

- Лисицын А. П.* Процессы океанской седиментации. М.: Наука, 1978. 392 с.
- Мурдмаа И. О.* Фации океанов. М.: Наука, 1987. 303 с.
- German C. R., Campbell A. C., Edmond J. M.* Hydrothermal scavenging at the Mid-Atlantic Ridge: Modification of trace element dissolved fluxes // *Earth and Planetary Science Letters*. 1991. Vol. 107. P. 101–114.
- Gurvich E. G.* Metalliferous sediments of the World Ocean. Berlin Heidelberg: Springer, 2006. 431 p.
- Hannington M. D.* The formation of atacamite during weathering of sulfides on the modern seafloor // *Canadian Mineralogist*. 1993. Vol. 31. P. 945–956.
- Mills R. A., Elderfield H.* Hydrothermal activity and the geochemistry of metalliferous sediment // In: *Physical, Chemical, Biological and Geological interactions within Hydrothermal systems*, eds. S. E. Humphris et al. *Geophys. Monogr. Ser.*, 1995. Vol. 91. P. 391–407.
- Trefry J. H., Metz S.* Role of hydrothermal precipitates in the geochemical cycling of vanadium // *Nature*. 1989. Vol. 342 (6249). P. 531–533.

**Д. В. Коршунова<sup>1</sup>, А. В. Фирстова<sup>2</sup>, Т. В. Степанова<sup>2</sup>, Г. А. Черкашев<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> – Санкт-Петербургский государственный университет,

г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup> – ФГБУ ВНИИОкеангеология, г. Санкт-Петербург

daskors@yandex.ru

### **Минералого-геохимическая характеристика полиметаллических сульфидных руд юго-восточной части задугового бассейна Манус, Тихий океан**

Современные гидротермальные сульфидные руды в задуговых бассейнах обогащены медью, цинком, свинцом, золотом, серебром и многими редкими элементами. Вмещающими породами для сульфидных руд являются во многих случаях средние и кислые вулканиты, в отличие от базальтов срединно-океанических хребтов. Геологическая позиция и особенности состава сульфидных руд дают возможность рассматривать их в качестве аналогов древних колчеданных месторождений [Масленникова, Масленников, 2007].

Бассейн Манус является активным задуговым бассейном. Он ограничен с юга зоной субдукции Новобританского желоба и с севера – зоной субдукции желоба Манус, который образован в зоне конвергенции Австралийской и Тихоокеанской плит. В 1991 г. в ходе экспедиции НИС «Франклин» в юго-восточной части бассейна Манус были открыты активные высокотемпературные гидротермальные поля с сульфидами, связанные с подводным дацитовым вулканизмом [Binns, Scott, 1993; Богданов и др., 2006]. В настоящее время в этой области реализуется проект Solwara, включающий в себя 19 перспективных участков с различными типами минерализации (сульфидной и сульфатной) [Lipton, 2012].

Фактический материал для настоящей работы представлен образцами сульфидных руд, отобранных из юго-восточной части задугового бассейна Манус в Тихом океане. Образцы предоставлены сотрудниками ФГБУ ВНИИОкеангеология и включают в себя фрагменты массивных сульфидов (30 образцов) и геохимические

данные по составу руд (60 проб). Задачами работы стали характеристика минерального состава и определение геохимической специализации руд, а также выявление факторов, влияющих на распределение главных рудных и редких элементов.

Работа основана на результатах оптических исследований, рентгенофазового, микронзондового и статистического анализов. Исследования выполнялись в ФГБУ ВНИИОкеангеология (оптический микроскоп Zeiss) и ресурсных центрах СПбГУ «Геомодель» (сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с аналитической приставкой Oxford Instruments X-Max20, аналитик Н. С. Власенко) и «Рентгенодифракционные методы исследования» (дифрактометр Rigaku MiniFlex II с кобальтовым анодом, аналитик Н. В. Платонова).

В результате исследований сульфидные руды подразделены на три минеральных типа: пиритовый, пирит-халькопиритовый и сфалерит-марказитовый, имеющие колчеданную, медно-колчеданную и цинково-колчеданную геохимическую специализацию, соответственно. К пиритовому типу относятся массивные руды, практически полностью состоящие из кристаллического пирита с примесью халькопирита до 15 %. Пирит-халькопиритовый тип руд сложен, помимо главных халькопирита и пирита (75 %), сфалеритом (15 %) и блеклыми рудами, преимущественно, теннантитом (10 %). Для этого минерального типа характерно зональное расположение сульфидов вокруг небольших каналов и пор, подобное тому, какое имеют трубы черных курильщиков. Сфалерит-марказитовый тип характеризуется наибольшим разнообразием минералов. Главные минералы (сфалерит, марказит) составляют не более 50 %, второстепенные и редкие минералы представлены галенитом, халькопиритом, Ag-тетраэдритом, ковеллином, борнитом, энаргитом, арсенопиритом, самородным золотом. Нерудные минералы включают ангидрит (в пиритовом типе), барит и опал (в сфалерит-марказитовом типе).

