

Fouquet Y. et al. Serpentine cruise-ultramafic hosted hydrothermal deposits on the Mid Atlantic Ridge: First submersible studies on Ashadze 1 and 2, Logatchev 2 and Krasnov vent fields // *InterRidge News*. 2008. Vol. 18. P. 15–19.

Fouquet Y., Cambon P., Etoubleau J. et al. Geodiversity of hydrothermal processes along the Mid-Atlantic Ridge and ultramafic-hosted mineralization: A new type of oceanic Cu-Zn-Co-Au volcanogenic massive sulfide deposit // In: *Diversity of Hydrothermal Systems on Slow Spreading Ocean Ridges*, Geophysical Monograph Series. Eds. Rona P., Devey C., Dymont J., Murton B. Amer. Geophys. Un., Washington, D. C. 2010. Vol. 188. P. 321–367.

Hannington M. D., Jonasson I. R., Herzig P. M., Petersen S. Physical and chemical processes of seafloor mineralization at Mid-Ocean Ridges // In: *Seafloor Hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological, and Geological Interaction*; Monograph Series. Eds. Humphris S. E., Zierenberg R. A., Mullineaux L. S., Thomson R. E. Amer. Geophys. AGU., Washington, D. C. 1995. Vol. 91. P. 115–157.

Hannington M. D., Peter J. M., Scott S. D. Gold in sea-floor polymetallic sulfide deposits // *Economic Geology*. 1986. Vol. 81. P. 1867–1883.

Mozgova N. N., Trubkin N. V., Borodaev Yu. S. et al. Mineralogy of massive sulfides from the Ashadze hydrothermal field, 13° N, Mid-Atlantic Ridge // *Canadian Mineralogist*. 2008. Vol. 46. P. 545–567.

Solomon M., Tornos F., Large R. R. et al. Zn-Pb-Cu volcanic-hosted massive sulfide deposits criteria for distinguishing brine pooltype from black smoker-type sulfide deposition // *Ore Geology Reviews*. 2004. Vol. 25. P. 259–283.

А. С. Бич¹, А. Ю. Петров²

¹ – ВНИИОкеангеология, г. Санкт-Петербург
As_bich@mail.ru

² – Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург

**Изучение металлоносных осадков для реконструкции
процессов гидротермального рудообразования
(на примере рудного узла Победа, Срединно-Атлантический хребет)
(научный руководитель д.г.-м.н. Г. А. Черкашев)**

Металлоносными осадками (МО) называются неконсолидированные глубоко-водные отложения, формирующиеся в вулканически активных районах океанов и морей, содержащие в составе абиогенной части более 10 % железа [Гурвич, 1998]. Металлоносные осадки представляют собой ореолы рассеяния рудоносных гидротермальных источников, формирующих сульфидные рудные тела, поэтому используются в качестве поискового критерия на глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС). Кроме того, изучение МО может дать информацию о геохимической специализации сульфидных руд и процессе гидротермального рудообразования в целом. Цель исследований – оценка вклада различных факторов осадконакопления в состав МО рудного узла Победа на разных этапах эволюции гидротермальной системы.

Фактический материал работы представлен тремя колонками донных осадков длиной 65, 55 и 53 см, полученных в ходе 37-го рейса НИС «Профессор Логачев»,

организованного и проведенного ПМГРЭ в 2015 г. Химический состав отложений определялся методом рентгенофлуоресцентного анализа по 19 элементам. Измерения проводились по всей длине колонок с интервалом отбора проб в 1 см; общее количество проанализированных образцов – 180. Минеральный состав определялся методом рентгенофазового (качественного и количественного) анализа. Геохимические исследования и возрастные датировки проводились в лаборатории им. Кеппена (СПбГУ), минералогический анализ в лаборатории рентгенодифракционных методов исследования ресурсного центра СПбГУ. Для датирования МО был применен радиоуглеродный метод. Проанализировано 15 проб осадков, отобранных по колонкам с интервалами от 2 до 10 см.

