

УДК 551

СИСТЕМАТИКА ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ПРОДУКТАХ ИЗВЕРЖЕНИЙ РЯДА ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ОБЛАСТИ (ПО ДАННЫМ ICP-MS)

© 2011 г. Ю. Н. Федоров*, А. В. Маслов**, Ю. Л. Ронкин**

*ООО "КогалымНИПИнефть"

625000, Тюмень, ул. Республики, 41

**Институт геологии и геохимии УрО РАН

620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7

E-mail: maslov@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 29.11.2010 г.

Рассмотрены особенности распределения широкого спектра элементов-примесей в ряде представительных проб сопочного ила и сопочной воды грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорского Керченско-Таманской области. Показано, что значительное число элементов-примесей в составе сопочного ила имеют относительно небольшие кларки концентрации (например, содержания Li в сопочном иле варьируют от 0.4 до $1.5 \times \text{UCC}$). Сопочная вода по сравнению с верхней континентальной корой (UCC) характеризуется также достаточно низкими содержаниями большинства элементов-примесей; только для Mo и Hg кларки концентрации составляют, соответственно, ~ 4.0 и ~ 2.0 . Величина La_N/Yb_N в исследованных пробах сопочного ила и воды варьирует от ~ 6.0 до 9.5, деплетирование ТРЗЭ не наблюдается ($\text{Gd}_N/\text{Yb}_N = 1.60\text{--}1.96$). Для сопочного ила характерна отрицательная Eu аномалия (0.70–0.83), для сопочной воды она либо не выражена, либо имеет положительное значение (3.63). Цериевая аномалия отсутствует. Полученные материалы могут сыграть важную роль в расшифровке генезиса нафтидов.

Ключевые слова: *грязевые вулканы, Керченско-Таманская область, сопочный ил, сопочная вода, геохимия.*

Грязевые вулканы Керченско-Таманской области и Азербайджана представляют уникальный геологический феномен, изучением которого в разные годы занимались Г.В. Абих, А.Д. Архангельский, З.А. Буниат-Заде, Б.М. Валяев, И.Ф. Глазовский, Д.Г. Голубятников, В.А. Горин, Б.В. Григорьянц, И.М. Губкин, А.Г. Дурмишьян, М.К. Калинин, И.Л. Каменский, С.А. Ковалевский, В.Ю. Лаврушин, И.В. Мушкетов, Р.Р. Рахманов, Н.Ю. Успенская, С.Ф. Федоров, В.Е. Хаин, Н.Ю. Халилов, В.Н. Холодов, Н.С. Шатский, Е.Ф. Шнюков, А.А. Якубов и многие другие. Последние по времени обзоры особенностей взаимоотношений грязевых вулканов с различными тектоническими элементами осадочной оболочки (разломы, дипириновые антиклиналы и т.п.) и газонефтяными месторождениями можно найти в публикациях Е.В. Шнюкова с соавторами [8, 9 и др.] и В.Н. Холодова [7 и др.]. Из приведенных в них данных следует, что в большинстве районов развития грязевых вулканов в пределах Керченско-Таманской области их корни локализованы на глубинах 8–10 км [8], в мощных глинистых толщах майкопского и коунского возраста, а очагами, питающими грязевые вулканы, являются зоны интенсивного проявления элизионных процессов. Трансформация в указанных зонах под действием высоких температур и

давлений смектита в иллит, термолиз и термокатализ рассеянного органического вещества и гидролиз рассеянных карбонатов ведут к появлению газоводных растворов, разжижающих глины и песчаные пласты и способствующих появлению своеобразных волноводов, характеризующихся исключительно высокими пластовыми давлениями. В волноводах, согласно представлениям В.Н. Холодова, происходит гомогенизация нефти, газа и воды. Миграция образующихся при подобных процессах глиняных и песчаных плывунов в зоны меньших давлений приводит к формированию таких специфических особенностей осадочных разрезов как горизонты с включениями, кластические дайки, гидроразрывы песчаных пластов, их апофизы и т.п. Вскрытие же плывунов разломами ведет к образованию различных морфогенетических типов грязевых вулканов [7].

