

## АГРЕГАТИВНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

В. В. ОКОРКОВ

(Кафедра почвоведения)

**Изучались электрокинетические свойства солонцовых почв Северного Казахстана. Установлено, что пептизируемость этих почв обусловлена электростатическим фактором. Высокодисперсная часть почв подразделена на золи, стабилизированные адсорбированными гумусовыми соединениями и ионостабилизированные. Первые сосредоточены в элювиальных горизонтах солонцов и в отличие от вторых характеризуются повышенной устойчивостью к коагулирующему действию одновалентных катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). Им придается большое значение в формировании иллювиальных горизонтов солонцов.**

В степной зоне Казахстана широко распространены солонцы с малым содержанием обменного натрия, но с четкой дифференциацией почвенного профиля на элювиальный и иллювиальный горизонты, по структуре, плотности сложения и пептизируемости илистой фракции [7]. Причины повышенной пептизации солонцов различные [2, 3, 6—8, 13, 14, 18—22]. Ряд авторов [3, 6—8, 18, 22] указывают на тесную взаимосвязь между степенью пептизации ила и содержанием обменного натрия; по их мнению, обменный натрий является основным агентом солонцеватости. Другие исследователи из-за отсутствия тесной связи между указанными показателями большое внимание при изучении развития солонцового процесса уделяли роли обменного магния [19, 20], гидрофильных соединений, образующихся при переформировании гальмиролизных минералов [2, 13, 14]. Однако следует отметить, что пороги коагуляции их солями и кислотами составляют несколько ммоль/л, это не позволяет считать высаливание механизмом потери устойчивости выделенных золь.

Дискуссионным остается вопрос о роли магния в пептизируемости солонцов. В работах [6, 7] допускается возможность развития солонцового процесса при содержании 8—10 % поглощенного натрия к емкости обмена, хотя уровень пептизируемости ила (10—20 %), характерный для этого случая, сохраняется постоянным и для меньших величин обменного натрия.

Исходя из теории устойчивости гидрофобных коллоидов, к которым относятся и почвенные, повышенную пептизируемость солонцов в последнее время стали объяснять высоким зарядом их поверхности. Изменение его эффективной величины в связи с солонцеватостью изучали многие исследователи [4, 5, 8, 9, 11, 12, 16]. В результате установлены более высокие значения дзета-потенциала иллювиальных горизонтов солонцов, нежели элювиальных и почвообразующей породы, что часто коррелирует с распределением обменного натрия по профилю. Роль обменного натрия в повышении дзета-потенциала по сравнению с двухвалентными катионами связывается с более слабым сжатием двойного электрического слоя (ДЭС). Результаты дальнейших широких исследований взаимосвязи электрокинетического потенциала и содержания обменного натрия оказались весьма противоречивыми [4, 5, 9, 11, 12]. Это обусловлено отсутствием учета поверхностной проводимости почв при расчете дзета-потенциала [4, 5] и дифференциации почвенного профиля на генетические горизонты, различиями условий определения содержания обменного натрия (метод Пфелфера) и электрокинетического потенциала [9] (соотношение почва : вода = 1 : 5).

Механизм стабилизации солонцовых почв выяснялся и по отношению к электролитам их высокодисперсной части. Результаты исследований также неоднозначны. В одних работах [10] описано сильное пептизирующее действие на почвенные коллоиды нормальных содовых растворов, в других [13] — коагулирующее.

В связи с изложенным нами была предпринята попытка установить определяющий фактор в стабилизации высокодисперсной части солонцовых почв, выявить влияние содержания обменного натрия на величину заряда их поверхности и объяснить особенности формирования иллювиальных горизонтов солонцов, содержащих небольшое количество обменного натрия.

