УДК 556.638:551.465(261-17)

С.М.СУДАРИКОВ, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, sergei_sudarikov@mail.ru*
Н.Н.МИХАЛЬЧУК, *магистрант, krolm@bk.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

S.M.SUDARIKOV, *Dr. in geol. & min. sc., professor, sergei_sudarikov@mail.ru*
N.N.MIHALCHUK, *under-graduate student, krolm@bk.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СУБМАРИННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ В РАЙОНЕ 12°58' С.Ш. СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА

Рассматривается вопрос генезиса гидротермальных растворов исследуемого района. Дана краткая характеристика основных параметров, определяющих рудоносность данного вида гидротерм, выделяются группы элементов, связанные со смешением гидротермальных растворов с морской водой и поступающие непосредственно из магматического очага и контактирующих пород.

***Ключевые слова*:** субмаринные гидротермальные растворы, Срединно-Атлантический хребет, формирование химического состава.

CHEMICAL COMPOSITION OF SUBMARINE HYDROTHERMAL SOLUTIONS AT 12°58' N.L. OF MID-ATLANTIC RIDGE

A genesis of hydrothermal solutions of the explored area is observed. A short characteristic of main settings determining the ore-forming features of hydrothermal solutions is given. The groups of elements connected with the hydrothermal solutions-seawater mixing are marked out as well as those coming directly from the magmatic chamber and contacting rocks.

***Key words*:** submarine hydrothermal solutions, Mid-Atlantic ridge, forming chemical composition.

В соответствии с проведенными ранее исследованиями [1, 2] гидротермы Мирового океана могут быть разделены на два типа:

1) сульфатно-гидрокарбонатные магниево-натриевые, встречающиеся вблизи вулканов островных дуг и возникающие в результате вулканических эксгаляций;

2) хлоридные натриевые, формирующие сульфидное оруденение в срединно-океанических рифтовых хребтах и задуговых областях океанических окраин.

Рудное поле Ашадзе расположено в районе 12°58' с.ш. Срединно-Атлантического хребта и относится ко второму типу гидротермальных растворов. Рудопроявление смещено к западу от осевой зоны Срединно-Атлантического хребта.

Субмаринные растворы имеют химический состав, схожий с составом вод Мирового океана, что соответствует общепринятой модели рециклинга [1-3]. Отличительными чертами гидротерм являются практически полное отсутствие ионов Mg и S. Данное представление базируется на экспериментальных исследованиях взаимодействия горных пород с морской водой при высоком давлении и температуре. Они согласуются с результатами опробования, проведенными непосредственно на гидротермальных полях Мирового океана, в частности, рудном поле Ашадзе. К другим особенностям гидротермальных растворов следует отнести повышенные концентрации щелочных, щелочно-земельных и тяжелых метал-

Таблица 1

Коэффициенты парной корреляции компонентов гидротермальных растворов

Элемент	Mg	Li	Na	Ca	K	S	Fe	Cu	Zn	Pb	Rb	Cs	U
Mg	1,00	–0,97	–0,93	–0,90	–0,77	0,99	–0,93	–0,64	–0,66	–0,88	–0,92	–0,93	1,00
Li	–0,97	1,00	0,99	0,93	0,88	–0,92	0,98	0,49	0,51	0,93	0,83	0,94	–0,95
Na	–0,93	0,99	1,00	0,93	0,92	–0,87	0,97	0,39	0,41	0,94	0,76	0,94	–0,91
Ca	–0,90	0,93	0,93	1,00	0,95	–0,85	0,95	0,34	0,39	0,86	0,66	0,93	–0,90
K	–0,77	0,88	0,92	0,95	1,00	–0,69	0,89	0,07	0,10	0,87	0,48	0,89	–0,76
S	0,99	–0,92	–0,87	–0,85	–0,69	1,00	–0,88	–0,69	–0,71	–0,84	–0,95	–0,90	0,99
Fe	–0,93	0,98	0,97	0,95	0,89	–0,88	1,00	0,51	0,53	0,85	0,74	0,88	–0,91
Cu	–0,64	0,49	0,39	0,34	0,07	–0,69	0,51	1,00	1,00	0,24	0,75	0,31	–0,60
Zn	–0,66	0,51	0,41	0,39	0,10	–0,71	0,53	1,00	1,00	0,25	0,75	0,34	–0,62
Pb	–0,88	0,93	0,94	0,86	0,87	–0,84	0,85	0,24	0,25	1,00	0,78	0,97	–0,90
Rb	–0,92	0,83	0,76	0,66	0,48	–0,95	0,74	0,75	0,75	0,78	1,00	0,79	–0,92
Cs	–0,93	0,94	0,94	0,93	0,89	–0,90	0,88	0,31	0,34	0,97	0,79	1,00	–0,95
U	1,00	–0,95	–0,91	–0,90	–0,76	0,99	–0,91	–0,60	–0,62	–0,90	–0,92	–0,95	1,00

лов, а также наличие углекислого газа и сероводорода.

