

ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУДЫ В РИФТАХ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА

А.Ю. Леин, Н.В. Ульянова

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г.Москва, Россия

В работе обобщены материалы многолетних исследований минералогии и геохимии глубоководных полиметаллических руд, образцы которых получены в многочисленных экспедициях на гидротермальные поля, ассоциированные с базальтами (Брокен Спур, Снейк Пит, ТАГ, Лаки Страйк, Менез Гвен), и на поля, ассоциированные с серпентинитами (Логачев, Рейнбоу, Лост Сити). Коллекция изученных проб руд отобрана с помощью глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1 и -2», что позволило охарактеризовать руды полей в целом и иметь точную привязку места взятия проб на рудных постройках. Такая коллекция уникальна, во всяком случае, для России, поскольку все остальные отечественные пробы отобраны драгой или телеграфейфером и их точное местонахождение не определимо или трудно определимо. При исследовании использованы традиционные и новые инструментальные химические, минералогические, изотопные и хромато-масс-спектрометрические методы. Выделены и охарактеризованы основные, второстепенные и акцессорные минералы руд. Особое внимание уделено выявлению парагенных минеральных ассоциаций и определению элементов-микропримесей в рудах и их генетической связи с основными и второстепенными минералами руд. Данные по минеральному и химическому составу, текстурно-структурным особенностям руд, типичных для рифтов Срединно-Атлантического хребта, могут быть полезны при разработке методов обогащения из аналогичных руд, разведка и эксплуатация которых намечена на ближайшие десятилетия.

The paper summarizes the results of many years of studies of mineralogy and geochemistry of the deep-water polymetallic ores whose samples were obtained by authors in numerous expeditions on the hydrothermal fields associated with basalts (Brocken Spur, Snake Pete, TAG, Lucky Strike, Menes Gwen), and on the fields associated with serpentinites (Logachev, Rainbow, Lost City). Collection of the studied samples of ores was extracted by deep-sea manned submersibles "Mir-1" and "Mir-2". This allowed to characterize the ores of the whole fields and to obtain exact locations of the samples on the ore constructions. Such collection is unique, at least for Russia, since all other domestic samples were obtained by a drag or the telegrab and their exact location is hard to identify. The traditional and the new methods were used in the studies: chemical, mineralogical, isotopic, chromatography and mass-spectrometry. The main, minor and accessory minerals of the ores were identified and characterized. The special attention was paid to identification of paragenetic mineral associations and microelements in ores and their genetic linkage to the main and minor minerals of ores. Data on mineral and chemical composition, textural and structural features of the ores typical for rifts of the Mid-Atlantic Ridge, can be used in developing methods of enrichment for similar ores. Their exploration and mining is planned for the next decades.

Открытие глубоководных гидротермальных полей в рифтах срединно-океанских хребтов (СОХ) в 1979 г. [Francheteau et al., 1979; Spiess et al., 1980] стало главной научной сенсацией второй половины XX в., особенно для исследователей, работающих в

областях наук о Земле и наук о жизни. Цитируемые авторы при погружении на глубоководных обитаемых аппаратах (ГОА) «Сиана» и «Алвин» обнаружили на дне состоящие из гидротермальных минералов трубы, из которых вырывались черные горячие растворы,

с температурой до 360°C («черные курильщики»). Вокруг источников располагались так называемые «оазисы жизни», основой пищевой цепи которых были микроорганизмы-хемосинтетики, свободноживущие и симбиотрофные, функционирующие внутри тканей животных. В то же время были открыты колчеданные залежи на хребте Галапагос [Corliss et al., 1979].

Отечественные исследования сульфидных руд черных курильщиков начались в 1985 г. (НПО «Севморгеология»). Началом комплексных отечественных исследований глубоководных гидротермальных полей следует считать 1986 г., когда Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) под руководством академика А.П. Лисицына было проведено изучение гидротермальных полей г.Осевой в рифте хребта Хуан-де-Фука и впадины Гуаймас в Калифорнийском заливе. В этой экспедиции были задействованы подводные обитаемые аппараты (ПОА) «Пайсис-IX и -XI» [Геологическое строение..., 1990; Лисицын и др., 1989_а; Леин и др., 1988, 1989]. Оба эти поля расположены на быстроспрединговом Восточно-Тихоокеанского поднятии (ВТП).

