Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIV, вып. 2, 1962 г.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ВОДНОРАСТВОРИМЫХ СОЛЯХ И ПОГЛОЩАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ ЛЕССОВЫХ ПОРОД

Л. С. Мелик-Давтян

Лессовые породы Северо-Восточного Приазовья (район Таганрог—Азов), как и вообще любые лессовые породы, характеризуются наличием различного рода структурных связей. Кроме связей, образованных глинистым веществом (около 30% веса породы), состоящим в основном из гидрослюд и примесей других глинистых минералов [10], часть связей образована воднорастворимыми солями. Устойчивость связей зависит как от типа солей и их растворимости, так и от влажности пород.

Карбонаты Ca и Mg благодаря высокому содержанию лессовых пород играют особо важную роль в создании структурных связей. В толще лессовых пород рассматриваемого района они распространены в форме выцветов и налетов по трещинам, пленок и корочек на стенках микропор и на отдельных частицах породы — в виде отдельных, обычно мелких кристалликов, всевозможных конкреций, сростков, журавчиков и т. п. размером до 5 *см* и более.

Количество карбонатов в породе не равномерное. В породах района Таганрога CO_2 содержится (по данным 72 анализов) от долей процента до 5,6%, в породах района Азова — от долей процента до 6,8%.

Исследование с помощью бинокулярной лупы и под микроскопом в шлифах карбонатов в просадочных и непросадочных разностях лессовых пород (из ненарушенных образцов, проваренных в канадском бальзаме) показало, что карбонаты имеются двух типов.

1. В виде зерен размером 0,15 *мм* и меньше, редко до 0,7 *мм:* а) близкие по форме ромбу, со сглаженными гранями (спайные выколки и пр.), частью округлые и эллипсоидальной формы; б) в виде правильных ромбоэдров; в) неправильной формы.

Изредка встречаются карбонаты в виде обломков органических остатков (кусочки раковин). Вокруг некоторых зерен наблюдаются оторочки из глинисто-слюдистого вещества.

2. Бóльшая часть карбонатов в породе находится в виде очень мелких зерен размером меньше 0,03 *мм* (в основном около 0,017—0,008 *мм*), причем некоторые зерна так мелки, что их контуры неразличимы. В большинстве образцов среди основной светло-бурой массы цемента видны обособленные выделения (сгустки) тонкозернистого карбоната в виде пятен неправильных форм светлого, почти белого цвета. Такие участки цементируют окружающий их обломочный материал. Размеры этих сгустков в среднем 0,12 *мм*.

Большое количество тонкозернистого карбоната в сгустках особенно характерно для образцов непросадочных разностей. Во всех образцах много вытянутых (преимущественно линзовидных) пустот—макропор. В большинстве образцов вокруг макропор отмечается каемка из сгустков тонкозернистых карбонатов.

В цементе часто, помимо тонкозернистого карбоната, наблюдаются мелкие ромбоэдрические кристаллики карбонатов. Местами отмечаются обычно немногочисленные сферолиты карбоната, иногда достигающие размеров зерен обломочного материала. Карбонаты в иммерсии показали, что они представлены: кальцитом ($Ng \approx 1{,}658$), реже доломитом ($Ng = 1{,}682—1{,}686$) и очень редко анкеритом (Ng от 1,696 до 1,706). Тонкоагрегатные минералы, слагающие сгустковые участки, определяются как кальцит.

В отдельных зернах карбонатов доломит более крупнозернистый по сравнению с кальцитом и часто образует ромбоэдрические кристаллики. По-видимому, доломит представлен в основном отдельными зернами, а кальцит образует цемент совместно с глинистым веществом. Образование карбонатов в основном, вероятно, сингенетично, но несомненен также и процесс перекристаллизации карбонатов в цементе, что подтверждается присутствием ромбоэдрических зерен среди тонкозернистой карбонатной массы в цементе. Для цементирующего вещества характерно также наличие участков бурых глинистых комочков, пропитанных окислами железа.

Гипс распространен неравномерно. Встречаются редкие, сравнительно ограниченные участки, распределенные в толще без видимой закономерности, в которых имеются хорошо сформировавшиеся (с характерными резко выраженными гранями) кристаллики гипса размером от долей до 5—6 *мм*. Однако в большей части породы гипс визуально не обнаруживается.

