УДК 631.4:549.905.8

Э. А. КОРНБЛЮМ, Т. Г. ДЕМЕНТЬЕВА, Т. Я. ДРОНОВА

АЛЛОФАНОИДЫ И СУДЬБА МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ В ПОЧВАХ СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА И СОЛОДЯХ ПУСТЫННО-СТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ *

Аллофаноиды — рентгеноаморфные алюмосиликаты — накапливаются в илистых фракциях средних и верхних горизонтов почв пустынно-степной зоны в результате выветривания железисто-магнезиального хлорита и, возможно, монтмориллонита, теряющих магний и рентгеновскую окристаллизованность в процессе становления почв. Предполагается, что аллофаноиды по хлориту отличаются от исходного минерала островным (гидроокись железа) заполнением «бруситового» слоя между 2:1 пакетами, тогда как аллофаноиды по монтмориллониту — это химически нестойкие иллитовые пакеты в составе хаотично-смещанослойных образований.

В результате изучения илистых фракций трех почв солонцового комплекса и двух солодей пустынно-степного Заволжья с помощью рентгеновского, термического и валового анализов, определений содержания свободной окиси железа, емкости катионного обмена, отражательной способности и окраски были реконструированы основные процессы передвижения и преобразования этих фракций при становлении почв [8, 11]. Для более полной оценки происходящих изменений мы дополнительно определили содержание аллофаноидов [6], межпакетного алюминия и каолинита методом Хашимото и Джексона [Hashimoto, Jackson, 21] с некоторыми из дополнений, предложенных Алексиадесом и Джексоном [Alexiades, Jackson, 19].

Для изучения методом Хашимото и Джексона отобрали наиболее ярко различающиеся в отношении ранее изученных свойств фракции из 12 горизонтов 5 профилей (табл. 1). Способы выделения фракций описаны нами в статье [12]. Определения содержания аллофаноидов, межпакетного алюминия и каолинита по Хашимото и Джексону провели в образцах фракций, обработанных 32%-ной H_2O_2 , реактивом Мера и Джексона, насыщенных калием из 1 n раствора КС1, отмытых от хлоридов и просушенных при 110° в течение 4 час. Эти фракции в дальнейшем именуются «исходными».

Для определения содержания аллофаноидов каждую из трех навесок по 0,1 г каждой фракции всыпали в платиновую чашку со 100 мл кипящей 0,5 п NaOH, после чего 2,5 мин. кипятили суспензию под часовым стеклом, быстро остужали, переносили в пробирку, центрифугировали и определяли в супернатанте содержание кремния (с молибдатом аммония) и алюминия (с алюминоном) [22]. Однократной обработкой по Мера и Джексону [15] извлекали из осадка освободившиеся окислы железа. Железо в экстрактах определяли колориметрически с сульфосалициловой кислотой [1].

^{*} Минералогические анализы выполнены авторами в лаборатории кафедры химии почв факультета почвоведения МГУ под руководством Н. Г. Зырина. Корреляционный анализ выполнен лабораторией математических методов Почвенного института им. В. В. Докучаева под руководством В. А. Рожкова.

Для определения содержаний «межпакетного алюминия» и «каолинита» новые навески по 0,1 г абсолютно сухих фракций прокаливали в течение 4 час. при 400° и 525° соответственно, обрабатывали их 0,5 п NaOH и анализировали экстракты так же, как и в предыдущем случае. Рассчитывали содержание в илистых фракциях кремния и алюминия, дополнительно растворившихся в 0,5 п NaOH после каждого прокаливания, и железа, освободившегося в результате щелочной обработки. Содержание каолинита рассчитывали по количеству алюминия, дополнительно растворившегося в NaOH после прокаливания при 525° по формуле

% каолинита =
$$\frac{\% \text{ Al}_2 \text{O}_3 \cdot 100}{39.5}$$
 [19]

Результаты всех определений пересчитывали на те же прокаленные бескальциевые навески, что и ранее опубликованные результаты [8, 11].

После каждого прокаливания и обработок NaOH и реактивом Мера и Джексона остатки всех трех навесок каждой фракции объединяли, насыщали магнием из 1 п раствора MgCl₂, диализовали и исследовали рентгенографически на дифрактометре УРС-50ИМ [12].

Значение химико-минералогических показателей анализировали с помощью корреляционных полей (двумерных гистограмм [14]) и численно-

го корреляционного анализа.

Количество окислов кремния, алюминия и железа, экстрагированных после прогревания фракций при 110° (аллофаноиды). Количество кремнезема, перешедшего в 0,5 праствор NaOH из фракций, прогретых при 110°, колеблется от 5,5 до 10,3% (10—18% валового содержания кремнезема) от веса фракции, а глинозема— от 0,4 до 2,7% (2—11% валового содержания, табл. 1). Меньше всего кремния и алюминия извлеклось из фракций породы, немногим больше— из фракции иллювиального горизонта солонца, тогда как больше всего кремния и алюминия перешло в раствор NaOH из фракций гумусовых и элювиальных горизонтов.

Количества растворившихся окислов кремния и алюминия довольно тесно связаны друг с другом (r=0,75, рис. 1, A), что может быть следствием преимущественного растворения однотипных компонент во всех исследованных фракциях. Так как молярные отношения $SiO_2: Al_2O_3$ в щелочных вытяжках варьируют от 5,2 до 8,6 и в одном случае даже достигают 23,3 (фракция почвообразующей породы солонца), значительно превышая отношения, свойственные илистым фракциям в целом (3,5—4,0), можно предполагать, что растворяются не только аллофаноиды, но и кремнезем различного происхождения, в том числе фитолитарии и тонкодисперсный кварц [9, 24]. Весьма вероятно также, что щелочному гидролизу в первую очередь подвергаются тетраэдрические слои силикатов, что и определяет преимущественное растворение кремния.

Коэффициент аллофаноидности, характеризующий растворимость алюмосиликатной части фракций, колеблется от 1,4 до 11,0%, и имеет самые низкие значения в горизонтах почвообразующей породы, а самые

высокие -- в осолоделом горизонте солонца.

Илистые фракции до щелочной обработки имели зеленовато-оливковую окраску, а после нее приобрели ржаво-бурый цвет. Реактив Мера и Джексона извлек из них 2,2-1,2% окиси железа (10-19% валового содержания). Количество освободившихся окислов железа в общем увеличивается с ростом содержания растворившихся кремния (r=0,52) и алюминия (r=0,61). Вероятно, одни и те же алюмосиликаты являются основным источником не только кремния и алюминия, но и железа. Невысокие значения коэффициентов корреляции могут быть объяснены тем, что часть железа решетки этих силикатов была удалена ранее, при подготовке исходных фракций.

