
УДК 631.445.9

К.КУБЕНКУЛОВ, А.НАУШАБАЕВ

ОБРАЗОВАНИЕ И СОЛЕВОЙ СОСТАВ ТИПИЧНЫХ СОЛОНЧАКОВ ИЛЕЙСКОЙ ВПАДИНЫ

(Казахский национальный аграрный университет, г.Алматы)

Приведен характерный "образ" типичных сульфатных солончаков Илейской впадины содово-сульфатной провинции бассейна стока Балхашского озера. Рассмотрены особенности формирования солевого профиля и как ее информативно-диагностический признак – распределение ионного состава. Показаны пределы варьирования концентрации почвенного раствора, приведенный к 80% от наименьшей влагоемкости и степень и химизм метаморфизации подземных вод. Более высокое содержание солей в зоне аэрации чем в зоне грунтовой воды говорят о продолжающемся процессе накопления солей в профиле современных типичных солончаков.

Известно, что засоленные почвы Илейской впадины образовались в результате внутриводного испарения и транспирации растениями минерализованных почвенно-грунтовых вод из верхней границы капиллярной каймы. Они могут формироваться также на пресных грунтовых водах [1]. По мере испарения почвенной воды концентрация солей в верхней границе капиллярной каймы возрастает, что ведет к возникновению градиента концентрации по высоте капиллярно-увлажненной толщи, и более концентрированный солями раствор от устьев капилляров начинает дифундировать вниз в грунтовые воды. Разность концентраций вызывает диффузию солей по вертикали вглубь до самых грунтовых вод [2]. При длительном протекании этих процессов засолению подвергается вся толща почвогрунта – от верхней границы капиллярной каймы до водоупора. О существовании такого многоступенчатого процесса между грунтовой водой и почвогрунтом в свое время четко подметил В.А.Ковда, отметив, что, зная содержание гипса в грунтовой воде, почве и грунте и количество испарившихся через них воду, можно рассчитать абсолютный возраст солончаков [3]. Однако это с точки зрения закона термодинамики справедливо для замкнутой системы, а почва, как мы знаем, относится к открытой плохоорганизованной системе. Поэтому выравнивания концентрации солей по всей высоте почвенного профиля не происходит, так как горизонтальная фильтрация, существующая в зоне распространения капиллярной каймы, уносит часть солей, поступающие конвективным переносом (передвижение растворов солей из более концентрированной к менее концентрированной за счет разности температур и плотности раствора) из верхних слоев. В результате вблизи уровня грунтовых вод образуется зона повышенной концентрации солей. Это явление в наших условиях проявляется в метаморфизации пресной (0,29г/л) гидрокарбонатно-кальциевой напорной воды первого водоносного слоя (глубина 32м) в минерализованную (8,68г/л) грунтовую воду сульфатно-натриевого состава.

Таким образом, в первом приближении засоление почв зависит от интенсивности испарения, величина которой определяется глубиной залегания грунтовых вод, высотой капиллярной каймы и климатическими условиями. Они выражается формулой [4].

$$L=170+8T \pm 15,$$

где: L-критическая глубина грунтовых вод, см;

T-среднегодовая температура воздуха.

Рекомендуется в зависимости от местных условий глубину грунтовых вод поддерживать на 25-50см ниже от расчетного. В предгорной равнине Илейской впадины глубина грунтовых вод колеблется в пределах от нескольких десятков сантиметров до 5м, а в некоторых местах они вовсе отсутствуют. По данным специалистов института "Казгипроводхоз" [5], для предотвращения засоления необходимо поддерживать уровень грунтовых вод ниже критического, который для пустынной части впадины составляет 2,5-2,8м.

