

УДК 631.4 : 631.6

Н. И. БАЗИЛЕВИЧ, Р. Р. МАНУКЯН, Б. П. ГРАДУСОВ,
Н. П. ЧИЖИКОВА, А. Г. ЧЕРНЯХОВСКИЙ

ИЗМЕНЕНИЕ ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ПРИ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ СОДОВЫХ СОЛОНЦОВ-СОЛОНЧАКОВ АРМЕНИИ

Показано, что при мелиорации содовых солонцов-солончаков Армении H_2SO_4 и $FeSO_4$ многие свойства воднопептизированного ила (ВПИ) становятся близкими свойствам ВПИ староорошаемой высокоплодородной лугово-бурой полупустынной почвы. Минералогический состав почв наследуется от минералогического состава пород, генезис слоистых силикатов в которых обязан гидротермальным постмагматическим процессам. Почвообразование приводит к разупорядочению структуры ряда глинистых минералов и их элювиально-иллювиальному перераспределению в профиле содовых солонцов-солончаков.

В настоящей статье рассматриваются результаты изучения изменений твердой фазы содового солонца-солончака на аллювиально-пролювиальных отложениях под влиянием мелиорации серной кислотой и железным купоросом, промывок и вегетационных поливов*. Содержание солей в целинном солонце-солончаке достигает 1,5—2,0%, преобладают карбонаты и бикарбонаты Na при подчиненном значении хлоридов и сульфатов. Реакция почвы резко щелочная (рН 10), емкость обмена около 30 мг-экв/100 г почвы, содержание обменного Na достигает 80%, содержания гумуса менее 1% при резком преобладании фульватов, механический состав тяжелосуглинистый, почва карбонатна с поверхности ($CaCO_3$ до 15%).

Под влиянием мелиорации H_2SO_4 из расчета на глубину 25 см прослеживается рассоление (содержание солей 0,14%) и частичное рассолонцевание (содержание обменного Na 24%) лишь пахотного горизонта. По своим свойствам почва осталась очень близкой к целинным солонцам-солончакам. При мелиорации H_2SO_4 и $FeSO_4$ из расчета на глубину 1 м произошло выщелачивание солей до содержания их ниже порога токсичности [7], рассолонцевание до слабой степени солонцеватости (обменного Na осталось 6%) до глубины 80 см (при мелиорации H_2SO_4) и до 2 м (при мелиорации $FeSO_4$). Мелиорированный слой почвы по общему содержанию солей (токсичных солей меньше 0,05%), их составу и рН (7,6) оказался весьма близким к староорошаемой лугово-бурой высокоплодородной почве и отличается от последней наличием сульфата Ca (до 1% гипса), новообразовавшегося при взаимодействии мелиорантов или продуктов их гидролитического расщепления с карбонатами и несколько более высокой степенью солонцеватости (содержание обменного Na в староорошаемой лугово-бурой почве менее 3%).

Для более глубокого анализа изменений твердой фазы почв под влиянием мелиорации было изучено содержание и некоторые свойства ВПИ целинных и мелиорированных содовых солонцов-солончаков.

Известно, что многие неблагоприятные агрофизические свойства солонцовых почв связаны с пептизацией под действием воды тонкодисперсных частиц, содержащихся в большом количестве преимущественно

* Опыты по мелиорации проведены НИИ почвоведения и агрохимии МСХ АрмССР [1, 2, 24].

Таблица 1

Содержание ВПИ и некоторые его свойства

Номер разреза. Почва	Глубина, см	Ил ($<0,001$ мм), %	ВПИ, % от веса почвы	Степень пептиза- ции, %	Гумус, %			Емкость обмена, мг-экв/100г	Обменные, мг-экв/100г		Аморфная SiO ₂ (5% КОН)
					в ВПИ	от веса почвы	от общего содержания гумуса в почве		Na	K	
19. Целинный солонец-солончак	0—7	19,20*	15,5	81,0	0,93	0,14	18,4	55,10	1,30	1,73	21,12
	7—23	15,20*	10,0	65,7	1,19	0,12	13,9	55,00	0,87	1,69	18,50
	23—56	14,60*	11,2	76,7	1,19	0,13	20,0	57,80	0,87	1,57	14,32
14. Солонец-солончак, мелиорированный H ₂ SO ₄ на глубину 0—25 см	0—20	14,75	7,0	40,7	1,71	0,12	10,0	53,10	0,87	1,50	19,87
	20—35	18,94	8,0	42,1	1,55	0,12	8,6	53,50	0,87	1,57	20,84
	35—55	19,37	16,0	84,2	0,88	0,14	15,0	60,80	0,87	1,50	17,34
28. Солонец-солончак, мелиорированный H ₂ SO ₄ на глубину 1 м	0—20	8,52	4,6	50,4	2,02	0,09	7,4	61,40	1,30	1,57	11,46
	20—30	7,20	4,2	50,8	1,71	0,07	15,5	71,20	0,87	1,42	11,38
	30—54	4,42	0,3	6,8	4,14	0,01	1,6		Не опр.		
15. Солонец-солончак, мелиорированный FeSO ₄ на глубину 1 м	0—25	20,35	0,04	0,2				Не определялось			
	25—43	19,77	11,2	55,0	0,83	0,09	15,2	61,60	0,87	1,54	10,09
	43—60	22,44	12,5	54,5	0,67	0,08	11,8	66,20	0,43	1,42	10,04
5. Староорошаемая лугово-бурая полу- пустынная	0—22	31,49	14,0	45,1	1,81	0,25	13,4	67,32	1,30	1,57	11,78
	22—40	29,49	14,5	49,1	1,65	0,24	15,1	62,27	0,87	1,80	10,72
	40—77	36,80	16,5	43,2	1,14	0,19	16,0	54,70	0,87	1,73	9,66

* Ил по сумме ВПИ и ВАИ.