				% прокаленно й							
			Номер фракци и ²								
Номер разреза, почва	Индекс горизонта ¹	Глубина, см		е содер-	извле NaOH г	е содер-					
		`		валовое жание	110°	400° ³	500°4	валовое (жание			
1801, луговато-	Ai' Bi	0—5 (7) 28—35 (37)	1 3	56,47 55,46	10,29 8,49	3,76 1,85	4,55 4,91	26,19 25,46			
1802, светло-каш-	A1A2 B2	3 (20)—19 (23) 19 (23)—36 (40)	9 10	55,72 56,08	7,66 9,20	2,59 0,81	5,31 3,62	$24,95 \\ 24,76$			
1803, солонец лу- гово-степной среднестолб- чатый	A2' B1B2 C ca, sa	9 (10)—13 (15) 13 (15)—21 (22) 98 (100)—120	14 15 17	55,36 55,04 56,15	7,97 6,14 5,47	0,74 4,17 3,55	7,59 4,51 3,96	23,64 24,07 24,76			
1804, солодь луго- во-степная	A2' en B2' m, en	10 (13)—14 (16) 14 (16)—28	20 21	56,20 55,55	8,28 8,76	$3,74 \\ 2,37$	3,82 6,55	$28,19 \\ 26,00$			
1806, солодь луго- вая	A2 cn B2' m, cn C2 ca ²	7 (15)—20 (26) 29 (33)—35 (48) 97 (107)—120	26 28 29	57,49 54,86 55,76	8,21 8,90 6,33	4,56 1,44 2,99	1,49 4,55 4,31	24,82 25,53 24,88			

Содержание и молярные отношения окислов, дополнительно извлеченных 0,5 п NaOH или реактивом

после прокаливания при 525 и 400°).

Для выяснения природы общих источников извлеченных окислов рассмотрим суммарное влияние обеих обработок на рентгеновские дифракционные показатели фракций.

Дифракционная картина илистых фракций, подвергнутых указанным обработкам и насыщенных магнием, существенно иная, чем для исходных фракций (рис. 2). На дифрактограммах фракций, насыщенных глицерином, нет пика при 19 А, который прежде был хорошо выражен для средних и особенно нижних горизонтов почв. Исчезла и монтмориллонитовая составляющая отражений при 14 Å на дифрактограммах воздушно-сухих фракций, хотя диффузные отражения в области 10-14 А, принадлежащие хаотично-смешанослойным иллит-монтмориллонитовым образованиям, сохранились. В то же время у фракций всех почв солонцового комплекса появились или усилились отражения вермикулита, особенно если монтмориллонитовые пики у этих фракций до обработок были высокими. Несмотря на эти изменения, содержание основных компонент кристаллической фазы практически осталось прежним (табл. 2), лишь незначительно увеличилось содержание иллита (с 32-63 до 36-66%) и соответственно уменьшилось содержание монтмориллонита. Так как количество монтмориллонита в действительности отражает суммарное содержание всех 14 Å пакетов, сжимающихся до 9,6 Å при 350°, можно думать, что изменения дифракционной картины связаны не столько с растворением монтмориллонита, сколько с селективным щелочным гидролизом, вызвавшим повыщение его заряда и вермикулитизацию. Поскольку исходные пики монтмориллонита значительно крупнее сменивших их вермикулитовых пиков, можно предполагать, что наряду с рентгенокристаллическими вермикулитовыми образованиями возникли хаотично-смешанослойные вермику-

 $^{^1}$ По ФАО; индексом с 2 обозначены горизонты с карбонатными конкрециями. 2 Номера 20, 21, 26, 28, 29 фракций лиманных солодей соответствуют номерам 2, 3, 8, 10, 11 в статье 3 Содержание и молярные отношения окислов, дополнительно извлеченных 0,5 n NaOH или реактивом после прокаливания при 400 и 110°).

растворившихся в $0,5\,$ п NaOH, и окиси железа, растворившейся после прогревания фракций

	исходной фракции									HO-	Молярные отношения				
	Al ₂ O ₃					Fe ₂ O ₃			KK	ф	SiO ₂ : Al ₂ O ₈				
,	извлеченная 0,5 n NaOH после про- гревания при			содер-	нная при овке исход- акций	извлеченная после щелочных обрабо- ток фракций, прогретых при			ит (химические пения)	ииент аллофано 1, (ҚА)	пового	в щелочных вытяжках из фракций, прогре- тых при			
	110°	400° ³	500°4	валовое жание	извлеченная подготовке и ных фракци	110°	400°3	500°4	каолинит (хи определения)	Коэффициент идности, (КА	для валового содержания	110°	400° ⁸	500°	
	2,03 1,95	2,39 2,62	0,87 0,57	10,43 11,26	3,10 3,28	1,53 1,45	$0,13 \\ 0,62$	0,38 0,0	2,5 1,5	7,75 7,66	$\frac{3,66}{3,70}$	8,61 7,40	2,68 1,20	8,91 14,85	
	$1,51 \\ 2,22$	$1,07 \\ 2,73$	1,85 0,85	11,44 11,66	$2,72 \\ 2,93$	1,23 1,46	$0,26 \\ 0,70$	$0,19 \\ 0,12$	$\frac{4,7}{2,2}$	6,05 8,97	$3,79 \\ 3,84$	8,61 7,06	$4,14 \\ 0,50$	4,88 7,25	
	2,61 1,57 0,40	1,18 3,63 3,89	0,99 1,49 2,63	12,01 12,54 11,67	4,45 3,24 3,09	1,34 1,28 1,24	0,30 $1,05$ $0,87$	1,01 0,07 0,66	2,5 3,8 6,7	$\begin{array}{c} 11,04 \\ 6,52 \\ 1,45 \end{array}$	3,97 3,88 3,85	5,18 6,64 23,30	1,07 1,95 1,55	13,02 5,14 2,56	
	$^{1,95}_{2,50}$	3,92 1,79	1,69 4,12	10,93 11,68	$2,50 \\ 2,51$	1,95 2,18	$0,26 \\ 0,25$	0,79 0,52	4,3 10,4	7,45 9,62	3,64 3,63	7,21 5,95	$^{1,62}_{2,25}$	3,85 2,70	
	1,63 2,68 1,31	3,32 1,74 2,79	$1,95 \\ 2,74 \\ 2,94$	9,75 11,32 11,52	2,57 2,61 3,52	1,25 1,85 1,17	$0,90 \\ 0,73 \\ 0,95$	0,16	4,9 6,9 7,5	$\begin{bmatrix} 6,57\\10,10\\5,27 \end{bmatrix}$	3,93 3,51 3,80	8,59 5,65 8,23	2,34 1,41 1,82	1,30 2,82 2,50	

(11). Мера и Джексона после прокаливания фракций при 400° (разность в содержании окислов в вытяжках Мера и Джексона после прекаливания фракций при 525° (разность в содержании окислов в вытяжках

лит-монтмориллонитовые образования, не дающие пиков на дифрактограммах. У фракций солодей пики вермикулита появились или усилились не везде, их нет на дифрактограммах фракций из элювиальных горизонтов и иллювиального горизонта луговой солоди, что связано с изначальным отсутствием в составе этих фракций монтмориллонитов, дающих индивидуальное отражение при 14 Å.

