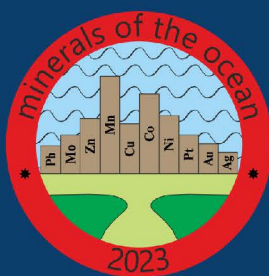
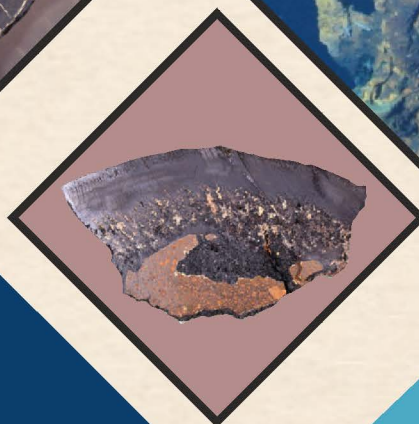




Партнеры конференции  
Conference partners:



[ocean-minerals.ru](http://ocean-minerals.ru)



**Сборник тезисов  
10-й Международной конференции  
«ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
МИРОВОГО ОКЕАНА»**

**The 10th International Conference  
«MINERAL OF THE OCEAN»  
Abstract Book**

20—22 июня 2023  
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»  
Санкт-Петербург, Россия

June 20—22, 2023  
I. S. Gramberg VNIIOkeangeologia  
St. Petersburg, Russia

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ  
(РОСНЕДРА)

ФГБУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА  
ИМ. АКАДЕМИКА И. С. ГРАМБЕРГА»  
(ФГБУ «ВНИИОКЕАНГЕОЛОГИЯ»)

---

**Сборник тезисов  
10-й Международной конференции  
«ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ  
МИРОВОГО ОКЕАНА»**

---

---

**The 10th International Conference  
«MINERALS OF THE OCEAN»  
Abstract Book**



Партнеры конференции  
Conference partners



Санкт-Петербург  
2023

УДК 551.35+553(063)

**Сборник тезисов докладов 10-й Международной конференции «Полезные ископаемые Мирового океана», 20—22 июня 2023 года.** — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2023. — 137 с.

ISBN 978-5-88994-137-8

Рациональное и экологически безопасное для глубоководных экосистем освоение океанских полезных ископаемых требует тесного взаимодействия научного сообщества с национальными и международными промышленными организациями. Десятая Международная конференция «Полезные ископаемые Мирового океана» проводится с целью обсуждения новых результатов в области изучения и освоения минеральных ресурсов Мирового океана, гидротермальных сульфидов, железомарганцевых корок и конкреций, а также освещает экологические, технологические, экономические и правовые аспекты текущих морских геологоразведочных и будущих добычных работ. Конференция дополнительно включает обсуждение геоморфологии, тектоники/геодинамики, магматизма и осадконакопления районов СОХ.

**The 10th International Conference “Minerals of the Ocean”.** Abstract Book. June 20—22, 2023. — SPb.: VNIIOkeangeologia, 2023. — 137 p.

Rational and environmentally safe mineral exploration requires a close collaboration of scientific communities with the industry. The 10th International Conference “Minerals of the Ocean” focus on discussion of latest scientific researches related to marine minerals, such as hydrothermal sulfides, ferromanganese crusts and nodules, and REY-rich sediments, as well as engineering, environmental and legal aspects of exploration and expected mining operations. In addition, conference includes discussion of geomorphology, tectonics/geodynamics, magmatism and sedimentation of the Mid-Ocean Ridges.

ISBN 978-5-88994-137-8

© Коллектив авторов, 2023

© ВНИИОкеангеология, 2023

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОНОСНЫХ ОСАДКОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО РУДНОГО УЗЛА СЕМЁНОВ

---

Кукса К. А.<sup>1</sup>, Бич А. С.<sup>2</sup>, Черкашёв Г. А.<sup>1,2</sup>, Фирстова А. В.<sup>2</sup>,  
Кузнецов В. Ю.<sup>1</sup>, Бельтенов В. Е.<sup>2</sup>, Болтрамович С. Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

kkuksa@gmail.com

**Металлоносные** осадки, ассоциирующие с современными океанскими рудогенерирующими системами, традиционно используются для реконструкции этапов усиления/ослабления гидротермальной деятельности. В зависимости от удаленности от места разгрузки флюида они подразделяются на так называемые проксимальные и дистальные осадки. Геохимические исследования и датирование осадков, развитых в пределах рудных полей (так называемых проксимальных), содержащих значительное количество продуктов деятельности «черного курильщика», дают возможность получить «непрерывную запись» гидротермальных событий и реконструировать эволюцию гидротермальной системы во времени. Однако данный подход часто сталкивается с трудностями, вызванными присутствием в составе осадков, помимо вещества взвеси гидротермального плюма, продуктов разрушения расположенных в непосредственной близости древних сульфидных построек [5, 7]. Поскольку оба компонента имеют очень близкий макроэлементный состав, их различение и количественный учет доли обломочных сульфидов для корректной реконструкции истории гидротермальной деятельности представляют собой нетривиальную задачу. В представленной работе мы попытались решить ее на примере колонок металлоносных осадков рудного узла Семёнов.