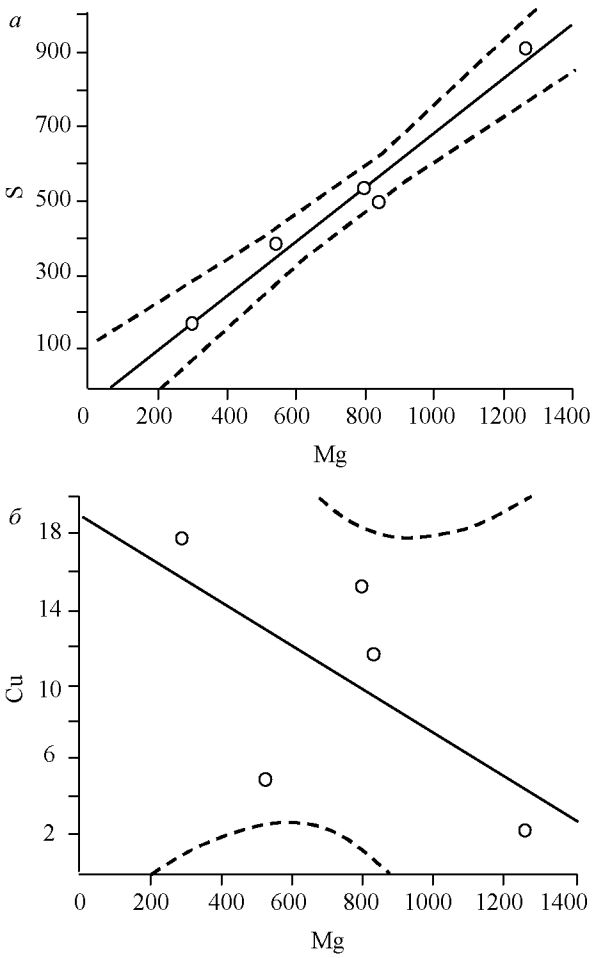
Основная задача данной работы – подтверждение предположений о гидротермальном генезисе рудных компонентов гидротермальных растворов и возможности их использования в качестве промышленных вод в обозримом будущем.

В ходе работы на основе анализов проб, отобранных в экспедиции «SERPENTINE», был проведен корреляционный анализ (табл.1).

Анализ матрицы корреляции позволил выделить три группы компонентов, связанных положительными зависимостями: 1) Cs, Na, K, Ag, Fe, Ca, Li, Sr, Rb; 2) Cu, Zn; 3) U, Mg, S. Обратные зависимости имеют также три группы компонентов: 1) S и Li, Fe,Cs; 2) Cu, Zn и Au; 3) U, Mg, S и Li, Sr, Cd, Ca, Fe. Анализ значений коэффициентов корреляции в комплексе с характером графиков регрессии позволил выделить группы элементов, привносимых в гидротермальный раствор из морской воды при смешении, – это U, Mg, S. Остальные компоненты поступают непосредственно с высокотемпературным флюидом.

Графики регрессии (см. рисунок) характеризуют связь и наглядно демонстрируют форму зависимости между компонентами гидротермального раствора.

Определение концентрации того или иного компонента в конечном гидротермальном растворе (end member) базируется на экспериментально подтвержденном отсутствии в нем ионов Mg и S и соответствует пересечению графика регрессии с осью ординат.



Графики регрессии S (*а*), Cu (*б*) по Mg

Таблица 2

Сравнение гидротерм рудного поля Ашадзе с другими рудными полями Атлантики

Компоненты	Морская вода	Поле Ашадзе	Поле Логачев	Рэйнбоу	Снейк-Пит	Лаки Страйк
Mg	1282,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Li	0,2	12,2	1,7	2,4	5,9	1,9
Na	10670,0	17348,2	9998,0	12883,0	11849,0	8045,0
Ca	409,0	1689,7	1095,0	2678,2	421,2	1257,0
K	383,0	846,9	858,0	796,6	932,9	824,0
Fe	0,0	1528,2	140,0	720,0	120,0	1,7
Mn	0,0	104,1	12,8	92,0	27,0	4,6
Cu	0,0	19,1	3,0	10,2	0,1	2,0
Zn	0,0	1,7	1,9	11,8	3,2	4,0
Rb	0,1	2,5	2,4	3,2	0,9	3,3
Sr	7,6	11,9	12,1	17,5	4,4	5,9

Сравнение полученных таким образом концентраций компонентов в конечных гидротермальных растворах рудного поля Ашадзе с другими рудными полями Северной Атлантики представлено в табл.2.

Полученные значения указывают на повышенную минерализацию гидротермальных растворов поля Ашадзе по сравнению с другими гидротермальными полями Атлантики, а также на повышенное содержание Fe, Mn, Cu при относительно низком содержании Zn.

Практический интерес подобных исследований заключается в том, что гидротермальные растворы данного поля по ряду показателей (например, концентрации Li) могут быть отнесены к промышленным водам, используемым для добычи полезных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богданов Ю.А.* Гидротермальные рудопроявления рифтов Срединно-Атлантического хребта. М., 1997. 167 с.

2. Геодинамика и рудогенез Мирового океана / Под ред. С.И.Андреева, И.С.Грамберга / ВНИИОкеангеология. СПб, 1999.

3. *Краснов С.Г.* Химический состав и происхождение океанских рудообразующих гидротерм / С.Г.Краснов, С.М.Сударикова // Вулканология и сейсмология. 1990. № 5. С.37-50.

REFERENCES

1. *Bogdanov Y.A.* Hydrothermal ores of the Mid-Atlantic ridge rift zones. Moscow, 1997. 167 p.

2. Geodynamics and Ore Genesis of the World Ocean / Ed. by S.I.Andreev, I.S.Gramberg // VNIIOkeangeologia. Saint Petersburg, 1999.

3. *Krasnov S.G.* Chemical composion and genesis of ocean ore-forming hydrotermal solutions / S.G.Krasnov, S.M.Sudarikov // Volcanology and Seismoljgy. 1990. N 5. P.37-50.