В 1985 г. были открыты гидротермальные поля Снейк Пит и ТАГ – первые на медленноспрединговом Срединно-Атлантическом хребте. Всего же более 280 активных гидротермальных районов обнаружено на дне Тихого, Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов, из которых 145 подтверждены прямыми наблюдениями на дне.

К настоящему времени разведано, пробурено (Nautilus Minerals Inc) и подготовлено к эксплуатации месторождение Solward 1 (Suzette) в бассейне Манус в Южной Пацифике. Это показало, что сульфидные руды океана можно добывать и использовать.

Работы российских коллективов на гидротермальных полях и открытие ряда рудных объектов на САХ [С.А. Черкашев, 2013] завершились признанием их важности и закреплением за Россией участка океанского дна (от 12 до 21° с.ш.) в качестве Российского разведочного района на срок 15 лет (17 сессия МОМД, 2012 г.).

Минералого-геохимические исследования выполнялись на образцах из коллекции ИО РАН, собранных и описанных при нашем непосредственном участии в 1988-2005 гг. в рейсах НИС «Академик Мстислав Келдыш» с двумя глубоководными аппаратами «Мир-1 и -2» на борту.

В последнее десятилетие появились новые коллекции гидротермальных образований, новые методы и приборы, позволяющие помимо основных минеральных руд изучать состав аксессуарных минералов и элементов-

микропримесей, присутствующих в малых и нано-количествах. К тому же мы являемся в известной степени монополистами в области изучения органических соединений в гидротермальных образованиях океана [Леин и др., 1989; Леин, Иванов, 2009] и располагаем количественными и изотопными данными по углеродным ($C_{орг}$, CO_2 , CH_4) и серным (SO_4 , H_2S , сульфиды металлов) соединениям.

Результаты исследования углеродного цикла в гидротермальных системах океана интересны для геологов-нефтяников и могут быть использованы при решении вопросов органического и неорганического происхождения углеводородов.

Исследованные нами рудные проявления относятся к поверхностным залежам. Часть из них расположена на базальтовом основании вокруг канала, подводящего гидротермальный раствор (Брокен Спур, Снейк Пит, ТАГ, Менез Гвен и Лаки Страйк). Три других рассматриваемых поля связаны с горячими (Логачев, Рейнбоу) и теплыми (Лост Сити) растворами и образованы при серпентинизации ультраосновных пород низов коры – верхов мантии [Богданов и др., 2006].

Литература:

- Francheteau J., Needham H.D., Chouroune P. et al. // *Nature*. 1979. V. 277. P. 523-528.
- Spieß F.N., Atwater K.C., Ballard R. et al. East Pacific Rise: Hot Springs and geophysical experiments // *Science*. 1980. V. 207. P. 1421-1433.
- Corliss J.B., Dymond J., Gordon L.I. et al. Submarine thermal springs on the Galapagos Rift // *Science*. 1979. V. 203. P. 1073-1083.
- Геологическое строение и гидротермальное образование хребта Хуан-де-Фука / Ред. А.П. Лисицын. М.: Наука, 1990, 200 с.
- Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Зоненшайн Л.П. и др. Гидротермальные проявления Срединно-Атлантического хребта на 26° с.ш. (гидротермальное поле ТАГ) // *Изв. АН СССР. Сер.геол.* 1989. № 12. С.320.
- Леин А.Ю., Гальченко В.Ф., Гриненко В.А. и др. Минеральный состав и геохимия пород с бактериальными обрастаниями из подводных гидротермальных построек // *Геохимия*. 1988. № 9. С. 1235-1248.
- Леин А.Ю., Конова Н.И., Лисицын А.П. Новые данные о природе нафтоидов гидротермальной системы Гуаймас (Калифорнийский залив) // *Докл. АН СССР*. 1989. Т. 305. № 1. С. 207-211.
- Леин А.Ю., Иванов М.В. Биогеохимический цикл метана в океане. М.: Наука, 2009. 576 с.
- Богданов Ю.А., Лисицын А.П., Сагалевиц А.М., Гурвич Е.Г. Гидротермальный рудогенез океанского дна. М.: Наука, 2006. 527 с.