#### Методика

Электрокинетические свойства солонцовых почв Северного Казахстана в связи с содержанием в них обменного натрия исследовали по методике, описанной в [15]. Физико-химическая характеристика почвенных объектов приведена в работе [8]. Электрокинетические свойства водно-пептизируемого ила изучали

методом электрофореза в модификации С. Н. Алешина [1]. Надстилающую жидкость готовили из хлористого калия с добавлением такого количества КОН, чтобы ее удельная электропроводность и рН были близки к соответствующим значениям для водно-пептизируемого ила. Дзета-по-

тенциал ила рассчитывали по уравнению Гельмгольца—Смолуховского, приравняв электрофоретическую ско-

рость движения частиц к электроосмотической скорости движения жидкости.

### Результаты

Установлена тесная связь между степенью пептизации ила и электрокинетическим потенциалом для элювиальных (1) и иллювиальных (2) горизонтов солонцовых почв Северного Казахстана [8]:

$$T = 0,48\zeta - 1,4, \quad r = 0,68, \quad n = 19, \quad (1)$$

$$T = 7,4e^{0,047\zeta} \quad (\lg T = 0,87 + 0,020\zeta, \quad r = 0,89, \quad n = 19), \quad (2)$$

где  $\zeta$  — электрокинетический потенциал почвенных образцов;  $T$  — степень пептизации ила;  $e$  — основание натуральных логарифмов. Видно, что роль электростатического фактора в пептизируемости в элювиальных и иллювиальных горизонтах солонцов проявляется по-разному. При одном и том же значении дзета-потенциала пептизируемость илистой фракции в гор.  $B_1$  более высокая, чем в гор.  $A_1$ , и теснота связи выше. Криволинейный характер зависимости свидетельствует о том, что при увеличении содержания обменного натрия электрокинетический потенциал возрастает значительно медленнее, чем межфазовая разность потенциалов [16].

Среди ряда изучаемых факторов основополагающее влияние на электрокинетические свойства почв оказало содержание обменного натрия. Взаимосвязь между указанными показателями соответственно для элювиальных и иллювиальных ( $B_1$  и  $B_2$ ) горизонтов описывается следующими уравнениями регрессии [8]:

$$\zeta = 15,9 + 1,48 \text{ Na}, \quad r = 0,77, \quad n = 19, \quad (3)$$

$$\zeta = 13,1 + 0,71 \text{ Na}, \quad r = 0,86, \quad n = 19, \quad (4)$$

$$\zeta = 13,1 + 0,51 \text{ Na}, \quad r = 0,95, \quad n = 8, \quad (5)$$

где  $\text{Na}$  — содержание обменного натрия, % к емкости обмена. Так как в гор.  $A_1$  по сравнению с иллювиальным дзета-потенциал возрастает в зависимости от содержания обменного натрия более интенсивно, то при небольшой дифференциации обменного натрия по профилю значения потенциала в элювиальных горизонтах могут быть более высокими. Это часто отмечается в остаточных солонцах, изредка — в малонатриевых. В иллювиальных горизонтах натриевых солонцов значение потенциала всегда выше, чем в элювиальных.

Степень пептизации ила в элювиальных горизонтах солонцов линейно увеличивается с повышением содержания обменного натрия (6), а в иллювиальных — по экспоненте (7):

$$T = 5,2 + 0,90\text{Na}, \quad r = 0,65, \quad n = 19, \quad (6)$$

$$T = 12,2e^{0,039Na} \quad (\lg T = 1,09 + 0,017Na, \quad r = 0,89, \quad n = 19). \quad (7)$$

Податливость элювиального горизонта солонцов распыляющему действию воды значительно ниже, чем иллювиального.

Решающая роль обменного натрия в проявлении электрокинетических свойств обусловлена высокой степенью его диссоциации, т. е. легким переходом ионов натрия в жидкую фазу с поверхности твердой.

В табл. 1 приведены данные о взаимосвязи физико-химических свойств лугово-черноземного мелкого солонца и 1-й порции водно-пептизируемого ила. Из табл. 1 видно, что значения дзета-потенциала, полученные при использовании электрофореза для ила и потенциала протекания для всей почвы, близки.

