

УДК 631.445.5:631.42

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ И СОДЕРЖАНИЯ ПОГЛОЩЕННОГО НАТРИЯ НА ИХ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

П. П. ГОНЧАРОВ, В. А. РАСКАТОВ

(Кафедра физической и коллоидной химии)

При изучении генезиса солонцов предпринимались попытки выявить отдельные факторы, определяющие солонцовый процесс [5, 7, 8], но единое мнение о причинах высокой дисперсности этих почв и их устойчивости отсутствует. Некоторые авторы обращают внимание на присутствие в ППК солонцов катионов магния и вводят понятие «магниево-солонцы». Получены данные о заметной роли вторичных гидрофильных соединений кремниевой кислоты и продуктов ее взаимодей-

Т а б л и ц а 1

Химическая характеристика исследуемых почв

Горизонт, см	Гумус по Тюрину, %	рН <sub>вод</sub>	Емкость поглощения, моль · 10 <sup>2</sup> на 1 кг	Поглощенные основания, % от суммы			Fe, %	
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	по Тамму	по Джек-сону
Солонец малонатриевый								
A <sub>1</sub> , 0—25	4,81	7,34	38,61	76	10	4	0,89	0,67
B <sub>1</sub> , 25—45	4,12	7,82	36,12	74	13	13	1,11	0,89
B <sub>2</sub> , 45—75	3,55	8,02	28,36	69,7	17	14,1	0,64	0,69
BC, 75—90	1,77	8,25	36,54	61,6	21	16,6	1,22	0,56
Чернозем южный								
A <sub>1</sub> , 0—22	4,5	7,83	33,52	84,2	14,5	0,32	—	0,78
B <sub>1</sub> , 22—45	3,9	7,74	28,64	84,0	15,3	1,06	—	0,76
C, 80—110	1,02	7,90	21,64	88,9	10,6	0,61	—	0,69

вия в развитии солонцовых свойств почв [8]. Имеются сведения [7], что все неблагоприятные агрофизические свойства солонцовых почв определяются молекулярной гидрофильной плазмой.

Нами было проведено сравнительное изучение двух почвенных образцов, отобранных на солонцовом комплексе Северного Казахстана, — чернозема южного карбонатного и солонца малонатриевого, резко различающихся по агрофизическим свойствам, но содержащих приблизительно одинаковые количества поглощенного магния и гумуса при небольшой разнице в содержании поглощенного натрия (в полуметровом слое). Цель исследования — выявление причин различий агрономических свойств этих почв.

### Обсуждение результатов

Структура солонца малонатриевого слабоореховатая или комковато-глыбистая, содержание поглощенного натрия до 16 % емкости обмена, повышенная набухаемость и низкая фильтрующая способность; реакция щелочная (табл. 1).

По механическому составу исследуемые почвы относятся к легким глинам (табл. 2). Содержание гумуса достигает 4—5 %, вниз по профилю оно постепенно снижается и в горизонте BC составляет 1,77 %. Указанное накопление органического вещества в горизонте BC связа-

Механический состав исследуемых почв

Горизонт, см	Гигроскопическая влага, %	Содержание частиц, %, размером, мм						
		1,0—0,15	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	0,01	0,001
Солонец малонатриевый								
A <sub>1</sub> , 0—25	5,40	2,62	5,82	23,61	12,24	15,90	67,25	39,45
B <sub>1</sub> , 25—45	5,50	3,25	4,05	18,18	10,93	18,54	74,45	45,44
B <sub>2</sub> , 45—70	5,82	3,86	3,09	19,91	9,72	18,22	73,86	43,85
BC, 70—90	6,30	1,12	1,85	18,84	8,95	17,14	76,12	47,48
Чернозем южный карбонатный								
A <sub>1</sub> , 0—22	4,56	4,12	3,85	15,48	7,55	18,59	61,52	41,45
B <sub>1</sub> , 22—45	5,12	3,43	3,91	13,54	7,64	17,17	60,45	45,23
C, 80—110	3,81	1,78	1,74	14,51	6,50	17,48	62,85	76,25

но, очевидно, с увеличением пептизированности гумуса под действием поглощенного натрия и выносом его в нижележащие горизонты по языковидным трещинам, которые образуются в период иссушения солонцов.

Повышенное содержание гидроокиси железа в горизонтах B<sub>1</sub> и BC солонца объясняется поступлением ее сюда вместе с органической частью из лежащих выше горизонтов по языковидным трещинам и с высокодисперсной частью почвы. Кристаллические формы железа находятся в закрепленном состоянии и содержание их по профилю существенно не меняется.