Всего в пределах Керченско-Таманской грязевулканической области известно более 40 грязевых вулканов, из которых около 10 – действующие [8]. Каждый из них в своем развитии многократно проходит взрывную и грифонно-сальзовую стадии [5, 9]. С первой стадией связан выброс больших объемов грязевулканических брекчий и обломков пород. Объем твердой массы, выбрасываемой одним грязевым вулканом на взрывной ста-

дии может достигать 3–5 млн. м³. Общее же количество сопочных отложений, образованных грязевыми вулканами Керченско-Таманской области за период от палеогена до настоящего времени составляет, по оценке Е.Ф. Шнюкова с соавторами [8], ~40 млрд. м³. Грязевулканические брекчии, по представлениям В.Н. Холодова, можно рассматривать как своеобразную “среднюю пробу” всего стратиграфического разреза, вскрываемого каналом того или иного грязевого вулкана. На грифонно-сальзовой стадии преобладает выделение воды (иногда с пленкой нефти), ила и различных газов. Считается, что сальзово-грифонные воды грязевых вулканов по своему составу похожи на пластовые воды нефтяных и газовых месторождений. В то же время известно, что в одном и том же кратерном поле даже рядом расположенные сальзы могут выносить на поверхность воды разного класса и типа [10]. Ряд исследователей склоняется к мысли, что указанная пестрота состава и минерализации вод на сальзово-грифонной стадии обусловлена дренированием разных водоносных горизонтов [10], другие же полагают, что в грязевом вулкане смешиваются воды разных гидрохимических зон [7].

В известной нам геологической литературе до настоящего времени отсутствуют данные о содержаниях и особенностях распределения в продук-

Таблица 1. Состав и особенности распределения элементов-примесей в сопочных брекчиях по данным спектрального анализа [9]

Элемент	Среднее содержание, г/т	Коэффициент вариации, %	Средний кларк концентрации
Mn	384.25	109	0.57
Ti	1041.50	55	0.23
Cr	23.02	74	0.23
V	44.41	58	0.34
Ni	24.69	66	0.26
Co	9.27	57	0.46
Cu	30.03	49	0.53
Pb	12.55	97	0.63
Sb	1.52	69	0.76
Zr	36.21	62	0.18
Be	1.93	61	0.64
Nb	1.54	55	0.08
Sc	3.19	56	0.32
Mo	4.49	73	2.25
Sn	1.07	110	0.11
Ba	58.70	57	0.07
Y	18.44	75	0.61
Yb	1.51	51	0.51
Ga	10.69	106	0.36
B	445.45	108	4.45
Sr	371.60	71	0.88

тах грязевого вулканизма широкого спектра малых элементов, в том числе редкоземельных (РЗЭ), способных дать существенную информацию о генезисе различных флюидов и в том числе нафтидов. Указывается лишь, на основании данных спектрального анализа, что сопочные отложения постоянно заражены **В** и **Мо** (табл. 1), концентрации которых не зависят от геохимической специализации пород фундамента грязевых вулканов [9]. Отмечается также наличие в продуктах деятельности грязевых вулканов повышенных концентраций **B, Hg, As и Li**, что рассматривается рядом авторов как свидетельство значительной глубины корневой системы вулканов и возможной связи их с гидротермальными системами и магматическими очагами [2, 3, 9].

Для восполнения в той или иной мере указанного пробела одним из авторов настоящей работы в 2008 г. было отобрано 5 представительных проб сопочного ила и воды грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорского. Анализ содержаний в них широкого спектра малых элементов выполнен в ИГГ УрО РАН с использованием тандемного масс-спектрометра высокого разрешения ELEMENT2 методом ICP-MS под руководством Ю.Л. Ронкина. Пределы обнаружения редких, редкоземельных и высокозарядных элементов составили от 0.005 до 0.1 г/т, а точность анализа – в среднем 2–7 отн. %. Следует подчеркнуть, что указанные пробы были отобраны случайным образом и приводимые далее результаты ни в коей мере не следует рассматривать как результаты, которые можно было бы получить при крупномасштабном опробовании продуктов грязевого вулканизма по определенной системе. Не затрагиваем мы в настоящей статье и вопросы геологического строения грязевых вулканов, так как по этой проблеме существует значительное количество специальных публикаций [5, 7–11].