Необходимо обратить внимание на слабую зависимость рН растворов от соотношения почва:вода, что указывает на наличие значительных буферных свойств данного объекта. При увеличении соотношения почва:вода более чем в 3 раза удельная электропроводность жидкой фазы уменьшается всего в 2 раза, следовательно, часть потенциалопределяющих карбонат-ионов с поверхностью переходит в раствор. Этот процесс усиливается при большом разведении раствора и объясняется выравниванием электрохимических потенциалов ионов обеих фаз.

В табл. 2 представлены данные об изменении рН, дзета-потенциала и удельной электропроводности в последовательно выделяемых порциях ила. В верхней части профиля солонца-солончака (0—75 см) значения рН в 7 последовательно выделенных порциях ила слабо изменялись и оставались на уровне 9,5. Повышена здесь и удельная электропроводность водно-пептизируемого ила, что указывает на наличие значительного количества потенциалопределяющих ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  в жидкой и твердой фазах. В эти порции перешло заметное количество ила, электрокинетический потенциал которого составил около 34—52 мВ. При снижении рН до 8,1—8,4 выход ила резко уменьшался, но значения дзета-потенциала его оставались высокими (34—36 мВ). В слоях 75—125 см наблюдались наименьшие значения рН, удельной

Таблица 1

Электрокинетический потенциал, рН и удельная электропроводность водно-пептизируемого ила 1-й порции, выделенного из лугово-черноземного мелкого солонца Омской области

Горизонт	Водно-пептизируемый ил (почва:вода = 1:8)			Равновесный с почвой раствор (1:2,5)		Дзета-потенциал почвы, мВ
	рН	$\kappa_V \cdot 10^4,$ ом <sup>-1</sup> см <sup>-1</sup>	- $\zeta$ , мВ	рН	$\kappa_V \cdot 10^4,$ ом <sup>-1</sup> см <sup>-1</sup>	
B <sub>1</sub>	9,28	4,28	36	9,35	9,52	-29,0
B <sub>2</sub>	9,75	7,86	39	9,80	13,4	-42,2
B <sub>3</sub>	9,78	9,04	44	9,92	16,1	-45,4
C	9,68	5,72	38	9,76	12,4	-39,6

Таблица 2

Изменение рН, дзета-потенциала и удельной электропроводности последовательно выделяемых порций водно-пептизируемого ила (содовый солонец-солончак Армянской ССР)

Показатель	Слой по чвы, см	Последовательно выделяемые порции ила							
		1	2	3	4	5	6	7	8
рН	0—25	—	9,41	9,54	9,60	9,61	9,63	9,51	8,10
	25—50	9,41	9,32	9,57	9,66	9,58	9,50	9,47	8,35
	50—75	9,52	9,52	9,55	9,68	9,58	9,55	9,58	8,47
	75—100	8,40	8,65	8,40	8,65	8,55	—	—	8,20
	100—125	8,30	8,25	8,08	8,25	8,26	—	—	8,23
— $\zeta$ , мВ	0—25	52	48	42	42	41	40	38	36
	25—50	41	40	42	40	37	38	37	36
	50—75	45	41	40	38	36	36	34	35
	75—100	41	37	37	36	36	—	—	34
	100—125	39	37	33	35	34	—	—	34
$\kappa_v \cdot 10^4$ , ом-1 см-1	0—25	—	29,4	15,3	9,63	4,28	2,03	1,15	0,91
	25—50	8,14	6,80	4,10	3,86	2,49	1,58	1,12	0,94
	50—75	5,35	4,26	3,48	3,74	2,52	1,68	1,20	0,97
	75—100	2,52	2,00	1,23	1,47	1,03	—	—	0,96
	100—125	1,90	1,69	1,15	1,07	0,88	—	—	0,97

электропроводности и выхода ила, его электрокинетический потенциал сохранялся на прежнем уровне. В 8-й порции водно-пептизируемого ила значения рН, удельной электропроводности и дзета-потенциала выровнялись во всех горизонтах. Важно отметить, что в остатке почвы значения дзета-потенциала, определенного методом потенциала протекания, были ниже (17,4 мВ), чем в последней порции водно-пептизируемого ила (34—36 мВ). Исходя из этого можно заключить, что для почв с разнокачественными поверхностями состояние равновесия определяется равенством электрохимических потенциалов соответствующих потенциалопределяющих ионов в твердой и жидкой фазах, а не равенством термодинамического потенциала (межфазового). Следовательно, даже при сравнительно низких значениях дзета-потенциала и небольшом уровне обменного натрия в солонцах может содержаться небольшое количество тонкодисперсных фракций, имеющих повышенный заряд поверхности и способных перемещаться с током влаги.