Для суглинистых грунтов Илейской впадины высота капиллярной каймы в среднем составляет 1,75м, с колебаниями в большую сторону на тяжелых почвах или слоистого литологического строения и, в меньшую – на легких почвах. При существующей среднегодовой глубине грунтовой воды 2,2м, согласно вышеприведенной формуле ($L=170+8\times9=242\pm15\text{ см}$), мы обязаны ожидать дальнейший рост площади засоленных почв и увеличения степени засоления существующих, о многообразии которых отмечено еще в начале прошлого века [6]. Он, описывая пустынно-степной пояс предгорной равнины Заилийского Алатау и его элементарные ландшафты, отмечает наличие большого разнообразия засоленных почв от злостных соровых солончаков до солончаковатых сероземов. Автор также указывает, что в составе солей преобладают сульфаты и хлориды натрия, а «содовое засоление, хотя нередко и наблюдается, но не имеет сильного распространения».

Для выяснения особенностей ионно-солевого состава типичных солончаков нами на территории Лаварского лесоселекционного центра (Енбекшиказахский район) заложены серия почвенных разрезов, описаны морфогенетические признаки профиля представительного разреза, отобраны почвенные образцы и в них в лаборатории определены ионный состав, сумма солей и pH водной вытяжки, а в полевых условиях – влажность и объемная масса. Методика определения общепринятая.

Как следует из данных таблицы 1, содержание воднорастворимых солей в профиле оказалось весьма высоким, особенно в гумусовом горизонте (3,76%) с постепенным убыванием с глубиной до 1,64%. В составе анионов всех горизонтов абсолютно преобладает (5 и более раз) сульфат-ион над хлором. Его содержание колеблется в пределах 1,08-2,32%, составляя 65% от суммы анионов.

Низкое содержание гипса (таблица 2) в верхних слоях профиля при высокой насыщенности сульфатом натрия говорит, о том, что перед нами солончак сульфатного химизма, образовавшийся в результате солеобмена между почвой и грунтовой водой. В последней исключительно высокое содержание сульфат - иона (5,5 г/л) по сравнению с питающей ее подземной водой первого напорного горизонта (0,06г/л), являющееся основным его поставщиком, говорит о весьма глубокой метаморфизации последних. Грунтовая вода в целом солоноватая (8,7г/л) сульфатно-натриевого состава, а вода первого напорного (глубина с 32м) – пресная (0,29г/л) гидрокарбонатно-кальциевого состава.

На характер распределения сульфат-иона по профилю существенное влияние оказывает ионный состав раствора, который отчасти является функцией от температурного режима почв. Если на растворимость хлоридов температурный режим почвогрунтов не оказывает существенного влияния, то сульфат-ион чутко реагирует на изменение температуры окружающей среды. Растворимость последнего снижается до 6 раз при падении температуры почвенного раствора от 30° в июле до 0° в конце октября [6], наблюдаемые в наших условиях. Подобные свойства характерны и для углекислого натрия (соды). Следовательно, с преобладанием восходящего тока влаги в теплое и нисходящего в прохладное время года количество однажды накопившегося сульфата натрия и/или углекислого натрия в верхней части профиля почвы не может быть снижено в последующем при постоянстве сезонного ритма климатических условий, способствовавший их образованию. Это в условиях резкоконтинентального полупустынного климата предгорной зоны северных отрогов Тянь-Шаня при залегании сульфатных грунтовых вод в пределах близкой к критической (240см) приводит к образованию сульфатно-засоленных родов зональных почв и солончаков.

Поэтому распределение сульфат-иона по профилю является одним из важным информативно-диагностическим признаком засоленных почв вообще, а у сульфатно-засоленных в особенности. Он менее мобилен, чем хлор-ион. На его миграционную способность влияет форма его нахождения в растворе. При связи его с кальцием он менее подвижен, чем остальные, поскольку растворимость гипса незначительна (2г/л), хотя известно, что его растворимость в присутствии хлористого натрия увеличивается в 3-4 раза.

В катионном составе почвенного раствора абсолютно преобладают ионы Na^+ и при незначительности бикарбонатов (~0,04%) состав гипотетических солей гумусового горизонта (0-26см) в основном представлен сульфатом натрия с небольшим участием соды (таблица 1).