Самым крупным вулканом Таманского полуострова является грязевой вулкан Шуго [8]. Кратер его расположен на вершине конусообразной горы, имеющей диаметр до 2-х км и находящейся в 5 км к юго-востоку от станции Варениковской. Вулкан приурочен к своду одноименной антиклинальной складки. Диаметр кратера составляет 400–450 м. Чаша кратера выполнена сопочной брекчией, имеющей во многих местах вид глинистой почвы, разбитой крупными полигональными и мелкими, напоминающими паутину, трещинами. На высохшей поверхности сопочной брекчии, толщина которой может достигать 50–60 см, присутствуют грифоны и мелкие кратеры, из жерл которых вытекает солоноватая, довольно густая, темно-серая с голубоватым оттенком жидкость, содержащая в значительном количестве бром, йод, поваренную и глауберову соль [4]. Мелкие грифоны, дающие потоки жидкой грязи, часто приурочены к небольшим радиальным трещинам. Крупные грифоны, активно выде-

ляющие воду, газы и грязь, также размещены группами и тяготеют к периферии чаши кратера. При высыхании грязь образует своеобразные отслаивающиеся корки. Периодически вулкан Шуго извергает жидкую грязь и различные газы, главным образом метан. Для анализа из одного из боковых грифонов вулкана Шуго отобраны пробы сопочного ила (*vlk-3*) и воды с обильной пленкой нефти на поверхности (*vlk-2*).

В 10 км к западу от станции Голубицкой в окрестностях пос. “За Родину” в 50–80 м от берега Азовского моря расположен грязевой вулкан Тиздар. Чаша кратера занята небольшим озером (оз. Синяя Балка), имеющим размер $\sim 100 \times 150$ м и глубину не более 1 м. Центральная часть кратера диаметром примерно 15–20 м выполнена разжиженной сопочной брекчией голубовато-серого цвета [8]. Для исследований отобраны представительные пробы сопочного ила (*vlk-4*) и сопочной воды (*vlk-5*) данного вулкана.

Грязевой вулкан Семигорский находится у автодороги Анапа–Новороссийск близ станции Натухаевская рядом с одноименным источником минеральной воды, и представляет сопку высотой около 10 м. Из небольших грифонов на склонах сопки периодически выбрасывается смесь воды с грязью, метаном, азотом и углекислым газом [8]. Из главного грифона данного вулкана для анализа отобрана проба сопочного ила (*vlk-1*).

Данные о содержаниях элементов-примесей в сопочном иле и воде грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорский и значениях ряда их индикатор-

ных отношений приведены в табл. 2. Рассмотрим их подробнее.

При нормировании на средний постархейский австралийский глинистый сланец (PAAS) [6] (рис. 1а) хорошо видно, что содержания подавляющего числа элементов-примесей в сопочном иле **вулкана Шуго** присутствуют в концентрациях всего в 1.2–2.3 раза более высоких, чем в PAAS; исключение составляют Li и Sr – содержание первого составляет $0.42 \times \text{PAAS}$, второго – $3.6 \times \text{PAAS}$. В пробе *vlk-2* большинство элементов-примесей присутствует в концентрациях $0.02\text{--}0.35 \times \text{PAAS}$ (рис. 1б). Содержание Ba составляет $\sim 0.8 \times \text{PAAS}$, а содержания Li, Mo и, особенно, Sr в 2–9 раз выше, чем в PAAS.

Сопоставление содержаний малых элементов в пробе *vlk-3* с содержанием их в верхней континентальной коре (UCC) [12] показывает, что для подавляющей части элементов-примесей характерны несколько повышенные относительно UCC концентрации ($\sim 1.3\text{--}4.1 \times \text{UCC}$) (рис. 2а), и только для As и Cs значения $C_{\text{образец}}/C_{\text{UCC}}$ составляют, соответственно, 0.36 и 0.28, а кларк концентрации (K_k) для Ti достигает 20.