Отличия дифракционных картин для исходных и обработанных фракций не позволяют объяснить варьирование количеств экстрагированных окислов кремния, алюминия и железа. Наибольшие изменения минералогического состава кристаллической фазы произошли, судя по дифрактограммам, у фракций нижних горизонтов, отдавших вместе с тем в растворы экстрагентов наименьшие количества этих элементов. По-видимому, растворимая фаза фракций в основном состоит из рентгеноаморфных компонент (аллофаноидов), хотя вклад кристаллических минералов также не вызывает сомнений.

Количество окислов кремния, алюминия и железа, дополнительно экстрагированных после прокаливания фракций при 400°. Кипящий 0,5 п раствор NaOH дополнительно извлек из прокаленных фракций 0,7—4,6% SiO₂ (1—8% валового содержания) и 1,1—3,9% Al₂O₃ (4—16% валового содержания). Если для предыдущей вытяжки отмечалась четкая тенденция увеличения количества экстрагированных кремния и алюминия с переходом от породы к почвенным горизонтам, то для данной вытяжки такой тенденции нет.

В отличие от предыдущей вытяжки молярные отношения дополнительно извлеченных окислов кремния и алюминия колеблются от 0,5 (иллювиальный горизонт светло-каштановой почвы) до 4,1 (гумусовый элю-

общего

ние предполагать наличие еще одного

железа.

He

исключено,

источника растворенных окислов,

железо

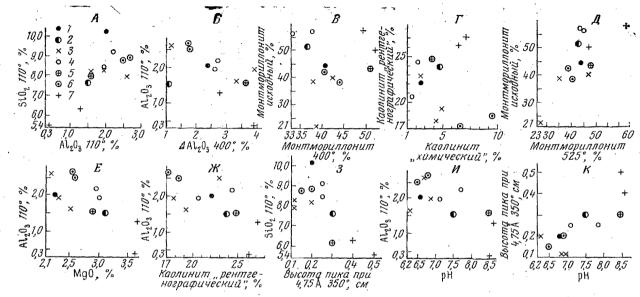
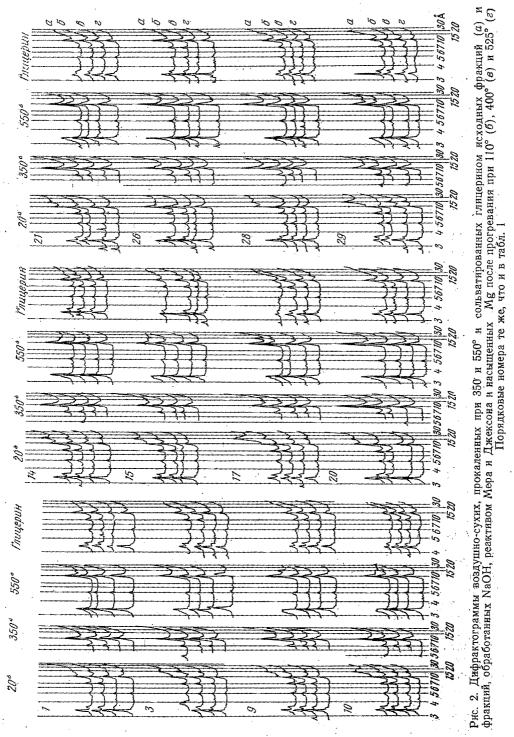


Рис. 1. Связи между показателями илистых фракций

A- содержанием окислов кремния и алюминия аллофанондов (% прокаленной фракции); $\mathcal{B}-$ содержанием окиси алюминия, растворившейся в NaOH после прогревания фракций при 110° и дополнительно после прогревания при 400° (% прокаленной фракции); В - содержанием монтмориллонита в исходных и обработанных NaOH и реактивом Мера и Джексона после профракция); В — содержанием монтморивлюнита в исходных и оораооганных NaOti и реактивом мера и джексона после про-гревания при 400° илистых фракциях (% суммарного содержания илита и монтморивлонита); Г — содержанием «каолинита» в криставлической фазе исходных илистых фракций (% суммарного содержания иллита, монтморивлонита и «каолинита» и као-линита, определенного химически (% прокавенной фракции); Д — содержанием монтморивлонита в исходных и обработанных NaOH и реактивом Мера и Джексона после прогревания при 525° фракциях (% суммарного содержания иллита и монтморивлонита в илистых фракциях); Е — содержанием окиси авлюминия авлофанондов и завловым содержанием MgO (% прокавенной фракция). Ж — содержанием учественность быть при тосле программания в при тосле программания и при тосле программания при тосле при тосле программания при тосле при тосле программания при тосле программания при тосле программания при тосле фракцив); Ж — содержанием каолинита в кристаллической фазе исходных фракций (% суммарного содержания иллита, могиморилления и каолинита) и количеством окиси алюминия аллофаноидов (% прокалениой фракции); З — высотой пика при рилловита и каолинита) и количеством окиси алюмниня аллофаноидов (% прокалениой фракции); 5—высотой пика при 4,75 Å (см) на дифрактограммах фракций, прокаленых при 350° и содержанием окиси креминя аллофаноидов (% прокаленной фракции) и рН водной (1: 2,5) суспенави мелкозема; К— высотой пика при 4,75 Å на дифрактограммах фракций, прокаленных при 350° (см), и рН водной (1: 2,5) суспенави мелкозема; К— высотой пика при 4,75 Å на дифрактограммах фракций, прокаленных при 350° (см), и рН водной (1: 2,5) суспенави мелкозема. Горизонты по чв. 1—А1 луговато-каштановой, 2—А1А2 светло-каштановой, 3—А2 солонца и А2 сп обеих солодей, 4—В1 и В2 луговато-каштановой, 5—В1В2 солонца, 6—В2т, сп обеих солодей, 7—С са, за солонца и С 2ca2 луговой солоди

видимому, нительно извлеченной окиси железа варьирует от 0,1 фракций они виальный горизонт той r = 0.52мониилфие алюминия находятся предыдущем варьируют от этом случае растворении количеством кремния же случае, почвы), причем для 0,5 до 2,7, свидетели в прямои связи друг с другом существует некоторый общий алюминия, прямой связи друг с свидетельствуя чем кремния. ИЗ ДО Количество 0 12 значительно исследованных источник этих (r=0,65)-9% ва-По-



миния, дополнительно перешедшие в вытяжку, приурочены к «гиббситовому» слою нестабильных хлоритоидов, тогда как кремний и другая часть алюминия и железа переходят в раствор в результате гидролиза 2:1 пакетов.

