

УДК 631.437

В. М. КИПНИС, В. Н. МАКСЮТА, Т. В. АЗОВЦЕВА

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Показана необходимость совместной оценки всех катионов ППК и содержания солей в поровом растворе при анализе явления солонцеватости почв. Солонцеватость почв может быть оценена по величинам дзета-потенциала, однако этот показатель характеризует лишь физическую солонцеватость. Высказано соображение о природе отрицательных свойств малонатриевых солонцов.

В последние годы в отечественной литературе появился ряд работ, в которых исследователи связывают некоторые отрицательные свойства солонцов и солонцеватых почв с величиной электрокинетического потенциала почвенных коллоидов [4, 7, 8, 12, 9 и др.]. Необходимость выявления достаточно надежного диагностического признака солонцеватости, позволяющего дать количественную оценку этого явления, диктуется в первую очередь потребностями мелиорации солонцов. Как показывают многочисленные исследователи, оценка степени солонцеватости почвы по процентному содержанию обмену натрия не может быть признаком удовлетворительной [11, 2 и др.].

Согласно современным представлениям, двойной слой коллоидных частиц состоит из плотного адсорбционного слоя ионов, компенсирующих отрицательный (в большинстве случаев) заряд поверхности твердой фазы и диффузного слоя, часть ионов которого может переходить в раствор и возвращаться обратно в зону действия электростатических сил частицы. Распределение ионов в силовом поле частицы подчиняется закону Больцмана, создавая наибольшую плотность ионного облака вблизи заряженной поверхности. Полный термодинамический потенциал коллоидной частицы $\bar{\varphi}^0$ характеризует величину энергии, которой обладает заряженная поверхность. Если рассматривать частицу как гальванический элемент, отрицательный полюс которого находится на поверхности твердой фазы, а положительный в растворе, то величину энергии в любой точке падения потенциала от заряженной поверхности к раствору можно охарактеризовать с помощью электрохимического потенциала, представляющего собой сумму электрической $zF\varphi$ и химической $\sum \mu_i m_i$ энергий:

$$\bar{\varphi} = \sum \mu_i m_i + zF\varphi. \quad (1)$$

Величину химической энергии, выраженную в виде суммы произведений химического потенциала каждого i -го компонента на число молей m_i этого компонента, для заданных условий можно представить в виде одной из основных термодинамических функций:

$$\sum \mu_i m_i = G(P, T - \text{const}). \quad (2)$$

Условие равновесия между частицей и раствором определяется равенством электрохимических потенциалов обеих фаз:

$$\bar{\varphi}_a = \bar{\varphi}_p \quad (3)$$

или

$$G_a + zF\varphi_a = G_p + zF\varphi_p, \quad (4)$$

где G_a — потенциал (свободная энергия) Гиббса адсорбированных ионов, φ_a — электрический потенциал на границе плотного и диффузного слоев, G_p — потенциал Гиббса ионов раствора, φ_p — электрический потенциал в растворе, z — электровалентность, F — число Фарадея. На бесконечном удалении от заряженной поверхности $\varphi_p = 0$, поэтому

$$G_p - G_a = zF\varphi_a. \quad (5)$$

Для разбавленных растворов $\varphi_a = \xi$, и уравнение (5) можно записать в виде

$$G_p - G_a = zF\xi. \quad (6)$$

Теоретические положения, выведенные для φ_a , хорошо подтверждаются на опыте в отношении ξ -потенциала [14]. Полученная зависимость (6) характеризует изменение свободной энергии $\Delta G = G_p - G_a$ ионов при переходе их из раствора в адсорбированное состояние. На поверхности заряженной твердой фазы частицы вся ее свободная энергия представлена электрической составляющей, т. е. потенциалом φ^0 . Величина этого потенциала в случае частиц почвы определяется природой поверхности, т. е. минералогическим составом частиц, имеющих определенный заряд на изломах и гранях кристаллической решетки минералов. Ионно-сорбционная способность почвенных частиц, толщина и свойства двойного электрического слоя зависят в первую очередь от этого исходного заряда. Однако немаловажную роль в распределении потенциала по радиусу частицы принадлежит адсорбированным ионам и ионам раствора. Заряд иона и его радиус определяют характер связи иона с коллоидной частицей, а концентрация и ионный состав контактирующего раствора — степень диссоциации адсорбированных ионов диффузного слоя в растворе. С увеличением концентрации раствора степень диссоциации адсорбированных ионов уменьшается, диффузный слой как бы сжимается, что приводит к уменьшению ξ -потенциала частицы. В задачу нашей работы входило установление связи дзета-потенциала с минералогическим составом почвы, характером и степенью насыщенности ППК обменными катионами и концентрацией солей в почвенном растворе.

