

УДК 551.464.1

О ТРАНСФОРМАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МОРСКОЙ ВОДЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ТЕРРИГЕННЫМИ АЭРОЗОЛЯМИ

© 2020 г. А. В. Савенко^{1, *}, В. С. Савенко²¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва, Россия²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

* e-mail: Alla_Savenko@rambler.ru

Поступила в редакцию 02.03.2020 г.

После доработки 10.05.2020 г.

Принята к публикации 22.06.2020 г.

Экспериментально изучена трансформация химического состава морской воды при взаимодействии с лессами – аналогом природных терригенных аэрозолей плейстоцена. Показано, что в результате этого процесса происходит изменение концентраций главных ионов (K, Ca, SO₄, HCO₃), биогенных элементов (Si, P) и фтора, тогда как изменение содержания хлоридов, натрия и магния не обнаружено в силу их высоких концентраций в морской воде. С увеличением массовой доли твердой фазы концентрации сульфатов и гидрокарбонатов возрастают, а калия – уменьшаются. Концентрации кальция и фтора либо увеличиваются, либо снижаются в зависимости от содержания подвижных форм этих элементов в образцах. Выделение в морскую воду кремния и фосфора имеет асимптотический предел: 2.5–3.3 мг Si/л и 0.012–0.040 мг P/л. Зависимость изменения концентраций изученных компонентов в морской воде от массовой доли твердой фазы соответствует гиперболической функции, но в области относительно небольших значений массовой доли описывается линейным уравнением, в котором величина углового коэффициента прямо пропорциональна концентрации компонента в водной вытяжке из данного образца лесса. Изменение состава морской воды при взаимодействии с лессами можно предсказывать по составу их водных вытяжек.

Ключевые слова: лессы, терригенные аэрозоли, морская вода, химический состав, трансформация

DOI: 10.31857/S0030157420050226

Терригенный осадочный материал поступает в Мировой океан из двух основных источников: с речным стоком твердых веществ и в форме аэрозолей, переносимых воздушным путем из областей с аридным и семиаридным климатом. Несмотря на то, что в настоящее время поток эолового материала по абсолютной массе примерно на порядок меньше речного стока твердых веществ, в ближайшем геологическом прошлом – в периоды похолодания и усиления оледенения – соотношение флювиального и эолового потоков вещества могло существенно смещаться в пользу последнего [8].

Экспериментально установлено, что при взаимодействии с аэрозолями происходит изменение химического состава морской воды [9–13]. Поскольку состав терригенных аэрозолей в прошлом мог существенно отличаться от наблюдаемого в современный период, трансформация состава контактирующей с ними морской воды также могла быть иной. При этом очень сложно

хотя бы приблизительно оценить предполагаемые различия химической трансформации морской воды. Единственный способ преодоления указанного затруднения состоит, пожалуй, в экспериментальном моделировании эоловой трансформации химического состава морской воды с использованием в качестве аналога природных аэрозолей пород доисторического возраста, которые служили источниками терригенного эолового материала. К таким породам можно отнести лессы – плейстоценовые осадочные породы покровного залегания, занимающие на суше площадь свыше 10 млн км². Вне зависимости от принимаемого генезиса лессов (эолового, криогенного или какого-либо еще) можно считать установленным фактом их генетическую связь с областями прохладного засушливого климата (степи и полупустыни) [3, 4]. Такие климатические условия благоприятствуют ветровой эрозии, максимальное развитие которой отмечается в периоды глобального похолодания при усилении атмосферной циркуляции [8].

Цель настоящей работы состояла в экспериментальном определении количественных характеристик трансформации химического состава морской воды при ее взаимодействии с лессами, рассматриваемыми в качестве аналога природных терригенных аэрозолей плейстоцена.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В экспериментах использовали растертые до однородного состояния образцы лессовидного суглинки, отобранного под Ростовом-на-Дону, и лессов, взятых на Приобском плато, правобережье р. Лугост в пригороде Душанбе, а также около г. Алмалык и пос. Марджонбулак в Узбекистане.