Обратная связь между количеством алюминия, извлеченного после прогревания фракций при 110° и дополнительно растворенного после их

			Содержание минералов (% от суммы трех минералов)									× ~ ~
	Индекс горизонта	Номер фракции			F	пр	огре	тых при			иллита ониту три 52 5	
Номер разреза, почва			висходных			· 110°			400°			или ион ифи
			иллит	монтмо- риллонит	каслинит	иллит	монтмо- риллонит	каслинит	нллит	монтмо- риллонит	каолинит	Отношение иллита монтмориллониту в прогретых при 525°
		_ <u> </u>	3	žā	¥	3	ž d.	X	=	ž č.	×	OžE
1801, луговато-кашта- новая	A1' B1	1 3	43,1 33,6	34,7 $45,8$	$\frac{22,1}{20,6}$	$\frac{48,8}{40,9}$	$\frac{31,0}{38,7}$	$\frac{20,6}{20,4}$	55,3 51,7	38,2 31,5	$^{6,6}_{16,9}$	$\frac{1,36}{1,27}$
1802, светло-каштано- вая	A1A2 B2	9 10	37,1 33,0	$\frac{39,1}{42,0}$	$\frac{23,8}{24,4}$	$\frac{42,9}{44,3}$	$36,3 \\ 35,2$	$\frac{20,9}{20,5}$	51,4 $43,3$	$\frac{29,7}{27,2}$	18,9 18,5	1,31 1,19
1803, солонец лугово- степной средне- столбчатый	A2' B1B2 Cca, sa	14 15 17	46,3 $42,9$ $31,3$	32.9	24.8	47,7	34,9	17,4	39,7	33,8 $41,3$ $39,2$	19,0	1,11 1,08 0,57
1804, солодь лугово- степная	A2' cn B2'm, en	20 21								$34,6 \\ 34,6$		$^{1,83}_{1,56}$
1806, солодь луговая	A2 cn B2'm, cn C2ca²	28	63,7 51,0 36,2	31,8	17,2	55,2	[26,0]	18,8	46,5	[36, 6]	17,0	1,37

прокаливания при 400° ($r\!=\!-0.58$, рис. 1, E), слабая аналогичная обратная связь для железа ($r\!=\!-0.49$), а также отсутствие таковой для кремния ($r\!=\!-0.31$) дают основание предполагать, что прокаливание при 400° делает податливыми к щелочному гидролизу те октаэдрические слои 2:1 и 2:1:1 пакетов, которые оказались устойчивыми к первой обработке раствором едкого натра.

Изменения дифракционных картин илистых фракций под влиянием экстракций после прокаливания при 400° менее значительны, чем в предыдущем случае (рис. 2). Произошли небольшие изменения интенсивности отражений вермикулита.

У фракций элювиальных горизонтов обеих солодей и гумусового горизонта луговато-каштановой почвы после прокаливания при 400° и последующих экстракций резко ослабли отражения при $7.2\,$ Å, что согласуется с повышенным выходом кремния и алюминия в раствор NaOH. В то же время количество железа, освободившегося при щелочной обработке, повышено лишь для одной из фракций (гор. A2 сп луговой солоди). Тем не менее уменьшение интенсивности указанного отражения скорее всего связано с растворением хлорита, частично теряющего устойчивость к действию $0.5\,n$ NaOH уже после прокаливания при 4.00° , а не каолинита, так как одновременно с отражениями при $7.2\,$ Å ослабли и отражения при $4.75\,$ Å.

Изменения содержания коснулись не только хлорита, но и 2:1 минералов. Связи между содержанием иллита или монтмориллонита или между отношениями этих минералов во фракциях, экстрагированных после высушивания при 110° и прокаливания при 400°, нет (рис. 1, В). Это может быть обусловлено некоррелированными изменениями степени участия иллитовых и монтмориллонитовых пакетов в рентгеноаморфных хаотично-смешанослойных образованиях. Из-за частичного растворения слоистых силикатов на дифрактограммах усилились отражения кварца и полевых шлатов, что дает возможность отнести часть изменений в соотношении 2:1 минералов с лабильной и стабильной решетками за счет различной степени их деструкции при прокаливании и экстракциях.

Количество окислов кремния, алюминия и железа, дополнительно экстрагированных после прокаливания фракций при 525° . В раствор NaOH дополнительно перешло 1.5-7.6% окиси кремния (3-14%) валового содержания) и 0.6-4.1% окиси алюминия (2-16%) валового содержания). Количество окиси железа, дополнительно растворившейся в реактиве Мера и Джексона после щелочной обработки фракций, составило 0.07-1.01% (0.6-8%) валового содержания). Связи между количествами кремния, алюминия и железа, дополнительно перешедшими в указанные растворы, не наблюдаются. Молярные отношения $SiO_2:Al_2O_3$, растворившихся дополнительно, варьируют от 1.3 до 14.8 и почти везде больше двух. Наряду с экстракцией заметных количеств железа это показывает, что вместе с предполагаемым каолинитом растворились и 2:1 алюмоферрисиликаты.

Расчет содержания каолинита проводили по количеству дополнительно растворенного алюминия, условно полагая, что весь этот алюминий принадлежит каолиниту [21]. Определенное таким образом содержание каолинита варьирует от 1,5 до 10,4% (на прокаленную навеску). Эти значения намного меньше величин содержания каолинита, определенных на основании высоты пыков при 7,2 Å, что обусловлено рядом причин. Прежде всего «рентгенопрафические» значения даны в процентах от суммы трех главных компонент кристаллической фазы без учета ее содержания в илистых фракциях. Интенсивность отражений при 7,2 А зависит от содержания не только каолинита, но и хлорита. Так как оба минерала обычно обладают более совершенной структурой, чем 2:1 минералы почв, их вклад в сумму интенсивностей рефлексов оказывается завышенным. Учитывая, наконец, что, судя по избытку кремния в большинстве вытяжек, заметному содержанию железа, а также по рентгенографическим данным, после прокаливания при 525° растворились и 2:1 слоистые силикаты, трудно ожидать соответствия между результатами столь разнородных определений (r=-0,14; рис. 1, Γ).

На дифрактограммах фракций, прокаленных при тем пературе 525° и обработанных NaOH и реактивом Мера и Джексона, исчезли отражения при 7,2 Å. Несколько изменилась интенсивность отражений вермикулита. Как и в предыдущем случае, отражения монтмориллонита отсутствуют, однако доля минералов с лабильными пакетами в кристаллической фазе («монтмориллонит») оказалась такой же высокой, как и в исходных фракциях (табл. 3), причем исходные соотношения лабильных и стабильных 2:1 компонент в кристаллической фазе, нарушенные в результате прокаливания при 400° и последующих экстракций, полностью восстановились (рис. 1, Д). Значительное усиление отражений кварца и полевых шпатов по сравнению с отражениями 2:1 минералов свидетельствует о растворении не только каолинита, но и трехслойных силликатов. Все это не дает возможности считать, что «химические» значения содержания каолинита правильно отражают его истинное содержание в илистых фракциях.