Тесная связь степени пептизации ила с зарядом поверхности солонцов, высокие значения электрокинетического потенциала водно-пептизируемого ила свидетельствуют о гидрофобности высокодисперсной части солонцовых почв. Однако окончательное отнесение почвенных коллоидов к определенному классу дисперсных систем возможно лишь после изучения ряда их характеристик, наиболее важной из которых является отношение к электролитам.

Как видно из данных табл. 3, коагуляцию почвенных зелей вызывают разбавленные растворы хлористых солей. Исключение составляют золи из элювиальных горизонтов солонцов Северного Казахстана и из иллювиального горизонта остаточного солонца (№ 1) при коагуляции хлористым калием. По величине порогов

Порог коагуляции электролитами зелей, выделенных из солонцов  
Северного Казахстана [1—8], Западной Сибири [9], Алтайского края [10]

№ образца и горизонт (в скобках)	Электролит, ммоль/л					Коагулирующая сила 2- и 3-валентных ионов по сравне- нию с одновалентными (Na <sup>+</sup> или K <sup>+</sup> )		
	KCl	HCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
<i>Фракция &lt; 0,001 мм</i>								
1 (A <sub>1</sub> )	250	—	—	2,5	—	—	100	—
2 (A <sub>1</sub> )	500	—	—	2,5	—	—	200	—
3 (A <sub>1</sub> )	250	—	—	2,5	—	—	100	—
4 (A <sub>1</sub> )	680	28	2,3	1,1	0,20	296	613	3400
5 (A <sub>2</sub> )	500	—	5,0	3,3	2,5	100	152	200
1 (B <sub>1</sub> )	250	—	—	7,5	—	—	33	—
2 (B <sub>1</sub> )	31,2	6,2	2,5	1,2	—	12	25	—
6 (B <sub>1</sub> )	15,6	2,5	0,90	1,1	0,40	17	14	39
7 (B <sub>1</sub> )	15,6	2,5	1,2	1,1	0,30	13	14	52
8 (B <sub>1</sub> )	15,6	2,5	0,60	0,60	0,40	26	26	39
9 (B <sub>2</sub> )	15,6	1,6	0,60	0,60	0,25	26	26	62
10 (A <sub>1</sub> +B <sub>1</sub> ; 0—10 см)	31,2	5,0	1,2	1,1	0,75	26	28	42
10 (A <sub>1</sub> +B <sub>1</sub> ; 10—20 см)	47,0	5,0	1,2	1,1	0,40	39	43	120
10 (B <sub>2</sub> )	12,0	2,5	0,69	0,60	0,44	19	20	27
10 (BC)	12,0	1,2	0,46	0,74	0,25	26	16	48
Na-бентонит	62,5	9,0	2,2	1,9	0,25	34	40	300
<i>Фракция &lt; 0,0002 мм</i>								
8 (B <sub>1</sub> )	22,5	1,2	0,50	0,43	0,28*	178	207	—

Примечание. Коагулирующая концентрация NaCl для ила Na-бентонита и фракции почвы < 0,0002 мм составила соответственно 75,0 и 89,0 ммоль/л. Номера образцов соответствуют разрезам остаточных (№ 1 и 6), малонатриевых (№ 3) и среднematриевых (№ 2, 4, 5, 7, 8) черноземных солонцов Северного Казахстана, малонатриевых (№ 9) солонцов Западной Сибири, средннатриевых (№ 10) каштановых солонцов Алтайского края. Для фракции < 0,0002 мм дан порог коагуляции хлорным железом.