в илливиальных горизонтах. В связи с этим исследование свойств ВПИ почв представляет большой практический интерес, поскольку необратимая коагуляция его — одна из основных задач мелиорации солонцов.

Большинство исследователей в своих заключениях о ряде неблагоприятных свойств осолодцованных почв опирались только на данные содержания в них обменного Na. Полученные экспериментальные материалы, начиная с шестидесятых годов [3] и особенно в последнее десятилетие [23, 26, 9, 11, 22, 21, 10, 15], указывают на недостаточность характеристики многих свойств солонцов только на основании состава поглощенных оснований. Так, Андреев [3] считает, что главная роль в процессе солонцеобразования принадлежит распаду неустойчивых минералов под действием солевых растворов (гальмиролиз), а обменный Na является следствием солонцового процесса, но не его причиной. К подобным выводам приходит Герей [29]; Парфенов [23] на солонцах Западной Сибири показал, что степень пептизируемости ила водой является более надежным показателем солонцеватости почв, нежели содержание обменного Na. Не обнаружил также прямой связи между содержанием обменного Na и степенью пептизации ила Панов [21] в малонатриевых солонцах и солонцеватых почвах Павлодарского Прииртышья, Приволжской возвышенности и Прикаспийской низменности. По мнению Горбунова с соавт. [10], повышенное количество ВПИ в каштановых солонцах Заволжья по сравнению с содержанием его в каштановых почвах обусловлено более тяжелым механическим составом солонцов, большим содержанием в них обменного Na и более щелочной реакцией.

ВПИ был выделен нами по методу Горбунова [10]. Эта методика позволяет количественно оценить выход тонкодисперсных илистых частиц почвы, пептизация которых обусловлена коллоидно-химическим составом почвы, а не происходит под воздействием искусственно внесенных пептизаторов или разминания в состоянии густой водной пасты.

В исследованных целинных содовых солонцах-солончаках (разр. 19) содержание ВПИ составляет 10—16% (табл. 1). Наибольший абсолютный выход ВПИ отмечен в самом верхнем горизонте, что хорошо коррелирует с более тяжелым его механическим составом и наибольшей обогащенностью илистой фракцией. Степень пептизации ила, оцениваемая по выходу ВПИ к общему содержанию ила, составляет 66—81%, с наибольшими показателями в самом верхнем горизонте.

Прослеживается хорошая корреляция между содержанием ВПИ и физической глины, а также между абсолютным и относительным содержанием обменного Na и степенью пептизации ила (рис. 1). Вместе с тем проявляется не столь четкая зависимость между содержанием ВПИ и количеством общего ила, общей щелочностью и реакцией почвы. Связь между содержанием ВПИ и количеством гумуса несущественна.

Содержание гумуса в ВПИ несколько превышает его содержание в почве в целом и увеличивается с глубиной. Сопоставление содержания гумуса в ВПИ и почве в целом с учетом выхода ВПИ показывает, какая доля гумуса от валового его количества находится в наиболее активной тонкодисперсной части*. Гумуса в ВПИ всего 0,93—1,19 или 14—20% от общего его содержания в исходной почве. Столь малая доля гумуса в ВПИ может быть обусловлена применяемой методикой коагуляции ВПИ соляной кислотой при фульватном составе гумуса.

Помимо ВПИ в целинном солонце-солончаке был выделен также ил водоустойчивых агрегатов (ВАИ).

Выход ВАИ составляет всего 3—5% от веса почвы (табл. 2). Таким образом, степень агрегированности ила варьирует в пределах 19—34%. Содержание гумуса в ВАИ очень низкое—0,5—0,7 или 0,02—0,03% от

* Подобные расчеты впервые были предложены Ковдой и Кадер [18] и широко использовались Базилевич [4]. В ее работе приведена формула расчета.

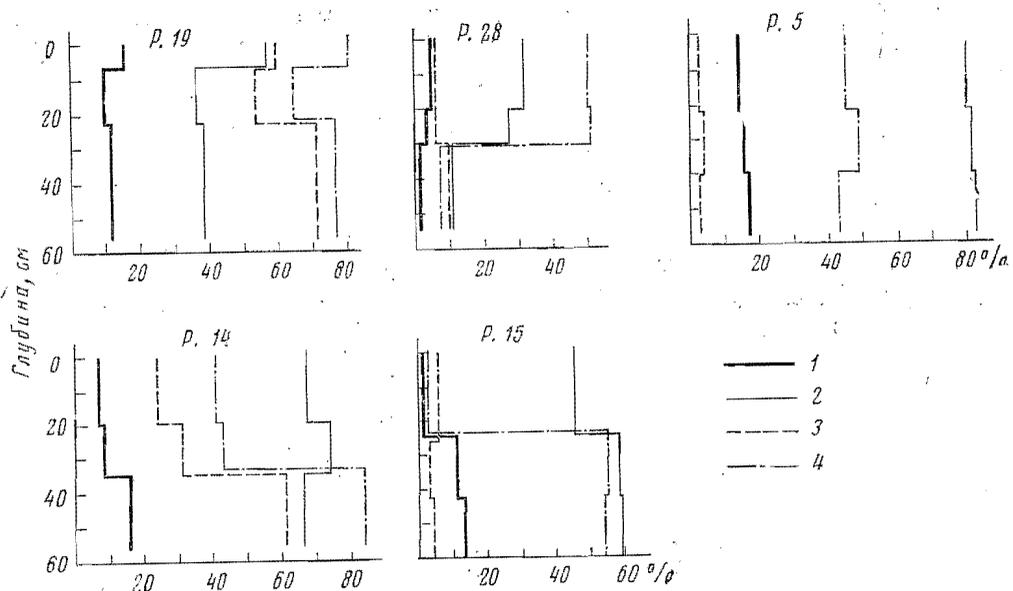


Рис. 1. Распределение по профилю почв ВПИ, физической глины, обменного Na и степени пептизации ила

1 — ВПИ, 2 — физическая глина, 3 — обменный Na, 4 — степень пептизации ила

веса почвы. Пересчет гумуса в ВАИ по отношению к валовому его содержанию в почве в целом с учетом выхода ВАИ свидетельствует о ничтожной доле гумуса, связанного с ВАИ, — всего 24%.