Опыты состояли из двух серий. В первой серии определяли содержание водорастворимых солей по их переходу из образцов в дистиллированную воду при постоянной массовой доле твердой фазы $m = 0.100$ (или 100 г/л). Во второй серии изучали изменение состава 35% морской воды при ее взаимодействии с образцами лессов при разных массовых долях твердой фазы: от 0.0125 до 0.100 (12.5–100 г/л) в соответствии с методом переменных массовых отношений твердая фаза : раствор [7]. Герметично закрытые полипропиленовые емкости с суспензиями в течение 10 мес. перемешивали на шейкере по 6–8 ч в сутки до установления постоянных значений рН, после чего отфильтровывали растворы через мембранный фильтр с размером пор 0.22 мкм. В фильтрате измеряли величину рН и концентрацию фторидов методом прямой потенциометрии [6], а также содержание главных ионов (Na, K, Mg, Ca, Cl, SO₄) методом капиллярного электрофореза [2], щелочности ($\approx \text{HCO}_3$) объемным титрованием и биогенных элементов (Si, P) стандартными колориметрическими методами [5]. Погрешность измерений составила ± 0.005 ед. рН и $\pm 3\%$ для остальных компонентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментов представлены в табл. 1. По направленности изменения концентраций растворенных форм с возрастанием массовой доли (содержания) твердой фазы в суспензии (m , г/л) изученные компоненты разделяются на 4 группы. В первую группу входят компоненты, содержащиеся в морской воде в наибольших количествах: хлориды, натрий и магний, для которых возможные изменения концентраций при контакте с лессами находятся в пределах точности измерений, не показывая зависимости от количества твердой фазы. Вторая группа объединяет компоненты, концентрации которых в морской воде возрастают при увеличении массовой доли взаимодействующих с ней лессов: сульфаты,

гидрокарбонаты, кремний и фосфор, причем поступление кремния и фосфора асимптотически приближается к некоторым постоянным значениям, различным для каждого из образцов (рис. 1). К третьей группе, характеризующейся снижением концентрации в морской воде по мере увеличения массовой доли лессов, принадлежит лишь один элемент – калий (рис. 1). Наконец, четвертую группу составляют элементы, концентрации которых с возрастанием массовой доли твердой фазы для одних образцов лессов увеличиваются, а для других – уменьшаются: кальций и фтор (рис. 1).

В экспериментах по взаимодействию морской воды с лессами общей чертой поведения всех подвергающихся трансформации компонентов служит близкое соответствие зависимостей изменения концентраций их растворенных форм ($\Delta[i]_{\text{sw}}$, мг/л) от содержания твердой фазы (m , г/л) гиперболической функции:

$$\Delta[i]_{\text{sw}} = \frac{A_{i(\text{sw})}m}{1 + B_{i(\text{sw})}m}, \quad (1)$$

где $A_{i(\text{sw})}$ и $B_{i(\text{sw})}$ – параметры, относящиеся к компоненту i , постоянные для каждого образца. В области низких содержаний твердой фазы параметр $A_{i(\text{sw})}$ играет роль углового коэффициента и отражает максимальное удельное изменение состава морской воды, приходящееся на единицу массы лесса:

$$\Delta[i]_{\text{sw}} = A_{i(\text{sw})}m. \quad (2)$$

Уравнение (1) может быть преобразовано к линейному виду

$$1/\Delta[i]_{\text{sw}} = a_i + b_i(1/m), \quad (3)$$

где a_i и b_i – постоянные для каждого образца коэффициенты, причем $a_i = B_{i(\text{sw})}/A_{i(\text{sw})}$, $b_i = 1/A_{i(\text{sw})}$. В табл. 2 приведены величины параметров a_i , b_i и коэффициента корреляции r в уравнении (3) для изученных компонентов, а также рассчитанных на их основе параметров $A_{i(\text{sw})}$ и $B_{i(\text{sw})}$ в уравнении (1). Отметим высокие значения $r \geq 0.94$ ($p < 0.05$), согласующиеся с предположением о соответствии экспериментальных зависимостей $\Delta[i]_{\text{sw}} - m$ гиперболической функции.

