

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ НАБУХАНИЯ СОЛОНЦОВ

А. В. Аксенов, В. А. Грачев

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН

Основными критериями диагностики реставрации солонцовых свойств в мелиорированных почвах до настоящего времени служат увеличение содержания обменного натрия в ППК и увеличение плотности мелиорируемого слоя. Однако содержание обменного натрия в ППК может быть связано не только с реставрацией солонцового процесса, но и с развитием вторичного засоления мелиорированных и распаханых солонцов. Увеличение плотности подпахотных горизонтов в значительной мере может быть обусловлено влиянием сельскохозяйственной техники. Поэтому вопрос диагностики осолонцевания распаханых и мелиорированных почв солонцовых комплексов и до настоящего времени остается открытым.

В.А. Грачев и Э.А. Корнблум (1982) для оценки солонцеватости почв предложили использовать показатель водно-физических свойств почв, тесно связанных с пептизируемостью ила, – показатель набухания растертых уплотненных образцов почв в приборах набухания грунтов (ПНГ-10). Авторами установлено, что солонцеватые и солонцовые горизонты имеют специфическую задержку набухания, отсутствующую в засоленных горизонтах. На кривых набухания отмечаются особые перегибы, горизонтальные или наклонные ступеньки, отражающие временное замедление или остановку набухания, по выраженности которых можно оценить коллоидную солонцеватость. В работе В.А. Грачева (1988) исследована природа обнаруженного явления. Для этого одновременно измеряли кинетику набухания и кинетику водовпитывания. Показано, что на кривой водовпитывания ступенек (задержек) нет. На этом основании сделан вывод о том, что задержка набухания обусловлена переупаковкой почвенной массы. Предложенный метод отличается хорошей воспроизводимостью, простотой выполнения. В то же время отмечено отсутствие прямой зависимости между временем задержки набухания и содержанием обменного натрия (Грачев, 1989; Любимова, Грачев, 1994). И это вполне закономерно. Так как показатели набухания тесно связаны с пептизируемостью ила, то вполне очевидно, что свойства, влияющие на пептизируемость, будут влиять и на набухаемость образцов. Из литературных данных известно, что пептизируемость почвенного ила зависит от содержания обменного натрия, степени и химизма засоления, величины pH, содержания ила и его минералогического состава (Bresler, McNeal, Carter, 1982; Abu-Sharrar, Bingham, Rhoades, 1987). На основании данных модельного опыта был получен график зависимости между величиной задержки набухания, со-

держанием обменного натрия и электропроводностью почвенных суспензий (Любимова, Грачев, 1994). Максимальные значения задержки набухания отмечены в области высоких значений содержания обменного натрия и низких засоления.

Данные модельных опытов по химической мелиорации солонцов показали, что в мелиорируемых объектах по мере вытеснения обменного натрия из ППК время задержки набухания уменьшается. В полностью мелиорированных солонцовых горизонтах задержки набухания не отмечается. Коэффициент корреляции между содержанием обменного натрия и временем задержки набухания достигал 0,83–0,93 (Любимова, Грачев, 1988).

Предлагаемый способ оценки солонцеватости использовали многие ученые (Сизов, 1983; Абу Вали, 1988; Хитров Н.Б., 1984; 1994; 1995; 2003; Баранова и др., 1992; Грачев, Артемьева, 2000). Материалы, представленные в этих работах, показали, что кривые кинетики набухания разных горизонтов почв солонцовых комплексов отличаются друг от друга.

В работе О.Ю. Барановой, В.А. Грачева, В.А. Исаева (1992) предпринята попытка подойти к использованию ступеньки для количественной оценки содержания обменного натрия в солонцах Каменной степи. Для целинных и мелиорированных солонцов опытного участка раздельно рассчитаны параметры уравнений регрессии вида $Y = ax + b$ и коэффициенты корреляции между продолжительностью задержки набухания Δt , ч (Y) и содержанием (%) обменного натрия (x). Установлено, что величина задержки набухания солонцовых почв связана с содержанием в них обменного натрия как в целинных, так и в мелиорированных почвах опытных участков. Характер связи аналогичен как для целинных солонцов, так и для почв опытных участков. Но если в образцах мелиорированных почв связь между Δt и количеством обменного натрия характеризуется как тесная ($r = 0,83$), то в целинных она выражена слабее ($r = 0,48$). Оба коэффициента корреляции статистически значимы.