Значительные различия прослеживаются также в минералогическом составе ВПИ и ВАИ. На рентгенодифрактограммах ВПИ фиксируются лишь широкие, очень слабые асимметричные рефлексы при 10—25 Å. Они принадлежат, по-видимому, неупорядоченным смешаннослойным слюда-сметкитовым образованиям, находящимся в супердисперсном состоянии. Обработкой ВПИ 0,5 *n* NaOH по Хошимото — Джексоу (1960) было установлено, что содержание рентгеноаморфной фазы колеблется от 77 до 84% от веса ВПИ с максимальными показателями в верхнем (0—7 см) слое почвы. Кристаллическая фаза остатка после обработки щелочью представлена гидрослюдой (39—41%), хлоритом (9—20%), смешаннослойными образованиями двух типов: слюда-сметкитовыми и хлорит-сметкитовыми, составляющими в сумме 39—52%. Обнаружены неглинистые минералы: полевой шпат, амфибол и следы кварца.

Наблюдается дифференциация слоистых силикатов по профилю почвы. Гидрослюдистый компонент распределен равномерно. Для элювиальных горизонтов характерно увеличение примерно в 2 раза содержания хлорита по сравнению с нижними горизонтами с одновременным уменьшением смешаннослойных образований от 52 до 39%. В верхнем горизонте больше неглинистых минералов.

Таким образом, дифференциация минералогического состава глинистого материала отражает картину элювиально-иллювиального перераспределения глинистых минералов, характерную для почв солонцового ряда (относительное накопление в элювиальных горизонтах минералов с жесткими структурами и в иллювиальных набухающих).

В отличие от ВПИ глинистый материал ВАИ содержит меньше аморфного вещества. Материал в значительной мере состоит из первичных минералов: полевых шпатов, амфиболов и кварца. Слоистые силикаты представлены хлорит-сметкитовыми смешаннослойными образованиями, хлоритом и небольшим количеством гидрослюд. В элювиальных горизонтах по сравнению с иллювиальным уменьшается содержание

Таблица 2

Содержание ила ВАИ в целинном солонце-солончаке и некоторые его свойства

Глубина, см	Ил (ВПИ+ВАИ), %	ВАИ, % от веса почвы	Степень агрегированности, %	Гумус			Емкость обмена, мг·эка/100 г	Обменные, мг·эка/100 г		Аморфная SiO ₂ в (5% КОН)
				в ВАИ	от веса почвы	от общего содержания гумуса в почве		Na	K	
0—7	19,20	3,7	19,0	0,76	0,03	3,9	22,48	0,65	0,48	5,75
7—23	15,20	5,2	34,3	0,45	0,02	2,3	17,57	0,65	0,46	4,56
23—56	14,60	3,4	23,3	0,47	0,02	3,1	23,87	0,65	0,48	4,94

смешаннослойных образований с большим количеством смектитовых пакетов.

Для выяснения генезиса слоистых силикатов в ВПИ и ВАИ был исследован остаток почвы после их выделения. В остатке установлены плагиоклазы, амфиболы и слоистые силикаты того же типа, что и в ВПИ и ВАИ. По-видимому, одним из источников глинистого материала ВПИ и ВАИ являются минералы зеленокаменных пород, образовавшиеся в результате процессов гидротермальных постмагматических изменений эффузивов в горных областях питания аллювиально-пролювиальных наносов Араратской равнины Армении.

По минералогическому составу и структурным особенностям отдельных минеральных компонентов изученные почвы близки к исследованным ранее почвам и породам Закавказья [13].

Почвообразованию обязаны в содовых солонцах-солончаках элювиально-иллювиальное перераспределение компонентов глинистого материала и, возможно, присутствие смектитов с высоким значением d_{001} . Последнее свидетельствует о супердисперсном его состоянии и обусловлено длительным воздействием содовых, резко щелочных растворов на минеральную часть почвы [28].

Емкость поглощения ВПИ примерно в 2—4 раза превышает емкость обмена почвы в целом, составляя 55—58 мг·эка/100 г. Емкость обмена увеличивается от гор. А к гор. В, что обусловлено вышеотмеченными изменениями минералогического состава ВПИ в связи с развитием в профиле почвы элювиально-иллювиальных процессов.

Емкость обмена ВАИ примерно в 1,5 раза меньше, чем почвы в целом, и гораздо меньше, чем емкость обмена ВПИ. Более высокая емкость обмена почвы по сравнению с ВАИ обусловлена тем, что илистая фракция почвы состоит в основном из ВПИ. Емкость обмена ВАИ меньше емкости обмена ВПИ почти в 2,5 раза, что коррелирует как с низким содержанием гумуса в ВАИ, так и с минералогическим его составом (обогатенностью обломками тонкодисперсных неглинистых минералов).

Как в ВПИ, так и в ВАИ содержатся обменные Na и K, несмотря на обработку почвы при их выделении большим количеством воды и коагуляцией ВПИ и ВАИ HCl. При этом в ВПИ содержание обменных Na и K выше, чем в ВАИ, хотя абсолютные значения их невелики. В ВПИ содержание обменного K превышает содержание обменного Na; в ВАИ прослеживается обратная картина. Эти особенности хорошо увязываются с минералогическим составом ВПИ и ВАИ. Присутствие Na и K в обменной форме в ВАИ, по-видимому, преимущественно обусловлено диссоциацией ионов на плоскостях разломов кристаллов первичных минералов; в ВПИ — наличием главным образом в межслоевых позициях в гидрослюдах.