Отношение $A_{i(\text{sw})}/B_{i(\text{sw})}$ характеризует предельное (максимально возможное) изменение концентрации компонента i в морской воде при контакте с веществом лессов:

$$\Delta[i]_{\text{sw}}^{\text{max}} = \frac{A_{i(\text{sw})}}{B_{i(\text{sw})}}. \quad (4)$$

За исключением кремния и фосфора, экспериментальные данные охватывают только область зависимости (1), находящуюся вдали от асимпто-

Таблица 1. Концентрации растворенных компонентов ($[i]$, мг/л) и их изменение ($\Delta[i]$, мг/л) при взаимодействии лессов с дистиллированной и морской водой

Образец	m^*	pH	Na		K		Mg		Ca		Cl		SO ₄		HCO ₃		Si		P		F		
			$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$	$\Delta[i]$	$[i]$
Взаимодействие с дистиллированной водой																							
Дистиллированная вода	0	—	0.1	—	0.2	—	0.1	—	0.5	—	0.2	—	0.1	—	1.8	—	0.01	—	0.0013	—	0.04	—	
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	100	7.89	78.3	78.2	0.9	0.7	7.5	7.4	209	208	5.2	5.0	591	591	171	169	21.9	21.9	0.0360	0.0347	1.47	1.43	
Лесс, Приобское плато	100	8.15	110	110	1.0	0.8	46.8	46.7	144	144	78.2	78.0	506	506	183	181	4.07	4.06	0.0281	0.0268	1.15	1.11	
То же, Душанбе	100	8.32	58.7	58.6	2.3	2.1	9.7	9.6	23.1	22.6	9.8	9.6	40.6	40.5	233	231	4.63	4.62	0.0104	0.0091	3.93	3.89	
То же, Алмалык	100	8.11	98.4	98.3	3.1	2.9	10.7	10.6	46.7	46.2	50.3	50.1	181	181	168	166	4.96	4.95	0.0116	0.0103	0.76	0.72	
То же, Марджонбулак	100	8.13	2.7	2.6	3.0	2.8	4.1	4.0	48.6	48.1	1.2	1.0	3.9	3.8	159	157	5.59	5.58	0.0110	0.0097	0.36	0.32	
Взаимодействие с морской водой																							
Морская вода	0	—	10990	—	415	—	1324	—	428	—	19740	—	2770	—	145	—	0.03	—	0.0017	—	1.29	—	
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	12.5	7.76	11020	30	386	-29	1356	32	507	79	19770	30	2834	64	153	8	9.75	9.72	0.0445	0.0428	1.39	0.10	
	25	7.71	10960	-30	362	-53	1358	34	575	147	19690	-50	2895	125	160	15	11.1	11.1	0.0549	0.0532	1.48	0.19	
	50	7.60	11050	60	326	-89	1298	-26	701	273	19730	-10	3014	244	170	25	12.9	12.9	0.0616	0.0599	1.64	0.35	
	100	7.42	10930	-60	283	-132	1300	-24	921	493	19830	90	3198	428	183	38	14.6	14.6	0.0665	0.0648	1.89	0.60	
Лесс, Приобское плато	12.5	7.88	11000	10	397	-18	1314	-10	467	39	19690	-50	2818	48	158	13	1.79	1.76	0.0269	0.0252	1.36	0.07	
	25	7.84	10980	-10	381	-34	1340	16	502	74	19770	30	2876	106	171	26	1.96	1.93	0.0330	0.0313	1.41	0.12	
	50	7.78	10980	-10	349	-66	1338	14	566	138	19730	-10	2968	198	191	46	2.17	2.14	0.0372	0.0355	1.50	0.21	
	100	7.71	11030	40	296	-119	1307	-17	662	234	19790	50	3150	380	220	75	2.55	2.52	0.0378	0.0361	1.65	0.36	
То же, Душанбе	12.5	7.82	11010	20	405	-10	1343	19	415	-13	19710	-30	2792	22	159	14	1.70	1.67	0.0098	0.0081	1.73	0.44	
	25	7.79	11020	30	393	-22	1300	-24	408	-20	19780	40	2806	36	172	27	2.05	2.02	0.0110	0.0093	2.19	0.90	
	50	7.75	10950	-40	376	-39	1340	16	391	-37	19700	-40	2844	74	195	50	2.51	2.48	0.0122	0.0105	3.03	1.74	
	100	7.71	10980	-10	346	-69	1288	-36	369	-59	19770	30	2919	149	232	87	2.93	2.90	0.0134	0.0117	4.53	3.24	
То же, Алмалык	12.5	7.92	11010	20	406	-9	1298	-26	436	8	19750	10	2795	25	153	8	1.80	1.77	0.0101	0.0084	1.27	-0.02	
	25	7.81	10950	-40	395	-20	1327	3	448	20	19760	20	2818	48	160	15	2.17	2.14	0.0113	0.0096	1.24	-0.05	
	50	7.72	10980	-10	379	-36	1311	-13	463	35	19700	-40	2876	106	172	27	2.48	2.45	0.0128	0.0111	1.19	-0.10	
	100	7.62	11010	20	351	-64	1340	16	491	63	19760	20	2968	198	187	42	3.04	3.01	0.0140	0.0123	1.12	-0.17	
То же, Марджонбулак	12.5	7.85	10970	-20	404	-11	1338	14	444	16	19750	10	2770	0	151	6	1.98	1.95	0.0098	0.0081	1.08	-0.21	
	25	7.84	11020	30	393	-22	1325	1	456	28	19700	-40	2778	8	156	11	2.37	2.34	0.0110	0.0093	1.00	-0.29	
	50	7.80	10980	-10	378	-37	1299	-25	483	55	19780	40	2784	14	164	19	2.72	2.69	0.0125	0.0108	0.90	-0.39	
	100	7.64	10990	0	348	-67	1320	-4	519	91	19790	50	2795	25	177	32	3.39	3.36	0.0137	0.0120	0.77	-0.52	