Засоление малонатриевого солонца хлоридно-сульфатное (табл. 3), емкость поглощения в горизонте B<sub>1</sub> достигает 38,61 моль · 10<sup>2</sup> на 1 кг почвы, в лежащих ниже горизонтах она меньше.

В черноземе южном карбонатном (зональная почва) содержится приблизительно такое же количество гумуса, что и в солонце, реакция

Таблица 3

Солевой состав водной вытяжки исследуемых почв

Горизонт, см	Содержание катионов*					Анионы			
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	сумма	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	сумма
Солонец малонатриевый, разр. С-4									
A <sub>1</sub> , 0—25	0,18	0,19	0,59	0,90	2,22	0,48	0,32	0,70	2,20
B <sub>1</sub> , 25—45	0,34	0,43	4,21	1,25	6,90	1,54	1,91	1,40	6,85
B <sub>2</sub> , 45—70	0,38	0,47	7,2	0,68	9,58	2,06	3,50	1,88	9,32
BC, 70—90	0,48	0,50	10,12	0,44	12,54	1,61	4,80	2,92	12,46
Чернозем южный карбонатный, разр. М-4									
A <sub>1</sub> , 0—22	0,12	0,08	0,10	0,061	0,56	0,48	0,011	0,03	0,62
B <sub>1</sub> , 22—45	0,37	0,12	0,42	0,38	1,78	0,75	0,040	0,063	1,79
C, 80—110	1,96	0,40	1,15	0,87	6,72	0,32	2,14	4,26	6,72

\* В расчете на одновалентные катионы.

водной вытяжки слабощелочная. По количеству поглощенного магния чернозем также мало отличается от солонцовых почв (табл. 1). В горизонте B<sub>1</sub> чернозема содержится всего лишь на 12 % меньше поглощенного натрия, чем в соответствующем горизонте солонца.

У солонца по сравнению с черноземом набухаемость (Q) в период увлажнения более чем в 2 раза выше (табл. 4). После удаления органического вещества перекисью водорода значение Q<sub>m</sub> у солонца суще-

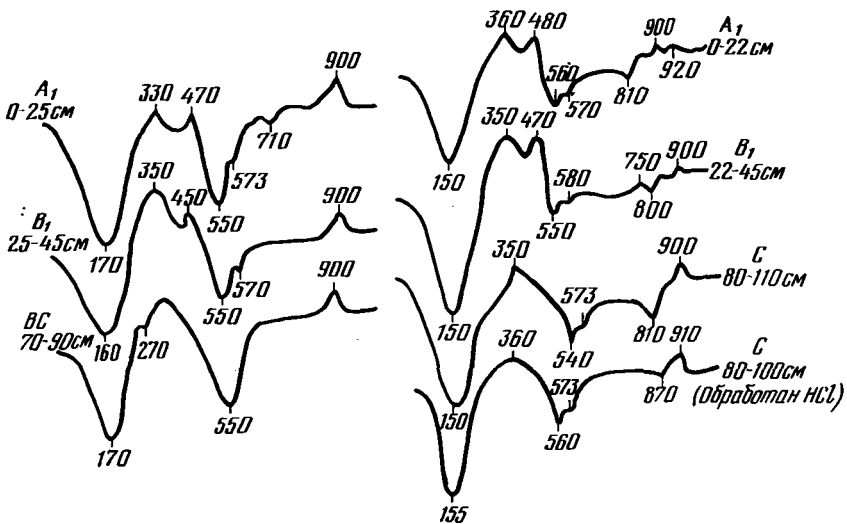
Емкость набухания ( $Q_m$ ) и константы скорости набухания ( $K$ ) исследуемых почв

Горизонт, см	Гигроскопическая влага, %	Набухание, в делениях $10^{-2}$ мм	$Q_m$ , $10^{-2}$ мм	$K$
Солонец, разр. С-4				
A <sub>1</sub> , 0—25	5,4	340	425*	0,0588*
			300	0,0234
B <sub>1</sub> , 25—45	5,5	305	405	0,0334
			330	0,0345
BC, 70—90	5,8	340	400	0,0895
			360	0,2080
Чернозем, разр. М-4				
A <sub>1</sub> , 0—22	4,5	185	192	0,635
C, 80—110	5,1	172	180	0,112

\* В числителе — до удаления органического вещества, в знаменателе — после его удаления.

ственно не изменялось, что говорит о зависимости набухания почвы от ее минералогического состава.