При решении многих вопросов генезиса и мелиорации солонцовых почв большое значение имеет изучение в них подвижных SiO₂ и R₂O₃.

Было показано [16, 5, 6], что в солонцеватых и осолоделых почвах

происходит миграция кремнезема из верхних горизонтов в глубже лежащие. Это приводит к очень резкой дифференциации почвенного профиля на элювиальную и иллювиальную части. Последняя сильно уплотнена вследствие цементации соединениями кремнезема и R_2O_3 . Базилевич и Курачевым [6] в солонцовых, осолоделых и болотно-солончаковых почвах Барабинской низменности прямыми лизиметрическими исследованиями установлена миграция подвижных форм SiO_2 , R_2O_3 , С и суспензий глинистых минералов в высоких концентрациях.

Для солонца-солончака Армении исследованиями с применением лизиметров [19] также установлена миграция подвижных форм SiO_2 , R_2O_3 и С.

Работами Базилевич и Курачева [6] экспериментально показана возможность передвижения подвижных форм SiO_2 , R_2O_3 и С не только с нисходящими, но и с восходящими капиллярными растворами (грунтовые воды содово-засоленных почв всегда содержат в значительных концентрациях SiO_2 , R_2O_3 и С). При этом в солончаках эти соединения могут мигрировать вплоть до гор. А, хотя основная их масса задерживается в гор. В.

Таким образом, гор. А и особенно гор. В значительно обогащаются подвижными соединениями SiO_2 , R_2O_3 и С как при развитии элювиально-иллювиальных процессов, так и за счет гидрогенной аккумуляции при внутрипочвенном испарении восходящих растворов.

Наши исследования показали значительную обогащенность аморфной кремнекислотой ВПИ целинных солонцов-солончаков (табл. 1). Пановым [21] также было обнаружено в ВПИ солонцов и каштановых солонцеватых почв сравнительно высокое содержание аморфной кремнекислоты и отмечено, что максимальное ее количество приурочено к иллювиальным горизонтам.

В ВПИ солонца-солончака, исследованного нами, максимальное накопление аморфной кремнекислоты прослеживается в верхнем горизонте. По-видимому, в этих почвах наряду с засолением и осолонцеванием развиваются процессы осолодения, в результате которых образуются конечные продукты разрушения минеральной части почвы, приобретающие высокую подвижность в условиях резко щелочной среды. Повышенное содержание аморфной кремнекислоты в ВПИ может быть связано также с непосредственным воздействием солей на минеральную часть почвы (гальмиролиз). Экспериментально [25, 17, 3, 29, 20, 21, 14 и др.] было показано накопление в продуктах гальмиролитического взаимодействия минералов с растворами солей SiO_2 и R_2O_3 . Герей [29] установил наиболее активное действие растворов $NaHCO_3$ и Na_2CO_3 . Панов [20, 21] подчеркивает, что в присутствии солей Mg действие солей Na на разрушение минеральной части почвы резко усиливается.

Наконец накопление аморфной кремнекислоты в верхних горизонтах содовых солонцов-солончаков может быть следствием процессов сезонного подтягивания капиллярных растворов, восходящих от близко залегающих к поверхности слабоминерализованных щелочных грунтовых вод, обогащенных водно-растворимыми формами кремнезема (содержание последнего в грунтовых водах исследованных нами солонцов-солончаков составляет около 60 мг/л). В почвенных растворах верхнего полуметрового слоя концентрация SiO_2 а также R_2O_3 и С резко возрастает (рис. 2).

Содержание аморфной кремнекислоты в верхних горизонтах засоленных, солонцеватых и осолоделых почв, по мнению ряда исследователей [8, 27, 5 и др.], может быть также связано с биогенной аккумуляцией фитоцитов. В исследованных нами содовых солонцах-солончаках эти процессы также могут иметь известное значение. При этом аккумуляция фитоцитов может происходить в поверхностных горизонтах не столько

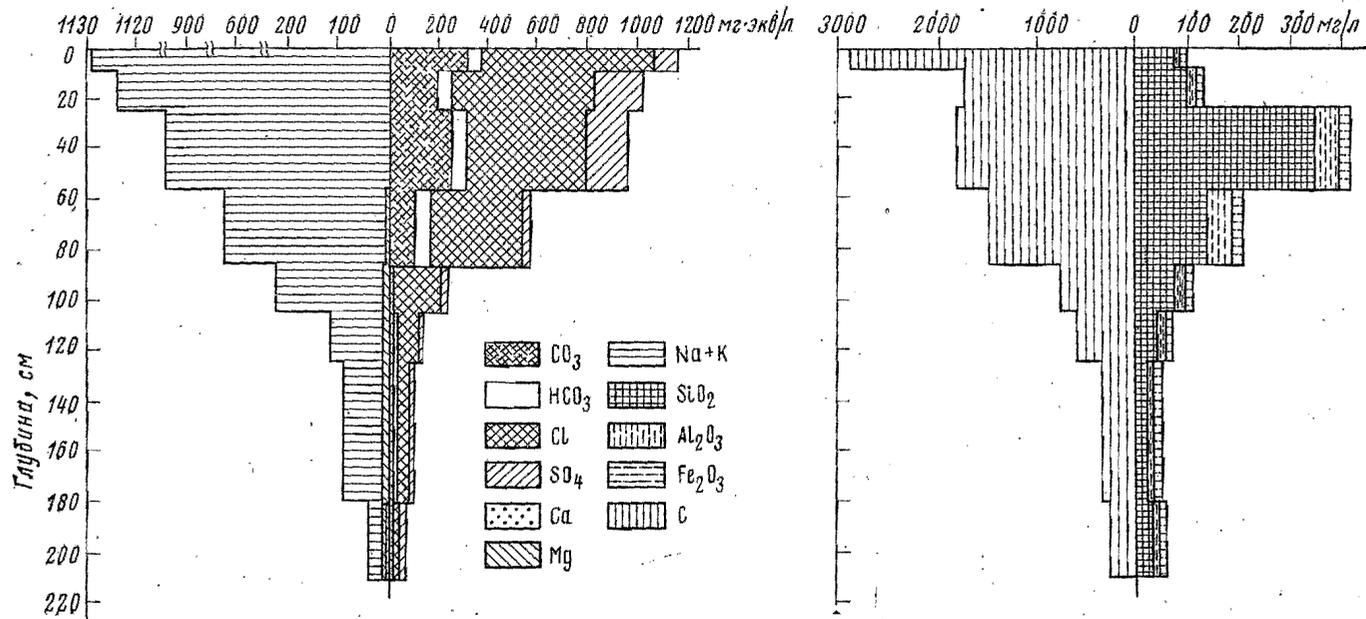


Рис. 2. Состав почвенных растворов целинного содового солонца-солончака (разр. 19)