Величину дзета-потенциала определяли методом электроосмоса. В качестве равновесного раствора использовали фильтраты самих почв, что позволило установить связь между дзета-потенциалом и засолением почвы. При расчетах величины дзета-потенциала по формуле Гельмгольца — Смолуховского вводили поправки на поверхностную проводимость и нагревание образца в процессе прохождения через него тока в электроосмометре [1]. Сила тока в измерениях равнялась 20 *ма*.

Исследование величины электрокинетического потенциала в образцах из генетических горизонтов ряда почв Волгоградской обл., а также некоторых почв, распространенных в Калмыцкой АССР, позволило выявить основные закономерности распределения его по профилю исследованных почв (табл. 1). Наибольшей величиной дзета-потенциала характеризуются иллювиальные горизонты солонцов. Здесь его значения, как правило, выше 30—40 *мв*, что обуславливает дисперсное состояние почвенных коллоидов этих горизонтов. В зональных почвах величина ξ -потенциала колеблется от единиц до 10—20 *мв*. В луговых почвах отмечается уменьшение дзета-потенциала по сравнению с почвами степного типа почвообразования. Возможные причины этого явления будут рассмотрены ниже. Солонец-солончак характеризуется более низкими

Таблица 1

*Электрокинетический потенциал генетических горизонтов некоторых почв
Нижнего Поволжья*

Номер разреза. Почва	Горизонт	Глубина, см	Дзета-потенциал, мв	Номер разреза. Почва	Горизонт	Глубина, см	Дзета-потенциал, мв
1. Солонец степной средний	A	0—11	28	8. Солонец-солончак	A+B ₁	0—27	13
	B ₁	11—30	52		B ₂	27—41	14
	B ₂	30—49	38		BC	41—68	15
	BC	49—75	21		C	Глубже 68	10
	C	Глубже 75	18		9. Поверхностно-луговато-каштановая	A _{пах}	0—22
2. Солонец степной мелкий	A	0—3	29	B ₁		22—42	5
	B ₁	3—25	51	B ₂		42—68	12
	B ₂	25—34	36	BC		68—107	15
	BC	34—75	22	C		Глубже 107	7
	C	Глубже 75	15	10А. Солонец луговой остаточный	A ₀	0—4	22
3. Солонец степной средний	A+B ₁	0—28	34		A ₁	4—9	17
	B ₂	28—41	38		B ₁	9—17	23
	BC	41—50	34		B ₂	17—32	15
	C	50—75	33		B ₃	32—50	16
	4. Солонец степной мелкий	A	0—6	32	BC	5—78	14
B ₁		6—30	44	C	78—152	30	
5. Светло-каштановая		A _{пах}	0—23	6	D ₁	152—157	24
		B ₁	23—42	12	D ₂	157—200	19
		B ₂	42—56	14	10Б. Лугово-дерновая слабоосолодевая	A ₀	0—11
	BC	56—81	20	A ₁		11—22	23
	6. Светло-каштановая	A _{пах}	0—20	23		B ₁	22—35
AB		20—33	20	B ₂		35—78	15
B ₁		33—41	21	BC		78—110	12
B ₂		41—53	20	10В. Лугово-дерновая осолодевая	A ₀	0—12	20
B _к		53—73	19		A ₁	12—22	25
BC	73—105	20	A ₂		22—36	9	
C	105—147	14	B ₁		36—52	13	
7. Каштановая	A _{пах}	0—27	20		B ₂	52—70	12
	B ₁	27—55	12	BC	79—100	18	
	B ₂	55—74	18	C	100—147	20	
	BC	74—107	17	D ₁	147—155	18	
				D ₂	155—200	18	
				D ₃	240—250	17	

значениями дзета-потенциала по сравнению с незасоленными солонцами. Несмотря на высокое содержание обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе значения дзета-потенциала по профилю этой почвы находятся в тех же пределах, что и дзета-потенциал засоленного гор. С солонцов мелкого и среднего (разрезы 1 и 2). Здесь налицо коагулирующее действие солей, содержание которых в верхних горизонтах солонца-солончака достигает 0,8—1,3% при содержании обменного натрия 26—32% от суммы поглощенных оснований. Информативность связи дзета-потенциала с типом почвы равна 0,64 бит.*