коагуляции зелей электролитами, их зависимости от валентности катионов, подчиняющейся правилу Шульце — Гарди, выделенные золи следует отнести к гидрофобным. По коагулирующей силе ионы магния превосходят ионы водорода и у большинства зелей близки к ионам кальция. Потеря устойчивости или Na-бентонита наиболее строго подчиняется правилу Шульце-Гарди. Отнесение дисперсий этого минерала к гидрофильным соединениям неправомерно.

Устойчивость выделенных зелей к действию ионов водорода, магния, кальция и алюминия относительно близка, особенно при выражении коагулирующих концентраций в мг-экв/л, что свидетельствует о ведущей роли нейтрализационных процессов при коагуляции этими ионами. В то же время по отношению к одновалентным катионам наблюдается резкая дифференциация выделенных зелей. Наименее устойчивы к действию одновалентных катионов золи из иллювиальных и переходных горизонтов, а наиболее устойчива высокодисперсная часть из элювиальных горизонтов. Промежуточное положение занимает ил Na-бентонита.

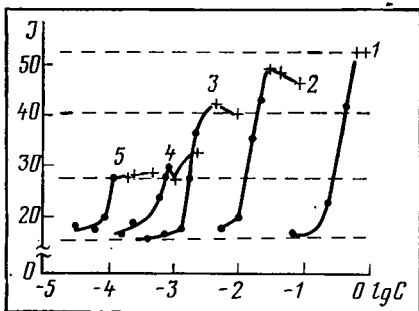


Рис. 1. Интенсивность рассеивания света золев, выделенным из элювиального горизонта солонца (разр. 4), в зависимости от логарифма концентрации ионов (г-ион/л). 1 —  $K^+$ ; 2 —  $H^+$ ; 3 —  $Mg^{2+}$ ; 4 —  $Ca^{2+}$ ; 5 —  $Al^{3+}$  (+ на кривых соответствует процессу коагуляции).

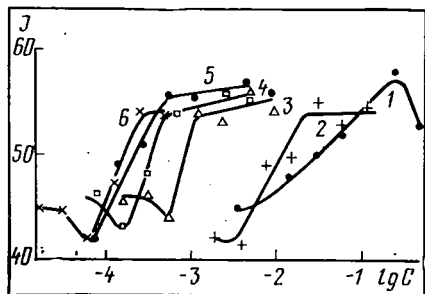


Рис. 2. Интенсивность рассеивания света коллоидами, выделенными из илювиального горизонта средненатриевого солонца (разр. 8), в зависимости от логарифма концентрации ионов (г-ион/л). 1 —  $Na^+$ ; 2 —  $K^+$ ; 3 —  $H^+$ ; 4 —  $Mg^{2+}$ ; 5 —  $Ca^{2+}$ ; 6 —  $Fe^{3+}$ .

Очевидно, коагуляция высокодисперсной части почв одновалентными ионами калия и натрия происходит по концентрационному механизму, что объясняется слабой связью их с поверхностью почвенных частиц. Особенно низка прочность связи ионов калия и натрия с органической частью почв. Поэтому для уменьшения диссоциации ионов требуется большой избыток их в растворе [17]. Следовательно, высокодисперсная часть из элювиальных горизонтов стабилизирована гумусовыми соединениями.

Интенсивность рассеивания света органо-минеральными золями в процессе коагуляции хлористым калием и водородом в 3 раза, а хлористым магнием — в 2 раза выше, чем солями кальция и алюминия (рис. 1). Очевидно, что в процессе коагуляции катионы последних взаимодействуют с функциональными группами одного вида, ионы магния — двух, а ионы водорода и калия — трех видов. Более высокая коагулирующая способность хлоридов

ристого алюминия по сравнению с хлористым кальцием объясняется полным (количественным) связыванием золев ионов алюминия и частичным ионов кальция. При коагуляции золя ионами водорода и калия теряется заряд 3 функциональных групп. Механизм потери его первыми ионами преимущественно нейтрализационный, а последними — концентрационный.