Таблица 3

Валовой химический состав ВПИ и ВАИ, % на прокаленную навеску

Номер разреза. Почва	Глубина, см	SiO ₂	R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Молекулярные отношения			Потеря от прокаливания, %
												SiO ₂ :R ₂ O ₃	SiO ₂ :Fe ₂ O ₃	SiO ₂ :Al ₂ O ₃	
19. Целный солонец-солончак (ВПИ)	0-7	68,65	24,69	16,50	8,19	0,40	3,95	0,11	1,35	2,26	0,47	22,0	5,2	6,8	18
	7-23	68,00	24,81	16,63	8,18	0,20	3,70	0,07	1,06	2,51	0,43	22,0	5,2	6,8	18
	23-56	67,00	25,30	17,03	8,27	0,25	4,25	0,07	1,07	2,37	0,43	22,0	5,2	6,8	19
19. Целный солонец-солончак (ВАИ)	0-7	61,77	22,19	15,60	6,59	3,55	4,51	0,12	1,37	1,90	2,56	25,7	5,4	6,2	6
	7-23	63,00	21,02	15,17	5,85	4,22	4,57	0,15	1,30	1,60	2,71	26,2	5,5	7,0	5
	23-56	60,69	22,12	15,65	6,47	3,95	4,95	0,12	1,26	1,53	2,60	25,2	5,3	6,7	7
28. Солонец-солончак, мелкоразрыхленный H ₂ SO ₄ на глубину 1 м	0-20	65,96	27,71	17,97	6,74	0,25	4,32	0,07	1,10	2,13	0,43	18,3	4,7	6,4	Не опр.
	20-30	65,95	28,78	18,79	9,99	0,32	3,82	0,10	1,12	2,18	0,43	18,3	4,6	6,1	»
	30-54	66,00	23,93	14,90	9,03	0,96	3,57	0,09	1,34	2,01	1,00	18,3	5,5	7,8	»
15. Солонец-солончак, мелкоразрыхленный FeSO ₄ на глубину 1 м	25-43	62,00	27,10	17,28	9,82	0,25	3,85	0,09	1,30	2,01	0,28	17,1	4,6	6,4	»
	43-60	64,00	27,77	18,00	9,77	0,45	3,82	0,07	1,16	1,92	0,31	17,6	4,6	6,2	»

in situ, сколько аллохтонно, благодаря приносу с водами поверхностного стока.

Таким образом, накопление аморфной кремнекислоты в ВПИ содовых солонцов-солончаков, по видимому, является прежде всего следствием гидрогенной аккумуляции и гальмиролиза при подчиненном значении других факторов. Можно полагать в соответствии со взглядами Панова [21], что обогащенность ВПИ аморфными соединениями, обладающими высокой гидрофильностью, в значительной степени обуславливает неблагоприятные водно-физические свойства почв.

Содержание аморфной кремнекислоты в ВАИ по сравнению с ВПИ примерно в 4-5 раз меньше. Это, очевидно, является основной причиной более устойчивого физического состояния (скоагулированности) ВАИ.

Для валового минерального состава ВПИ характерно более высокое содержание кремнезема и полуторных окислов по сравнению с ВАИ. Что касается SiO₂, то это обусловлено обогащенностью ВПИ аморфными ее формами (табл. 3). Об этом же свидетельствует более высокий процент потери от прокаливания ВПИ. ВПИ верхнего горизонта почвы содержит около 69% SiO₂, к низу количество его несколько уменьшается, т. е. ход распределения валового SiO₂ аналогичен ходу распределения аморфной кремнекислоты. Обратная картина прослеживается в отношении суммы R₂O₃, что отражает развитие элювиально-иллювиальных процессов в профиле почвы. При этом максимально иллювиальным по R₂O₃ является слой 23-56 см. Молекулярные отношения SiO₂:R₂O₃ в ВПИ довольно широки, что обусловлено накоплением в ВПИ аморфных форм SiO₂. Ход изменения SiO₂:R₂O₃ и SiO₂:Al₂O₃ по профилю почвы также отражает развитие элювиально-иллювиального процесса. Содержание MgO и K₂O высокое, в то время как содержание CaO и Na₂O небольшое в связи с преобладанием глинистых минералов.

Для ВАИ наблюдается несколько

ко иная картина. Содержание Fe_2O_3 и Al_2O_3 , а также SiO_2 здесь меньше, а MgO и в особенности CaO , Na_2O , а также MnO — много больше, чем в ВПИ, что обусловлено минералогическим составом ВАИ — присутствием в значительном количестве неглинистых минералов.

Содержание ВПИ в мелиорированных солонцах-солончаках значительно меньше, так же как и степень пептизации ила по сравнению с целинными солонцами-солончаками. Так, в солонце-солончаке, мелиорированном H_2SO_4 из расчета на глубину 25 см (разр. 14), количество ВПИ варьирует в пределах 7—16%, а степень пептизации — в пределах 41—84%, резко увеличиваясь с глубиной, что обусловлено недомелиорированностью почвы глубже 20 см (табл. 1).

