившегося элемента, перешедшего в вытяжку			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
Солонец луговой степной мерзлотный, разр. 1												
A ₁ , 1—10	13	12	12	41	24	3	16	120	37	58	24	41
B ₁ , 10—40	14	15	10	89	56	4	59	256	44	69	33	43
B ₂ , 40—61	12	16	8	79	74	4	53	246	46	62	35	32
B _c , 61—76	10	15	6	60	51	5	60	226	58	60	35	36
C, 76—120	5	18	14	51	61	2	60	210	56	64	29	26
Солонец лугово-степной мерзлотный, разр. 3												
A ₁ , 1—18	13	11	12	30	30	1	16	112	46	46	28	44
B ₁ , 20—45	16	14	10	80	69	2	52	242	42	59	37	39
B ₂ , 45—60	14	16	3	74	78	2	50	238	43	83	36	38
B _c , 60—80	13	17	6	60	65	3	46	209	51	70	29	30
C, 80—120	7	19	13	40	65	2	62	208	53	69	22	29
Лугово-черноземная мерзлотная, разр. 2												
A ₁ , 2—32	9	8	5	67	12	2	11	113	58	56	29	41
A ₂ B, 32—60	7	12	5	49	26	2	17	117	63	72	42	41
B _к , 60—75	9	11	4	40	29	2	22	116	65	60	40	50
B _c , 75—95	6	14	3	44	34	2	22	125	62	67	33	61
C, 95—120	5	10	4	48	38	3	27	124	63	70	42	65

* Железо до разрушения комплексных соединений не обнаружено, оно полностью было связано в комплексы.

В мерзлотных почвах большая часть подвижных элементов находится в виде комплексных соединений. Из приведенных в табл. 1 данных явствует, что способность различных катионов к комплексообразованию неодинаковая. Наибольшей комплексообразовательной способностью отличается железо (оно находится только в комплексной форме), у кальция и магния способность к образованию комплексов наименьшая (20 и 65%), кремний и алюминий занимают промежуточное положение (соответственно 40 и 70%).

Во всех анализируемых разрезах в верхних горизонтах обнаруживается накопление подвижных форм железа. Если сопоставить содержание подвижного железа в верхних горизонтах с количеством железа в породе, то можно заметить, что в верхней части профиля его содержится в 4—8 раз больше (табл. 2).

Содержание несиликатных полуторных окислов и гуминовых кислот в почвах лугово-мерзлотного солонцового комплекса

Горизонт и глубина, см	Вытяжка Тамма, % к сухой почве		Гуминовые кислоты, % от общего С _{г.к}		С _{г.к} / С _{ф.к}
	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	свободные и связанные с подвижными R ₂ O ₃	связанные с Са	
Лугово-степной мерзлотный солонец, разр. 1					
A ₁ , 1—10	1,48	0,48	65,4	34,6	1,6
B ₁ , 10—40	1,24	0,38	53,8	46,2	1,3
B ₂ , 40—61	0,48	0,20	32,6	67,4	1,1
B _c , 61—76	0,32	0,15	—	—	—
C, 76—120	0,24	0,20	—	—	—
Лугово-степной мерзлотный солонец, разр. 3					
A ₁ , 1—18	1,30	0,54	68,3	31,7	1,4
B ₁ , 20—45	1,18	0,44	54,9	35,1	1,2
B ₂ , 45—60	0,42	0,31	31,4	68,6	1,0
B _c , 60—80	0,28	0,26	—	—	—
C, 80—120	0,14	0,22	—	—	—
Лугово-черноземная мерзлотная, разр. 2					
A ₁ , 2—32	1,02	0,32	31,4	68,1	1,8
A ₂ B, 32—60	0,50	0,30	20,9	79,1	1,7
B _к , 60—75	0,40	0,23	18,4	81,6	1,5
B _{ск} , 75—95	0,42	0,28	—	—	—
C, 95—120	0,28	0,30	—	—	—

Ряд исследователей [7, 18] выделяют несколько этапов криогенного ожелезнения профиля почвы в мерзлотной зоне. В течение весенне-летнего периода содержание железа увеличивается по всему профилю в результате его высвобождения при внутрипочвенном выветривании минералов. В этот же период идет биогенное его накопление в верхних горизонтах. С начала промерзания почвы имеет место криогенная миграция (термоперенос) оксалатно-растворимых форм железа из нижних горизонтов в верхние. Процесс криогенной миграции продолжается и зимой, хотя масштаб ее очень ограничен. Зимой происходят коагуляция и дегидратация коллоидов под влиянием промораживания и снижается растворимость несиликатного железа [17]. Таким образом, мерзлотные почвы ожелезняются вследствие преобладания суммарного эффекта процессов летнего накопления, осенне-зимней миграции и зимнего закрепления оксалатно-растворимых форм железа. Повышенное количество железа в верхних горизонтах солонцов по сравнению с его содержанием в зональных мерзлотных почвах связано с процессами временного глееобразования, обусловленного крайне отрицательными водно-физическими свойствами иллювиального горизонта при оттаивании профиля мерзлотного солонца.

В почвах содержится значительно меньше оксалатно-растворимого алюминия, чем железа. Это объясняется меньшей миграционной способностью алюминия, его слабым вовлечением в биологический круговорот, большей устойчивостью алюмосиликатов к выветриванию по сравнению с устойчивостью ферросиликатов.