Коллоиды, выделенные из гор. В<sub>1</sub>, также являются органо-минеральными, что следует из резкого изменения интенсивности рассеивания света в процессе коагуляции (рис. 2). Однако в коагуляционном процессе участвует лишь один вид функциональных групп (в элювиальном — 3 вида), прочность связи которых с одновалентными ионами натрия и калия уже довольно высокая

и приближается к прочности, характерной для минеральной части почв — Na-бентонита.

Таким образом, выделенные из солонцовых почв золи можно подразделить на две группы: 1) стабилизированные адсорбированными гумусовыми соединениями, 2) ионно-стабилизированные. При коагуляции зольей 1-й группы интенсивность рассеивания света изменяется в прямой зависимости от числа взаимодействующих с катионами функциональных групп. Ионно-стабилизированным зольям, преимущественно минеральным, свойственна высокая интенсивность рассеивания света, слабее изменяющаяся в зависимости от концентрации электролита-коагулятора. По влиянию одно- и двухвалентных катионов на агрегативную устойчивость различия, характерные для зольей 1-й группы, весьма высоки (в 100—1000 раз), для ионно-стабилизированных зольей — менее значительны: пороги коагуляции одно- и двухвалентными катионами различаются в десятки раз.

Используя представления о возможности нахождения в почвах частиц разного по величине заряда (дзета-потенциал последних порций водно-пептизируемого ила более высокий, чем остатка почвы) и о существовании в солонцах высокоустойчивых по отношению к одновалентным катионам зольей, стабилизированных гумусовыми соединениями, а также экспериментальные данные о зависимости степени пептизации ила от содержания обменного натрия [6, 7] и об изменении дзета-потенциала по профилю остаточных солонцов (в элювиальных горизонтах его величина выше, чем в иллювиальных), можно объяснить генезис последних почв и современными процессами почвообразования. Действительно, в элювиальных горизонтах остаточных, мало- и средненатриевых солонцов имеются коллоиды, стабилизированные гумусовыми соединениями. Последние характеризуются повышенной устойчивостью к действию одновалентных катионов (табл. 3). В силу низких концентраций одно- и двухвалентных катионов эта высокодисперсная часть агрегативно устойчива и способна перемещаться с током влаги. При попадании ее в расположенные ниже горизонты с высокой концентрацией двухвалентных катионов последние взаимодействуют с функциональными группами органического вещества. В остаточных солонцах данный процесс протекает наиболее полно из-за слабой конкуренции с одновалентными ионами, концентрация и доля которых низкие, что приводит к коагуляции илистой фракции. В иллювиальных горизонтах мало- и особенно средненатриевых солонцов проявляется антагонизм высоких концентраций ионов натрия в отношении связывания кислотных групп ионами кальция. Концентрация одновалентных катионов недостаточна, чтобы вызвать коагуляцию органо-минеральных зольей.

Анализ данных табл. 4, которые подтверждают высказанные положения, показывает, что концентрация одно- и двухвалентных катионов в жидкой фазе элювиальных горизонтов, выделяе-



Таблица 4

Состав почвенных растворов черноземных солонцов Северного Казахстана (мг. экв/л)

Слой поч- вы, см.	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
<i>Остаточный солонец (профиль 1, точка 6)</i>						
0—8	15,7	3,1	3,3	11,1	7,9	4,6
8—15	35,4	5,1	14,3	21,8	21,5	11,6
30—40	32,3	66,3	21,5	6,8	31,8	93,6
<i>Малонатриевый солонец: разр. 21</i>						
0—11	6,6	6,4	3,2	3,2	4,2	8,5
23—30	17,4	48,9	176,4	32,6	36,5	196,6
33—43	10,3	31,0	153,5	26,9	29,2	159,2
47—60	11,6	28,9	108,2	29,0	24,9	112,5
<i>разр. 61</i>						
0—11	7,3	2,9	4,7	4,1	1,4	8,2
11—21	21,2	82,3	22,6	15,5	15,5	88,6
30—40	45,0	123,0	88,4	43,4	98,0	138,9
40—50	21,6	253,5	96,2	52,1	107,0	217,0
<i>Средненатриевый солонец: разр. E-4</i>						
0—4	11,2	8,2	4,8	3,9	1,4	18,9
4—13	62,3	145,7	60,7	16,0	23,1	220,8
20—30	19,9	188,7	163,6	40,5	37,7	317,8
<i>разр. опыта 19-й</i>						
0—10	11,6	22,0	18,6	6,2	4,6	38,7
10—20	14,0	75,8	73,9	11,5	22,9	119,7
20—30	6,0	135,0	196,1	26,7	51,6	258,1
<i>разр. опыта 30-й</i>						
0—10	8,2	28,2	7,6	3,0	6,5	33,9
10—20	6,6	154,4	121,4	25,4	47,8	216,3
20—30	7,1	221,9	188,2	35,5	68,0	319,5
<i>разр. опыта 41-й</i>						
0—10	4,0	8,0	5,4	0,9	0,4	14,7
10—20	15,0	41,8	10,0	6,4	6,5	54,0
20—30	10,1	114,0	56,8	14,0	36,2	129,8