Состав и количество легкорастворимых солей в природе приводятся по анализам однократных водных вытяжек из характерных образцов, приготовленных при отношении породы к воде 1 : 10 с периодическим взбалтыванием в течение суток [15]. Анализы проводились в лаборатории ВСЕГЕИ, результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химические анализы водных вытяжек, % на воздушно-сухую породу

№ образца	Глубина взятия пробы, *м*	Водные вытяжки						
		сухой остаток	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$ (по разности)
3	6,0	0,124	0,001	0,026	0,100	0,020	0,006	0,016
8	16,0	0,123	0,003	0,031	0,090	0,026	0,006	0,009
20	2,0	0,120	0,001	0,025	0,105	0,022	0,009	0,010
24	10,0	0,222	0,001	0,079	0,131	0,012	0,009	0,057

Продолжение табл. 1

№ образца	Глубина взятия пробы, *м*	Вероятный солевой состав						Сумма легкорастворимых солей
		NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$NaHCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$	$Mg(HCO_3)_2$	
3	6,0	0,001	0,038	—	0,012	0,081	0,036	0,039
8	16,0	0,005	0,024	0,019	—	0,105	0,013	0,048
20	2,0	0,001	0,029	0,007	—	0,089	0,046	0,037
24	10,0	0,001	0,117	—	0,068	0,048	0,054	0,118

Определенный анализами бикарбонат натрия образовался в процессе приготовления водной вытяжки из поглощенного натрия в обменном комплексе, а не в результате наличия в породе Na_2CO_3 или $NaHCO_3$ [12]. Кроме того, $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$ в водной вытяжке возникли под влиянием воздействия на карбонаты растворенного в воде CO_2. Легкорастворимыми солями в породе следует считать NaCl, Na_2SO_4 и $MgSO_4$, а количество легкорастворимых солей в породе определяется по сумме их содержания, т. е. 0,037—0,118%. Как видно из табл. 1, общее содержание солей, и особенно сернокислых, увеличивается к низам лессовой толщи.

Таблица 2

Химические анализы солянокислых вытяжек, % на воздушно-сухую породу

№ образца	5% солянокислой вытяжки						Вероятное содержание средне- и труднорастворимых солей		2% солянокислой вытяжки					
	нерастворимый остаток	R_2O_3	CaO	MgO	SO_3	CO_2	$CaSO_4$	$CaCO_3$	нерастворимый остаток	R_2O_3	CaO	MgO	SO_3	CO_2
3	80,40	6,00	6,03	1,39	0,14	4,10	0,23	9,30	87,91	1,09	5,84	0,52	0,03	4,10
8	89,22	4,15	2,88	0,86	0,08	1,90	0,09	4,30	92,20	0,87	2,74	0,27	0,03	1,91
20	84,66	5,18	4,38	1,18	0,13	3,20	0,22	7,25	88,94	0,92	4,21	0,45	0,03	3,20
24	75,02	6,30	9,07	1,67	0,24	6,20	0,31	14,05	81,19	0,89	8,19	0,64	0,11	6,29

Состав средне- и труднорастворимых солей в породе определялся химическим анализом солянокислых вытяжек, приготовленных при отношении породы к 5% HCl (1 : 10) при получасовом кипячении. Как видно из результатов анализов (табл. 2), количество CO_2, определенное по солянокислым вытяжкам, неэквивалентно количеству Ca, что объясняется частичным переходом Ca и Mg в раствор из силикатного комплекса. Помимо главного компонента $CaCO_3$ в породе присутствует некоторое количество $CaSO_4 2H_2O$. Наличие и образование гипса частично можно объяснить миграцией сернокислых солей Na и Mg, вносимых в грунт инфильтрующимися атмосферными осадками. При этом из поглощающего комплекса лессовых пород вытесняется кальций и образуется гипс [8].

Таблица 3

Вероятный состав воднорастворимых солей в лессовой породе, % на воздушно-сухую породу

№ образца	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$CaCO_3$	Сумма легко- и среднерастворимых солей
3	0,001	0,038	—	0,23	9,30	0,269
8	0,005	0,024	0,019	0,09	4,30	0,138
20	0,001	0,029	0,007	0,22	7,25	0,257
24	0,001	0,117	—	0,31	14,05	0,428

Из данных, приведенных в табл. 3, видно, что тип засоления лессовых пород карбонатный, с небольшим участием сульфатного и слабым — хлоридного засоления. По степени засоления породы [9] следует отнести к слабозасоленным, реже — незасоленным.