* m — содержание твердой фазы, г/л.

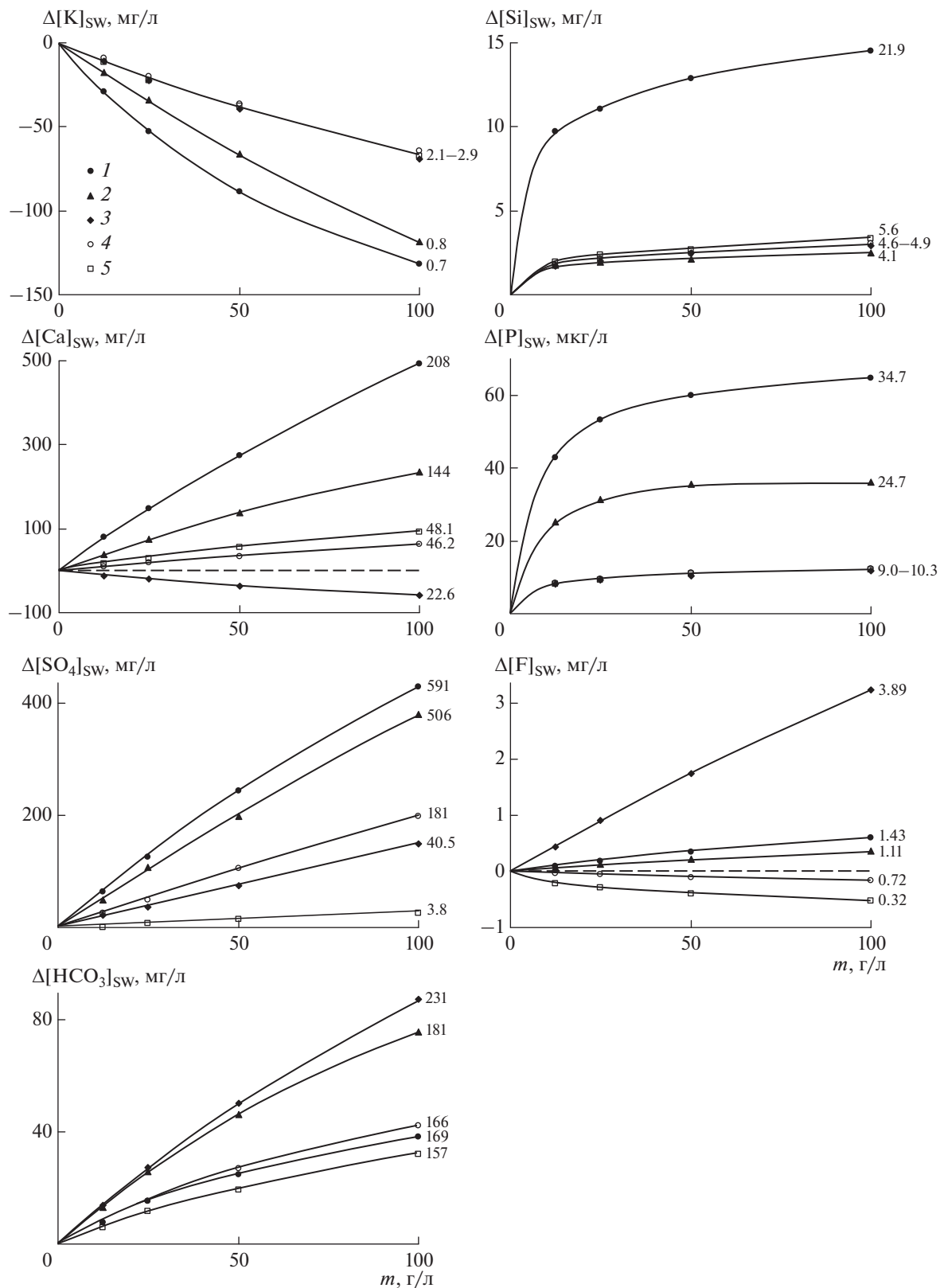


Рис. 1. Зависимости изменения концентраций растворенных компонентов в морской воде $\Delta[i]_{SW}$ от массовой доли (содержания) лессов m : 1 – лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону; 2 – лесс, Приобское плато; 3 – то же, Душанбе; 4 – то же, Алмалык; 5 – то же, Марджонбулак. Числа справа от кривых – концентрации компонентов i в водных вытяжках из соответствующих образцов лессов ($[i]_{H_2O}$, мг/л, для P – мкг/л).

Таблица 2. Численные значения параметров a_i , b_i и коэффициента корреляции r в уравнении (3) и параметров $A_{i(SW)}$ и $B_{i(SW)}$ в уравнении (1)

Образец	a_i	b_i	r^*	$A_{i(SW)}$	$B_{i(SW)}$
К					
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	-0.0036	-0.387	0.999	-2.58	0.0093
Лесс, Приобское плато	-0.0014	-0.694	0.999	-1.44	0.0020
То же, Душанбе	-0.0023	-1.12	0.998	-0.89	0.0021
То же, Алмалык	0.0011	-1.40	0.997	-0.71	-0.00079
То же, Марджонбулак	-0.0052	-1.01	0.999	-0.99	0.0051
Ca					
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	0.00062	0.151	0.999	6.62	0.0041
Лесс, Приобское плато	0.0012	0.306	0.999	3.27	0.0039
То же, Душанбе	-0.011	-0.860	0.990	-1.16	0.013
То же, Алмалык	-0.0018	1.48	0.995	0.68	-0.0012
То же, Марджонбулак	0.0038	0.746	0.999	1.34	0.0051
SO₄					