Прежде чем использовать особенности кинетики набухания для диагностики осолонцевания распаханых и мелиорированных почв солонцовых комплексов, необходимо иметь сведения о региональных особенностях кривых набухания почв.

Цель исследований – на основании собственных и литературных данных проанализировать разнообразие кривых кинетики набухания в солонцах и солонцеватых почвах лугово-степной, степной и сухостепной зон, имеющих разные содержание обменного натрия, химизм и степень засоления; попытаться определить взаимосвязь между содержанием обменного натрия и временем задержки набухания для выборки, включающей образцы всех почв из разных регионов и отдельно по регионам.

Особенности кинетики набухания изучали на образцах целинных и мелиорированных почв солонцовых комплексов из Новосибирской, Омской

обл., Алтайского края¹, Волгоградской и Кустанайской обл. (Казахстан). Названия и общая характеристика этих почв представлены в табл. 1–2. В выборку включены солонцы черноземной и каштановой зон с разным содержанием в ППК обменного натрия и степенью засоления. Кинетику набухания определяли с помощью прибора набухания грунтов «ПНГ-10»². Регистрацию кинетики набухания осуществлялась с помощью регистрирующей части метеорологического термографа М-16-А, соединенного с ПНГ-10. При определении кинетики набухания образец почвы, растертый до 1 мм, помещался в металлическое кольцо ПНГ, на сетчатое дно которого предварительно был уложен кружок фильтровальной бумаги. Масса навески образца рассчитывалась по формуле: $m(г) = 0,12 d (100 + W_r)$, где: d – плотность твердой фазы (г/см³), W_r – гигроскопическая влажность (%), m – масса навески почвы (г). Образец уплотнялся на масляном прессе до стандартной пористости $52 \pm 2\%$.

На основании полученных данных определена зависимость между продолжительностью задержки набухания и содержанием обменного натрия. Получены регрессионные уравнения, описывающие зависимость между Δt и содержанием обменного натрия. При расчете регрессионных уравнений в выборку включали материалы собственных исследований, а также данные, опубликованные в работе О.Ю. Барановой, В.А. Грачева, В.А. Исаева (1992).

Анализируя данные по кинетике набухания, можно отметить следующие особенности типов полученных кривых. Для верхних горизонтов АУ/ЕЛ (рис. А) во всех изучаемых почвах наблюдались однотипные кривые кинетики набухания: быстрый прирост в первые 0,5–1 ч и затем быстрый выход кривой на «плато».

При определении кинетических кривых для солонцовых и солонцеватых горизонтов получены три типа кривых: 1) в остаточно-натриевых солонцах кривые набухания были практически аналогичны кинетическим кривым для гор. АУ/ЕЛ (рис. Б); 2) в мало- и среденатриевых образцах солонцовых горизонтов черноземных (темных) и каштановых (светлых) солонцов нейтрального и содового засоления наблюдалась непродолжительная задержка набухания в первые 0,5–1 ч, и на кривой набухания (рис. В) видна характерная «ступенька», последняя менее четко выражена в черноземных солонцах; 3) в многонатриевых черноземных и каштановых солонцах нейтрального и содового засоления задержка набухания наблюдается через 0,5–1,5 ч, время задержки набухания достигает нескольких часов (рис. Г).

¹ Авторы благодарят сотрудников ИПА СО РАН, Омского ГАУ, АлтайГАУ за предоставленные образцы почв.

² Полное описание прибора ПНГ см. «Методы исследования физических свойств почв» А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, 1988.

Таблица 1. Некоторые химические, физико-химические свойства и показатели кинетики набухания солонцов черноземной зоны