В результате оптических исследований установлена последовательность образования сульфидных руд, связанная с изменением температуры рудоносного флюида при разгрузке. Наиболее ранними и высокотемпературными (до 300 °С) являются руды пиритового типа. Самыми поздними и относительно низкотемпературными (150–200 °С) являются руды сфалерит-марказитового типа. Пирит-халькопиритовый тип отвечает промежуточным температурам образования (до 250 °С).

В ходе корреляционного анализа были выделены две крупных ассоциации рудных элементов: высокотемпературная (Cu, Fe, Co, Mo, Se, Te, Bi, Au), соответствующая пиритовому и пирит-халькопиритовому типам, и низкотемпературная (Zn, Pb, Cd, Ba, Hg, Sb, As, Au, Ag), соответствующая сфалерит-марказитовому типу. Наличие золота в обеих ассоциациях свидетельствует о его бимодальном поведении, т. к. оно встречается в виде микровключений самородной фазы в халькопирите и блеклых рудах.

Главные рудные элементы – медь, цинк, золото, свинец – неравномерно распределены в рудах. Наибольшее содержание меди характерно для пирит-халькопиритового типа (16 %), что почти в три раза превышает среднее по Мировому океану (5.2 %) [Андреев, 2015ф]. Цинк и свинец имеют самые высокие содержания в сфалерит-марказитовых рудах – 2.65 и 0.4 %, соответственно. Важной особенностью исследованных полиметаллических сульфидных руд является их обогащение золотом (6, 12 и 10 г/т в пиритовом, пирит-халькопиритовом и сфалерит-марказитовом типах, соответственно), превышающее в четыре раза средние содержания по Мировому оке-

ану и почти в пять раз – концентрации в древних колчеданных месторождениях [Андреев, 2015ф].

Таким образом, установлены три минералого-геохимических типа массивных сульфидных руд юго-восточной части задугового бассейна Манус, отличия которых обусловлены постепенным изменением температуры рудоносного флюида при его разгрузке.

### Литература

*Андреев С. И.* Классификация полезных и потенциально полезных редких и рассеянных элементов в составе глубоководных сульфидных руд на РРР-ГПС по степени их практической значимости с оценкой возможностей и целесообразности их технологического извлечения. СПб: ФГБУ ВНИИОкеангеология, 2015ф.

*Богданов Ю. А., Лисицын А. П., Сагалевич А. М., Гурвич Е. Г.* Гидротермальный рудогенез океанского дна. М.: Наука, 2006. 527 с.

*Масленникова С. П., Масленников В. В.* Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщиков» (на примере Урала). Екатеринбург–Миасс: УрО РАН, 2007. 312 с.

*Binns R. A., Scott S. D.* Western Woodlark Basin: potential analogue setting for volcanogenic massive sulfide deposits // *Economic Geology*. 1993. Vol. 186. P. 293–312.

*Lipton J.* Mineral resource estimate Solwara Project, Bismarck Sea, PNG, 2012. 217 p. <http://www.nautilusminerals.com/irm/content/technical-reports.aspx> (дата обращения 18.12.2018).

***А. Е. Васина***

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ),  
г. Новочеркасск  
nastushka1912@yandex.ru*

### **Анализ пространственного распределения Ni на восточном фланге главного рудного тела месторождения Котсельваара (Мурманская область) (научный руководитель Г. С. Январев)**

Использование геоинформационных технологий может способствовать рациональному извлечению полезного ископаемого из недр, а также снижению затрат на добычу и переработку сырья. Одним из способов, позволяющим это сделать, является изучение пространственного распространения полезного компонента в рудовмещающем массиве, которое можно проанализировать, построив и заполнив объемную модель по результатам опробования. Для обоснования данной идеи был проведен анализ пространственного распространения Ni в пределах одного эксплуатационного блока рудного тела месторождения Котсельваара с помощью инновационной горно-геологической информационной системы (ГИС) «Micromine». Материал для изучения получен автором в период прохождения научно-производственной практики в АО «Кольская ГМК» (Мурманская область).

Сульфидное медно-никелевое месторождение Котсельваара находится в Печенгском районе Мурманской области. Оно приурочено к лежащему боку дифференцированного массива ультраосновных и основных пород [Горбунов и др., 1999].