Как отмечает ряд исследователей, роль минералогического состава в особенностях солонцов и солонцеватых почв весьма велика. Тем не менее определенных количественных связей между свойствами солонцов и их минералогическим составом пока нет. Объясняется это, с одной стороны, отсутствием четко выраженных закономерностей в распределении минералов в солонцах, а с другой стороны — отсутствием точных методов количественного учета минералов почвы. Определение минера-

* Здесь и далее математическую обработку полученных результатов проводили с помощью информационно-логического анализа [13].

логического состава илистой фракции в 20 образцах почв Волгоградской обл. и Калмыцкой АССР проводили в лаборатории рентгеноструктурного анализа Института ВолгоградНИПИНефть на дифрактометре УРС-50-ИМ. Некоторое приблизительное представление о количественных закономерностях содержания минералов в почвах дает метод измерения площади пиков базальных рефлексов на дифрактограммах, который мы применяли в своих исследованиях.

Анализ связи минералогического состава почв с дзета-потенциалом показал, что теснота связи между содержанием минерала и величиной ζ -потенциала убывает в ряду гидрослюда > каолинит > монтмориллонит > хлорит > смешаннослойные. Минералы группы гидрослюд доминируют в илистой фракции почв светло-каштановой подзоны Нижнего Поволжья [10, 3, 6 и др.]. Роли монтмориллонита в минералогическом составе этих почв отводится второстепенное значение, однако широко распространены слюда-монтмориллонитовые смешаннослойные образования. Определенных закономерностей распределения минералов по профилю почв нам выявить не удалось. Однако в ряде случаев такие закономерности могут быть обнаружены [6], хотя, как уже отмечалось, количественное определение содержания минералов отличается довольно высокой величиной погрешности определения — 10—20%. При математической обработке мы, как правило, пользовались двумя градациями: типа «наличие минерала — отсутствие минерала» или «содержание минерала больше 20% — меньше 20%» и т. п. Следовательно, все выводы, полученные в результате такой обработки, носят предварительный, ориентировочный характер. Анализ информативностей и направления связи в частных и совместных каналах показал, что влияние минералогического состава на дзета-потенциал характеризуется сложностью и неоднозначностью. Так, направление связи (прямая или обратная), специфичные для каждой градации содержания минерала ранги (уровни) дзета-потенциала и величина информативности в значительной мере меняются при анализе связи дзета-потенциала с двумя или тремя минералами одновременно (например, изолированное влияние монтмориллонита на величину дзета-потенциала отлично от совместного влияния монтмориллонита и гидрослюд и т. п.). Анализ информативности в совместных каналах связи показал в ряде случаев наличие косвенной информации, которая является продуктом взаимного влияния (взаимообусловленности) минералов. Резюмируя все сказанное, следует заключить, что существует несомненная связь между минералогическим составом и электрокинетическим потенциалом, однако ввиду большой неопределенности как в распределении минералов в профиле почв, так и при количественной оценке этого распределения эта связь получается неоднозначной. Малый объем исследованной выборки также не позволяет сделать какие-либо обоснованные выводы. Данное исследование авторы рассматривают как одну из первых попыток отыскания подобного рода зависимости.

Изучение зависимости между дзета-потенциалом и характером насыщенности ППК обменными основаниями изучали в выборке, в которую вошли данные анализа состава обменных катионов в образцах из почв светло-каштановой подзоны Нижнего Поволжья и величина электрокинетического потенциала этих образцов, а также часть данных, заимствованных нами из работы Минкина [7].

Состав обменных катионов в образцах определяли по методу Пфелфера. Анализ связи содержания обменных катионов с величиной электрокинетического потенциала позволили выявить следующие закономерности.

1. Теснота связи между содержанием обменных катионов и дзета-потенциалом убывает в ряду натрий > сумма катионов > магний > > кальций.

2. Совместное влияние на величину дзета-потенциала двух и более катионов выше, чем влияние каждого катиона в отдельности.

3. Величина информативности в совместных каналах связи во всех случаях выше информативности частных каналов связи, но меньше суммы информативностей соответствующих частных каналов связи, что свидетельствует о взаимообусловленности состава ППК.