Связи количества экстрагированных кремния, алюминия и железа с минералогическим и валовым химическим составами илистых фракций. Для выяснения природы различий в количествах экстрагированных элементов мы сравнили их с валовым содержанием тех же и других элементов, являющихся главными компонентами структуры слоистых силикатов. Количества кремния, алюминия и железа, дополнительно растворившихся в NaOH после прокаливания фракций при 400 и 525°, не обнаружили интерпретируемых связей с содержанием основных компонент кристаллической фазы и с валовым содержанием элементов, за исключением прямых связей количества железа, растворившегося после прокаливания при 400°, с валовым содержанием магния (r=0,60) и высотами пиков при 7,2 и 4,75 Å на дифрактограммах $(r\approx0,6)$.

Вместе с тем количества кремния и алюминия, растворившихся после прогревания фракций при 110°, обнаружили обратные связи с валовым содержанием MgO (r=-0,72 и -0,73 соответственно). Слабее подобная обратная связь выражена для железа (r=-0.50). Все три связи отражают собой четкие тенденции увеличения количества растворенных элементов по мере понижения содержания магния с переходом от фракций материнской породы к фракциям других почвенных горизонтов (рис. 1, E). В пределах корреляционных полей точки, соответствующие фракциям из генетически близких горизонтов, лежат рядом друг с другом, образуя «гнезда», хотя сами горизонты принадлежат различным почвам, в том числе отдаленным территориально. Эта особенность, свойственная, кстати, и другим корреляционным полям, рассматриваемым ниже, позволяет объяснить черты сходства и различия фракций в отношении сравниваемых показателей в основном влиянием почвообразования. При этом рост растворимости фракций с расширением отношений Al₂O₃: MgO не дает возможности объяснить найденные связи изоморфизмом алюминия и магния, так как с ростом степени замещенности алюминия магнием прочность внутрикристаллических связей должна ослабевать [2], а растворимость минералов увеличиваться. Поэтому указанные обратные связи можно объяснить тем, что в использованных реактивах растворились продукты выветривания магнезиальных (магнийсодержащих) минералов, утративших магний.

Для идентификации этих минералов количества окислов, входящих в состав аллофаноидов, сравнили с содержанием основных минералогических компонент кристаллической фазы илистых фракций — монтмориллонита, иллита и каолинита. Связей между содержанием этих окислов и количеством 2:1 минералов найдено не было $(r \approx 0.3)$. Вместе с тем обнаружены обратные связи между содержанием каолинита и количествами окислов кремния (r=-0.61), алюминия (r=-0.63), рис. 1, \mathcal{K}) и железа (r=-0.77) аллофаноидов. Содержание каолинита в свою очередь обнаружило прямую связь с валовым содержанием магния (r=0,69). Очевидно, варьирование интенсивности отражения при 7,2 Å, представляющего собой сумму 001 отражения каолинитовых и 002 отражений хлоритовых и монтмориллонитовых минералов и в основном приписываемого каолиниту, в нашем случае определяется преимущественно варьированием содержания рентгенокристаллических хлорита и монтмориллонита, содержащих магний, и прежде всего хлорита. Действительно, интенсивность этого отражения связана прямой корредяцией с интенсивностями 003 отражения хлорита при 4,75 Å на дифрактограммах воздушно-сухих (r=0.92) и, что особенно показательно, прокаленных при 450° фракций (r=0.68), где 002 и 003 отражения хлорита не испытывают влияния слабых 002 отражений монтмориллонитов.

Валовое содержание окиси магния также обнаружило прямую линейную связь с интенсивностью отражений при 4,75 Å на дифрактограммах воздушно-сухих (r=0,77) и прокаленных при 350° (r=0,92) и 450° (r=0,68) фракций, с интенсивностью 001 отражений хлорита при 14 Å на дифрактограммах фракций, прокаленных при 550° (r=0,58), и с интенсивностями отражений при 7,2 Å на дифрактограммах воздушно-сухих (r=0,62) и прокаленных при 350° (r=0,57) и 450° (r=0,83) фракций. Это подтверждает предположение о том, что варьирование содержания «каолинита» существенно зависит от колебаний содержания хлорита, которое в свою очередь во многом определяет варьирование содержания магния.

Однако прямое сравнение содержания кремния, алюминия и железа аллофаноидов с интенсивностями тех же отражений обнаружило их обратные связи только с высотами пиков при 7,2 Å (r=-0.64; -0.63, -0.77 соответственно) и 4,75 Å (r=-0.69; -0.67; -0.69) на дифрактопраммах воздушно-сухих фракций и обратные связи кремния, алюминия и железа

с высотой пика при 4,75 Å на дифрактограммах фракций, прокаленных при 350° (r=-0,71; -0,85 и -0,61) и при 450° (r=-0,60; -0,42; -0,53). В то же время для высот пиков при 7,2 Å на дифрактограммах фракций, прокаленных при 450°, обнаружена существенная связь лишь с содержанием кремния (r=-0,69) и не найдено связи с содержанием алюминия и железа (r=-0,32 и -0,37), а для высот этих пиков на дифрактограммах фракций, прокаленных при 350°, связей с содержанием указанных элементов не обнаружено (r=-0,18; -0,05; -0,25). Не коррелирует с содержанием элементов аллофаноидов, за исключением железа, и высота пиков при 14 Å (r=-0,26; -0,48; -0,53).

Наиболее высокие значения коэффициентов корреляции получены таким образом, для количеств кремния, алюминия и железа аллофаноидов и тех показателей, которые определяются совместным влиянием содержания 2:1:1 и 2:1 магнезиальных минералов (содержание «каолинита», высоты пиков при 7,2 и 4,75 Å на дифрактограммах воздушно-сухих фракций, содержание MgO). Поэтому можно предполагать, что аллофаноиды представляют собой продукт выветривания магнезиальных мине-

ралов по меньшей мере двух прупп.

Одним из источников аллофаноидов являются, по-видимому, рентгеноаморфные продукты выветривания хлорита — «хлоритовые остатки», утратившие магний и отличающиеся от исходного хлорита прежде всего отсутствием или дефектностью бруситового слоя. Другим источником аллофаноидов могут быть пакеты монтмориллонита, потерявшие магний. Так как количество кремния, алюминия и железа аллофаноидов не обнаружило связей с содержанием иллита и монтмориллонита, а также с содержанием гигроскопической влаги (r = -0.41; -0.25; 0.11) и емкостью катионного обмена илистых фракций (r = -0.40; -0.42 и -0.34), можно предполагать, что эти пакеты входят в состав рентгенокристаллического монтмориллонита в качестве примеси, количество которой не коррелирует с общим его содержанием.