Рудный узел Семёнов располагается в западному борту рифтовой долины САХ на 13°31' с.ш. В его состав входит пять гидротермальных рудных полей. Самое крупное гидротермальное поле Семёнов-4 расположено на базальтах, тогда как остальные четыре поля (1, 2, 3 и 5) локализованы в пределах массива внутреннего океанического комплекса, сложенного ультраосновными породами (серпентинизированными перидотитами и редкими габброидами [10]).

Методом ИСП-МС был определен химический состав и изучено распределение основных, редких и редкоземельных элементов (РЗЭ) в проксимальных

металлоносных осадках гидротермальных полей Семёнов-1 (колонка 32L307), Семёнов-2 (колонка 32L285) и Семёнов-4 (колонка 32L368). Осадочные колонки длиной 50, 50 и 55 см, соответственно, представлены буро-коричневыми, красно-коричневыми и рыжими глинистыми, реже — слабокарбонатными отложениями песчаной или песчано-дресвяной размерности. В них встречаются минералы железа (пирит, пирротин), меди (халькопирит, самородная медь, атакамит), барит и оксигидроксиды железа [9, 11]. Карбонатность осадков варьируется от 8 до 38%, при этом наиболее высокие содержания  $\text{CaCO}_3$  характерны для колонки 32L307 (в среднем 30%), а наименьшие — для колонки 32L368 (в среднем 10%). Содержание рудных элементов в пересчете на бескарбонатную основу варьируется в широком диапазоне: 2—50%  $\text{Fe}_{\text{бкв}}$ , 0,004—1,1%  $\text{Cu}_{\text{бкв}}$  и 0,007—0,25%  $\text{Zn}_{\text{бкв}}$ . При этом концентрации как основных, так и примесных элементов испытывают значительные колебания по глубине (рис. 1).

Спектры распределения РЗЭ пологие со значительным обогащением легкими лантаноидами (рис. 2). В осадках всех трех колонок наблюдаются едва заметные отрицательные аномалии церия ( $\text{Ce}/\text{Ce}^*=0,44—0,88$ ) и сильно выраженные положительные аномалии европия ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=1,4—94,0$ ). Наибольшая величина  $\text{Eu}$  аномалии характерна для осадков поля Семёнов-4 (32L368), что уже отмечалось ранее другими исследователями [8]. В то же время в осадках колонки 32L307 поля Семёнов-1 положительная европиевая аномалия проявлена в значительно меньшей степени ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,81—3,93$ ), а в двух пробах ее знак меняется на противоположный. В целом спектры распределения РЗЭ в изученных колонках наиболее близки