Таблица 1. Состав водной вытяжки типичного солончака Илейской впадины, мг-экв/%

| Глубина образца, см | Щелочность | | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Сумма солей, % |
|---------------------|--|--|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | Общая от HCO ₃ ⁻ | От нормальных карбонатов CO ₃ ²⁻ | | | | | | | |
| 0-5 | 0,68 | 0,16 | 4,88 | 48,50 | 9,00 | 4,00 | 40,32 | 0,90 | 3,736 |
| | 0,041 | 0,005 | 0,172 | 2,328 | 0,180 | 0,048 | 0,927 | 0,035 | |
| 5-26 | 0,52 | 0,16 | 12,50 | 45,50 | 8,50 | 18,00 | 31,60 | 0,58 | 3,795 |
| | 0,032 | 0,005 | 0,438 | 2,184 | 0,170 | 0,216 | 0,727 | 0,023 | |
| 26-36 | 0,40 | 0,08 | 13,30 | 32,00 | 6,00 | 14,50 | 24,97 | 0,31 | 2,907 |
| | 0,024 | 0,002 | 0,466 | 1,536 | 0,120 | 0,174 | 0,574 | 0,012 | |
| 67-77 | 0,44 | нет | 12,50 | 30,00 | 4,50 | 14,00 | 24,21 | 0,23 | 2,729 |
| | 0,027 | | 0,438 | 1,440 | 0,090 | 0,168 | 0,557 | 0,009 | |
| 115-125 | 0,28 | " | 4,60 | 26,50 | 13,50 | 6,00 | 11,76 | 0,12 | 2,067 |
| | 0,017 | | 0,161 | 1,272 | 0,270 | 0,022 | 0,270 | 0,005 | |
| 140-160 | 0,24 | " | 2,92 | 27,50 | 13,50 | 7,00 | 10,04 | 0,12 | 2,028 |
| | 0,015 | | 0,103 | 1,320 | 0,270 | 0,084 | 0,231 | 0,005 | |
| 160-180 | 0,24 | " | 2,36 | 23,50 | 14,40 | 5,50 | 6,50 | 0,10 | 1,727 |
| | 0,015 | | 0,084 | 1,128 | 0,280 | 0,066 | 0,150 | 0,004 | |
| 180-200 | 0,24 | " | 1,96 | 22,50 | 15,00 | 4,00 | 5,60 | 0,10 | 1,645 |
| | 0,015 | | 0,069 | 1,080 | 0,300 | 0,048 | 0,120 | 0,004 | |
| <u>мг / л</u> | 335,6 | " | 382,9 | 5523,8 | 581,2 | 437,8 | 1591,2 | - | 8685 |
| <u>мг - экв</u> | 5,5 | | 10,8 | 115,0 | 29,0 | 36,0 | 66,3 | - | |
| <u>% мг - экв</u> | 2,1 | | 4,1 | 43,8 | 11,0 | 13,7 | 25,3 | - | |
| <u>мг / л</u> | 216,6 | " | 16,3 | 64,8 | 53,1 | 12,8 | 33,1 | - | 293 |
| <u>мг - экв</u> | 3,55 | | 0,46 | 1,35 | 2,65 | 1,05 | 1,38 | - | |
| <u>% мг - экв</u> | 33,1 | | 4,3 | 12,6 | 24,7 | 9,08 | 12,9 | - | |

Таким образом, из общего количества солей (3,75%) гумусового горизонта только 0,565% или его 1/5 часть приходится на долю нетоксичных. Подобные соотношения в составе солей наблюдаются и в горизонтах В и BC.

Хлор-ион, как и NO₃-ион, не поглощается почвой и поэтому свободно передвигается водными потоками. Обычно в незасоленных почвах его содержание меньше 0,01%. Однако его концентрация в засоленных почвах может достигнуть до несколько десятков процентов. Его соединения в природе образуют самые легкорастворимые соли и характер распределения их как в пространстве (по профилю и в плане), так и во времени может служить информативно-диагностическим признаком, позволяющим определить актуальные направления и темпы процессов засоления или рассоления почв. Как правило, при его наличии в источниках засоления (грунтовых водах и грунтах) накопление по профилю почв протекает неравномерно. В начале наблюдается повышенное содержание в самых верхних горизонтах и при благоприятных для протекания процесса засоления его количество, возрастая одновременно охватывает и более нижние горизонты и, при длительном протекании этого процесса его распределение по профилю почвогрунтов становится равномерным и значительным.