Выясняя дальнейшую судьбу 2:1:1 и 2:1 пакетов, потерявших магний и превратившихся в аллофаноиды, отметим прямые связи между количеством окислов кремния и алюминия аллофаноидов и валовым содержанием калия (r=0.73 и 0.59), а также обратную связь содержания калия с содержанием магния (r=-0.88). Можно предполагать, что названные пакеты испытывают иллитизацию, фиксируя калий и трансформируясь в такие гидрослюды, которые отличаются ослабленными внутрикристаллическими связями и растворяются в 0,5 n кипящей NaOH, являясь главным источником аллофаноидов. Отсутствие связей между содержанием кремния, алюминия и железа аллофаноидов и содержанием иллита (r=0.30; 0.39; 0.33), а также отсутствие изменений в соотношении иллита и монтмориллонита в илистых фракциях после щелочной обработки абсолютно сухих фракций не противоречат этому предположению, так как иллитизации могла подвергнуться лишь часть деградированных пакетов монтмориллонита, тогда как другая часть сохранила магний или же осталась неиллитизированной, что привело к возникновению хаотично-смешанослойных образований. В то же время прямые связи между окислами аллофаноидов и содержанием калия могут быть объяснены и параллельным с изменениями, связанными с потерей магния, развитием иллитизации монтмориллонита.

Второстепенные причины различий в содержании аллофаноидов. Сравнивая значения химико-минералогических по-казателей и положения соответствующих точек в пределах корреляционных полей (рис. 1 и др.), нетрудно заметить, что среди исследованных фракций выделяется несколько групп. Такие группы образуют фракции горизонтов породы луговой солоди и солонца, слитых горизонтов обеих солодей, иллювиальных горизонтов светло-каштановой и луговато-каштановой почв, элювиальных горизонтов солонца и обеих солодей. Три

фракции — из гумусовых горизонтов светло- и луговато-каштановой почв и иллювиального горизонта солонца — аналогов среди исследованных фракций не имеют. Несмотря на существенные отличия, горизонты каждой группы имеют много общего в отношении свойств и генезиса, значительно отличаясь в то же время от других горизонтов собственных профилей, а фракции каждой группы очень близки друг к другу, по всем показателям, между значениями которых были обнаружены связи, предположительно обусловленные процессами аллофаноидизации хлорита и монтмориллонита. На корреляционных графиках точки, отвечающие фракциям каждой группы, обнаруживают согласные отклонения от линий соответствующих регрессий. Учитывая, что горизонты, которым принадлежат фракции каждой группы, генетически близки, можно считать, что «гнездование» фракций обусловлено тонкими различиями в механизме аллофаноидизации минералов или же наложением дополнительных процессов, также имеющих почвенно-генетическую природу. Происхождение этих различий заслуживает специального изучения.

Связь между содержанием кремния, алюминия и железа аллофаноидов и значениями р Н. Учитывая значение активности ионов водорода для процессов выветривания минералов [23 и др.], мы сравнили количества окислов, входящих в состав аллофаноидов, со значениями рН 1:2,5 водной суспензии мелкозема соответствующих горизонтов. Между содержаниями кремния, алюминия и железа и значениями рН обнаружены обратные связи (r=-0,78; -0,67; -0,53; рис. 1, H). Найдены прямые связи между значениями рН и показателями содержания магнезиальных минералов: валовым содержанием MgO (r=0,83), интенсивностью отражений при 7,2 и 4,75 Å на дифрактограммах воздушно-сухих фракций (r=0,79 и 0, 76) и фракций, прокаленных при 450° (r=0,71 и 0,82 рис. 1, K), интенсивностью отражений при 14 Å на дифрактограммах фракций, прокаленных при 350° (r=0,61), при 4,75 Å — на дифрактограммах фракций, прокаленных при 350° (r=0,83), а также содержанием «каолинита» (r=0,83).

Переходим к обсуждению полученных результатов.

Количества кремния и алюминия, извлеченных из абсолютно сухих фракций < 0.001 мм кипящей 0.5 n NaOH за 2.5 мин., и железа, растворившегося вслед за тем в реактиве Мера и Джексона, увеличиваются вверх по профилю почв одновременно со снижением валового содержания магния и уменьшением значений тех показателей, которые одновременно отражают содержание хлорита и разбухающих 2:1 минералов, а также одного из специализированных показателей содержания хлорита. Обратные связи между количествами растворившихся кремния, алюминия и железа и этими показателями дают основание полагать, что аллофаноиды в основном являются продуктом выветривания магнийсодер-

жащих минералов — хлорита и монтмориллонита.

Судя по интенсивности хлоритовых и смешанных дифракционных максимумов, валовому содержанию магния, растворимости окислов кремния, алюминия и железа, процессы аллофаноидизации особенно энергично развивались в горизонтах, которые подвергаются наиболее энергичному действию факторов почвообразования. Слабее выражены проявления аллофаноидизации в слабопромываемом иллювиальном горизонте солонца, а также в светло-каштановой почве с ее «вялыми» водным, солевым и биохимическим режимами. В то же время фракции горизонтов породы почв солонцового комплекса и солодей, несмотря на глубокие различия гидротермических и галогеохимических условий их существования, не претерпели заметных изменений при почвообразовании. Это показывает, что в аллофаноидизации и других процессах выветривания важнейшую роль играют активные соединения почвенного раствора, теряющие активность по мере продвижения вниз по профилю, а также, вероятно, карбонаты и другие соли, особенно магниевые, которые могут тормозить выветривание в нижних горизонтах почв [16]. Роль современного почвообразования в развитии аллофаноидизации подтверждается тесными связями между показателями содержания аллофаноидов и магнезиальных минералов, с одной стороны, и значениями рН, одного из самых динамичных показателей почвенных условий минералообразования, — с другой

По рентгенографическим данным, хлорит исследованных илистых фракций является магнезиально-железистым, поскольку дает слабые базальные отражения нечетных порядков и сильные 002 и 004 отражения, исчезающие после прокаливания при 550° одновременно с появлением или усилением 001 отражений. Причиной потери таким хлоритом рентгеновской окристаллизованности и утраты им магния может быть ослабление внутрикристаллических связей под влиянием окисления двухвалентного железа и, возможно, потери кремния, которая, как отмечалось ранее [8, 11], характерна для илистых фракций рассматриваемых горизонтов. Утрата магния не сопровождается, однако, потерей железа. Судя по зеленоватой окраске «исходных» илистых фракций, все железо было до щелочной обработки связанным в решетке минералов, в том числе аллофаноидов. Так как количество железа, растворившегося в реактиве Мера и Джексона после щелочной обработки, более тесно связано обратной связью с показателями содержания хлорита, чем монтмориллонита, оно, вероятно, принадлежит в основном аллофаноидам по хлориту. Стабильность железа этих аллофаноидов обусловлена своеобразной почвенно-геохимической обстановкой, определяющей малую внутри- и межгоризонтную подвижность железа. Действительно, в почвах солонцовых комплексов железо мигрирует в основном пассивно, при лессиваже, в виде пленок на поверхности тонкодисперсных частиц. В лиманных солодях, кроме лессиважа, происходит сегрегация железа, образуются стяжения, однако железо решетки при этом не только не затрагивается, но, более того, пополняется в слитых горизонтах луговой солоди за счет железа окисных пленок при оливизации. В то же время ничто не препятствует потере магния хлоритом и монтмориллонитом.