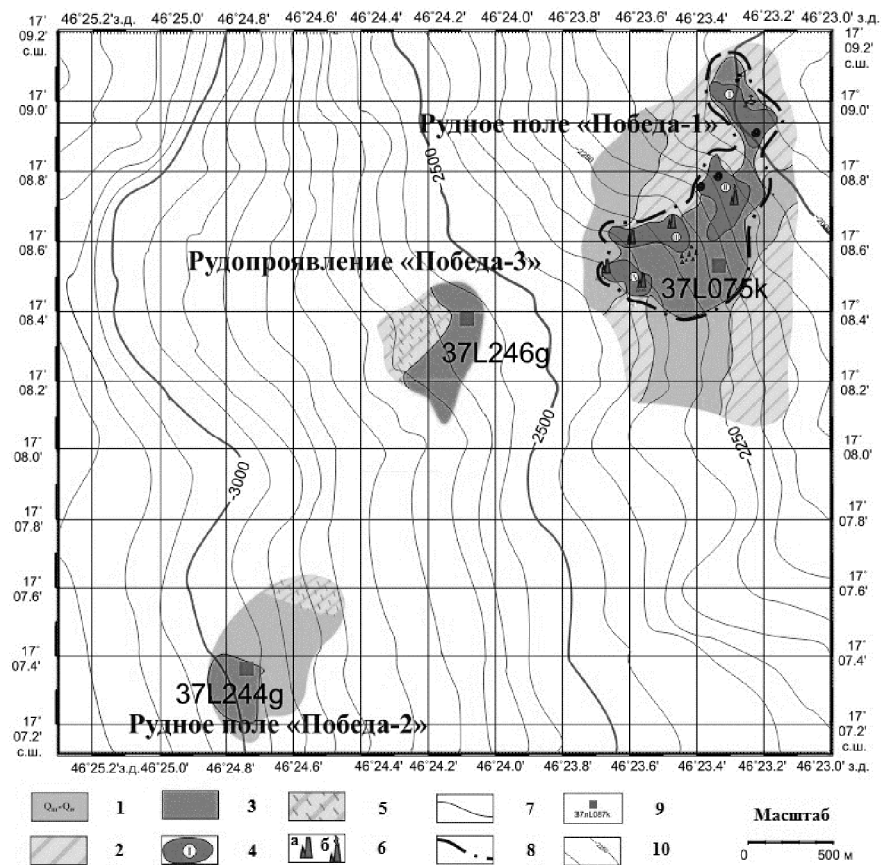


Рис. 1. Схема строения рудного узла Победа (по материалам [Бельтнев и др., 2016ф]).

1 – кокколит-фораминиферовые карбонатные илы; 2 – породы ВОК, частично покрытые карбонатными осадками; 3 – рудосодержащие осадки; 4 – рудные тела узла Победа; 5 – гидротермально измененные породы ВОК; 6 – сульфидные постройки и трубные комплексы: а – неактивные, б – активные; 7 – геологические границы по данным телепрофилирования; 8 – границы рудного поля; 9 – станции коробчатого пробоотборника; 10 – изобаты.

Рудный узел Победа располагается на восточном склоне рифтовой долины южной части сегмента САХ 17°00'–17°30' с.ш. на глубинах от 2200 до 3000 м. Западный склон и днище долины представлено порфиоровыми и афировыми слабоизмененными пиллоу-базальтами, на восточном борту долины распространены породы внутреннего океанического комплекса (ВОК) – апоперидотитовые серпентиниты и габброиды. Более 50 % площади покрыто осадками. В состав рудного узла Победа входят два рудных поля и одно рудопроявление [Бельтнев и др., 2016ф]. На рисунке 1 представлена схема строения рудного узла Победа и положение станций отбора осадков.

Осадки представлены биогенными карбонатными кокколито-фораминиферо-выми илами. Минеральный состав осадков представлен тремя генетическими группами: биогенной (кальцит, арагонит), гидротермальной (гетит) и литогенной (Mg-серпентин, мусковит, каолинит, кварц). Содержание CaCO₃ варьирует от 17 до 71 % (среднее – 47 %). Относительно пелагических илов [Лисицын, 1978], осадки обогащены Fe, Cu, Zn, As, V и Cr и обеднены Si, Al и Ti. Максимальные средние содержания (в пересчете на бескарбонатное вещество) основных рудных компонентов (Fe, Mn, Cu и Zn) отмечены в пределах рудного поля Победа-2 (табл.). Концентрации Cu, Zn, Pb, As, V, Cr и P повышаются в ряду интервалов с содержаниями Fe: (<10 %) – (10 %>x>15 %) – (>15 %). Самые высокие концентрации Si, Al, Ti, K и Mg обнаружены в интервалах с содержаниями Fe от 10 до 15 %, что представляет собой аномалию.