Если эпюра распределения сульфат-иона характеризуется высоким содержанием в поверхностном горизонте с медленным убыванием с глубиной, то максимум (0,466%) в распределении хлор-иона отмечается в приповерхностном (26-46 см) слое с убыванием как вверх, так и вниз. Он предоставлен в форме хлорида магния. Этот горизонт, по-видимому, следует считать верхней границей капиллярной каймы, соответствующему периоду максимальной эвапотранспирации при глубине грунтовых вод 2,3 м. Снижение хлор-иона в 0-5 см корково-сыпучем пухлом Al₂ подгоризонте может быть объяснено выщелачиванием его атмосферными осадками в холодный период и отсутствием условий для восстановления в теплый период, а в нижних - недостаточностью температурных условий для протекания внутрипочвенного испарения.

Постепенное снижение концентрации хлор-иона, да и других ионов в почве с глубиной до самой поверхности зеркала грунтовых вод, где влажность почвы соответствует полной влагоемкости почв, можно считать равновесной в системе почва-раствор (грунтовая вода) и одновременно тем исходным стартовым началом, откуда начинается сепарация с последующей

сегрегацией воднорастворимых солей по мере перемещения их вверх по всей высоте капиллярной каймы, подвергаясь разным видам геохимических барьеров. Сообразно концентрации, составу и свойствам почвенного раствора в почвенном профиле формируется нижеследующий состав солей (таблица 2).

Таблица 2. Состав и содержание гипотетических солей в типичных солончаках в ур. "Лавар" $\frac{\% \text{ от } \text{abc. сух. почвы}}{\% \text{ от } \text{суммы солей}}$

| Индекс генетического горизонта и его глубина, см | Na_2SO_4 | CaSO_4 | MgCl_2 | MgSO_4 | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | Na_2CO_3 | токсичные | Нетоксичные |
|--|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|-------------|
| Al_1 0-5 | 2,853 | 0,565 | 0,220 | нет | 0,055 | 0,009 | 3,147 | 0,620 |
| | 75,7 | 15,0 | 5,8 | | 1,5 | 0,2 | 83,5 | 16,5 |
| Al_2 5-26 | 2,232 | 0,513 | 0,574 | 0,359 | 0,042 | 0,009 | 3,196 | 0,555 |
| | 59,5 | 13,7 | 15,3 | 9,6 | 1,1 | 0,2 | 85,2 | 14,8 |
| B 26-46 | 1,766 | 0,400 | 0,630 | 0,066 | 0,032 | 0,004 | 2,466 | 0,432 |
| | 60,9 | 13,8 | 21,7 | 2,3 | 1,1 | 0,1 | 84,9 | 15,1 |
| BC 46-89 | 1,719 | 0,279 | 0,588 | 0,044 | 0,036 | нет | 2,351 | 0,315 |
| | 64,5 | 10,5 | 22,1 | 1,6 | 1,3 | | 88,2 | 11,8 |
| C ₁ 89-133 | 0,834 | 0,899 | 0,211 | 0,091 | 0,023 | " | 1,145 | 0,922 |
| | 40,4 | 43,5 | 10,2 | 4,4 | 1,1 | | 55,4 | 44,6 |
| C ₂ 133-200 | 0,398 | 1,003 | 0,087 | 0,120 | 0,020 | " | 0,621 | 1,023 |
| | 24,2 | 61,0 | 5,3 | 7,8 | 1,22 | | 37,8 | 62,2 |

В составе солей исследуемых нами почв отсутствуют бикарбонаты натрия, магния и хлорид натрия. Общая щелочность по всему профилю представлена бикарбонатом кальция, а в гумусовом, вдобавок к нему и углекислым натрием.