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	0.00034	0.192	0.999	5.21	0.0018
Лесс, Приобское плато	-0.00022	0.257	0.998	3.89	-0.00086
То же, Душанбе	0.0028	0.546	0.993	1.83	0.0051
То же, Алмалык	-0.00015	0.506	0.999	1.98	-0.00030
То же, Марджонбулак	0.013	2.81	0.999	0.36	0.0046
HCO₃					
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	0.0096	1.50	0.998	0.67	0.0064
Лесс, Приобское плато	0.0038	0.894	0.999	1.12	0.0043
То же, Душанбе	0.0024	0.877	0.999	1.14	0.0027
То же, Алмалык	0.0067	1.54	0.999	0.65	0.0044
То же, Марджонбулак	0.0099	2.04	0.999	0.49	0.0049
Si					
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	0.067	0.468	0.974	2.14	0.14
Лесс, Приобское плато	0.40	2.20	0.936	0.45	0.18
То же, Душанбе	0.33	3.53	0.985	0.28	0.093
То же, Алмалык	0.33	3.09	0.976	0.32	0.11
То же, Марджонбулак	0.30	2.85	0.970	0.35	0.11
P					
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	14.4	112	0.999	0.0089	0.13
Лесс, Приобское плато	25.2	180	0.994	0.0056	0.14
То же, Душанбе	83.2	533	0.985	0.0019	0.16
То же, Алмалык	78.7	535	0.982	0.0019	0.15
То же, Марджонбулак	80.6	570	0.982	0.0018	0.14
F					
Лессовидный суглинок, Ростов-на-Дону	0.33	129	0.999	0.0078	0.0026
Лесс, Приобское плато	1.33	169	0.999	0.0059	0.0079
То же, Душанбе	0.011	28.2	0.999	0.035	0.00039
То же, Алмалык	-1.62	-400	0.999	-0.0025	0.0041
То же, Марджонбулак	-1.68	-37.8	0.991	-0.026	0.044