Т а б л и ц а

**Средние содержания химических элементов
в пелагических глинах и МО рудного узла Победа**

Элементы	X _{ср}			
	Рудное поле Победа-1	Рудное поле Победа-2	Рудопроявление Победа-3	Пелагические глины [Лисицын, 1978]
%				
Fe	20.8	20.83	12.28	6.08
Cu	0.75	2.30	0.21	0.0387
Mn	0.20	0.12	0.18	1.02
Si	11.91	11.3	4.66	25.60
Al	2.76	3.79	1.10	7.09
Mg	2.88	2.05	0.60	2.24
Ca	22.64	18.49	15.42	–
г/т				
Ti	1835	2292	1231	4492
K	10064	11337	4995	–
Pb	170	97	99	89
As	610	660	337	19
Zn	570	1301	402	248
Cr	338	234	153	91
V	637	718	317	154
P	2725	2304	725	–
Sr	4223	1787	3084	–
Количество образцов	63	53	57	3369

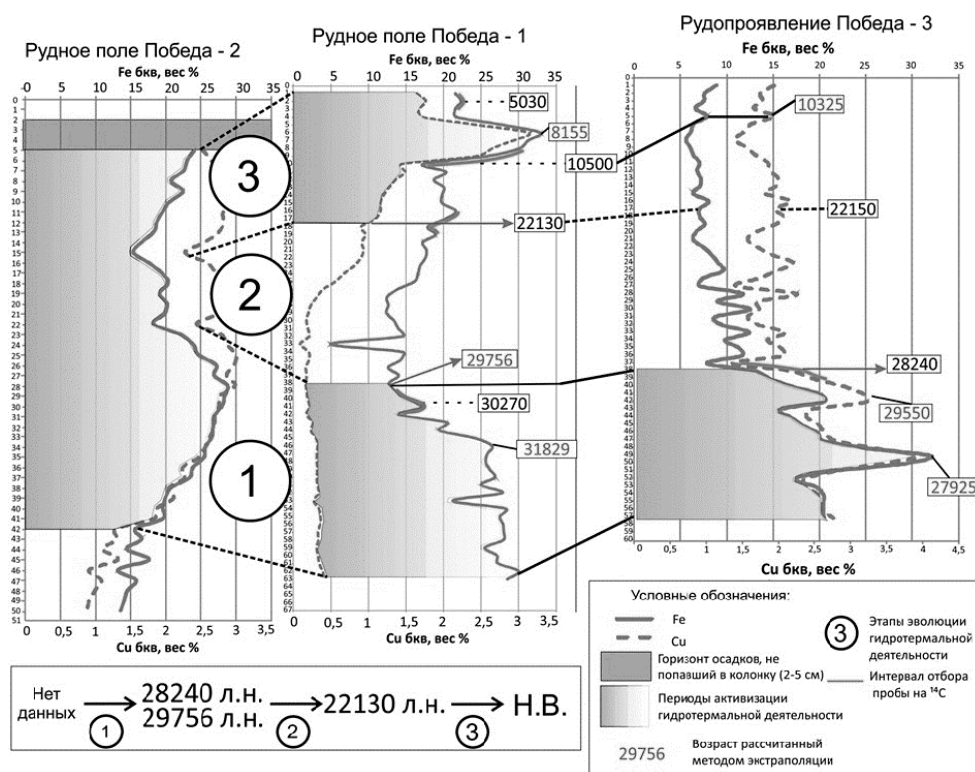


Рис. 2. Этапы эволюции гидротермальной деятельности рудного узла Победа.