Если соли самого верхнего горизонта представлены на 87% только сульфатами и в основном сульфатом натрия (тенардитом и мирабилитом), то в горизонте максимального соленакопления доля хлоридов несколько возрастает (представлен только в виде MgCl_2) и составляет более 1/5 части воднорастворимых солей.

В нижней части профиля в результате солеобмена между почвой и грунтовой водой в зоне превалирующего распространения кальция и сульфат-иона происходит осадка их в твердую фазу с образованием гипса (~1% от веса почвы). В целом, по мере возрастания степени засоления почв увеличивается доля токсичных солей.

Общий запас солей (686 т/га в 0-200 см слое) по генетическим горизонтам так же подвержен сильному колебанию. Из них 38% сосредоточены в корнеобитаемых A и B горизонтах (таблица 3).

Таблица 3. Содержание воднорастворимых солей по генетическим горизонтам типичных солончаков

| Индекс генетического горизонта и его мощность | Естественная влажность, % | Объемная масса, $\text{г}/\text{см}^3$ | Масса абсолютно сухой почвы, т/га | Содержание воднорастворимых солей | | Расч. конц. почвенного раствора (по Н.П. Базилевичу), г/л |
|---|---------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|---|
| | | | | % | т/га | |
| Al_1 0-5 | 6,16 | 1,23 | 615 | 3,736 | 23,0 | 127,7 |
| Al_2 5-26 | 13,31 | 1,23 | 2541 | 3,795 | 96,4 | 132,6 |
| B 26-46 | 13,14 | 1,36 | 2720 | 2,907 | 79,0 | 106,8 |
| BC 46-89 | 13,14 | 1,39 | 5977 | 2,729 | 163,1 | 105,8 |
| C ₁ 89-133 | 14,39 | 1,51 | 6644 | 2,067 | 137,3 | 31,8 |
| C ₂ 133-200 | 16,80 | 1,55 | 10385 | 1,800 | 186,9 | 11,4 |

Общеизвестно, что вышеописываемые цифровые материалы о содержании воднорастворимых солей, представленные на основании данных водной вытяжки, где соотношение вода-почва, составляющая 5:1, далеко не соответствует реальной почвенной обстановке. Как известно, водной вытяжкой извлекается из твердой фазы до 1 и более процента CaSO_4 , хотя при полевой влажности растворяющиеся части этой соли составляют всего 0,04%. В то же время все соли натрия, магния и

кальция, извлекаемые водной вытяжкой в количестве 0,2-1,0%, дают токсичные концентрации солей в почвенном растворе от 10-50г/л [7].

Отсюда следует, что одна и та же величина плотного остатка, но при разном соотношении в нем солей оказывает различное влияние на растение. Вместе с тем, их состав также зависит от уровня увлажненности почвы. Поэтому для более объективной оценки полученных результатов водной вытяжки засоленных почв следует привести к более близкой, реальной обстановке, т.е. влажности почвы, соответствующий 80% от НВ. Проведенные нами расчеты показывают исключительно высокие концентрации почвенного раствора и пределы их варьирования по профилю. Если минерализация грунтовой воды, представляющий раствор зоны полного насыщения составляет 8,7г/л, то в зоне основания капиллярной каймы она возрастает до 11,4г/л, постепенно возрастающая вверх, и достигает максимума 132,6г/л в ее устье – гумусовом горизонте Al_2 . Естественно, при такой концентрации почвенного раствора абсолютное большинство растений из-за высокого осмотического давления почвенного раствора, и ее токсичной концентрации не выживают [8,9]. Как правило, концентрация хлоридно-сульфатного почвенного раствора более 10г/л, а содового уже при 7г/л приводит к их выпадению, тогда как большинство естественной растительности хорошо чувствует засоление при концентрации до 12-15г/л, а галофиты – 20-50 и более г/л [10,11].

