

*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. Бич<sup>1</sup>, А. Ю. Петров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> – ВНИИОкеангеология, г. Санкт-Петербург  
As\_bich@mail.ru

<sup>2</sup> – 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.

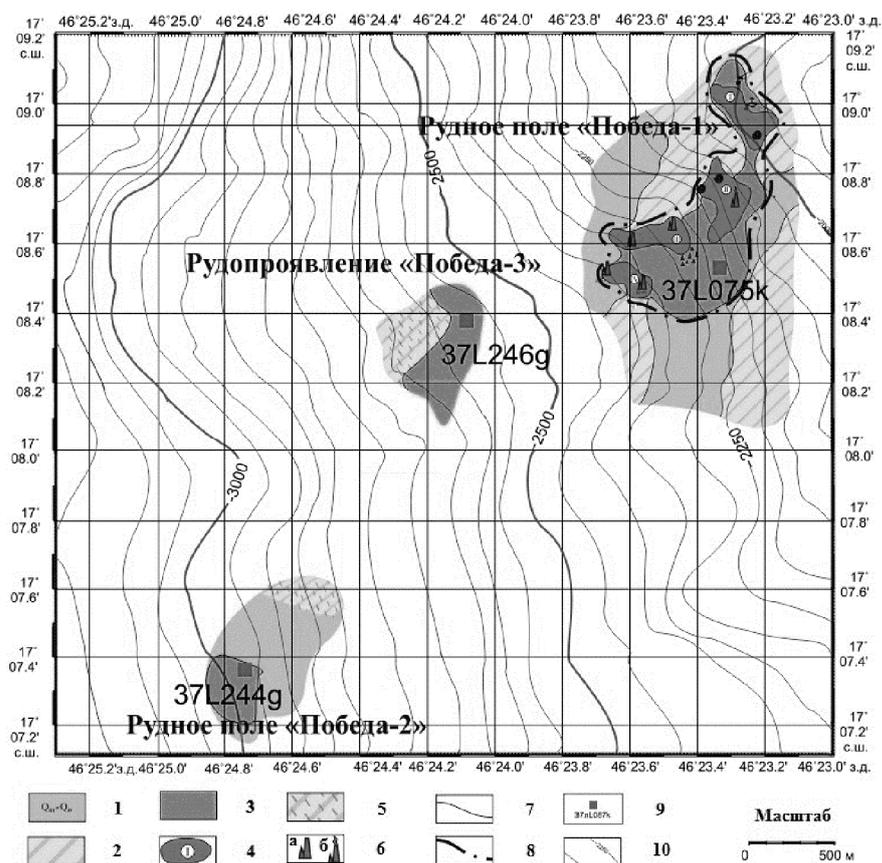


Рис. 1. Схема строения рудного узла Победа (по материалам [Бельтнев и др., 2016ф]).

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 CaCO<sub>3</sub> 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 <sub>ср</sub>			
	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

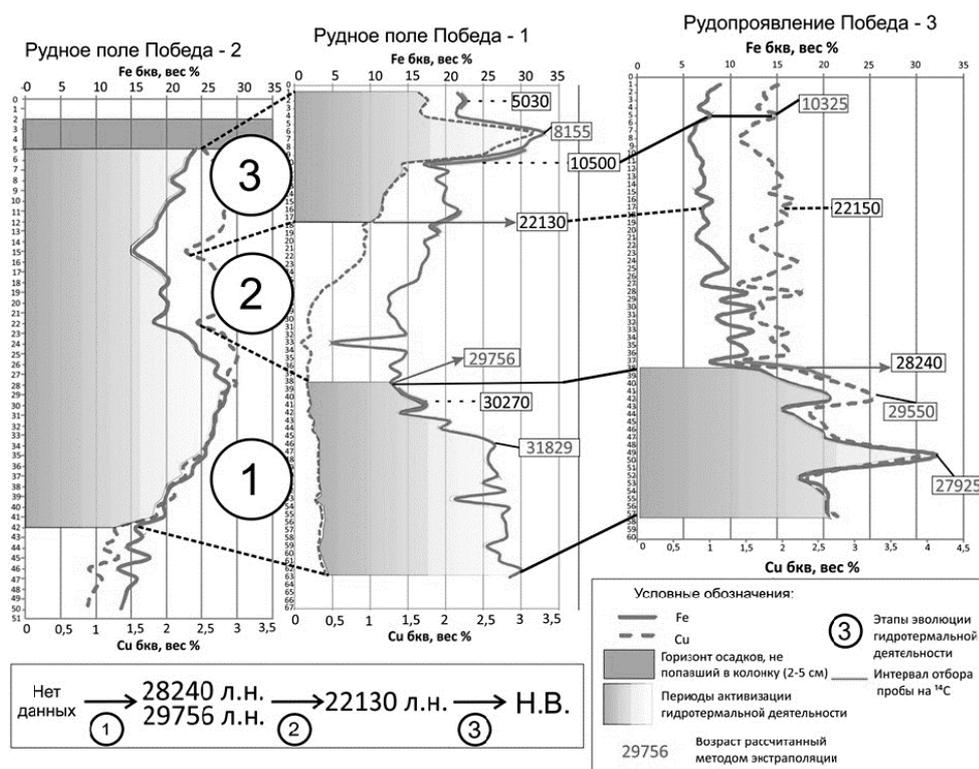


Рис. 2. Этапы эволюции гидротермальной деятельности рудного узла Победа.

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 P<sub>2</sub> и P<sub>3</sub> 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-