Аллофаноидизация не приводит, по-видимому, к полному распаду указанных минералов на окислы, так как в условиях нейтральной или слабощелочной среды следовало бы ожидать преимущественной потери кремния, более сильной, чем это имеет место в действительности. Увеличение количества кремния, алюминия и железа аллофаноидов по мере уменьшения валового содержания магния показывает, что судьба всех трех элементов при аллофаноидизации оказывается в основном одинаковой.

Прямая связь содержания кремния и алюминия аллофаноидов с содержанием калия дает основание предполагать, что часть аллофаноидов представляет собой нестойкий иллит по монтмориллониту, потерявшему магний. Не исключено, правда, что указанная прямая связь объясняется всего лишь параллельным развитием аллофаноидизации хлорита и части монтмориллонита и иллитизации другой, основной, части последнего. Иллитизация аллофаноидов по хлориту представляется еще менее вероятной прежде всего потому, что железо в отличие от магния остается связанным в структуре аллофаноидов, причем количество железа аллофаноидов связи с содержанием калия не обнаруживает.

По-видимому, аллофаноиды по хлориту представляют собой рентгеноаморфные алюмоферрисиликаты, отличающиеся от исходного хлорита дефектным бруситовым слоем, состоящим скорее всего из колонн окислов железа, разделенных пустотами, возникшими после удаления магния.

Как хлорито-, так и монтмориллонитогенные аллофаноиды не являются в связи с изложенным собственно аллофаном, т. е. рентгеноаморфным силикатом «каолинитового» состава [3]. Это «аллофановые минералы» в смысле Грима [6], т. е. рентгеноаморфные силикаты разнообразного химического состава, не лишенные полностью структурной упорядоченности, но не обладающие достаточно правильным взаимным расположением тетра- и октаэдрических структурных единиц для того, чтобы обеспечить дифракцию.

Процессы выветривания хлорита не ограничиваются только лишь егоаллофаноидизацией. В хорошо промываемых почвах — луговой и лугово-степной солодях и луговато-каштановой почве — в илистых фракциях поверхностных горизонтов произошло ослабление структурных связей вхлорите, сохранившем тем не менее рентгеновскую окристаллизованность. Хлорит из этих трех фракций сравнительно нестоек к прокаливанию и его отражения при 7,2 и 4,75 Å значительно ослабевают уже послепрокаливания при 450°, а повышение его растворимости в 0,5 п NаОН и реактиве Мера и Джексона наблюдается уже после прокаливания при 400°.

При образовании рассматриваемых почв наблюдаются, таким образом, следующие основные процессы изменения глинистых минералов бурых хвалынских суглинков Прикаспия.

1. Трансформация «монтмориллонит — иллит», связанная с потерей кремния и фиксацией калия диоктаэдрическим высокозарядным монтмориллонитом [8, 11].

2. Трансформация «монтмориллонит — аллофаноиды», связанная с потерей кремния и магния монтмориллонитом. Не исключено, что эти аллофаноиды или их часть представляют собой химически нестойкий иллит, входящий в состав хаотично-смешанослойных образований.

3. Трансформация «хлорит — вермикулит — аллофаноиды», связанная с окислением железа, потерей кремния, ослаблением структурных

связей и утратой магния.

Все эти процессы протекают на фоне недифференцированного элювиально-иллювиального перераспределения илистых частиц по почвенному профилю, свойственного всем исследованным почвам. Так как илистые фракции иллювиальных горизонтов существенно не выделяются по содержанию кремния, алюминия и железа аллофаноидов, часто уступая в этом отношении фракциям верхних горизонтов и превосходя фракции породы, очевидно, что аллофаноиды перемещаются при лессиваже вместе с другими минералами.

Наша гипотеза, объясняющая накопление аллофаноидов в илистых фракциях почв выветриванием магнийсодержащих минералов, преждевсего хлорита и монтмориллонита, во многом согласуется с существующими представлениями о судьбе этих минералов при почвообразовании. Известно, что так называемые аллотигенные хлориты быстро перестают обнаруживаться в почвах [16], в том числе и в почвах пустынно-степных солонцовых комплексов [4, 7, 10, 18]. Магнезиально-железистые хлориты. выветриваются особенно легко благодаря окислению двухвалентного железа решетки. Как и в наших почвах [8, 11], промежуточным продуктом выветривания хлорита часто является вермикулит [5, 13, 16]. Наконец, продуктом выветривания хлорита и монтмориллонита в хорошо промываемых почвах бореальных областей также часто являются аллофаноиды [16]. Однако, в отличие от почв бореальных областей, где выветривавание хлорита сопровождается выветриванием иллита, в почвах пустынно-степной зоны судьба этих минералов различна: если хлорит выветривается до аллофаноидов, то аллотигенный иллит стабилен, и общеесодержание иллита увеличивается при почвообразовании вследствие иллитизации монтмориллонита.

Аллофаноидизация может иметь большое значение для образования почв и их плодородия. В ходе этого процесса илистые фракции потеряли за время становления почв большое количество магния. Этот источник магния может объяснить многие неясные вопросы генезиса солей в поч-

вах, состава обменных катионов и карбонатов. В частности, известно, что повышенное содержание обменного магния в так называемых магнезиальных солонцах связано с засолением почв магниевыми солями или с высоким содержанием магнезиальных минералов в почвообразующей породе [17]. Не исключено, что именно аллофаноидизация является одной из главных причин повышенной магнезиальности таких солонцов.

Аллофаноиды, особенно аллофаноиды по хлориту, с их своеобразным заполнением промежутков между 2:1 пакетами, могут играть особую роль и в процессах сорбции почвами удобрений, пестицидов, промышлен-

ных и коммунальных отходов.