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Сумма солей, %	ЕС, мСм/см в суспензии	Na _{обм} , в % от суммы катионов	Набухает, %	h _{0,5} /H, %	Δτ, мин
Омская область									
Солонец темный	AU/EL	0-16	He опр.	He опр.			27,4	78,7	0
гидрометаморфизованный	BSN _{th}	16-31	7,60	0,071	»	19,3	20,4	65,8	7
средний	BSN _{th}	31-55	9,04	0,170	»	24,2	23,8	53,5	10
хлоридно-бонатный	BCA _{th, q}	55-95	9,24	0,174	»	26,9	21,6	40,4	13
Целина.	BCA _{th, q}	95-129	9,11	0,156	»	19,3	23,1	51,0	6
	C _{ca, q}	129-160	8,61	0,105	»	10,7	24,0	81,8	0
Новосибирская область									
Солонец темный	AU/EL	0-1	He опр.	He опр.			30,5	83,6	0
корковый	BSN _{th}	1-8	7,90	0,115	»	18,7	32,5	76,5	30
хлоридно-гидрокарбонатный	BSN _{th}	8-15	8,74	0,201	»	32,1	35,5	52,0	30
среднена-триевый.	BSN _{th}	15-25	9,35	0,266	»	43,0	47,3	40,4	40
Целина.	BCA _{th}	25-31	9,46	0,310	»	47,0	42,0	28,0	0
Агросолонец	BCA _{th}	31-42	9,66	0,281	»	46,9	33,8	29,9	0
темный	BCA _{th}	42-52	9,51	0,219	»	40,7	38,3	46,1	120
гидрометаморфизованный	PU	0-22	He опр.	»	1,8	25,6	74,1	0	
хлоридно-бонатный	PU'	22-33	»	»	5,5	29,6	88,1	0	
	BSN _{th(q)}	33-45	He опр.	He опр.	4,3	22,2	80,8	7	
	BSN _{th(q)}	45-55	»	0,054	»	4,3	26,8	87,4	5
	BSN _{th(q)}	55-65	»	0,047	»	He опр.	16,6	80,6	0
	BMK _{th, q}								
	BMK _{th, q}	65-80	»	0,046	»	»	18,0	82,8	0

Продолжение таблицы 1

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Сумма солей, %	ЕС, мСм/см в суспензии	Na _{обм} , в % от суммы катионов	Набухает, %	h _{0,5} /H, %	Δτ, мин
Алтайский край									
Агросолонец темный	PU	0-10	8,76	0,253	He опр.	50,3	27,7	76,9	0
гидрометаморфический	PU	10-20	9,91	0,558	»	79,7	19,5	26,2	270
сульфатно-содовый	PU	20-30	10,00	0,516	»	81,8	16,2	17,0	360
многона-триевый		30-40	10,03	0,583	»	81,5	14,8	16,7	420
Агросолонец		40-50	10,14	0,580	»	79,8	17,0	14,5	240
темный	PU	0-10			He опр.		21,0	85,4	0
гидрометаморфический	PU	10-20			»		22,9	59,2	0
сульфатно-содовый	PU	20-30	9,93	1,083	»	86,0	15,2	63,7	420
многона-триевый + 30 т/га гипса		30-40	10,03	1,020	»	82,8	16,5	32,0	240
		40-50	10,05	0,906	»	81,6	15,3	30,8	240
Кустанайская область, Ленинский район (Казахстан)									
Солонец темный	AU/EL	0-6(16)	6,31	He опр.	0,266	13,0	37,9	70,8	0
мелкий	BSN _{th}	6(10)-21	7,60	»	0,548	28,0	28,5	61,5	260
среднена-триевый	BSN _{th}	10(16)-21	7,50	»	0,536	28,6	31,7	76,7	60
	BSN _{th} '	21(25)-25(33)	8,43	»	1,45	34,5	31,4	59,9	225
	BSN _{th} '	21-31(36)	8,36	»	2,75	44,1	34,8	80,2	30
	BSN _{th}	31(39)-35(46)	8,38	»	5,53	50,0	29,7	89,2	0
	BCA _{th}	35(39)-47(66)	8,45	»	7,23	53,9	32,7	77,0	0
	C _{ca}	62(85)-86(93)	8,65	»	6,52	47,8	26,1	49,6	0

Окончание таблицы 1

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	Сумма солей, %	ЕС, мСм/см в суспензии	Na _{обм} , в % от суммы катионов	Набухаемость, %	h _{0,5} /H, %	Δτ, мин
Солонец темный средний среднена- триевый	AU/EL	0-8(15)	6,66	Не опр.	0,395	13,6	38,8	74,4	0
	BSN _{th}	8(13)-23(24)	7,74	»	1,96	33,4	29,5	75,3	220
	BSN _{th} '	10(15)-21(25)	7,49	»	2,11	31,3	29,0	54,1	270
	BSN _{th}	23(24)-28(29)	8,08	»	5,63	50,1	38,0	59,5	12
	BSN _{th}	21(25)-24(31)	8,33	»	5,17	48,9	40,7	90,6	0
	BCA _{th}	28(42)-50(62)	8,32	»	7,38	51,9	35,5	73,5	0
	C _{ca}	67(89)-100	8,55	»	5,46	48,2	25,8	69,6	0
Солонец темный корковый многона- триевый	EL	0-2(4)	6,97	»	0,381	21,5	28,9	63,8	0
	BSN _{th}	2(4)-6(9)	7,63	»	0,437	40,3	22,6	46,3	180
	BCA _{th}	6(15)-57	9,37	»	1,61	58,0	39,5	16,5	780
	C _{ca}	66(69)-100	9,60	»	0,939	39,7	29,9	18,2	250