4. Специфические ранги дзета-потенциала для определенных уровней содержания каждого из катионов в ППК для частных каналов отличны от таковых в совместных каналах связи.

Таблица 2

Зависимость (канал связи) между содержанием обменных кальция, магния, натрия и дзета-потенциалом почвы

Катионы, мг·экв/100 г			Дзета-потенциал, мв				
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	0-10	11-20	21-30	31-40	≥41
≤10	≤10	≤4		0,429	<u>0,428</u>	0,143	
		≥5	0,125	0,375	0,250	<u>0,250</u>	
	≥11	≤4	<u>0,333</u>	0,333	0,334		
		≥5					<u>1,000</u>
≥11	≤10	≤4	0,149	<u>0,702</u>	0,149		
		≥5	0,200	0,200	0,200	0,200	<u>0,200</u>
	≥11	≤4	0,083	<u>0,667</u>	0,167	0,083	
		≥5			0,600	0,200	<u>0,200</u>
P (ξ)			0,124	0,551	0,213	0,067	0,045

$N(\xi) = 1,7850$ бит; $T(K; \xi) = 0,4257$ бит; $H(K) = 2,2313$ бит; $K = 0,191$. Подчеркнуты специфические ранги. K — катионы.

5. Увеличение содержания натрия в ППК во всех случаях приводит к увеличению дзета-потенциала (до 30—40 мв).

6. Одновременное увеличение содержания натрия и магния сказывается на увеличении дзета-потенциала сильнее, чем увеличение содержания одного лишь натрия (до 40 мв и выше).

7. Увеличение содержания кальция снижает дзета-потенциал лишь в случае невысокого (< 5 мг·экв/100 г) содержания натрия.

8. При одновременном увеличении содержания в ППК кальция и магния их совместное действие на снижение дзета-потенциала сказывается сильнее, чем действие одного лишь кальция.

Для иллюстрации некоторых из перечисленных закономерностей мы приводим тройной канал связи между катионами ППК и дзета-потенциалом (табл. 2).

Полученные закономерности позволяют констатировать следующее. Первостепенная роль в изменении электрокинетического потенциала принадлежит поглощенному натрию. Однако нельзя рассматривать его как единственный фактор почвы безотносительно к содержанию остальных катионов ППК. Так, величина коэффициента корреляции между дзета-потенциалом и процентным содержанием натрия в ППК (от суммы обменных катионов) равнялась в наших исследованиях 0,34. Оценка степени солонцеватости почвы по этому показателю не всегда может быть удачной, и это вполне объяснимо, так как в последний входят лишь две характеристики ППК — содержание обменного натрия и суммы катионов ППК.

Сумма катионов ППК в неявном виде содержит информацию о составе ППК, однако неоднородность этого состава и приводит к столь не-

высокой связи между процентным содержанием натрия и дзета-потенциалом. В типичных солонцах сумма обменных катионов достигает максимума в иллювиальных горизонтах, характеризуя степень «развитости» двойного электрического слоя коллоидов. В этом случае отмечается прямая связь между величиной суммы обменных катионов и дзета-потенциалом. В табл. 3 приведены величины информативностей частных и

Таблица 3

Значения информативностей (T , бит), коэффициентов эффективности связи (K) и сумма информативностей частных каналов связи по сравнению с информативностью совместных каналов связи

Катионы	$T_{\text{ч}}$	K
Кальций	0,1249	0,072
Магний	0,1556	0,105
Натрий	0,2546	0,151
Сумма катионов ППК	0,2526	0,130
	$T_{\text{совм}}$	Сумма $T_{\text{ч}}$
Кальций + натрий	0,2592	0,3795
Магний + натрий	0,2826	0,4102
Кальций + магний	0,1719	0,2805
Кальций + магний + натрий	0,4257	0,5351

совместных каналов связи. Эти данные свидетельствуют о том, что дзета-потенциал содержит в себе информацию обо всем составе почвенного поглощающего комплекса и что чем больше катионов вовлекается в анализ связи с дзета-потенциалом, тем полнее информация о влиянии состава ППК на величину дзета-потенциала. Кроме того, например, при одном и том же содержании в ППК одного из катионов дзета-потенциал может различаться вследствие разницы в содержании других катионов. В этом случае весьма показательное поведение катиона магния. Анализ его связи с дзета-потенциалом изолированно от содержания кальция и натрия приводит к выводу, что с увеличением содержания магния в ППК дзета-потенциал возрастает. Двойственная роль катиона магния, как уже говорилось, проявляется при выраженном преимуществе в составе ППК кальция или натрия.