В солонце-солончаке, кислованном H_2SO_4 из расчета на глубину 1 м (разр. 28), в верхних горизонтах также прослеживается уменьшение выхода ВПИ по сравнению с целинными солонцами-солончаками и солонцами-солончаками, мелиорированными H_2SO_4 на глубину 25 см. Это свидетельствует о лучшей скоагулированности илистых частиц в этой почве под воздействием кислого мелиоранта. Несмотря на это, степень пептизации ила в верхних двух горизонтах все же остается довольно высокой (около 50%).

Солонец-солончак, мелиорированный железным купоросом на глубину 1 м (разр. 15), содержит ничтожное количество ВПИ в самом верхнем горизонте, что связано с агрегированностью ила благодаря воздействию катиона железа на почвенные коллоиды. С глубиной содержание ВПИ и степень пептизации ила возрастает до 11—12 и 55% соответственно.

В солонце-солончаке, кислованном на глубину 25 см, так же как и в целинном, выход ВПИ находится в прямой зависимости от содержания обменного Na , илистой фракции, а также общей щелочности и рН почвы (рис. 1). Менее четкая связь установлена между выходом ВПИ и количеством физической глины.

В солонце-солончаке, мелиорированном H_2SO_4 или FeSO_4 на глубину 1 м, содержание ВПИ также коррелирует с количеством физической глины. Однако зависимость между степенью пептизации и содержанием обменного Na выражена слабо, что обусловлено практически полным рассолонцеванием почвы.

Содержание гумуса в ВПИ солонцов-солончаков, мелиорированных H_2SO_4 и FeSO_4 , колеблется от 0,7 до 4,0%; доля гумуса в ВПИ от гумуса в почве в целом невелика (1,5—15%), что, как указывалось выше, по-видимому, обусловлено методикой выделения ВПИ.

Для минералогического состава ВПИ почв, мелиорированных FeSO_4 и H_2SO_4 , характерно резкое уменьшение по сравнению с ВПИ целинного солонца-солончака рентгеноаморфной фазы (последней 20—40%). Кристаллическая фаза (пробы после обработки по Хошимото — Джек-сону) представлена в основном смектитовым компонентом. Смешанно-слоистые слюда-смектитовые образования преобладают, а в иллювиальных горизонтах имеется индивидуальный смектит. В ВПИ почвы, мелиорированной FeSO_4 , вверх по профилю рефлексы при 15—15,5 Å становятся более широкими, что свидетельствует о разупорядоченности структуры минералов и уменьшении доли индивидуального смектита. В верхнем (0—25 см) слое увеличивается содержание гидрослюды и хлорита. В почве, мелиорированной H_2SO_4 , это явление выражено менее четко. Весьма вероятно, что смектит, как диактоэдрический минерал, малоустойчив к воздействию кислых мелиорантов. В верхних горизонтах, где концентрация последних выше, он частично разрушается. Вследствие этого в ВПИ верхних горизонтов относительно накапливаются также более крупные частицы, представленные неглинистыми минералами. Кроме того, можно полагать, что под влиянием мелиорации происходит не только удаление рентгеноаморфных веществ

в связи с промывкой и орошением, но и мобилизация слоистых, в том числе глинистых силикатов из неустойчивых зерен первичных минералов — плагиоклазов и вулканических стекол. В почвообразующих породах этих почв обломки гидротермально измененных эффузивов и зерна первичных минералов являются как бы контейнерами глинистых минералов, освобождающихся при почвообразовании и особенно активно при мелиорации почв кислыми мелиорантами.

Емкость обмена ВПИ в мелиорированных почвах довольно высокая, как и в целинных, и варьирует в пределах 53—70 мг·экв/100 г фракции, возрастая с глубиной (табл. 1). Это хорошо увязывается с минералогическим составом ВПИ верхних и более глубоких горизонтов почв и развитием в них элювиально-иллювиальных процессов.

Количество обменных Na и K в мелиорированных солонцах-солончаках варьирует в тех же пределах, как и в целинных — от 0,87 до 1,30 мг·экв Na и от 1,42 до 1,57 мг·экв K. Преобладание K над Na обусловлено доминированием в минералогическом составе ВПИ слюда-смектитовых образований.

Интересен вопрос о превращениях аморфной кремнекислоты в ВПИ в результате коагуляции под воздействием H_2SO_4 и $FeSO_4$. Продукты этих реакций оказались значительно более устойчивыми против такого сильного реагента, как 5%-ная KOH. Содержание аморфной кремнекислоты в солонце-солончаке, мелиорированном H_2SO_4 на глубину пахотного слоя (разр. 14), велико, так же как и в целинном солонце-солончаке, и составляет 17—21%. Это связано с тем, что в почве явления гальмиролиза минеральной части еще протекают достаточно активно наряду с подтягиванием к поверхностным горизонтам капиллярных растворов, восходящих от грунтовых вод, заметно обогащенных SiO_2 . В солонцах-солончаках, мелиорированных H_2SO_4 и $FeSO_4$ на глубину 1 м (разр. 28 и 15), отмечен положительный эффект необратимой коагуляции аморфной кремнекислоты. Так, в верхнем горизонте целинной почвы содержание ее достигает 21%, а в мелиорированных почвах оно меньше в 2 раза. Аналогичные явления отмечал Панов [21] при мелиорации малонатриевых солонцов. Возможно также, что уменьшение содержания аморфной кремнекислоты в ВПИ мелиорированных солонцов-солончаков обусловлено вымыванием ее при промывках и орошении.

Валовое содержание SiO_2 в ВПИ мелиорированных солонцов-солончаков меньше, чем в ВПИ целинных, но выше, чем в ВАИ последних. Содержание же R_2O_3 в ВПИ мелиорированных почв более высокое. Значительная доля в составе R_2O_3 принадлежит Al_2O_3 . Характерны более узкие молекулярные отношения SiO_2 к R_2O_3 и компонентам последнего в ВПИ мелиорированных почв по сравнению с ВПИ и ВАИ целинных. Это хорошо коррелирует с меньшим содержанием аморфной кремнекислоты в ВПИ мелиорированных солонцов-солончаков.