мой из солонцовых почв при увлажнении до 36—38 %, наиболее низкая. При увеличении натриевости концентрация двухвалентных катионов в большинстве случаев снижается, а одновалентных — повышается. Поэтому в остаточных солонцах среди катионов преобладают двухвалентные, а в мало- и средненатриевых — одновалентные катионы.

В иллювиальных горизонтах по сравнению с элювиальными концентрация двухвалентных катионов возрастает в 2,3—9 раз, а одновалентных — в 2,5—20 раз. При этом концентрация последних остается значительно ниже коагулирующей. Следовательно, в иллювиальных горизонтах мало- и средненатриевых солонцов коагулирующая роль двухвалентных катионов будет сдерживаться пептизирующей ролью обменного натрия, чего не наблюдается в остаточных, поэтому в последних дзета-потенциал

и степень пептизации ила наиболее низкие, а фильтрационная способность — наиболее высокая.

На возможность пептизации почвенных коллоидов в условиях низкой концентрации солей при содержании обменного натрия порядка 5—10% к емкости обмена указывали и зарубежные исследователи [23, 24].

### Заключение

В элювиальных горизонтах почв солонцовых комплексов в силу низких концентраций одно- и двухвалентных катионов присутствуют подвижные почвенные коллоиды, стабилизированные гумусовыми соединениями. Они характеризуются повышенной устойчивостью к коагулирующему действию одновалентных катионов. При перемещении с током влаги в более глубокие слои с повышенной концентрацией солей функциональные группы органического вещества взаимодействуют с двухвалентными катионами. В остаточных солонцах этот процесс протекает наиболее полно, что приводит к коагуляции органо-минеральных соединений. В мало- и средненатриевых солонцах по отношению к связыванию функциональных групп гумуса проявляется антагонистическая роль высоких концентраций ионов натрия в жидкой фазе, которые, однако, недостаточны, чтобы самостоятельно вызвать процесс коагуляции.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин С. Н. Руководство к практическим занятиям по физической и коллоидной химии. — М.: ТСХА, 1952. — 2. Андреев Б. В. Повышение плодородия солонцов и солонцеватых почв. — Саратов: кн. изд-во, 1961. — 3. Володин В. М. Некоторые свойства малонатриевых солонцов каштановой зоны Северного Казахстана. — Тр. Целиноградского СХИ, 1972, т. 7, вып. 2, с. 31—43. — 4. Гурьева Н. А., Курбатов А. И. Электрокинетические свойства солонцов и солонцеватых почв Северного Казахстана. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 6, с. 119—122. — 5. Гурьева Н. А. Исследование состава и физико-химических свойств минеральной части почвенного поглощающего комплекса солонцовых почв. — Автореф. канд. дис. М., 1972. — 6. Кирюшин В. И., Бабич А. И. Физико-химические и физические свойства черноземных солонцов Казахстана с различным содержанием обменного натрия. — Вопросы генезиса, мелиорации и охраны почв Северного Казахстана. Целиноград: ВНИИЗХ, 1972, с. 70—81. — 7. Кирюшин В. И. Солонцы и их мелиорация. — Алма-Ата: Кайнар, 1976. — 8. Кирюшин В. И., Окороков В. В. Факторы агрегативной устойчивости дисперсных систем солонцовых почв. — Солонцы и их освоение. Науч. техн. бюл. Целиноград: Изд-во ВНИИЗХ, 1980, вып. 22, с. 36—53. — 9. Кипнис В. М., Максьюта В. Н., Азовцева Т. В. Электрокинетический потенциал некоторых почв Нижнего Поволжья. — Почвоведение, 1977, № 11, с. 62—71. — 10. Мелиорация солонцов в СССР / И. Н. Антипов-Каратаев, К. П. Пак, Г. Н. Самбур, В. Н. Филиппова. М.: Изд-во АН СССР, 1953. — 11. Минкин М. Б. Физико-химические исследования поглощающего комплекса почв Нижнего Дона и некоторые вопросы их мелиорации. — Автореф. докт. дис. М., 1975. — 12. Минкин М. Б., Калинин В. П., Садимен-