Помимо вытяжек с 5% HCl производились вытяжки с 2% HCl на холоде (чтобы в минимальной степени затронуть силикатный остов). Срав-

нение этих анализов показало, что в обеих вытяжках количество CaO и CO_2 почти одинаково; в 2% HCl количество R_2O_3, MgO и SO_3 в 2—7 раз уменьшилось, а нерастворимый остаток увеличился на 3—7,5% (см. табл. 2).

Таким образом, состав воднорастворимых солей в лессовой породе, определенный по анализам вытяжек, может отличаться от действительного. Так, например, по вероятному составу солей в водной вытяжке (см. табл. 1) гипс отсутствует, а в действительности он в породе имеется [13]. Такое несоответствие обусловливает осторожные выводы о составе воднорастворимых солей в породе по анализам вытяжек. По полученным данным такое несоответствие уже возможно при содержании в породе 0,5% легко- и среднерастворимых солей. Однако это возможно и при большем содержании солей.

Определение емкости поглощения по методу П. В. Захарчука [6] и по схеме Т. В. Котеневой [7] дало близкие результаты.

Таблица 4

Поглощенный комплекс лессовых пород и pH водных вытяжек

№ образца	Глубина взятия пробы, *м*	Содержание поглощенных катионов в обменном комплексе							Сумма обменных катионов (по Т. В. Котеневой)	Емкость поглощения (по П. В. Захарчуку)	pH
		мг/экв на 100 *г* породы			%						
		Ca + Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K			
3	6,0	22,157	2,139	0,309	73	16	9	2	22,605	22,70	9,2
8	16,0	16,134	2,373	0,369	72	14	12	2	18,870	19,49	8,68
9	2,8	19,826	1,960	0,432	77	12	9	2	22,218	21,40	8,7
11	10,0	20,133	2,473	0,304	76	12	10	2	22,910	21,94	8,64
20	2,0	18,218	1,556	0,353	77	13	8	2	20,127	20,12	8,8
24	10,0	20,188	3,899	0,475	61	21	16	2	24,562	24,61	9,1

Как видно из табл. 4, пределы колебаний емкости поглощения пород 18,87—24,56 *мг/экв*, в среднем — 22 *мг/экв*. Поглощающий комплекс пород полностью насыщен основаниями, судя по отсутствию обменного водорода, и состоит из катионов Ca, Mg, Na и K. Преобладают катионы Ca (61—77%). Содержание натрия в поглощающем комплексе с глубиной несколько возрастает. Характерно, что увеличения содержания солей Na с глубиной не наблюдается. Несмотря на сравнительно небольшое количество Na в поглощающем комплексе, именно Na в значительной мере определяется относительно высокое значение pH (8,64—9,2) водных вытяжек.

Преобладание в поглощающем комплексе лессовых пород обменных двухвалентных катионов, особенно Ca, и предопределяет в основном их физико-механические свойства, влияет на гидратацию и агрегатное состояние частиц и ослабляет проявление свойств глинистых частиц.

Содержание гумуса в лессовой породе колеблется в пределах от менее 0,1 до 1,0%. Характер строения толщи и присутствие гумуса свидетельствуют об участии почвообразовательных процессов в формировании лессовых пород [2, 11], протекавших в условиях засушливого климата, не благоприятствующего накоплению большого количества гумуса. В перерывах же между периодами образования лессовых пород выступали условия большой увлажненности, при которых образовывались почвы с достаточно выраженными гумусовыми горизонтами.

Почвообразовательные процессы протекали, очевидно, в условиях, характерных для степного типа. При этом вследствие жизнедеятельности растений, микробиологических процессов и изменяющихся режимных

условий концентрации почвенных растворов [3, 4, 5, 14] в породе образуются соли NaCl, Na_2SO_4, $MgSO_4$, $CaSO_4$, $MgCO_3$, $CaCO_3$ (особенно много) и др.

Карбонаты под действием воды и почвенного воздуха растворялись и мигрировали в толще породы, выпадали в осадок, вновь изменяли свою форму и становились более дисперсными. Этому способствовали имеющиеся в лессовых породах органические вещества и соли железа [16].

Присутствие крупных кристаллов доломита среди пелитоморфного кальцита, наблюдаемое в шлифах, характерно для диагенетических доломитов. Попытки выявления возможного процесса доломитизации в лессовых породах путем определения количественных соотношений кальцита и доломита на разных глубинах разреза толщи не дали положительных результатов (табл. 5).