Примечание. Здесь и в табл. 2 названия почв и индексы горизонтов даны в соответствии с новой классификацией почв России (2004).

На кривых набухания образцов солонцовых горизонтов черноземных солонцов края “ступеньки” задержки набухания более сглажены, чем в тех же горизонтах каштановых солонцов. В солонцах черноземной зоны более продолжительные эффекты задержки набухания солонцового горизонта и меньшие относительные скорости набухания, чем в образцах солонцов каштановой зоны. Такие особенности могут быть связаны с длительным набуханием почвенной массы образцов почв черноземной зоны вследствие значительного количества содержания органического вещества, а также с содовым типом засоления почвенных горизонтов.

Кривые кинетики набухания подсолонцовых горизонтов имеют следующий вид: 1) в остаточно-натриевых солонцах на кривой наблюдается

Таблица 2. Некоторые химические, физико-химические свойства и показатели кинетики набухания солонцов каштановой зоны

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	ЕС, мСм/см в суспензии	Na _{обм} , в % от суммы катионов	Набухаемость, %	h _{0,5} /H, %	Δτ, мин
Волгоградская область, Ленинский район								
Солонец светлый	EL + BSN	0-26	8,48	2,92	38,8	22,0	51,8	12
	BCA	26-60	8,19	6,16	38,2	20,6	75,3	0
корковый хлоридный среднена- триевый	EL	0-14	7,04	0,371	4,5	16,8	78,4	6
	BSN	14-27	7,38	1,28	22,5	24,5	48,4	45
Солонец светлый	BMK	27-40	7,87	2,85	28,5	21,6	52,3	80
	BCA	40-64	8,19	3,60	29,2	24,5	79,2	2
средний хлоридный среднена- триевый	EL	0-14	7,04	0,371	4,5	16,8	78,4	6
	BSN	14-27	7,38	1,28	22,5	24,5	48,4	45
Солонец светлый	BMK	27-40	7,87	2,85	28,5	21,6	52,3	80
	BCA	40-64	8,19	3,60	29,2	24,5	79,2	2
Солонец светлый	AJ	0-1(7)	5,89	0,17	3,2	3,2	Не опр.	»
	AJ/EL	1(7)-10(14)	6,57	0,12	1,4	1,4	»	»
средний хлоридно- гидрокар- бонатный	BSN	10(14)-22(28)	7,27	0,27	3,1	22,2	90,1	0
	BMK	22(28)-25(30)	7,87	0,49	3,0	21,0	86,4	0
остаточно- натриевый	BCA	25(30)-31(40)	8,53	0,24	3,8	18,3	79,4	0
	BCA	28(40)-50(68)	9,07	0,34	19,6	13,0	83,7	0
	BCA	50(68)-80(91)	9,07	0,64	22,6	20,5	68,7	3
	BCA	80(91)-107	8,46	3,35	45,6	45,6	Не опр.	»
	BCA	82(107)-130	8,41	3,59	41,1	41,1	»	»
	BCA/C _{ca}	98(101)-130	8,66	3,91	53,1	53,1	»	»

