

– 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-

шалось, что могло привести к усилению магматической активности и последующей активизации гидротермальных систем [Lund, Asimow, 2011]. Это предположение подтверждается корреляцией морских изотопных стадий, фиксирующих этапы потепления и похолодания, и данными активизации гидротермальной активности, полученными по колонкам донных осадков вблизи гидротермальных полей. По данным [Lund et al., 2016] и [Middleton et al., 2015], пики гидротермальной активности, выраженные в наличии прослоев металлоносных осадков Восточно-Тихоокеанского поднятия и Срединно-Атлантического хребта (САХ), примерно соответствуют двум последним эпохам похолодания (20 и 60 тыс. л. н.).

Для проверки данной гипотезы проведено сравнение последовательности теплых и холодных периодов в плейстоцене и данных по датировкам сульфидных руд Срединно-Атлантического хребта, отражающих этапы активизации гидротермальной деятельности. Образцы сульфидных руд были получены на участке Российского разведочного района (РРР) сотрудниками АО «ПМГРЭ» и ФГБУ «ВНИИОкеангеология» в ходе рейсов НИС «Профессор Логачев». РРР расположен в пределах САХ на отрезке 12–20° с.ш. В настоящее время в пределах РРР открыты 12 крупных рудных объектов: рудные узлы Логачев, Ашадзе, Ириновское, Победа и Семенов; рудные поля Краснов, Зенит-Виктория, Юбилейное, Сюрприз, Петербургское, Пюи-де-Фолль и Холмистое (рис. 1).

Результаты датирования 198 образцов сульфидных руд  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  методом приведены в работе [Cherkashov et al., 2017], в которой сделан вывод об отсутствии корреляции этапов активизации гидротермальной деятельности в пределах различных полей и предполагается, что каждое рудное поле эволюционировало по своему собственному сценарию. Учитывая это, для сравнения с

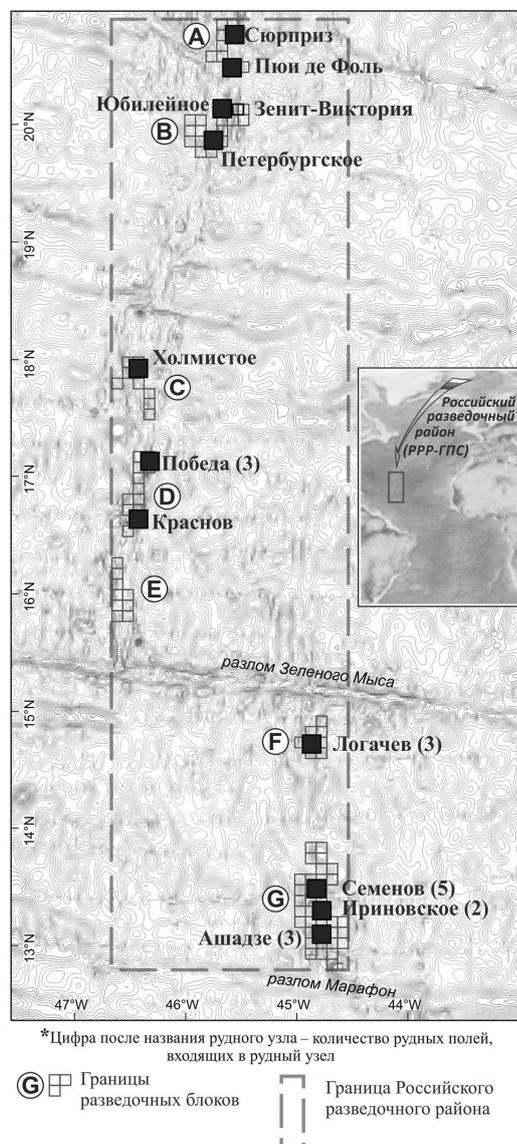


Рис. 1. Обзорная схема Российского разведочного района [Андреев, Черкашев, 2018].

Т а б л и ц а

**Максимальные возрастныe датировки сульфидных руд гидротермальных полей**

Поле	Вмещающие породы	Возраст $^{230}\text{Th}/\text{U}$ , тыс. л.
Ашадзе 1	У	7
Логачев 2	У	7
Семенов 5	Б + У	8
Пюи-де-Фоль	Б	18
Ашадзе 2	У	27
Семенов 1	Б + У	37
Логачев 1	У	58
Зенит-Виктория	Б	60
Ашадзе 4	Б	63
Ириновское	У	69
Семенов 2	Б + У	76
Семенов 3	Б	90
Юбилейное	Б	110
Краснов	Б	119
Семенов 4	Б	124
Победа 1	У	177
Петербургское	Б	223

П р и м е ч а н и е. У – ультрамафиты, Б – базальты (по данным [Cherkashov et al., 2017]).