Существующие природно-климатические условия Илейской впадины (суглинистый литологический состав почвогрунтов, засушливый резкоконтинентальный климат, близкое залегание грунтовой воды и др.) при существующей физико-химической обстановки почвенно-грунтовой толщи (геохимических барьеров) способствует дифференциации ионов, ионных ассоциаций и молекул солей по всей высоте капиллярной каймы, создавая вполне определенный солевой профиль характерный для типичных сульфатных солончаков. При этом более высокое содержание солей в зоне аэрации, чем в зоне грунтовой воды указывает о продолжающемся процессе накопления солей в профиле современных типичных солончаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полосов Е.В. Формирование химического состава подземных вод. Л., 1969. –С.64
2. Горев Л.Н., Пелешенко В.И. Мелиоративная гидрохимия. Киев, 1984. –С.23-39.
3. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. Т1. Изд. АН СССР. – М.-Л., 1946.-С.68-72.
4. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. Т1. Изд. АН СССР. – М.-Л., 1946.-С.203-206.
5. Маслов А. Инженерногеологические, гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия земледельческих полей орошения на землях Бурундайский. Алма-Ата, 1979. Архив института «Казгипроводхоз».
6. Абсолин Р.И. Южная часть Алма-Атинского округа Казахской АССР в естественноисторическом отношении. Ташкент, 1929. –С.22-29.
7. Горев Л.Н., Пелешенко В.И. Основы мелиоративной гидрохимии, Киев, 1991.–С.200-206.
8. Мишанина Н.Г. Сатаргельдиев Г. Параметры почвенного засоления и урожай с/х культур на древне-оазисных луговых орошаемых почвах. Почвоведение. 1984. №6. –С.70-72.
9. Виленский Д.Г. Засоленные почвы, их происхождение, состав и способы улучшения. М., Новая деревня, 1924. - 109с.
10. Шаврыгин П.И. О токсичности почвенных растворов Барабинской низменности. //Почвоведение. 1963. №1 – С.86-87.
11. Сидько А.А. Предел вредности солей и эффективная глубина рассоления почв при капитальной промывке //Почвоведение, 1970, №7, С.72-77.
12. Мигунова Е.С. О токсичности легкорастворимых солей и реакция на них древесных пород //Почвоведение, 1985, №12, С.117-119.

K. КУБЕНКУЛОВ, A. НАУШАБАЕВ

ІЛЕ ОЙЫСЫНЫҢ ҚАЛЫПТЫ СОРТАНДАРЫНЫҢ ЖАРАЛУЫ ЖӘНЕ ТҮЗ ҚҰБЫЛЫМЫ

Резюме

Балқап көл ағысы бассейнінде содалы-сульфатты түздану провинциясындағы Іле ойысының қалыпты сульфатты сортандарының "бейнесі" көлтірілген. Оның түз кескінінде қалыптарасы ерекшеліктері және информативті - диагностикалық белгісі ретінде – иондық құрамы қарастырылған. Ыза сұы аймагына қаражанда азрация аймагында түз мөлшерінде біршама жогары болуы қазіргі қалыпты сортандардың кескінінде түздың шогырлану үрдісінде жалғасып жатқандығын билдіреді.

K. KUBENKULOV, A. NAUSHABA YEV

GENESIS AND SALT COMPOSITION OF TYPICAL SOLONCHAKS OF ILE DEPRESSION

Summary

In article are stated the genesis, ionic and salt composition of one of the most spreaded differences of saline soils of Ile depression of typical saline land.

Кубенкулов Канайбек Кубенкулович

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения, агрохимии и экологии КазНАУ, г. Алматы, пр. Абая 8, тел. 2-62-07-92, сот. 87759595509, e-mail: lenta77@mail.ru

Наушабаев Асхат Хамитович

PhD докторант кафедры почвоведения, агрохимии и экологии КазНАУ, г. Алматы, пр. Абая 8, тел. 2-62-07-92, сот. 87023980055, e-mail: tatan-askhat@mail.ru