В сопочной воде вулкана Шуго значения кларков концентрации для Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Zn, Ge, Rb, Y, Sn и ряда других элементов составляют всего 0.06–0.16 (рис. 2б); для As, Sb, Ba, Eu и U величина отношения $C_{\text{образец}}/C_{\text{UCC}}$ несколько выше и варьирует от 0.10 до 0.85. Кларк концентрации Cd составляет 1.4–1.6, для Mo значение K_k несколько выше (3.7–4.0). Li, Cu, Sr и I характеризуются значительной

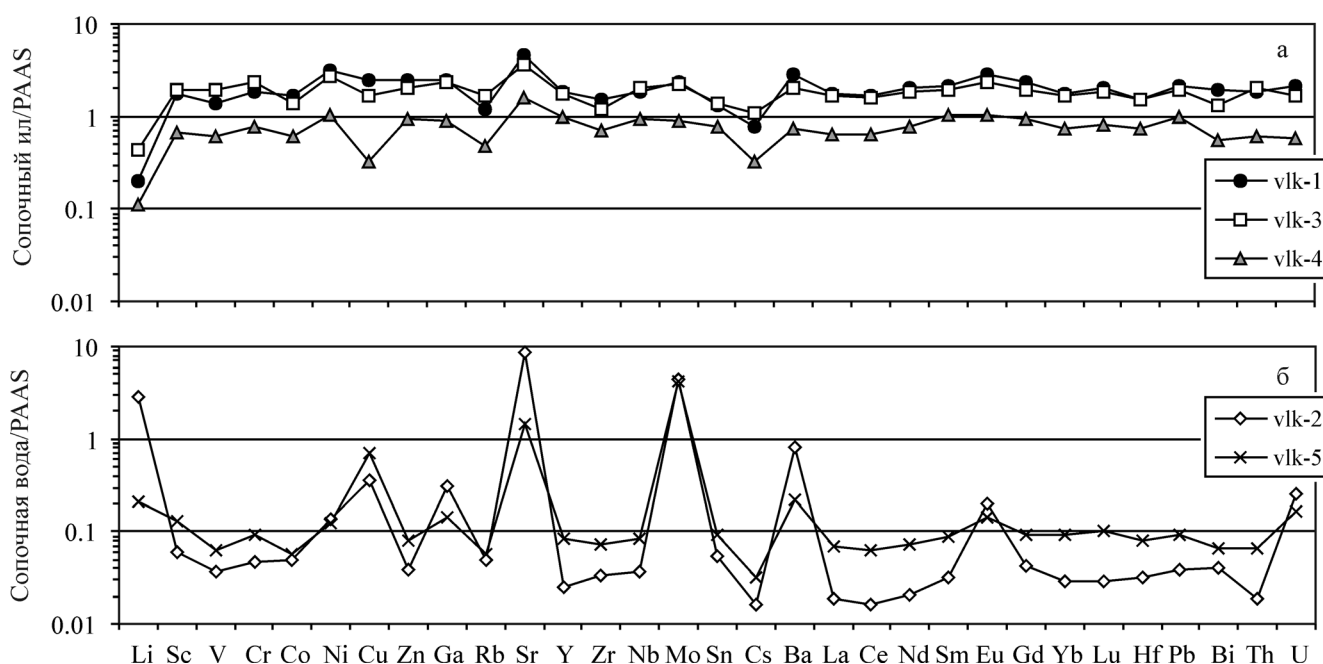


Рис. 1. Содержания элементов-примесей в сопочном иле (а) и сопочной воде (б) грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорский, нормированные на их содержания в PAAS.

Таблица 2. Содержание элементов-примесей (г/т) в сопочном иле и сопочной воде грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорский

Элемент	vlk-1	vlk-2	vlk-3	vlk-4	vlk-5	Элемент	vlk-1	vlk-2	vlk-3	vlk-4	vlk-5
Li	14.85	212.14	31.7	8.41	15.66	Te	0.27	0.25	0.23	0.15	0.22
Be	3.28	0.30	3.66	1.84	0.28	I	0.61	1.46	0.39	1.51	6.15
Na	19388.09	2744.73	34683.08	23012.6	3184.76	Cs	11.59	0.24	16.17	4.83	0.49
Mg	19263.06	12502.62	17808.69	12512.15	5915.03	Ba	1846.67	527.99	1346.04	479.62	141.75
Al	21605.66	2201.63	14718.35	64248.66	6490.05	La	67.69	0.72	62.2	24.46	2.63
P	1401.91	65.50	888.21	686.8	452.16	Ce	133.00	1.28	127.99	50.48	5.13
K	34320.01	13547.5	34895.12	20275.05	6085.41	Pr	16.89	0.16	15.28	6.07	0.60
Ca	99991.71	2680.82	61076.26	35030.13	3814.97	Nd	64.73	0.65	60.38	25.20	2.34
Sc	28.02	0.96	30.28	10.64	2.11	Sm	12.07	0.18	11.01	5.67	0.49
Ti	9233.01	80.62	9298.97	3649.86	275.85	Eu	3.08	0.22	2.57	1.15	0.16
V	207.13	5.52	286.82	91.20	9.37	Gd	10.77	0.20	9.17	4.43	0.43
Cr	202.08	5.20	257.93	83.15	10.18	Tb	1.56	0.03	1.33	0.63	0.06
Mn	2161.03	7.21	1073.49	698.00	44.73	Dy	8.53	0.18	7.56	3.8	0.37
Fe	85978.54	661.66	86754.54	36683.80	2862.46	Ho	1.81	0.04	1.6	0.74	0.08
Co	38.97	1.14	31.92	13.96	1.32	Er	4.79	0.09	4.45	2.00	0.23
Ni	175.16	7.62	151.35	58.16	6.67	Tm	0.72	0.01	0.67	0.3	0.04
Cu	122.23	17.68	83.65	16.59	35.3	Yb	4.82	0.08	4.64	2.09	0.25
Zn	210.37	3.31	168.63	78.82	6.78	Lu	0.89	0.01	0.81	0.36	0.04
Ga	48.11	6.25	47.97	17.69	2.85	Hf	7.76	0.16	7.62	3.63	0.40
Ge	4.84	0.11	4.96	1.84	0.25	Ta	2.43	0.14	2.73	1.18	0.13
As	1.72	0.47	1.75	1.08	2.53	Re	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
Rb	195.63	7.96	270.6	74.49	9.04	Hg	0.17	0.11	0.15	0.11	0.10
Sr	928.89	1746.78	719.51	314.42	286.95	Tl	1.22	0.03	19.94	0.41	0.05
Y	50.39	0.67	48.31	26.71	2.30	Pb	41.93	0.77	38.45	19.8	1.85
Zr	314.51	6.86	256.8	150.74	14.89	Bi	0.49	0.01	0.33	0.14	0.02
Nb	35.64	0.69	37.93	18.25	1.56	Th	26.73	0.27	29.1	8.75	0.95
Mo	2.38	4.35	2.2	0.88	4.09	U	6.47	0.80	5.24	1.79	0.50
Ag	0.08	0.01	0.07	0.02	0.01	Сумма РЗЭ	331.4	3.9	309.7	127.4	12.8
Cd	0.39	0.14	0.37	0.21	0.12	La _N /Yb _N	9.48	5.96	9.05	7.92	7.00
In	0.11	0.01	0.11	0.06	0.01	Gd _N /Yb _N	1.81	1.96	1.60	1.72	1.38
Sn	5.26	0.22	5.48	3.04	0.36	Eu/Eu*	0.83	3.63	0.78	0.70	1.05
Sb	0.51	0.26	0.52	0.4	0.12	Ce/Ce*	0.92	0.90	0.97	0.97	0.96