Нередко встречаются почвы, в поглощающем комплексе которых при более или менее однородном распределении по профилю поглощенных кальция и магния отмечается явно выраженный максимум обменного натрия в горизонтах B_1 и B_2 . Такие почвы можно считать типичными солонцами, и увеличение дзета-потенциала в иллювиальных горизонтах этих почв связано в основном с содержанием обменного натрия [7].

В ряде случаев при однородном содержании в ППК кальция и натрия по профилю почвы содержание обменного магния характеризуется выраженным эффектом неоднородности. В качестве примера рассмотрим изменение дзета-потенциала и обменного магния по профилю луговых почв (разрезы 10А, 10Б и 10В). Увеличение содержания обменного магния в этих почвах по сравнению с содержанием обменного натрия можно объяснить процессами гидролиза натрийсодержащих глин (осолодение) с последующим внедрением иона водорода в кристаллическую решетку минералов с вытеснением оттуда катионов магния и алюминия [15]. В ППК таких почв должно содержаться значительное количество магния и водорода, которые являются специфическими иона-

ми в поглощающем комплексе этих почв. Распределение дзета-потенциала по профилю этих почв связано с содержанием обменного магния в почве. При переходе от микроповышения (разр. 10А) к микропонижению (разр. 10В) увеличивается степень осолодения почвы, связанная с переувлажнением почв микропонижений. В профиле почв появляется четко выраженный осолоделый гор. А₂, который характеризуется значительным содержанием обменного водорода и низкими величинами дзета-потенциала.

Влияние минералогического состава и характера насыщенности ППК обменными катионами на дзета-потенциал проявляется в основном при невысоком содержании в почвенном растворе легкорастворимых солей. Как уже отмечалось, с увеличением содержания солей в почвенном растворе после некоторого предела начинается процесс коагуляции коллоидов, приводящий к снижению дзета-потенциала. Согласно теории электрокинетических явлений, при увеличении концентрации солей величина дзета-потенциала должна уменьшаться. Однако на практике мы имеем первоначальный рост дзета-потенциала с увеличением концентрации (аномальная ветвь) и дальнейшее его уменьшение (нормальная ветвь). Увеличение дзета-потенциала при низких концентрациях раствора Минкин [8] объясняет вхождением водорода в ППК при невысокой концентрации почвенного раствора, который обладает более высокой энергией адсорбции по сравнению с натрием и может значительно изменять электрокинетические свойства поверхности коллоидных частиц.

На возможность гидролиза при небольших концентрациях раствора указывают также Кэмил и Шейнберг [16]. В наших исследованиях мы, к сожалению, не располагали возможностью непосредственно определить содержание солей в почвенном растворе и вывести зависимость между этим показателем и величиной дзета-потенциала. Однако метод измерения электропроводности почвенных паст при влажности, соответствующей влажности образца в электроосмометре в процессе определения дзета-потенциала, дает возможность оценить величину содержания в почвенном растворе в единицах удельной электропроводности ($ом^{-1} \cdot см^{-1}$). Между удельной электропроводностью почвенных паст и засолением почвы (по сумме солей водной вытяжки) получена прямолинейная зависимость с коэффициентом корреляции 0,99 ($n=50$). Выявлены значения, представляющие собой критический интервал засоления, свыше которого соли начинают оказывать на коллоиды коагулирующее воздействие. Для суммы солей водной вытяжки границы этого интервала соответствуют 0,10—0,17% засоления. Естественно, что вид зависимости может несколько меняться для различных типов засоления почвы, однако следует отметить, что при анализе химического состава солонцов описанное явление нужно всегда принимать во внимание.

В заключение остановимся на анализе приведенного материала в связи с проблемой диагностики солонцов и солонцеватых почв. Солонцеватость как физическое явление проявляется в виде совокупности отрицательных водно-физических свойств почвы. Эти свойства являются следствием дисперсного состояния почвенной массы, одной из причин которого служит высокий поверхностный заряд коллоидных частиц в растворе, препятствующий их сближению и агрегации. Величина этого заряда может быть охарактеризована с помощью электрокинетического потенциала почвенных частиц. Не вызывает сомнения то, что может быть найдена довольно тесная связь между дзета-потенциалом и некоторыми свойствами солонцов. Так, распределение дзета-потенциала по профилю солонцевых почв с четко выраженным максимумом в иллювиальных горизонтах согласуется с распределением по профилю солонца таких характеристик, как емкость обмена, величина рН, содержание ила и в ряде случаев содержание обменного натрия.