На основе корреляционного анализа выделены группы элементов, отвечающие различным факторам осадконакопления: гидротермальному (Fe, Cu, Pb, As, Zn); литогенному, объединяющему терригенный и эдафогенный (Al, Si, Ti, Mg, K), и биогенному (Ca, Sr). Ключевым элементом МО являются Fe и Al, которые отражают вклад литогенного фактора. Источник Si в МО не однозначен: кроме поставки в составе алюмосиликатных минералов (литогенный фактор), в осадок поступает кремний биогенного и гидротермального происхождения [Краснов и др., 1992].

Для реконструкции этапов гидротермальной деятельности использованы вертикальные распределения химических элементов, отвечающих гидротермальному и литогенному факторам осадконакопления (Fe, Cu, Al, Ti). На рисунке 2 представлены вертикальные распределения Fe и Cu с выделением этапов гидротермальной активности и указанием абсолютного возраста.

В пределах рудного узла выделяются три этапа гидротермальной деятельности, смена которых определяется изменением интенсивности гидротермальной деятельности, выраженной в содержании Fe:

- этап 1 зафиксирован в нижней части колонок МО всех рудных объектов, начало не определено, окончание датировано возрастным интервалом 29.8–28.2 тыс. л. н.;
- этап 2 закончился 22.1 тыс. л. н., характеризуется затуханием гидротермальной деятельности с постепенным ее прекращением в пределах рудопроявления Победа-3;

– этап 3 начался 22.1 тыс. л. н., максимальная интенсивность гидротермальной деятельности имела место 8.2 тыс. л. н.; в настоящий момент времени этап не завершен.

В пределах рудного поля Победа-1 выделено два этапа повышенной гидротермальной активности (см. рис. 2). От более древнего к молодому этапу повышаются содержания S, Cr, Co, Ti, K и Al. Максимальное повышение касается Cu, концентрации которой повышаются в 4.6 раза, при этом происходит уменьшение содержаний Fe, As и Pb.

В пределах рудопроявления Победа-3 наблюдается закономерное понижение концентраций элементов гидротермальной группы и повышение содержаний элементов литогенной группы, что связано с прекращением гидротермальной активности.

Таким образом, в результате изучения изменения химического состава осадков выделены элементы, отвечающие основным факторам осадконакопления, и этапы гидротермальной активности в пределах рудных полей. Выявлено увеличение содержания элементов литогенной группы на фоне промежуточных и повышенных содержаний Fe. Предполагается, что вертикальное распределение компонентов позволяет оценить не только динамику интенсивности гидротермальной деятельности, но и охарактеризовать процессы изменения вмещающих пород.

Литература

Бельтнев В. Е., Рождественская И. И., Самсонов И. К., Антипов Г. В., Антипова И. В., Лазарева Л. И., Наркевский Е. В., Добрецова И. Г. и др. Поисковые работы на площади Российского разведочного района в Атлантическом океане с оценкой прогнозных ресурсов ГПС категории P₂ и P₃ в блоках 31–45. Ломоносов: Фонды ФГУНПП «ПМГРЭ», 2016ф.

Гурвич Е. Г. Металлоносные осадки Мирового океана. М.: Научный Мир, 1998. 340 с.

Краснов С. Г., Черкашев Г. А., Айнемер А. И., Гринваль Э. Ф., Гричук Д. В., Давыдов М. П. и др. Гидротермальные сульфидные руды и металлоносные осадки океана. СПб: Недра, 1992. 278 с.

Лисицын А. П. Процессы океанской седиментации. М.: Наука, 1978. 392 с.

А. Е. Мусатов

ВНИИОкеангеология, г. Санкт-Петербург

alexejmusatov@yandex.ru

О возможной связи гидротермальной активности и плейстоценовых оледенений (научный руководитель д.г.-м.н. Г. А. Черкашев)

Магматизм в пределах срединно-океанических хребтов, приводящий к формированию новой океанической коры, инициирует гидротермальную деятельность и сульфидное рудообразование. Существует предположение о возможной связи периодов активизации магматической и гидротермальной деятельности с этапами оледенения. Во время похолоданий уровень Мирового океана значительно понижался: по разным оценкам от 70 до 150 м в зависимости от мощности оледенения [Spratt, Lisiecki, 2016]. При уменьшении объема воды в океане, давление на верхнюю мантию умень-