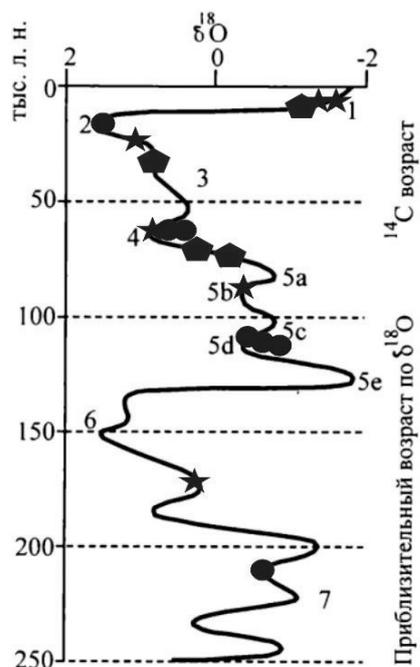


Рис. 2. Стандартная морская изотопно-кислородная шкала SPECMAP по [Казьмин, Волков, 2009], отражающая эпохи похолодания и потепления.

Ось X – параметр  $\delta^{18}\text{O}$ , ось Y – возраст в тыс. л. Цифрами на рисунке обозначены стадии МИС. Звезды – максимальный возраст сульфидных руд гидротермальных полей, связанных с ультрамафитами; круги – максимальный возраст сульфидных руд гидротермальных полей, связанных с базальтами; многоугольник – максимальный возраст сульфидных руд гидротермальных полей, связанных с базальтами и ультрамафитами. Названия полей и возрастныe характеристики сульфидных руд (от более молодых к более древним) приведены в таблице.

эпохами похолодания/потепления были выбраны только самые древние возраста для каждого поля, которые могут рассматриваться в качестве времени зарождения гидротермальных систем (первых этапов их активизации). Данные изотопных датировок приведены в таблице.

На рисунке 2 приведены эпохи морских изотопных стадий, отраженные на стандартной шкале SPECMAP [Казьмин, Волков, 2009], и данные по «древнейшим»  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датировкам рудных полей. Изотопный состав кислорода морской воды (параметр  $\delta^{18}\text{O}$ ) контролируется количеством открытого льда на планете и именно таким образом связан с глобальными периодами потеплений и похолоданий. Периоды глобальных оледенений характеризуются повышенным содержанием данного параметра, а потепления – низким [Imbrie et al, 1984].

Рудные поля разделены на две группы – связанные с базальтами и ультрамафитами. Из рисунка следует, что гидротермальные поля, связанные с ультрамафитами, не показывают временной связи с оледенениями в плейстоцене, в то время как возраст полей, связанных с базальтами, совпадает с гляциальными максимумами. «Базальтовые» поля имеют прямую связь с магматическими очагами и их активизацией, в то время как в случае «ультрамафитовых» полей эта связь носит относительный характер, поскольку определяющим фактором, контролирующим рудообразование, в этом случае является тектонический.

Таким образом, можно сделать вывод о получении дополнительных аргументов в пользу предположения о связи эпох оледенения, магматической и гидротермальной деятельности. Дальнейшие исследования помогут получить больше данных для выяснения справедливости данной гипотезы.

## Литература

Андреев С. И., Черкашев Г. А. Минеральные ресурсы глубоководных районов Мирового океана: состояние проблемы изучения и освоения // Минеральные ресурсы России. Геологоразведка и сырьевая база. 2018. С. 10–15.

Казьмин С. П., Волков И. А. Континентальные оледенения как глобальные климатические события Квартера // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. Проблемы квартера Западной Сибири. 2009. № 69. С. 85–93.

Cherkashov G., Kuznetsov V., Kuksa K., Tabuns E., Maksimov F., Beltenev V. Sulfide geochronology along the Northern Equatorial Mid-Atlantic Ridge // Ore Geology Reviews. 2017. Vol. 87. P. 147–154.

Imbrie J., Hays J. D., Martinson D. G., McIntyre A., Mix A. C., Morley J. J., Pisias N. G., Prell W. L., Shackleton N. J. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  record // In: Milankovitch and Climate: Understanding the Response to Astronomical Forcing. Dordrecht: D. Reidel Publishing, 1984. P. 269–305.

Lund D. C., Asimow P. D. Does sea level influence mid-ocean ridge magmatism on Milankovitch timescales? // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2011. Vol. 12. P. 1–26.

Lund D. C., Asimow P. D., Farley K. A., Rooney T. O., Seeley E., Jackson E. W., Durham Z. M. Enhanced hydrothermal activity along the East Pacific Rise during the last two glacial terminations // Science. 2016. Vol. 351. Is. 6272. P. 478–482.

Middleton J. L., Mukhopadhyay S., Mcmanus J. F., Langamur C. H. Last glacial maximum and hydrothermal sediment fluxes on the Mid-Atlantic Ridge // Goldschmidt, 2015. Abstracts 2123.

Spratt R. M., Lisiecki L. E. A Late Pleistocene sea level stack // Climate of the Past. 2016. Vol. 12. P. 1079–1092.