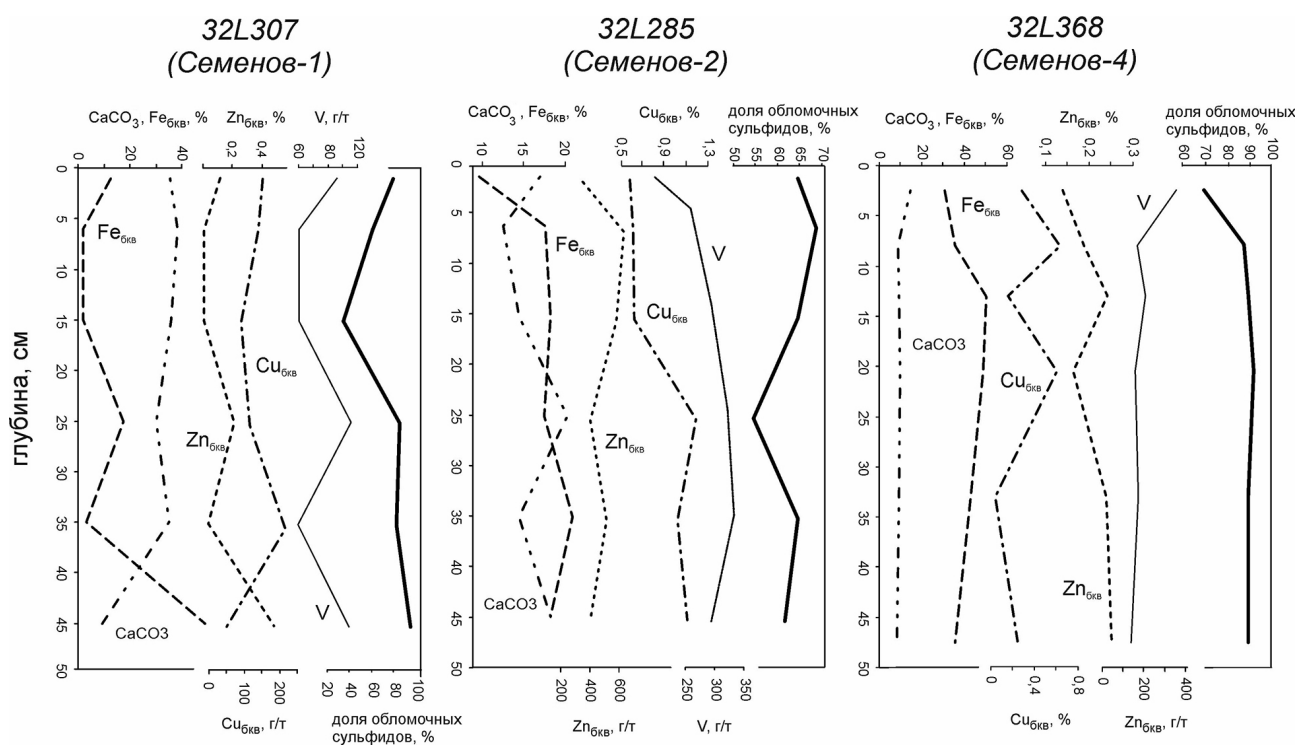


Рис. 1. Вариации распределения  $\text{CaCO}_3$ , Fe, Cu, Zn, V и расчетной доли обломочного сульфидного материала (см. текст ниже) по глубине осадочных колонок

к спектрам металлоносных осадков других гидротермальных полей, сложенных обломками разрушающихся сульфидных построек и/или взвесью материала черного курильщика [4, 7]. Однако количественно оценить вклад каждого из этих компонентов в осадки на основе данных по распределению РЗЭ не представляется возможным, поскольку даже после захоронения вещества плюмовой взвеси оно продолжает сорбировать лантаноиды из контактирующей с осадком морской воды [3].

Для решения данной задачи была использована методика, разработанная нами ранее для проксимальных металлоносных осадков рудного узла Победа [6]. В качестве представителя фоновых пелагических илов Атлантического океана были использованы величины среднего состава осадков колонки BOFS 22#6M/23#12M [1]. Влияние состава подстилающих пород было оценено на основе элементного состава перидотита 32л242-5, отобранного в пределах рудного узла [9]. Учет доли вещества взвеси гидротермального плюма в осадках трех исследуемых колонок проводился по величине V/Fe отношения в плюме поля Рейнбоу [2] и собственным неопубликованным данным по химическому составу массивных сульфидных руд полей Семёнов-1, -2 и -4. Полученные результаты показали (см. рис. 1), что в среднем относительное количество в осадках обломочного сульфидного материала составляет ~73, 64 и 87%, соответственно, для колонок 32L307 (Семёнов-1), 32L285 (Семёнов-2) и 32L368 (Семёнов-4) и несколько варьируется по глубине. При этом максимальное его количество чаще всего встречается в горизонтах с наибольшими величинами положительной аномалии Eu, что косвенно подтверждает формирование последней за счет поступления в осадки значительного количества обломков сульфидных руд, наследующих спектр распределения РЗЭ гидротермального флюида.

Доля вещества взвеси дыма черного курильщика в осадках меняется от 5 до 65% для поля Семёнов-1, от 30 до 45% для поля Семёнов-2 и от 8 до 30% для поля