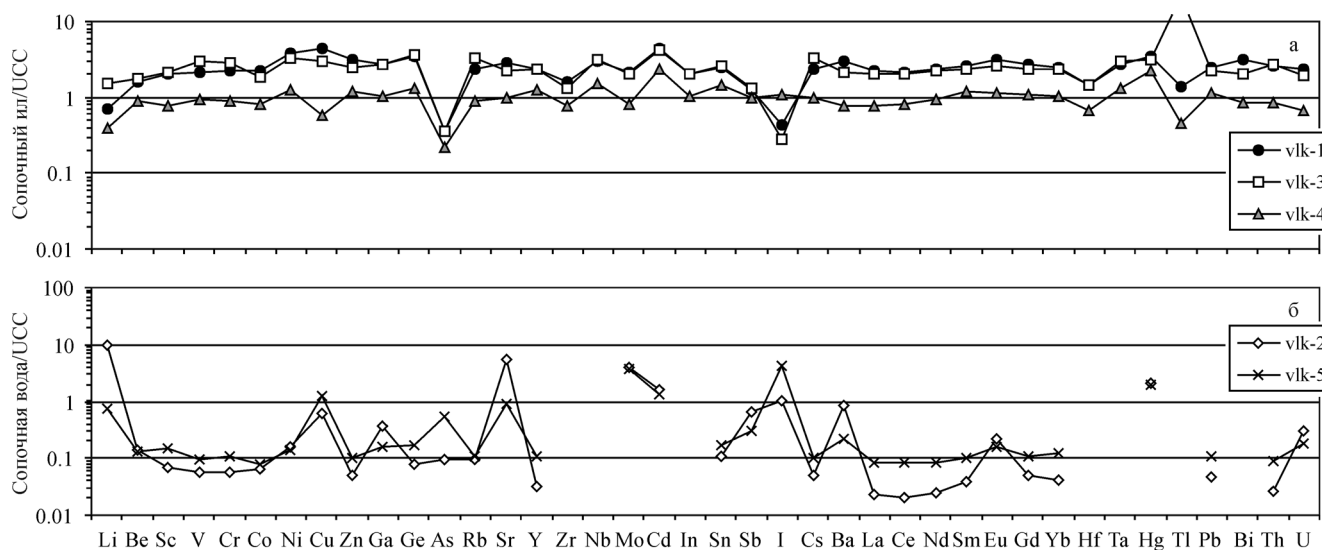


Рис. 2. Содержания элементов-примесей в сопочном иле (а) и сопочной воде (б) грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорский, нормированные на их содержания в верхней континентальной коре.

неравномерностью распределения. Так, для Li максимальное значение кларка концентрации составляет более 10 (проба *vлк-2*), а минимальное – 0.75 (*vлк-5*). Кларк концентрации Hg равен ~2.0.

Сумма РЗЭ в сопочном иле грязевого вулкана Шуго несколько превышает 300 г/т (в PAAS – 183, в NASC (средний северо-американский глинистый сланец) – 173.2 г/т [6]). Этот же параметр в сопочной воде с пленкой нефти равен 3.9 г/т, тогда как в обычной речной воде ΣРЗЭ составляет ~0.0002 г/т¹ [6], а по данным А.В. Дубинина [1] варьирует от 0.000013 до ~0.005 г/т.

Величина La_N/Yb_N в пробе *vлк-3* (9.05) сопоставима с той, что присуща PAAS (9.2) [6]. Деpletion тяжелых РЗЭ для данной пробы не характерно ($Gd_N/Yb_N = 1.60$) (рис. 3). Европиевая аномалия отрицательная (0.78), а цериевая аномалия отсутствует ($Ce/Ce^* = 0.97$).

В сопочной воде этого же грязевого вулкана (проба *vлк-2*) значение La_N/Yb_N (5.96) заметно ниже, чем в сопочном иле, деpletion TPЗЭ не наблюдается ($Gd_N/Yb_N = 1.96$), отрицательная Ce аномалия практически не выражена, а Eu аномалия положительная ($Eu/Eu^* = 3.63$).

По сравнению с PAAS сопочный ил грязевого вулкана Тиздар (проба *vлк-4*) заметно обеднен Li, Cu, Rb и Cs, и несколько обеднен Sc, V, Cr, Co, Zr, Sn, Ba, La, Ce, Bi, Th и U (см. рис. 1а). Содержания Ni, Zn, Ga, Nb, Mo, Sm, Eu, Gd и Pb в нем сопоставимы с PAAS, а Sr несколько выше ($1.57 \times PAAS$).

В отличие от сопочного ила вулкана Шуго, сопочный ил вулкана Тиздар по содержаниям элементов-примесей в значительной мере сопоставим с UCC

(см. рис. 2, а). Отличием же пробы *vлк-4* являются в той или иной мере меньшие, чем в UCC, содержания Li, Cu, As², Hf, Tl и U, и, напротив, повышенные концентрации Y, Nb, Cd, Sn и Hg.

В пробе сопочной воды (*vлк-5*) этого грязевого вулкана содержания большинства элементов-примесей составляют от 0.03 до $0.22 \times PAAS$ (рис. 1б). В сопоставимых с PAAS концентрациях в данной пробе присутствуют только Cu (0.71) и Sr (1.43), а содержание Mo более чем в 4 раза выше, чем в среднем постархейском австралийском глинистом сланце. Нормированное на UCC распределение элементов-примесей в пробе *vлк-5* мало чем отличается от распределения их в пробе *vлк-2*.