Таким образом, в мелиорированных почвах по сравнению с целинными выход ВПИ и степень пептизации ила значительно снижаются, а также свойства ВПИ более благоприятны.

Обращает на себя внимание тот факт, что ВПИ мелиорированных солонцов-солончаков и ВПИ староорошаемой лугово-бурой полупустынной почвы (разр. 5) по своим свойствам весьма близки. Выход ВПИ в староорошаемой лугово-бурой почве довольно высок и варьирует от 14 до 16%, т. е. в тех же пределах, как и в целинном солонце-солончаке. Чем тяжелее механический состав горизонтов, тем больше выход ВПИ. Однако степень пептизации ила в лугово-бурой почве не превышает 50%, т. е. такого же порядка, как и в мелиорированных почвах.

В отличие от целинного солонца-солончака минералогический состав ВПИ староорошаемой лугово-бурой почвы характеризуется гораздо меньшим содержанием рентгеноаморфной фазы. В кристаллической

фазе преобладают неупорядоченные смешаннослойные слюда-сметитовые и хлорит-сметитовые образования с высоким содержанием сметитовых пакетов. В верхнем 40-сантиметровом слое почвы последние находятся в супердисперсном состоянии. Можно предполагать, что отмеченное явление связано с влиянием орошения слабощелочными водами. По профилю почвы наблюдается некоторое изменение основного глинистого компонента в ВПИ: в пределах верхних 0—40 см выявляется разупорядочивание его структуры, вследствие чего рефлексы становятся сильно асимметричными и широкими, уменьшается их интенсивность.

Обработкой ВПИ по Хошимото — Джексону установлено от 15 до 40% рентгеноаморфных веществ. Остаточная кристаллическая фаза представлена хорошо окристаллизованными глинистыми минералами. Минералы с высокими значениями d_{001} не фиксируются. По-видимому, реактив Хошимото — Джексона растворяет не только рентгеноаморфные соединения, но и глинистые минералы сметитового типа с несовершенной структурой.

В ВПИ мелиорированных солонцов-солончаков отмечено небольшое количество обменных Na и K, так же как и в ВПИ лугово-бурой староорошаемой почвы и в ВПИ немелиорированного солонца-солончака.

Содержание аморфной кремнекислоты в ВПИ староорошаемой лугово-бурой почвы примерно такое же, как и в мелиорированных почвах, т. е. в 2 раза меньше, чем в ВПИ целинного солонца-солончака.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что выход ВПИ в целинных солонцах-солончаках Араратской равнины весьма значителен. Прослеживается четкая корреляция между содержанием ВПИ и физической глины в почвах, а также содержанием обменного Na. В ВПИ солонцов-солончаков отмечено накопление аморфной кремнекислоты, обладающей высокой гидрофильностью.

Под влиянием мелиорации выход ВПИ и степень пептизации ила значительно снижаются. Степень пептизации ила не коррелирует с содержанием обменного Na, что обусловлено практически полным рассолонцеванием почв. Выявляется зависимость между выходом ВПИ и содержанием физической глины. Также отмечается улучшение свойств ВПИ мелиорированных почв по сравнению с ВПИ целинных солонцов-солончаков. Под влиянием мелиорации в ВПИ уменьшилось содержание аморфной кремнекислоты вследствие необратимой коагуляции ее и благодаря выносу при промывках и орошении.

По ряду свойств и степени пептизации ВПИ солонцов-солончаков, мелиорированных из расчета на глубину 1 м, весьма близок к ВПИ староорошаемой лугово-бурой почвы.

В отличие от солонцовых почв других провинций глинистый материал солонцов-солончаков Араратской равнины характеризуется высоким содержанием рентгеноаморфных веществ, хлорит-сметитовых минералов — амфибола, плагиоклазов. Особенности литологического состава аллювиально-пролювиальных отложений Араратской равнины определяются поступлением материала из вулканогенных осадочных комплексов горных областей мобилизации. Вследствие характерного для Закавказья зеленокаменного изменения эффузивных пород осадочные отложения и развитые на них почвы отличаются присутствием слоистых силикатов в ВПИ, ВАИ и остатке почвы после выделения илов. Последнее подтверждает гидротермальный генезис основной массы слоистых силикатов.

В шлифах почвы на фоне очень небольшого количества тонкого глинистого материала обнаружены обломки основных пород, состоящих из зерен плагиоклазов, роговой обманки, пироксенов, вулканических стекол. Плагиоклазы и вулканические стекла в значительной мере метасоматически замещены глинистыми минералами (хлоритом, хлорит-

монтмориллонитовыми смешаннослойными образованиями, монтмориллонитом). Встречаются также плотные глинистые катуны, покрытые железистыми пленками. Кальцит обнаружен в виде обломочных и пелитоморфных форм; кварца мало. По размерам частиц обломки основных пород и зеленокаменные продукты гидротермальной их обработки при механическом анализе в основном попадают в пылеватую и более крупные фракции. После выделения почвы ила в остатке обнаружены зеленокаменные породы, что также подтверждается значительной емкостью обмена остатка (до 17 мг·экв/100 г).

Почвообразованию обаяны в содовых солонцах-солончаках элювиально-иллювиальное перераспределение компонентов глинистого материала и, возможно, присутствие смектитов с высокими значениями d_{001} (супердисперсное состояние глинистого материала). Элювиально-иллювиальное перераспределение приводит к относительно накоплению не только кварца и гидрослюд в элювиальных горизонтах, что характерно для солонцовых почв других провинций [12], но и хлоритового компонента, плагиоклазов и амфиболов.