На кривых ДТА слоя 120—150 см малонатриевого солонца виден эндотермический эффект при 160—170°, связанный с потерей межслоевой и адсорбционной воды; он характерен для минералов коры выветривания (монтмориллонита, гидрослюда). При температуре 550° отмечается эндотермический эффект, характерный для минералов каолиновой группы, при этом происходит выделение конституционной воды



Термограммы малонатриевого солонца (слева) и южного карбонатного чернозема.

из гиббситового слоя. Четко выделяется экзотермический эффект при 900—910°, который связан с разрушением структуры минералов и образованием нового вещества из продуктов распада (рисунок, слева).

Многими авторами [1, 5] было отмечено, что поглощенные катионы сильно влияют на появление эффектов в данной области. Мы наблюдали аналогичный случай: поглощенный натрий снижал экзотермический эффект при 900°, который характерен для минерала каолинита. Экзоэффект при 360° связан с окислением органического вещества. Тем-

Содержание минералов в исследуемых почвах по генетическим горизонтам

Горизонт, см	Минерал	Коэффициент	Площадь, см <sup>2</sup>		Содержание, %
			до умноже- ния	после умножения	
Солонец малонатриевый					
А <sub>1</sub> , 0—25	Монтмориллонит	1,0	1,0	1,0	30,1
	Каолинит	1,5	1,4	2,2	65,1
	Гидрослюда	4,0	0,53	0,21	5,1
В <sub>1</sub> , 25—45	Монтмориллонит	1,0	1	7,0	74,1
	Каолинит	1,5	1,4	2,2	24,1
	Гидрослюда	4,0	0,25	0,10	2,1
BC, 70—90	Монтмориллонит	1,0	21,2	21,2	74,1
	Каолинит	3,0	4,5	4,5	16,0
	Гидрослюда	4,0	0,75	3,0	10,0
Чернозем южный карбонатный					
А <sub>1</sub> , 0—22	Монтмориллонит	1,0	1,0	1,0	18,0
	Каолинит	1,5	0,75	1,3	23,0
	Хлорит	2,7	0,35	0,95	17,0
	Гидрослюда	4,0	0,56	2,24	42,0
В <sub>1</sub> , 22—45	Монтмориллонит	1,0	4,0	4,0	60,0
	Каолинит	1,5	0,75	21,5	31,0
	Гидрослюда	4,0	0,21	0,84	9,0
С, 80—110	Монтмориллонит	1,0	2,3	2,3	40,0
	Каолинит	1,5	0,6	0,9	25,0
	Хлорит	2,7	0,25	0,75	19,0
	Гидрослюда	4,0	0,25	1,0	16,0

пературные эффекты горизонта 50—120 см малонатриевого солонца в основном идентичны таковым для слоя 120—150 см.

Форма кривых ДТА по горизонтам 0—25 и 25—45 см аналогична, поэтому они рассматриваются вместе. Здесь отмечается наиболее сильный экзотермический эффект, который образуется за счет сгорания органического вещества в области 300—470°. Наличие двух максимумов указывает на разнокачественность органо-минеральных компонентов: при 330° сгорает органическое вещество, связанное с алюминием, при 470° — связанное с катионом железа [4].

Присутствие на термограммах эндотермических эффектов при 570—575° определяется полиморфным превращением  $\alpha$ -кварца в  $\beta$ -кварц [5].

Кривые ДТА зональных почв по форме сходны с кривыми малонатриевых солонцов. Исключение составляет эндотермический эффект при 815°, который связан с термической диссоциацией карбонатов. При обработке образца (горизонт С) соляной кислотой этот эффект исчезает (рис. 1).

Содержание минералов по генетическим горизонтам зональной почвы и солонца было определено с помощью рентгеноструктурного анализа методом без стандарта (табл. 5).

Горизонт А<sub>1</sub> (0—25 см). На дифрактограмме присутствуют базальные рефлексы каолинита 0,725 и 0,356 нм, исчезающие при прокаливании, базальные рефлексы гидрослюда 0,101—0,102 и 0,495 нм, не исчезающие при различных обработках образцов, базальные рефлексы монтмориллонита 1,420 и 1,760 нм при насыщении этиленгликолем. Базальный рефлекс 0,334 нм принадлежит кварцу.

Горизонт В<sub>1</sub> (25—45 см). Минералогический состав представлен каолинитом, монтмориллонитом, частично гидрослюдами с базальными рефлексами соответственно 0,725 и 0,356 нм, исчезающими в прокаленных образцах, и 1,020, 0,501 нм, не исчезающими при различных обработках; рефлекс при 1,510 нм характерен только для монтмориллонита и при насыщении этиленгликолем равен 1,780 нм.