Продолжение таблицы 2

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	ЕС, мСм/см в суспензии	Na _{обм} , в % от суммы катионов	Набухаемость, %	h _{0,5} /H, %	Δτ, мин
Кустанайская область, Семиозерный район (Казахстан)								
Солонец светлый глубокий остаточно-натриевый	AJ/EL	0-23(31)	5,57	0,041	3,0	4,7	80,0	0
	BSN	15(20)-40(42)	6,84	0,197	0,8	20,4	79,6	0
	BSN	40(42)-52(61)	8,48	0,069	1,1	11,5	78,6	3
	C _{ca}	52(61)-68(77)	8,40	0,062	1,1	11,2	77,3	0
Солонец светлый глубокий средненатриевый	AJ/EL	0-16(19)	5,83	0,084	7,9	2,3	71,4	0
	BSN	16(19)-27(30)	8,20	1,53	29,1	23,3	53,1	390
	BSN	27(30)-36(42)	8,60	1,91	32,4	20,7	51,1	180
	BCA	36(42)-68(75)	8,44	4,34	26,5	22,7	77,1	90
Солонец светлый средний остаточно-натриевый	C _{ca}	68(75)-111	8,93	0,627	30,3	17,7	52,5	140
	AJ/EL	0-12(14)	6,38	0,032	2,8	5,2	100	0
	BSN	9(14)-21(26)	7,28	0,080	0,9	22,4	82,6	3
	BSN	21(26)-30(44)	8,26	0,259	0,9	19,6	84,1	2
Солонец светлый средний малонатриевый	C _{ca}	30(44)-53(63)	8,40	0,268	0,8	20,1	77,5	2
	AJ/EL	0-13(19)	6,09	0,091	6,3	1,7	80,0	0
	BSN	12(19)-23(31)	7,95	0,953	14,9	22,2	61,2	8
	BSN	22(30)-31(39)	8,62	1,93	14,9	17,8	62,8	12
Солонец светлый средний малонатриевый	BCA	23(31)-45(52)	8,79	2,00	13,1	14,6	52,9	10
	AJ/EL	0-15(16)	6,34	0,065	4,3	1,2	100	0
	BSN	11(16)-24(26)	7,78	0,125	10,1	24,2	63,6	10
	BSN	24(26)-32(35)	8,58	0,874	10,4	24,1	78,4	2
Солонец светлый средний малонатриевый	BMK +BCA	32(35)-53(66)	8,09	1,04	12,0	26,0	83,0	2

Окончание таблицы 2

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH водный	ЕС, мСм/см в суспензии	Na _{обм} , в % от суммы катионов	Набухаемость, %	h _{0,5} /H, %	Δτ, мин
Солонец светлый средний многонатриевый	AJ/EL	0-13(17)	6,57	0,099	12,6	4,5	100	0
	BSN	13(17)-22(25)	8,57	1,94	52,8	17,6	75,7	410
	BCA	22(25)-31	8,58	6,02	54,2	13,9	81,2	3

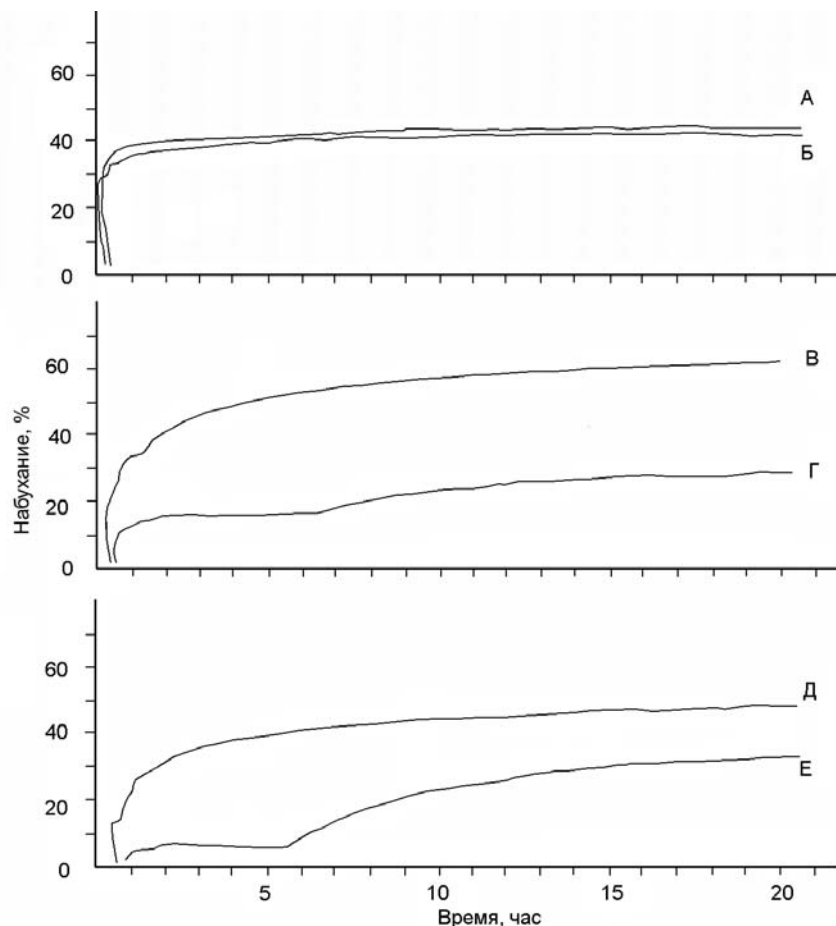
задержка набухания продолжительностью несколько минут (рис. Д); 2) в горизонтах содового засоления с содержанием обменного натрия $\geq 40\%$ кривая набухания состоит из трех частей, имеющих разную скорость набухания (рис. Е). В пахотных горизонтах мелиорированных солонцов задержка набухания отсутствует.