* Коэффициенты парной корреляции рассчитаны для 5 образцов; значимый коэффициент корреляции составляет 0.878 при $p < 0.05$.

Таблица 3. Численные значения параметров α_i , β_i и коэффициента корреляции r в уравнении (5)

Компонент раствора	α_i	β_i	r^*
K	-2.40	0.573	0.820
Ca	-1.27	0.036	0.973
SO ₄	0.85	0.0068	0.963
HCO ₃	-0.68	0.0083	0.813
Si	-0.14	0.104	0.991
P	-0.0008	0.266	0.989
F	-0.018	0.015	0.923

* Коэффициенты парной корреляции рассчитаны для 5 образцов; значимый коэффициент корреляции составляет 0.805 при $p < 0.1$.

тического предела. В силу этого значения $B_{i(SW)}$ имеют большую неопределенность, которая переносится и на оценочные величины $\Delta[i]_{SW}^{max}$. Если исключить из рассмотрения лессовидный суглинок и ограничиться типичными лессами, предельное изменение концентраций кремния и фосфора составит 2.5–3.3 мг Si/л и 0.012–0.040 мг P/л, что соответствует увеличению их среднего содержания в морской воде [1] примерно в 2 раза и на 20–60%.

Для зависимостей $\Delta[i]_{SW}-m$ на рис. 1 дополнительно приведены численные значения концентраций компонентов i в водных вытяжках из соответствующих образцов лессов ($[i]_{H_2O}$, мг/л), которые показывают наличие связи последних с $A_{i(SW)}$:

$$A_{i(SW)} = \alpha_i + \beta_i [i]_{H_2O}, \quad (5)$$

где α_i и β_i – постоянные для каждого компонента i параметры. Высокие положительные коэффициенты корреляции для всех компонентов, полученные при статистической обработке экспериментальных данных по этому уравнению (табл. 3), позволяют эмпирически по результатам анализа водных вытяжек предсказывать изменение состава морской воды при ее взаимодействии с лессами. Мы полагаем, что зависимость (5) может являться следствием наложения двух процессов: 1) перехода в морскую воду водорастворимых солей лессов и 2) химического взаимодействия твердой фазы лессов с растворенными компонентами. Для более определенных выводов необходимо проведение дополнительных экспериментов с использованием мономинеральных твердых фаз.

ВЫВОДЫ

1. Взаимодействие лессов с морской водой приводит к изменению концентраций компонен-

тов основного солевого состава (калия, кальция, сульфатов, гидрокарбонатов), биогенных элементов (кремния, фосфора) и фтора. Изменение содержания хлоридов, натрия и магния не установлено в силу высоких концентраций этих элементов в морской воде. Концентрации сульфатов, гидрокарбонатов, кремния и фосфора возрастают с увеличением массовой доли твердой фазы, причем выделение в морскую воду кремния и фосфора имеет асимптотический предел: 2.5–3.3 мг Si/л и 0.012–0.040 мг P/л. Содержание калия при увеличении массовой доли твердой фазы для всех образцов лессов снижается, тогда как концентрации кальция и фтора либо увеличиваются, либо снижаются в зависимости от содержания подвижных форм этих элементов в образцах.