жо П. А. Регулирование гидрологического режима комплексных солонцовых почв. — Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1986. — 13. Михайличенко В. И., Яцынин Н. Л. Природа магниевых солонцов Северного Казахстана. — Успехи почвоведения в Казахстане. Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1975, с. 195—212. — 14. Михайличенко В. Н., Сейфуллина С. М., Яцынин Н. Л. Трансформация коллоидно-полимерного комплекса солонцов гидроморфно-автоморфного эволюционно-генетического ряда. — Плодородие почв Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1988, вып. 4, с. 20—37. — 15. Окорков В. В., Курбатов А. И. Методика определения электрокинетического потенциала почв методом потенциала протекания. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 3, с. 121—127. — 16. Окорков В. В. Комплексное применение физико-химических методов при изучении причин солонцеватости почв. — Работы молодых ученых. Науч. техн. бюл. Целиноград: Изд-во ВНИИЗХ, 1980, вып. 25, с. 3—7. — 17. Окорков В. В. О механизме коагуляции натриевых солей гуминовых кислот. — Сиб. вестн. с.-х. науки, 1984, № 2, с. 55—63. — 18. Панов Н. П., Кокуркина Э. И. Генетические особенности солонцов и солонцева-

тых почв Павлодарского Прииртышья. — Докл. ТСХА, 1967, вып. 124, с. 5—11. — 19. Панов Н. П., Гончарова Н. А. К вопросу о факторах, определяющих неблагоприятные свойства малонатриевых солонцов. — Мелиорация солонцов. М.: Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1972, ч. 1, с. 56—66. — 20. Панов Н. П., Гончарова Н. А., Оконский А. И. и др. Особенности накопления и распределения гидрофильных кремниевых соединений в солонцах Заволжья. — Почвоведение, 1989, № 5, с. 27—37. — 21. Пономарева Н. С., Парфенов А. И. Изучение водно-пептизированного ила в солонцах Омской области. — Науч. тр. Омск: Изд-во Омского СХИ, 1969, т. 73, с. 23—30. — 22. Стрельченко В. П., Мокрушин В. Г., Матушевский В. П. Водно-пептизируемый ил солонцов и факторы, определяющие его наличие. — Мелиорация солонцов. М.: Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1972, ч. 1, с. 157—161. — 23. Arora H. S., Coleman N. T. — Soil Sci., 1979, N 127, p. 134—139. — 24. Velasco-Molina H. A., Swoboda A. R., Godfrey C. L. — Soil Sci., 1971, N 111, p. 282—287.

*Статья поступила 12 октября 1989 г.*

## SUMMARY

Electrokinetic properties of solonetz soils of North Kazakhstan were studied. It has been found that peptization of these soils is caused by electrostatic factor. The soil portion with high despersity is divided into sols stabilized by adsorbed humic compounds and ion-stabilized. The former are concentrated in eluvial solonetz horizons and in contrast to the latter are characterized by higher resistance to coagulative effect of univalent cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). They are of great importance in formation of illuvial solonetz horizons.