Горизонт BC (70—90 см) переходный. На дифрактограмме присутствуют базальные рефлексы монтмориллонита 1,510 нм, переходящие в область меньших углов; при прокаливании межпакетные расстоя-

ния уменьшаются до 1,010 нм. Каолинит характеризуется межплоскостными расстояниями 0,725 и 0,356 нм, исчезающими в процессе нагревания при 550° в течение 1 ч. Для гидрослюды свойственны отражения 1,010 и 0,495 нм, которые при нагревании и насыщении этиленгликолем исчезают. В данном горизонте имеется примесь кварца.

В минералогический состав чернозема южного карбонатного входят те же минералы, что и в состав солонца малонатриевого, а также хлорит. Его присутствие обнаружено в горизонтах 0—25 и 80—110 см, область отражения 1,400—1,450 нм, что совпадает с областью отражения монтмориллонита и вермикулита. При обработке образца разбавленной соляной кислотой это отражение исчезало, что характеризует хлорит.

При почти аналогичном качественном составе минералов изучаемые почвы заметно различаются по их содержанию. Выявлены количественные различия и по генетическим горизонтам (табл. 5).

Было установлено, что в верхнем горизонте южного карбонатного чернозема содержится 42 % гидрослюды и 17 % хлорита, 18% монтмориллонита, 23 % каолинита. В горизонте В<sub>1</sub> количество гидрослюды уменьшается до 9 %, а монтмориллонита возрастает до 60 %. В почвообразующей породе, наоборот, содержание монтмориллонита меньше, чем в горизонте В<sub>1</sub>, но увеличивается содержание гидрослюды и появляется хлорит (19 %). Накопление гидрослюды в верхних горизонтах происходит, очевидно, за счет вхождения иона калия в межлистовое пространство монтмориллонита с образованием гидрослюды [1]. Аналогичный состав минералов в карбонатных черноземах был установлен в работе [4].

Глинистые минералы малонатриевого солонца в отличие от зональной почвы представлены в основном монтмориллонитом, содержание которого увеличивается вниз по профилю. Максимальное количество монтмориллонита (74 %) отмечается в горизонтах В<sub>1</sub> и ВС.

Измерение  $\zeta$ -потенциала проводилось методом потенциала протекания с учетом поверхностной проводимости на ячейке Самарцева и Остроумова в модификации В. В. Окоркова [6]. В этом же образце определяли и коэффициент фильтрации  $T$ .

У солонца малонатриевого и зональной почвы значения  $\zeta$ -потенциала удельной электропроводности и коэффициента фильтрации существенно различались. В горизонтах В<sub>1</sub> и ВС солонца потенциал достигал критического значения — 18 мВ (табл. 6), а в горизонте А<sub>1</sub> он оста-

Т а б л и ц а 6

Электрокинетический потенциал изучаемых почв

Горизонт	Солонец малонатриевый			Чернозем южный карбонатный		
	$\kappa, \text{ом}^{-1} \text{см}^{-1}$	$T, 10^{10} \text{см}^2/\text{с}$	$\zeta$ -потенциал	$\kappa, \text{ом}^{-1} \text{см}^{-1}$	$T, 10^{10} \text{см}^2/\text{с}$	$\zeta$ -потенциал
А <sub>1</sub>	0,95	16,4	11	0,55	49,2	6
В <sub>1</sub>	1,75	3,2	18	0,63	43,1	10
ВС	1,80	6,2	18	0,72	44,0	12

вался достаточно низким. Это объясняется различной природой связи органического вещества с почвенными коллоидами в указанных горизонтах. Кроме того, большое количество мелкодисперсной фракции и водорастворимых солей было вымыто из горизонта А<sub>1</sub>, что также влияет на значение  $\zeta$ -потенциала и удельную электропроводность.

Водопроницаемость горизонтов В и ВС значительно понижена в силу поступления в них мелкодисперсной илистой фракции из верхнего горизонта и благодаря пептизирующему действию натрия. Помимо этого, можно отметить и высокое содержание (74 %) хорошо набухающего минерала монтмориллонита.

Значения электрокинетического заряда зональной почвы по всем горизонтам гораздо ниже критической — 6—12 мВ. Однако для черноземных почв оно сравнительно велико. Результаты анализа водной вытяжки свидетельствуют о достаточно высоком содержании солей в исследуемой почве, что и определяет несколько большие электропроводность и электрокинетический потенциал в данном случае.