2. Зависимость изменения концентраций ионизированных компонентов в морской воде $\Delta[i]_{SW}$ от массовой доли твердой фазы m соответствует гиперболической функции, но в области относительно небольших значений m описывается линейным уравнением $\Delta[i]_{SW} = A_{i(SW)}m$, в котором величина углового коэффициента $A_{i(SW)}$ прямо пропорциональна концентрации компонента i в водной вытяжке из данного образца лесса. По результатам анализа водных вытяжек можно предсказывать изменение состава морской воды, происходящее при ее взаимодействии с лессами.

Источник финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-01133).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов А.П.* Введение в геохимию океана. М.: Наука, 1967. 215 с.
2. *Комарова Н.В., Каменцев Я.С.* Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза “КАПЕЛЬ”. СПб.: Изд-во “Веда”, 2006. 212 с.
3. *Конищев В.Н.* Лессовые породы: новые возможности изучения их генезиса // Инженерная геология. 2015. № 5. С. 22–36.
4. *Кригер Н.И.* Лесс, его свойства и связь с географической средой. М.: Наука, 1965. 296 с.
5. *Лурье Ю.Ю.* Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1971. 375 с.
6. *Савенко В.С.* Введение в ионометрию природных вод. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 77 с.
7. *Савенко В.С., Савенко А.В.* Экспериментальные методы изучения низкотемпературных геохимических процессов. М.: ГЕОС, 2009. 303 с.
8. *Broecker W.S.* Abrupt climate change: Causal constraints provided by the paleoclimate record // Earth Sci. Rev. 2000. V. 51. № 1–4. P. 137–154.
9. *Herut B., Collier R., Krom M.D.* The role of dust in supplying nitrogen and phosphorus to the Southeast Mediterranean // Limnol. Oceanogr. 2002. V. 47. № 3. P. 870–878.

10. *Maring H.B., Duce R.A.* The impact of atmospheric aerosols on trace metal chemistry in open ocean surface seawater, 1. Aluminum // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1987. V. 84. № 4. P. 381–392.
11. *Nenes A., Krom M.D., Mihalopoulos N. et al.* Atmospheric acidification on mineral aerosols: A source of bioavailable phosphorus for the oceans // *Atmos. Chem. Phys.* 2011. V. 11. № 13. P. 6265–6272.
12. *Solmon F., Chuang P.Y., Meskhidze N., Chen Y.* Acidic processing of mineral dust iron by anthropogenic compounds over the north Pacific Ocean // *J. Geophys. Res. Atmos.* 2009. V. 114. № D2. D02305. P. 1–20.
13. *Thuróczy C.-E., Boye M., Losno R.* Dissolution of cobalt and zinc from natural and anthropogenic dusts in seawater // *Biogeosciences.* 2010. V. 7. № 6. P. 1927–1936.

On the Transformation of Chemical Composition of Seawater in the Interaction with Terrigenous Aerosols

A. V. Savenko^{a, #}, V. S. Savenko^b

^a*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Moscow, Russia*

^b*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

[#]*e-mail: Alla_Savenko@rambler.ru*

Transformation of chemical composition of seawater during the interaction with loesses, an analogue of the natural terrigenous aerosols of the Pleistocene, was experimentally studied. It was shown that as a result of this process, change in the concentrations of major ions (K, Ca, SO₄, HCO₃), nutrients (Si, P), and fluorine occurs, while change in the content of chlorides, sodium, and magnesium was not detected due to their high concentrations in seawater. With increase in the mass content of solid phase, concentrations of sulfates and bicarbonates increase, and potassium concentration decreases. Concentrations of calcium and fluorine either increase or decrease depending on the content of mobile forms of these elements in the samples. The input of silicon and phosphorus into seawater has asymptotic limit: 2.5–3.3 mg Si/l and 0.012–0.040 mg P/l. The relationship between change in the concentrations of studied components in seawater and the mass content of solid phase corresponds to hyperbolic function, but at relatively small mass content it is described by linear equation in which the angular coefficient value is directly proportional to concentration of the component in water extract from this sample of loess. Change in the composition of seawater during the interaction with loesses can be predicted by the composition of their water extracts.

Keywords: loess soils, terrigenous aerosols, seawater, chemical composition, transformation