Величина Eu/Eu^* в сопочной воде вулкана Тиздар равна 1.05. Деpletion TPЗЭ не наблюдается. Отношение La_N/Yb_N составляет 7.0.

Сопочный ил грязевого вулкана Семигорский (проба *vлк-1*) по содержанию элементов-примесей в значительной мере похож на сопочный ил вулкана Шуго. Это хорошо видно как при сравнении абсолютных концентраций малых элементов, так и при нормировании имеющихся в нашем распоряжении данных на PAAS и UCC (рис. 1а, 2а). Как следует из рис. 3, практически не отличимыми являются и нормированные на хондрит [6] спектры распределения РЗЭ в пробах *vлк-1* и *vлк-3*.

Так же, как и для сопочного ила грязевого вулкана Шуго, для сопочного ила вулкана Семигорский характерно достаточно выраженное фракционирование РЗЭ ($La_N/Yb_N = 9.48$), отсутствие деpletion TPЗЭ ($Gd_N/Yb_N = 1.81$), относительно небольшая отрицательная европиевая аномалия ($Eu/Eu^* = 0.83$).

¹ Сумма РЗЭ во взвешенном материале рек, по данным [1], варьирует от ~12 до 290 г/т.

² Для As характерно наименьшее из всех перечисленных здесь элементов содержание ($\sim 0.22 \times PAAS$).

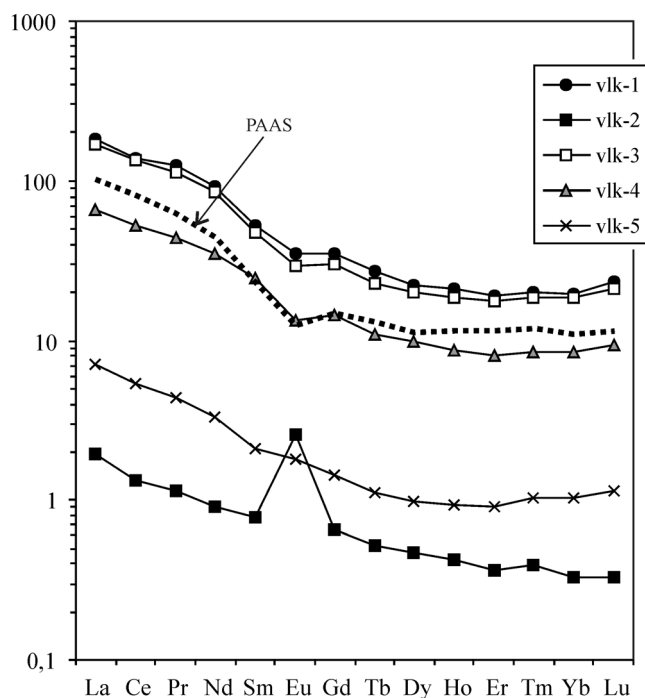


Рис. 3. Нормированные на хондрит содержания РЗЭ в сопочном иле и сопочной воде грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорский.

Проанализированные нами пробы сопочного ила и сопочной воды грязевых вулканов Керченско-Таманской области не имеют отрицательной цериевой аномалии, и, таким образом, можно предполагать, что входящая в их состав вода не является захороненной седиментогенной.

Анализ приведенных выше данных позволяет сделать следующие выводы.

Значительное число элементов-примесей в составе сопочного ила имеют относительно небольшие кларки концентрации (от 1.5 до $3.0 \times \text{UCC}$). Только для Ni, Ge, Cd и Hg в двух из трех проанализированных проб величина K_k превышает 3.0. Содержания Li в сопочном иле варьируют в пределах $0.4\text{--}1.5 \times \text{UCC}$.

Сопочная вода по сравнению с UCC характеризуется достаточно низкими (на уровне $\sim 0.1 \times \text{UCC}$) содержаниями большинства элементов-примесей. Распределение Li, Sr и I в ней весьма неравномерно. Кларк концентрации Mo в обоих проанализированных нами пробах составляет около 4, для Hg он примерно равен 2.0, а для Cd – 1.4–1.6. Эти результаты находятся в хорошем соответствии с ранее полученными [2, 9].