Как можно видеть из данных, представленных в табл. 3, варьирование времени задержки набухания в почвах одного и того же региона весьма значительно. Особенно велик этот диапазон для солонцовых горизонтов Каменной степи. Для солонцов этого региона характерно также значительное колебание содержания обменного натрия в ППК.

Задержка набухания отсутствует или выражена слабо (время задержки 3–7 мин) в солонцовом горизонте остаточно-натриевых солонцов. В этих почвах задержка набухания наблюдается довольно часто в первом подсолонцовом горизонте, имеющем, как правило, прокрашивание за счет потечных форм органического вещества по граням структурных отдельностей.

Время задержки набухания в солонцовых горизонтах возрастает по мере увеличения содержания обменного натрия в ППК. Это наблюдается как в солонцовых горизонтах черноземных, так и каштановых солонцов. В то же время обращает на себя внимание то, что в многонатриевых черноземных солонцах Кустанайской обл. не происходит значительного увеличения задержки набухания по сравнению со средненатриевыми солонцами. Это объясняется увеличением содержания солей в многонатриевых солонцах (табл. 1).

Используя весь имевшийся в нашем распоряжении материал, определили зависимости между временем задержки набухания и содержанием обменного натрия: 1) в целом для всех образцов солонцовых горизонтов из каштановых (светлых) и черноземных (темных) солонцов; 2) для каждого региона; 3) в отдельности для каштановых и черноземных солонцов (табл. 4).



Кинетика набухания образцов горизонтов: А – AU/EL солонца темного гидрометаморфизованного среднего хлоридно-гидрокарбонатного малонатриевого; Б – $BSN_{th(q)}$ агросолонца темного гидрометаморфизованного хлоридно-гидрокарбонатного; В – BSN_{th} солонца темного коркового хлоридно-гидрокарбонатного средненатриевого; Г – слой 30–40 см агросолонца темного гидроморфического сульфатно-содового многонатриевого (гипс 30 т/га); Д – $BCA_{th,q}$ солонца темного гидрометаморфизованного среднего хлоридно-гидрокарбонатного малонатриевого; Е – слой 40–50 см агросолонца темного гидроморфического сульфатно-содового многонатриевого (без гипса).

Таблица 3. Диапазон колебаний времени задержки набухания (Δt , мин) в солонцах с разным содержанием обменного натрия ($Na_{обм}$) в солонцовом горизонте почв разных регионов

Область, край	Вид солонца по содержанию $Na_{обм}$ в солонцовом горизонте			
	остаточ- натрие- вые	малона- триевые	среднена- триевые	многона- триевые
Черноземные солонцы				
Воронежская обл. (Каменная степь)	Нет образцов		10-375	210-1200
Омская и Новосибирская обл.	0-7	7-30	13-40	40
Алтайский край	Нет образцов			240-420
Кустанайская обл. (Казахстан)	»		60-270	0-30
Каштановые солонцы				
Волгоградская обл. (Октябрьский, Городищенский р-ны)	0-2	45	12-80	Нет образцов
Кустанайская обл. (Семиозерный р-н)	0-3	2-12	180-390	410

Анализ полученных регрессионных уравнений показал зависимость между временем задержки набухания и содержанием обменного натрия, стремящуюся к полиномиальной. Как следует из табл. 4, при включении в выборку данных образцов солонцовых горизонтов черноземных и каштановых солонцов нет четкой зависимости между временем задержки набухания и содержанием обменного натрия; особняком выделяются данные для образцов Алтайского края и некоторых образцов из Каменной степи, где можно отметить некоторую тенденцию зависимости $\Delta t - Na_{обм}$ к полиномиальной, коэффициент детерминации регрессионного уравнения в этом случае достигает 0,47.