Аллофаноиды — не единственный источник элементов, переходящих в растворы наших экстрагентов из абсолютно сухих фракций. Изменения дифракционной картины свидетельствуют о гидролизе кристаллических слоистых силикатов. Значительный избыток кремния в щелочных экстрактах, отмечавшийся также и для других почв [20, 24], может быть отчасти обусловлен растворением кварца [9] и опала фитолитарий [24]. Однако главной причиной очень широких молярных отношений SiO₂: Al₂O₃, характерных для щелочных вытяжек, может быть преимущественное растворение тетраэдрических слоев аллофаноидов и других силикатов. Это предположение дает также возможность связать повышенные количества алюминия, дополнительно извлекаемого 0,5 п NaOH после прокаливания фракций при 400°, в первую очередь с «дорастворением» октаэдрических слоев аллофаноидов и, возможно, рентгенокристаллических алюмосиликатов, о чем свидетельствуют прямые связи между количеством железа, дополнительно растворившегося после прокаливания при 400°, с валовым содержанием магния и высотами пиков при 7,2 и 4,75 Å на дифрактограммах воздушно-сухих фракций.

Наконец, в случае наших почв было бы ошибочным считать, что каолинит, определяемый химически [19, 21], отражает истинное содержание. этого минерала, так как избыток кремнезема в вытяжке и изменения дифракционной картины свидетельствуют о растворении и 2:1 минералов. Учитывая также, что интенсивности отражений «каолинита» при 7,2 А обнаружили тесные связи с интенсивностями отражений при 4,75 Å на дифрактограммах воздушно-сухих и прокаленных при 350° и 450° фракдий, можно утверждать, что варьирование интенсивностей этих отражений определяется в основном варьированием содержания хлорита и, возможно, монтмориллонита. У нас нет достаточных оснований утверждать, что в исследованных почвах каолинит отсутствует совсем. Однако очевидно, что его содержание во много раз ниже, чем это принято считать

.на основании не вполне надежных рентгеновских данных *.

Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Изд-во МГУ, 1960. 2. Бокий Г. Б. Кристаллохимия. Изд-во МГУ, 1973.

Горбунов Н. И. Минералогия и коллондная химия почв. М., «Наука», 1974.

^{3.} Геологический словарь, т. 1. «Недра», 1973.
4. Гончарова Н. Н., Панов Н. П. Минералогический состав малонатриевых солонцов Волгоградской области. Изв. ТСХА, вып. 4, 1970.

^{*} Для того чтобы дифференцировать 001 отражение каолинита и 002 отражение хлофита, илистые фракции наших почв и каолинов из двух месторождений были обработаны диметилсульфоксидом, что обычно вызывает смещение 001 отражения каолинита при 7,14 Å до 11,8 Å, тогда как 002 отражение хлорита положения не меняет (G. S. González, C. M. Sánchez. Clay minerals, v. 7, № 4, 1968). В результате обработки у илистых фракций наших каолинов вместо лика при 7,14 Å появился пик при 11,8 Å, тогда как у илистых фракций почв изменения положения и относительной интенсивности отражения при 7,2 А не произошло. Это еще одно свидетельство по меньшей мере очень небольшого содержания каолинита в рассматриваемых фракциях, хотя есть сведения, что ренттеновская картина некоторых тонкодисперсных, особенно плохо окристаллизованных, жаолинитов при обработке диметилсульфоксидом не изменяется (A. Aliette. Miner. et petrogr. acta, 1970).

6 Грим Р. Минералогия и практическое использование глин. «Мир», 1967.

7. Девятых В. А. Генетические особенности почв солонцового комплекса Северо-Западного Прикаспия (на примере Джаныбекского стационара АН СССР). Автореф. дис., М., 1970.

8. Дементьева Т. Г. Химико-минералогические особенности почв солонцового комплек-

са сухостепного Заволжья. Почвоведение, 1975, № 4.

9. Зырин Н. Г. Аморфная кремнекислота в почве и методы ее определения. В сб. научн. студ. работ МГУ, вып. 8, 1940. 10. Калмыков А. Г., Минкин М. Б., Недбайло В. Д., Буравчук Н. И. Минералогический состав высокодисперсной части почв каштаново-солонцовых комплексов юговостока Ростовской области. В сб.: Мелиорация солонцов, ч. 1. М., 1972. 11. Корнблюм Э. А., Дементьева Т. Г. Химико-минералогические особенности лиманных

солодей пустынно-степного Заволжья. Почвоведение, 1976, № 8.

12. Корнблюм Э. А., Дементьева Т. Г., Зырин Н. Г., Бирина А. Г. Изменения глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонца. Почвоведение, 1972, № 1. 13. *Коссовская А. Г.* Типизация и генетическое значение смешанослойных минералов

глин. В сб.: Физические методы исследования минералов осадочных пород. «Нау-

ка», 1966.

14. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. «Мир», 1968.

15. Мера О. П., Джексон М. Л. Удаление окислов железа из почв и глин при помощи дитионит-лимоннокислой системы с буферным раствором бикарбоната натрия. В сб.: Кора выветривания, вып. 5. Изд-во АН СССР, 1963.

16. Милло Ж. Геология глин. «Недра», 1968.

17. Панов Н. П. Генезис малонатриевых солонцов. В сб.: Современные почвенные процессы, М., 1974.

18. Половицкий И. Я. Солонцы Северного Казахстана и пути их использования. Автореф. дис. Омск, 1969.

- 19. Alexiades C. A., Jackson M. L. Quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments. Proceed. 14th conf. on clays and clay minerals. Pergamon Press, London, 1966.
- 20. Glenn R. C., Jackson M. L., Yole F. D., Lee G. B. Chemical weathering of layer silicate clays in loess — derived Tama silt loam of southwestern Wisconsin. Clays and clay mi-

nerals. Proceed. 8th nat. conf. Pergamon Press, London. 1960. 21. Hashimoto I., Jackson M. L. Rapid dissolution of allophane and kaolinite-halloysite after dehydration. Clays and clay minerals. Proceed. 7th nat. conf. Pergamon Press,

London, 1960.

22. Jackson M. L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, N. Y., Prentice-Hall, 1958. 23. Jackson M. L. Structural role of hydronium in layer silicates during soil genesis. Trans.

7th Int. congr. soil sci., Madis., Wisc., VII, com. II, 1960.

24. *Mitchell B. D., Farmer V. C.* Amorphous clay minerals in some scottish soil profiles. Clay minerals bulletin, v. 5, N 28, 1962.

Почвенный институт им. В. В. Докучаева Дата поступления 26.ХП.1975 г.

E. A. KORNBLYUM, T. G. DEMENTYEVA, T. Ya. DRONOVA

ALLOPHANOIDS AND THE FATE OF MAGNESIUM-BEARING MINERALS IN SOILS OF SOLONETZ COMPLEX AND SOLODS OF DESERT-STEPPE TRANS-VOLGA AREA

Allophanoids are accumulated in clay fractions of the upper layers of the soils in the desert-steppe zone as a result of weathering of iron-magnesium chlorite and montmorillonite. It is stressed a great importance of this process and the release of Mg for the soil fertility.