Отмечается связь дзета-потенциала с емкостью набухания и содержанием гигроскопической влаги в солонцах. Однако необходимо помнить, что существование подобного рода связей может объяснить ряд почвенных процессов, протекающих в солонцах. Попытка связать с дзета-потенциалом такое явление, как, например, плохая водопроницаемость карбонатных горизонтов светло-каштановых почв, неправомерна, так как причины ухудшения фильтрации в солонцовом и карбонатном горизонтах совершенно разные. Сказанное справедливо и в отношении ряда других свойств почвы.

Не вызывает принципиальных возражений возможность использования дзета-потенциала в качестве критерия солонцеватости почвы. Здесь, однако, необходимо помнить, что дзета-потенциал характеризует солонцеватость как физическое явление с рядом присущих ему черт. «Химическая» солонцеватость (высокое содержание обменного натрия при невыраженных или слабовыраженных отрицательных водно-физических свойствах), примером которой может служить солонец-солончак, не может быть отражена с помощью дзета-потенциала, если его определение проводится в неотмытых от солей образцах. Ряд почв, совершенно различных по своему генезису и свойствам, может иногда иметь по профилю одинаковые или близкие значения дзета-потенциала. В этом случае его величина не является генетической характеристикой профиля, она позволяет лишь сделать обоснованный вывод о том, что солонцеватость как физическое явление не характерна для этих почв.

Измерения дзета-потенциала в образцах из малонатриевых солонцов показали, что, несмотря на невысокое содержание обменного натрия в иллювиальных горизонтах этих почв, величина электрокинетического потенциала достигает 34 и 45 мв [12], 54 мв [4], 34 мв (по нашим данным), т. е. дзета-потенциал малонатриевых солонцов находится в тех же пределах, что и дзета-потенциал многонатриевых солонцов. Как уже было показано, корреляция между процентным содержанием обменного натрия и дзета-потенциалом низкая, несмотря на первостепенную роль обменного натрия в изменении электрокинетического потенциала (в сравнении с остальными катионами).

Таким образом, много- и малонатриевые солонцы проявляют в большинстве случаев одинаковые отрицательные физические свойства и характеризуются близкими величинами дзета-потенциала. Это указывает на необходимость рассмотрения всего состава ППК при анализе причин солонцеватости.

Измерения дзета-потенциала в солонцах и солонцеватых почвах позволяют получить достаточно объективную оценку выраженности солонцовых свойств. Однако эти измерения довольно трудоемки, требуют соблюдения ряда условий и наличия определенного оборудования. Одним из авторов предложен метод оценки электрокинетического потенциала непосредственно в полевых условиях по измерениям естественных электрических потенциалов почвы в разрезе [5]. Использование зависимости между электрическим и электрокинетическим потенциалами почвы позволяет в значительно более короткое время получить информацию о солонцеватости исследуемой почвы.

Выводы

1. Величина электрокинетического потенциала в иллювиальных горизонтах солонцов достигает значений, выше критических (30—40 мв и более). Вниз по профилю солонцов дзета-потенциал уменьшается. В зональных почвах величина дзета-потенциала колеблется в пределах 10—20 мв. Для почв с преобладанием лугового типа почвообразования отмечается более низкая величина дзета-потенциала по сравнению со

степными почвами. Солонец-солончак характеризуется довольно низкими величинами дзета-потенциала (10—20 мВ).

Роль минералогического состава илистой фракции почв в изменении дзета-потенциала неоднозначна. Теснота и направление связи значительно меняются при рассмотрении связи дзета-потенциала с каждым из исследованных минералов в отдельности и при их совместной оценке. Определенных закономерностей связи дзета-потенциала с минералогическим составом почвы не выявлено.

3. По степени влияния на величину дзета-потенциала обменные катионы можно расположить в следующем порядке: натрий > сумма катионов ППК > магний > кальций.