Величина La_N/Yb_N в исследованных нами пробах варьирует в относительно небольших преде-

лах (от ~ 6.0 до 9.5). Деплетирование ТРЗЭ не наблюдается ($\text{Gd}_N/\text{Yb}_N = 1.60\text{--}1.96$). Для сопочного ила характерна отрицательная Eu аномалия (0.70–0.83), для сопочной воды она либо не наблюдается ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.05$), либо имеет положительное значение (3.63). Цериевая аномалия отсутствует ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0.90\text{--}0.97$).

Приведенные выше данные – это, естественно, только первый шаг в исследовании особенностей распределения элементов-примесей в продуктах грязевого вулканизма. Можно предполагать, что с учетом представлений о схожести состава соляно-грифонных вод грязевых вулканов с составом пластовых вод нефтяных и газовых месторождений, полученные при этом материалы сыграют важную роль в расшифровке генезиса нафтидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. М.: Наука, 2006. 360 с.
2. Карасик М.А., Морозов В.И. Особенности распространения ртути в продуктах грязевого вулканизма Керченско-Таманской провинции // Геохимия. 1966. № 6. С. 668–677.
3. Морозов В.И. Ртуть в кайнозойских отложениях Керченского полуострова // Докл. АН СССР. 1965. Т. 163, № 1. С. 209–211.
4. Никитин П.Н. Грязевый вулкан Шуго // Природа. 1955. № 10. С. 109–110.
5. Рахманов Р.Р. Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании газонефтеносности недр. М.: Недра, 1987. 174 с.
6. Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
7. Холодов В.Н. Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис. Сообщение 1. Грязевулканические провинции и морфология грязевых вулканов // Литология и полез. ископаемые. 2002. № 3. С. 227–241.
8. Шнюков Е.В., Гнатенко П.И., Нестеровский В.А. и др. Грязевой вулканизм Керченско-Таманского региона. Киев: Наукова думка, 1992. 200 с.
9. Шнюков Е.В., Соболевский Ю.В., Гнатенко П.И. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области (атлас). Киев: Наукова думка, 1986. 149 с.
10. Якубов А.А., Али-Заде А.А., Григорьянц Б.В. и др. Объяснительная записка к карте грязевых вулканов нефтегазоносных областей Азербайджанской ССР масштаба 1 : 500 000. Баку: Изд-во МГ СССР, АН АзССР, 1978. 38 с.
11. Якубов А.А., Григорьянц Б.В., Алиев А.А. и др. Грязевой вулканизм Советского Союза и его связь с нефтегазоносностью. Баку: ЭЛМ, 1980. 162 с.
12. Rudnik R.L., Gao S. Composition of the Continental Crust // Treatise on Geochemistry. 2003. V. 3. P. 1–64.

Рецензент В.Н. Холодов

Trace element systematics in mud volcano deposits of Kerch-Taman region on the base of ICP-MS data

Yu. N. Fedorov*, A. V. Maslov**, Yu. L. Ronkin**

**KogalymNIPIneft Ltd.*

***Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

It is discussed on the base of ICP-MS data the geochemical composition of Kerch-Taman region mud volcano deposits. It is established that many trace elements in the mud volcano deposits have relatively small contents in comparison with UCC (for example Li content is vary from 0.4 till $1.5 \times$ UCC; only Mo and Hg have concentrations ~ 4.0 and $2.0 \times$ UCC). The value of La_N/Yb_N in mud volcano deposits is varied from ~ 6.0 till 9.5. Depletion of HREE is absent ($Gd_N/Yb_N = 1.60-1.96$). The negative Eu anomaly (0.70–0.83) is typical for muds, whereas $Eu/Eu^* \sim 1.0$ or positive (3.63, mud volcano Shugo) is characterictic for water. Ce anomaly is absent. Thus, our investigation indicates that water of the mud volcanos (Kerch-Taman region) contain possibly both crust and subcrust components. It is significant for decoding the processes of the oil and gas formation, because there is a conception that the water of mud volcano is similar with stratal waters of oil-gas fields.

Key words: *mud volcano deposits, Kerch-Taman region, geochemistry.*