Активным изменениям (разрушению, перераспределению) подвергается триоктаэдрический хлорит-смектит, тогда как в солонцовых почвах Европейской части СССР и Западной Сибири активно изменяется более устойчивый диоктаэдрический слюда-смектит.

Под влиянием мелиорации кислыми мелиорантами в связи с удалением и коагуляцией аморфной фазы относительно увеличивается роль глинистых минералов, мобилизованных серной кислотой и продуктами гидролитического расщепления железного купороса из обломков первичных минералов-контейнеров.

Литература

1. Агабабян В. Г. Изучение мелиоративного эффекта серной кислоты в зависимости от концентрации при кислотации карбонатных (щелочных) солончаков. Тр. НИИ почвовед. и агрохим. АрмССР, вып. 3, 1967.
2. Ананян Г. Т. О потребности в химической мелиорации для освоения засоленных почв Араксинской долины. Тр. НИИ почвовед. и агрохим. АрмССР, вып. 2, 1963.
3. Андреев Б. В. Теоретические основы повышения плодородия солонцов и солонцовых почв. Саратов, 1954.
4. Базилевич Н. И. Химический состав коллоидов осолодевающих солонцов и солодей. Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. 44, 1954.
5. Базилевич Н. И., Калашникова Р. А., Ярилова Е. А. О накоплении аморфной кремнекислоты в почвах. Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. 44, 1954.
6. Базилевич Н. И., Курачев В. М. Миграция веществ с поверхностными и гравитационными водами в почвах геохимически сопряженных ландшафтов. Почвоведение, 1972, № 11.
7. Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Опыт классификации почв по засолению. Почвоведение, 1968, № 11.
8. Вильямс В. Р. Почвоведение. изд. 3-е. М.—Л., 1926.
9. Гилязова С. М. Воднопептизируемый ил в основных пахотных почвах Татарской АССР и их агрофизические свойства. Автореф. дис. Казань, 1971.
10. 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.
11. Градобоев Н. Д., Семендьева Н. В. К вопросу о формировании иллювиальных горизонтов солонцов с различным содержанием обменно-поглощенного натрия. Изв. СО АН СССР. Серия биол. наук, вып. 3, № 15, 1974.
12. Градусов Б. П. Размещение профилей глинистого материала в почвах Европейской части СССР. ДАН СССР, т. 209, № 5, 1973.
13. Градусов Б. П. Размещение типов изменений смешаннослойных образований в почвообразующих породах и почвах СССР. Литология и полезные ископаемые, 1973, № 2.
14. Келлерман В. В. Изменение минералов под влиянием солей натрия и магния. Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, вып. 6, 1973.
15. Кирюшин В. И. Солонцы степной зоны Северного Казахстана, пути повышения их плодородия и использования. Автореф. дис. Новосибирск, 1975.
16. Ковда В. А. К вопросу о движении и накоплении кремнезема в засоленных почвах. Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. 22, вып. 2, 1940.

17. Ковда В. А., Быстров С. В. К вопросу о природе щелочности. Тр. Комис. по ирриг., вып. 6. Л., 1936.
18. Ковда В. А., Кадер Г. М. Валовой состав коллоидной фракции в солонцах За-волжья. В сб.: Проблемы советского почвоведения, сб. 7. М., 1939.
19. Манукян Р. Р. Миграция химических веществ с нисходящими растворами в содово-засоленных целинных и мелиорированных почвах Араратской равнины. Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, вып. 2, 1976.
20. Панов Н. П. Особенности генезиса почв солонцовых комплексов степной зоны. Автореф. дис. М., 1972.
21. Панов Н. П. Генезис малонатриевых солонцов. В кн.: Современные почвенные про-цессы. М., 1974.
22. Панов Н. П., Гончаров Н. А. Особенности генезиса малонатриевых солонцов степ-ной зоны. В кн.: Материалы Международного симпозиума по мелиорации почв содового засоления. Тр. НИИ почвовед. и агрохим. АрмССР, вып. 6, 1971.
23. Парфенов А. И. Изучение воднопептизированного ила в солонцах Омской области. Автореф. дис. Омск, 1968.
24. Петросян Г. П., Читчян А. И. Почвы содового засоления Араратской равнины и ме-тоды их освоения. В кн.: Материалы Международного симпозиума по мелиорации почв содового засоления. Тр. НИИ почвовед. и агрохим. АрмССР, вып. 6, 1971.
25. Польнов Б. Б. Кора выветривания, ч. 1. Изв. АН СССР, 1934.
26. Пономарева Н. С., Парфенов А. И. Изучение воднопептизированного ила в солон-цах Омской области. Омск, 1969.
27. Тюрин И. В. О биологическом накоплении кремнекислоты в почвах. В сб.: Проблемы советского почвоведения, № 4. М., 1937.
28. Чижикова Н. П., Градусов Б. П., Травникова Л. С. Минералогический состав гли-нистого материала почв. В кн.: Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Новосибирск, 1974.
29. Cerei L. Effect of sodium carbonate and other sodium salts on clay minerals and the clay fraction of soils. Agrok. es talajtan, 1965, № 14.

N. I. BASILEVICH, R. R. MANUKYAN, B. P. GRADUSOV, N. P. CHIZHIKOVA,
A. G. CHERNYAKHOVSKY

CHANGES OF THE CLAY FRACTION WITH CHEMICAL RECLAMATION OF SOLONETZ-SOLONCHAKS OF ARMENIA

Studying water peptized clay (VPC) of sodic solonetz-solonchaks of Armenia showed that after the reclamation with H_2SO_4 and $FeSO_4$ several properties of VPC become similar with those of VPC of an old irrigated highly fertile meadow brown semi-desert soil. The mineralogy of soils is inherited from the mineralogy of rocks in which the genesis of layer silicates is liable to hydrothermal postmagmatic processes. Soil formation leads to a structural desordering of several clay minerals and to their eluvial-illuvial redistribution in the profiles of sodic solonetz-solonchaks.