Катионный состав ППК взаимобусловлен, поэтому нельзя рассматривать влияние каждого из катионов на величину дзета-потенциала в отдельности: дзета-потенциал содержит в себе информацию обо всем составе ППК, корреляция дзета-потенциала с процентным содержанием обменного натрия довольно низкая—0,34. Влияние обменного магния на величину дзета-потенциала двойственное: при увеличении его содержания совместно с увеличением содержания натрия дзета-потенциал увеличивается сильнее, чем при увеличении содержания одного лишь натрия. Эффект снижения дзета-потенциала при одновременном увеличении содержания обменных кальция и магния сильнее, чем при увеличении содержания одного лишь кальция.

4. При увеличении засоления почвы (до 0,1%) величина дзета-потенциала растет. Дальнейшее увеличение засоления снижает дзета-потенциал почвы. Величина дзета-потенциала выше критической, по нашим данным, не может существовать при засолении почвы выше 0,3%.

5. Дзета-потенциал почвы может быть использован в качестве критерия солонцеватости почвы, однако следует помнить, что он характеризует лишь «физическую» солонцеватость почвы.

Литература

1. Азовцев В. И., Кипнис В. М. О методике измерения электрокинетического потенциала почв. Тр. ВолжНИИОЗ, вып. 3. Волгоград, 1975.
2. Гоголев И. Н., Биланчин Я. М., Волошин И. Н., Грибецкий А. А. О диагностических признаках и путях мелиорации солонцеватых почв. В сб.: Новое в мелиорации солонцов. Тез. докл. Омск, 1973.
3. Горбунов Н. И., Бондарев А. Г., Рыбина В. В., Туник Б. М. Минералогический состав и физико-химические свойства орошаемых солонцов и каштановых почв Волгоградского Заволжья. Почвоведение, 1975, № 5.
4. Гурьева Н. А., Курбатов А. И. Электрокинетические свойства солонцов и солонцеватых почв Северного Казахстана. Изв. ТСХА, вып. 6, 1971.
5. Кипнис В. М., Морозова А. С. Некоторые вопросы природы естественных электрических полей в почве. Биологические науки, 1976, № 5.
6. Морозова А. С., Остремский М. Р. Минералогический состав почв солонцового комплекса Волгоградского Заволжья. Тр. ВолжНИИОЗ, вып. 3. Волгоград, 1975.
7. Минкин М. Б. Электрокинетические свойства почв каштаново-солонцовых комплексов востока Ростовской области. Сб. научн. тр. Донского СХИ. Персиановка, 1973.
8. Минкин М. Б. Физико-химические исследования поглощающего комплекса почв Нижнего Дона и некоторые вопросы их мелиорации. Автореф. дис. М., 1975.
9. Окорков В. В., Курбатов А. И., Алешин С. Н. Электрокинетические свойства некоторых типов почв. Изв. ТСХА, вып. 6, 1974.
10. Пак К. П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия. «Колос», 1975.
11. Пак К. П., Цюрупа И. Г. Новый этап развития научно-исследовательских работ по мелиорации солонцов. В сб.: Мелиорация солонцов, ч. 1. М., 1972.
12. Панов Н. П., Гончарова Н. А. К вопросу о факторах, определяющих неблагоприятные свойства малонатриевых солонцов. В сб.: Мелиорация солонцов, ч. 1. М., 1972.
13. Пузаченко Ю. Г., Карпачевский Л. О., Взуздаев Н. А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении свойств почвы на примере ее влажности. В сб.: Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М., 1970.
14. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. «Химия», 1974.

15. *Bar-On P., Shainberg J.* Hydrolysis and decomposition of Na-montmorillonite in distilled water. *Soil Sci.*, v. 109, № 4, 1970.
16. *Kamil J., Shainberg J.* Hydrolysis of sodium montmorillonite in sodium chloride solutions. *Soil Sci.*, v. 106, № 3, 1968.

Волжский НИИ орошаемого
земледелия МСХ РСФСР

Дата поступления
10.V.1976 г.

V. M. KIPNIS, V. N. MAKSYUTA, T. V. AZOVTZEVA

**ELECTROKINETIC POTENTIAL OF SOME SOILS
OF THE LOWER VOLGA REACHES**

It has been shown that a joint evaluation of all cations of the soil adsorbing complex and of the content of salts in pore solution is necessary for the analysis of soil solonetzicity. Soil solonetzicity may be evaluated from the value of zeta-potential, but this is only a characteristic of «physical» solonetzicity.