Анализ данных для образцов солонцовых горизонтов черноземных солонцов показал выделение точек, относящихся к Алтайским образцам. Для черноземных солонцов определены зависимости $\Delta t - Na_{обм}$ для образцов из Кустанайской, Новосибирской, Омской областей и отдельно для Алтая и Каменной степи. Кроме того, проанализированы выборки по этим регионам, из которых исключены данные по солонцовым горизонтам с морфологически сильно выраженным иллювиированием гумуса. Последнее было сделано для того, чтобы выявить влияние иллювиирования гумуса на характер зависимости между $\Delta t - Na_{обм}$. При выбраковке этих данных полиномиальная зависимость между содержанием обменного натрия и време-

нем задержки набухания в солонцовых горизонтах почв из Новосибирской, Омской, Кустанайской областей стала более четкой, а коэффициент детерминации увеличился с 0,30 до 0,50. Проведение подобной процедуры для образцов Каменной степи и Алтая также привело к усилению зависимости между содержанием обменного натрия и временем задержки набухания, но менее значительному.

Наблюдается достаточно четкая полиномиальная зависимость для всей выборки каштановых солонцов Волгоградской и Кустанайской области и в отдельности для каштановых солонцов Волгоградской области. Уравнения регрессии и коэффициенты детерминации приведены в табл. 4.

Таблица 4. Регрессионные уравнения и коэффициенты детерминации зависимости продолжительности задержки набухания (Δt , мин) от содержания обменного натрия (%)

Почвы	Тип зависимости	Уравнение регрессии	R^2
Черноземные и каштановые солонцы	Линейный	$y = 6,8709x - 62,192$	0,3879
	Полиномиальный	$y = -0,0363x^2 + 9,8998x - 105,55$	0,3951
То же без солонцов Алтайского края	Линейный	$y = 8,3161x - 101,15$	0,4364
	Полиномиальный	$y = 0,0284x^2 + 6,186x - 73,716$	0,4394
Черноземные солонцы и солонцеватые черноземы	Линейный	$y = 7,1465x - 78,127$	0,3025
	Полиномиальный	$y = -0,0846x^2 + 15,209x - 234,68$	0,3286
Черноземные солонцы (Зап. Сибирь, Казахстан)	Линейный	$y = -0,2153x^2 + 12,435x - 59,956$	0,3023
	Полиномиальный	$y = 5,7166x - 39,404$	0,4543
То же с выбраковкой гор. В2 _{th}	Линейный	$y = 0,1932x^2 - 1,7222x + 1,619$	0,5027
	Полиномиальный	$y = 7,1711x - 56,184$	0,2356
Алтайский край и Каменная степь	Линейный	$y = -0,4176x^2 + 52,685x - 1148,7$	0,4719
	Полиномиальный	$y = 14,091x - 370,57$	0,6101
То же без образцов с максимальной задержкой набухания	Линейный	$y = -0,0289x^2 + 16,746x - 426,04$	0,6105
	Полиномиальный	$y = 6,6532x - 45,72$	0,7994
Каштановые солонцы (Волгогр. обл., Казахстан)	Линейный	$y = 0,1842x^2 - 1,855x + 2,4468$	0,9845
	Полиномиальный	$y = 7,5539x - 63,016$	0,8633
Каштановые солонцы (Волгогр. обл.)	Линейный	$y = 0,1787x^2 - 1,5511x + 0,4013$	0,9834
	Полиномиальный	$y = 8,5996x - 44,456$	0,7847
Каштановые солонцы (Казахстан)	Линейный	$y = 0,0636x^2 + 5,5367x - 27,366$	0,7847
	Полиномиальный		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показали исследования, имеются определенные региональные особенности кинетики набухания солонцов. Так на кривых набухания образцов солонцовых горизонтов черноземных (темных) солонцов края «ступеньки» задержки набухания более сглажены, чем в тех же горизонтах каштановых (светлых) солонцов. Для этих солонцов характерны значительно более продолжительные эффекты задержки набухания солонцового горизонта и меньшие относительные скорости набухания, чем в образцах солонцов каштановой зоны. На кинетических кривых солонцовых горизонтов в остаточном-натриевых солонцах на кривых отсутствовала задержка набухания, тогда как в подсолонцовом горизонте на кривой наблюдается задержка набухания продолжительностью несколько минут. Эффект задержки набухания при рассолонцевании вышележащего горизонта опускается в нижележащий с одновременным ослаблением. Подтверждено, что мелиорация солонцов приводит к уменьшению или полному исчезновению задержки набухания.