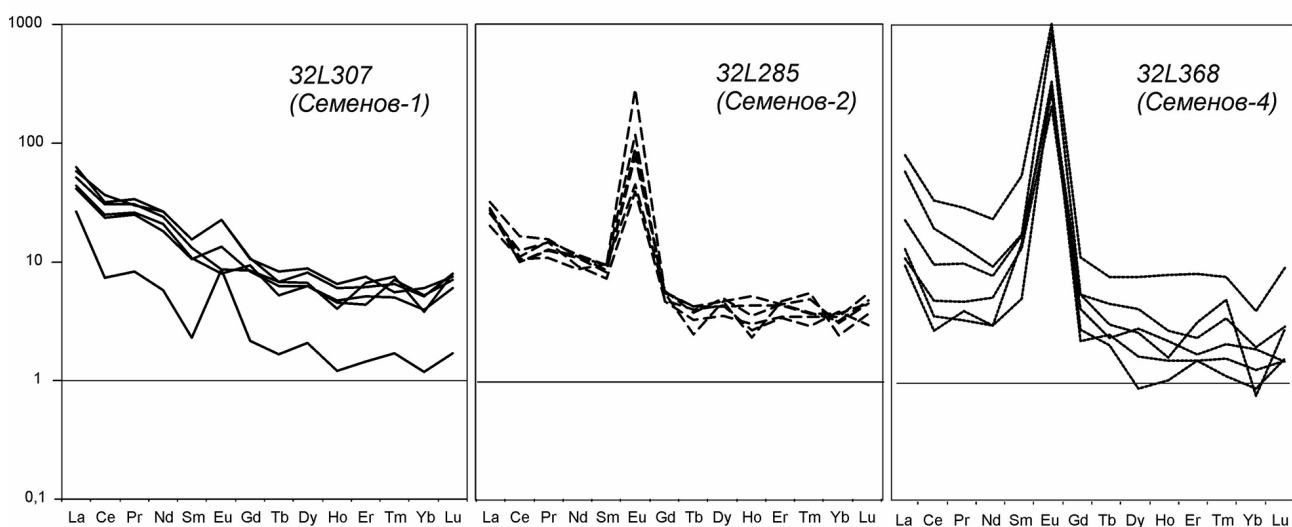


Рис. 2. Нормированные к хондриту спектры распределения редкоземельных элементов в металлоносных осадках

Семёнов-4. При этом их вариации никак не коррелируют с валовым содержанием железа, что подтверждает наше предположение об ошибочности выделения этапов усиления гидротермальной разгрузки лишь на основании увеличения в осадках концентраций основных рудных элементов.

Полученные оценки доли вещества взвеси дыма черного курильщика могут быть использованы в дальнейшем для корректной реконструкции истории гидротермальной деятельности как в пределах отдельных полей, так и для рудного узла Семёнов в целом.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 22-27-00375).

### Список литературы

1. *Cave R. et al.* Fluxes to sediments underlying the Rainbow hydrothermal plume at 36°14' N on the Mid-Atlantic Ridge // *Geochim. Cosm. Acta.* 2002. Vol. 66 (11). P. 1905—1923.
2. *Edmonds H. N., German C. R.* Particle geochemistry in the Rainbow hydrothermal plume, Mid-Atlantic Ridge // *Geochim. Cosm. Acta.* 2004. Vol. 68 (4). P. 759—772.
3. *German C. R., Klinkhammer G. P., Edmond J. M., Mitra A., Elderfield H.* Hydrothermal scavenging of rare earth elements in the ocean // *Nature.* 1990. Vol. 316. P. 516—518.
4. *German C. R. et al.* A Geochemical Study of Metalliferous Sediment From the TAG Hydrothermal Mound, 26°08'N, Mid-Atlantic Ridge // *Journal of geophysical research.* 1993. Vol. 98 (B6). P. 9683—9692.
5. *Kuksa K. et al.* Mass-wasting processes input in proximal metalliferous sediments: a case study of Pobeda hydrothermal cluster // *Marine Geology.* 2021. Vol. 438. 106517.
6. *Kuksa K. et al.* Temporal evolution of the Pobeda hydrothermal site (MAR): Utility of proximal sediment cores // *Chem. Geol.* 2023. Vol. 628. 121477.
7. *Mills R. A., Elderfield H., Thompson J.* A dual origin of the hydrothermal component in a metalliferous sediment core from the Mid-Atlantic Ridge // *Journal of geophysical research.* 1993. Vol. 98 (B6). P. 9671—9681.
8. *Yang Y., Rusakov V. Y., Kuz'mina T. G.* Rare earth elements in the ore-bearing sediments of the Krasnov and Semenov hydrothermal fields, Mid-Atlantic Ridge // *Geochem. Int.* 2016. Vol. 54 (3). P. 280—292.
9. *Бельтнев В. Е.* и др. Геолого-геофизические исследования с целью выделения участков, перспективных на ГПС, в осевой зоне САХ (в пределах 11°—12°30' с.ш.) и поисковые работы на участке 13°31' с.ш. // Фонды ФГУНПП «ПМГРЭ», 2010, г. Ломоносов.
10. *Перцев А. Н.* и др. Современные колчеданные залежи рудного района Семёнов (Срединно-Атлантический хребет, 13°31' с.ш.): характеристика ассоциирующих пород внутреннего океанического комплекса и их гидротермальных изменений // *Геология рудных месторождений.* 2012. Т. 54, № 5. С. 400—415.
11. *Русаков В. Ю.* и др. Минералого-геохимическая зональность осадков гидротермального узла Семёнов (13°31'—13°30' с.ш. Срединно-Атлантический хребет) // *Геохимия.* 2013. № 8. С. 717—742.