Известно, что подвижные органо-минеральные комплексы в основном образуются из несиликатных полуторных окислов и особенно в большом количестве из железа. Из полученных данных (табл. 2) следует, что в состав органического вещества в довольно большом количестве входят подвижные формы гуминовых кислот, что косвенным образом свидетельствует об интенсивном новообразовании гумуса. Посколь-

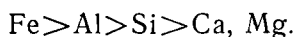
ку период интенсивного гумусообразования совпадает с периодом наибольшего накопления несиликатных полуторных окислов, то, естественно, образуются органо-минеральные комплексы и происходит миграция их в иллювиальный горизонт. Насыщенность поглощающего комплекса натрием и магнием и как следствие крайне неблагоприятные водно-физические свойства иллювиального горизонта вызывают резкую смену окислительно-восстановительных условий на границе солонцового и надсолонцового горизонтов и создают своего рода геохимический барьер. В этой части профиля и осаждаются большинство органо-минеральных и других растворимых форм соединений железа и алюминия, которые затем участвуют в синтезе вторичных глинистых образований, играющих большую роль в формировании иллювиального горизонта. Однако не все количество органо-минеральных соединений железа и других элементов осаждается в солонцовом горизонте. Некоторая часть этих соединений выносится, частично оседает и накапливается в зоне естественного гидрологического барьера, обусловленного многолетней мерзлотой.

Выводы

1. Мерзлотные солонцы отличаются от зональных почв повышенным содержанием водорастворимых соединений и четкой дифференциацией их по профилю (минимум — в надсолонцовом, максимум — солонцовом и подсолонцовом горизонтах).

2. Общая сумма водорастворимых соединений в мерзлотных солонцах по сравнению с их количеством в лугово-черноземных мерзлотных почвах увеличивается в результате накопления кальция, магния и натрия.

3. Значительная часть водорастворимых элементов находится в форме комплексных соединений. Исследованные элементы по интенсивности связывания в комплексы можно расположить в следующий ряд:



4. В мерзлотных солонцах содержится больше потенциально подвижных соединений, чем в зональной почве, среди них преобладают полуторные окислы железа. Это, по-видимому, связано с проявлением временного глееобразования, приводящего к интенсивному накоплению несиликатного железа в почвах, развивающихся в условиях многолетней мерзлоты.

5. Повышенное содержание подвижных гуминовых кислот в иллювиальных горизонтах мерзлотных солонцов (более 50% общего их содержания) свидетельствует об интенсивной миграции их из верхнего горизонта в форме органо-минеральных соединений и активном участии последних в формировании профиля солонцовой почвы.

6. Существенное влияние на развитие солонцового процесса в условиях многолетней мерзлоты оказывают криогенно-анаэробные процессы, при которых более интенсивно идет гидролиз минералов и более заметна роль подвижных соединений в образовании профиля мерзлотных солонцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Б. В. Теоретические основы повышения плодородия солонцов и солонцовых почв. Автореф. докт. дис. Саратов, 1954. — 2. Гейдройц К. К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Носовская с.-х. оп. ст., вып. 46, 1926. — 3. Кауричев

И. С., Непомилуев В. Ф., Поддубный Н. Н. К характеристике окислительно-восстановительных процессов в солонцах и солодах. «Почвоведение», 1959, с. 9. — 4. Кирюшин В. И. О взаимодействии минеральной и органической части почв с водорастворимыми

ми солями в связи с природой солонцоватости. В сб. Вопросы генезиса, мелиорации и охраны почв Северного Казахстана. Целиноград, МСХ СССР, 1972, с. 5.—5. Ковда В. А. Солончаки и солонцы. М.-Л., Изд. АН СССР, 1937,—6. Ларешин В. Г., Кауричев И. С. ОВ-режим почв солонцового комплекса под культурой риса в Сарпинской низменности. «Изв. ТСХА», 1969, вып. 6, с. 91.—7.—Макеев О. В. Криопедосфера. Теория развития и практика использования. В сб.: Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. М., Изд. АН СССР, 1975, с. 13.—8. Можейко А. М. О генезисе магниевых солонцов и некоторые соображения о проекте их окультуривания. В сб.: Мелиорация солонцов, 1967, с. 43.—9. Пак К. П. Вопросы мелиорации солонцов. М., Изд. АН СССР, 1958.—10. Пак К. П., Байтканов К. А., Цюрупа И. Г. Подвижные элементы в почвах солонцового комплекса сухостепной зоны Казахстана. «Вестник с.-х. науки», КазССР, 1968, № 5, с. 36.—11. Пак К. П. Солонцы СССР. М., «Наука», 1975.—12. Панов Н. П., Цюрупа И. Г., Квачи П. К. Сравнительная характеристика подвижных элементов почв каштаново-солонцовых

комплексов. «Изв. ТСХА», 1971, вып. 1, с. 111.—13. Панов Н. П. Генезис малонатриевых солонцов. В сб.: Современные процессы почвообразования. М., ТСХА, 1974, с. 18.—14. Панов Н. П., Гущин В. П. Подвижные соединения в солонцах Южного Заволжья при развитии ирригационных почвенных процессов. «Изв. ТСХА», 1977, вып. 3, с. 115.—15. Панов Н. П., Якимов С. Н. Органическое вещество солонцовых почв Забайкалья. «Изв. ТСХА», 1977, вып. 5, с. 108.—16. Панов Н. П., Адда Л. М. О роли поглощенного магния в развитии солонцового процесса почвообразования. «Изв. ТСХА», 1972, вып. 4, с. 98.—17. Соколов И. А. Специфично ли ожелезнение в горно-таежной мерзлотной области Сибири? «Почвоведение», 1971, № 4, с. 29.—18. Таргульян В. О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М., «Наука», 1971.—19. Якимов С. Н. Характеристика мерзлотных солонцов Забайкалья. «Докл. ТСХА», 1976, вып. 218, с. 27.—20. Ярков С. П., Кауричев И. С., Поддубный Н. Н. Опыт изучения генезиса солонцов и солодей. «Изв. ТСХА», 1956, вып. 2, с. 141.

Статья поступила 26 сентября 1977 г.