Фильтрационная способность изучаемой зональной почвы гораздо выше, чем солонца (табл. 6), что объясняется группой факторов. В черноземе содержание натрия в поглощенном состоянии на порядок ниже, чем в солонцовых почвах, поэтому сильного диспергирующего действия на почву он не оказывает. Вследствие этого не происходит вымывания мелкодисперсной фракции в лежащие ниже горизонты и закупорки почвенных пор. Второй, не менее важный фактор, от которого в основном зависит фильтрующая способность, — минералогический состав. Как показано выше, в солонце содержится гораздо больше монтмориллонита, который при увлажнении хорошо набухает, что вызывает ухудшение водно-воздушных свойств почвы. Следовательно, в зональной почве его действие менее выражено.

Небольшое количество поглощенного натрия в солонце, а также высокое содержание в его иллювиальном горизонте хорошо набухающего минерала монтмориллонита и определяют отрицательные агрофизические свойства этой почвы.

Повышенный заряд почвенных частиц, возникающий под действием поглощенного натрия, является основным фактором устойчивости и высокой дисперсности почвенных коллоидов.

### Выводы

1. Изучаемый малонатриевый солонец Северного Казахстана отличается неблагоприятными физико-химическими и водно-физическими свойствами при сравнительно невысоком содержании поглощенного натрия:  $A_1$  — 4 %,  $B_1$  — 13,  $B_2$  — 14,  $BC$  — 16,6 % от суммы поглощенных оснований.

2. Зональная почва (чернозем южный карбонатный) и солонец содержат приблизительно равное количество поглощенного магния.

3. Минералогический состав малонатриевого солонца и зональной почвы представлен монтмориллонитом, каолинитом и гидрослюдами. В минералогическом составе солонца преобладает монтмориллонит, его содержание в горизонтах  $B_1$  и  $BC$  достигает 74 %. В зональной почве содержится меньше монтмориллонита и больше менее набухающего минерала каолинита.

4. Наличие поглощенного натрия и высокое содержание монтмориллонита в малонатриевом солонце определяют его вдвое большую, чем в зональной почве, набухаемость и уменьшение фильтрующей способности по горизонтам  $A$ ,  $B$  и  $BC$  (соответственно в 3, 14 и 7 раз). В период иссушения в солонце образуются глубокие языковидные трещины.

5. При увлажнении солонец обладает высоким электрокинетическим потенциалом (до 18 мВ), что приводит к повышению дисперсности почвенных коллоидов и тем самым обуславливает отрицательные агрофизические свойства этой почвы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин С. Н. О превращении слюды в монтмориллонит. — Докл. ТСХА, 1967, вып. 124, с. 61—65. — 2. Бэрг А. Г. Введение в термографию. М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 3. Горбунов Н. И. Состояние и задачи рентген-дифрактометрического метода количественного определения минералов в почве. — Почвоведение, 1974, № 4, с. 81—90. — 4. Горбунов Н. И., Шарошкина Н. Б. Минералогический состав илистой фракции почв солонцового комплекса колковой степи Северного Казахстана. В сб.: Почвоведение. АН КазССР, 1961, вып. 5, с. 58—64. — 5. Курбатов А. И. Физико-химические исследований ППК солонцов и теория их химической мелиорации. — Автореф. канд. дис. ТСХА, 1965. — 6. Курбатов А. И., Окорков В. В. Методика

определения электрокинетического потенциала. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 3, с. 121—126. — 7. Михайличенко В. Н. Галогенез и осолонцевание почв равнин Северного Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1979. — 8. Панов Н. П., Гончарова

Н. А. Родионова Л. П. Роль кремневых соединений в солонцовом процессе почвообразования. — Докл. ВАСХНИЛ, 1981, вып. 2, с. 25—27.

*Статья поступила 21 ноября 1984 г.*

#### SUMMARY

The studied soils of North Kazakhstan (southern calcareous chernozem and low-sodium solonets) are characterized by unfavourable physical, chemical and water-physical properties. They contain comparatively little absorbed sodium and equal amount of absorbed magnesium, the latter index having no adverse effect on agro-physical properties of chernozem. Mineralogically the soils in question contain montmorillonite, kaolinite and hydromica, montmorillonite prevailing in solonets soils (74 %) and kaolinite, in chernozem soils.

Heavy swelling and negative filtration as well as formation of deep tongue-shaped clefts in dry periods are found to be due to the existence of absorbed sodium and montmorillonite in solonets soils. Absorbed sodium contained in over-wet solonets soils results in higher disperse of soil colloids due to high charge of particles.