Таблица 5

Соотношение количеств карбонатных минералов лессовых пород по различным методам, % к весу воздушно-сухой породы

№ образца	Химический анализ солянокислых вытяжек		Термовесовой метод		Термообъемный метод	
	кальцит	доломит	кальцит	доломит	кальцит	доломит
3	9,3	—	3	2	6,08	3,42
8	4,3	—	4	—	2,66	1,82
9	7,9	—	6—7	—	5,44	2,28
11	8,2	—	3,5	—	3,80	3,65
20	7,25	—	8—9	—	3,92	3,19
24	14,05	—	5—6	4	9,87	4,10

Как указано выше, химические анализы вытяжек из породы с 5% и 2% HCl не раскрывают количественных соотношений кальцита и доломита. Не дали результатов и фазовый термовесовой анализ В. П. Ивановой [17], а также фазовый термообъемный анализ Л. Г. Берга [1]. Связано это с тем, что большое количество глинистого вещества и присутствие воднорастворимых солей в породе приводит к температурным перекрытиям отдельных реакций и не дает уверенности в достоверности полученных данных при термовесовом и термообъемном анализах.

ВЫВОДЫ

1. В просадочных и непросадочных разностях содержание карбонатов одинаково.

2. Сгустки тонкозернистого карбоната, играющего важную роль в кристаллизационных связях, находятся в большем количестве в непросадочных, чем в просадочных разностях пород.

3. Легкорастворимые соли в породе (NaCl, Na_2SO_4 и $MgSO_4$) отмечаются в количестве 0,039—0,118%. В непросадочных разностях их несколько больше, особенно сернокислых.

4. Определение воднорастворимых солей в лессовых породах по вытяжкам не всегда дает правильные результаты. Часто состав солей, определенный таким способом, значительно отличается от действительного.

5. Величина емкости поглощения лессовых пород колеблется от 18,87 до 24,56 *мг/экв*. В непросадочных разностях содержание Na в поглощающем комплексе увеличивается.

6. Попытка проверить наличие процесса доломитизации карбонатов в породе по изменению содержания кальцита и доломита (химическим, термовесовым и термообъемным анализами) результатов не дала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л. Г. Скоростной количественный фазовый анализ. Изд-во АН СССР, 1952.

2. Берг Л. С. Климат и жизнь. Госгеографиздат, 1947.

3. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд-во АН СССР, 1957.

4. Глинка К. Д. Исследования в области процессов выветривания. Тр. Спб. Об-ва естествоиспытателей, 1906, т. 34, вып. 5.

5. Глинка К. Д. Почвоведение. М., 1927.

6. Захарчук П. В. Новый универсальный метод определения емкости поглощения почв. «Почвоведение», 1953, № 7.

7. Котенева Т. В. Схема рационального химического анализа глинистых пород. Тр. НИИГА, 1956, т. 86.

8. Кульская О. А., Бурксер В. В. и др. Миграция некоторых химических элементов в связи с проблемой орошения южных районов УССР. Изв. АН СССР. Серия геол., 1954, № 2.

9. Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств песчаных и глинистых грунтов. Госгеолиздат, 1952.

10. Мелик-Давтян Л. С. Характеристика минералогического состава делювиальных лессовых пород Северо-Восточного Приазовья. Зап. Всесоюзн. минерал. об-ва 1960, серия 2, ч. 89, вып. 1.

11. Обручев В. А. Лесс как особый вид почвы, его генезис и задачи его изучения. Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода, 1948, № 12.

12. Приклонский В. А. Грунтоведение, ч. 2. Госгеолиздат, 1952.

13. Резников А. А., Муликовская Е. П. Методы анализа природных вод. Госгеолтехиздат, 1954.

14. Роде А. А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. ОГИЗ, 1947.

15. Рождественский Е. Д. Химическое нормирование лессовых и лессовидных грунтов как строительного материала для гидротехнических земляных сооружений. Изв. АН Узб. ССР, 1953, № 2.

16. Справочное руководство по петрографии осадочных пород. Гостоптехиздат, 1958.

17. Цветков А. И. Динамическое взвешивание при нагревании как метод фазового анализа минеральных образований. Тр. IV совещания по экспериментальной минералогии и петрографии АН СССР, 1951, вып. 1.