Зависимость между временем задержки набухания и содержанием обменного натрия стремится к полиномиальной. На величину задержки набухания наряду с количеством обменного натрия в ППК и содержанием легкорастворимых солей, по-видимому, оказывает влияние наличие иллювируемого органического вещества. В целом зависимость между величиной задержки набухания и содержанием обменного натрия выше для солонцовых горизонтов каштановых и ниже – для черноземных солонцов. Использование данных о величине задержки набухания для определения содержания в солонцовом горизонте обменного натрия с помощью приведенных регрессионных уравнений, возможно для каштановых солонцов и маловероятно для черноземных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абу Вали М. Моделирование процесса слитогенеза // Почвы солонцовых территорий и методы их изучения: Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1988. С. 119–124.
- Баранова О.Ю., Грачев В.А., Исаев В.А. Взаимосвязь различных видов солонцеватости на примере целинных и мелиорированных луговых солонцов ЦЧО // Почвоведение. 1992. № 4. С. 108–114.
- Грачев В.А. Природа задержки набухания образцов солонцовых горизонтов // Почвы солонцовых территорий и методы их изучения: Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1988. С. 95 – 104.
- Грачев В.А. Использование фильтрационных показателей и показателей набухания почвы для диагностики солонцеватости: Дис. ... канд. с.-х. н. М., 1989. 187 с.

Грачев В.А. Натриевый лессиваж как составная часть солонцового процесса // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Вып. 55. М., 2002. С. 75–86.

Грачев В.А., Артемьева З.С. Возможности использования кинетики набухания для оценки вторичного осолонцевания почв // Тез. докл. III съезда Докучаевского общества почвоведов (Суздаль, 2000 г.). Кн.2. М., 2000. С. 214–215.

Грачев В.А., Баранова О.Ю., Исаев В.А. Кинетика набухания и солонцеватость гидроморфных почв // Вест. РАСХН. 1992. № 3. С. 40–43.

Грачев В.А., Корнблум Э.А. Кинетика набухания и набухаемость почв солонцовых комплексов и солодей Заволжья // Почвоведение. 1982. № 1. С. 55–66.

Грачев В.А., Любимова И.Н., Павлов В.А. Граничные показатели натриевой пептизируемости почв // Почвоведение. 1997. № 8. С. 966–972.

Грачев В.А., Павлов В.А., Любимова И.Н. Солонцеватость. Конкретизация понятия // Почвы засушливой зоны и их изменение под влиянием мелиорации: Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1994. С. 3–9.

Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Корнблум Э.А., Грачев В.А. Использование особенностей набухания солонцов для определения наименьшей высокоэффективной концентрации раствора химического мелиоранта // Почвоведение. 1984. № 1. С. 40–47.

Любимова И.Н. Агрогеннопреобразованные почвы солонцовых комплексов сухостепной и полупустынной зон: Дис. ... докт. с.-х. н. М., 2003. 391 с.

Любимова И.Н., Грачев В.А. Возможность использования особенностей кинетики набухания для оценки эффективности мелиорации солонцов // Почвы солонцовых территорий и методы их изучения: Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1988. С. 104–110.

Любимова И.Н., Грачев В.А. Генетическое разнообразие солонцов и их постмелиоративные изменения // Почвоведение. 1994. № 4. С. 92–99.

Сизов А.П. Изменение некоторых свойств солонцов при их рассолении в связи с развитием микрорельефа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 1983. № 1. С. 65–66.

Хитров Н.Б. Диагностика солонцовых горизонтов // Почвоведение. 1984. № 3. С. 31–43.

Хитров Н.Б. К методике оценки состояния солонцовых комплексов почв // Почвы засушливой зоны и их изменение под влиянием мелиорации: Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1994. С. 18–28.

Хитров Н.Б. Физико-химические условия развития солонцового процесса в почвах // Почвоведение. 1995. № 3. С. 298–307.

Хитров Н.Б. Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. М., 2003. 504 с.

Abu-Sharrar T.M., Bingham F.T., Rhoades J.D. Stability of soil aggregates as affected by electrolyte concentration and composition // Soil Sci. Soc. of Amer. J. 1987. V. 51. № 2. P. 309–314.

Bresler E., McNeal B.L., Carter D.L. Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modeling. 1982. 236 p.