

Экспериментальное изучение роли подземных вод в образовании малахита**Научный руководитель – Белов Константин Владимирович***Васильева Д.Э.¹, Черкинская М.А.¹*

1 - Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

Механизм образования малахита рассмотрен в ряде публикаций с различной детальностью [n1, n2, n3]. Приведенный обзор показывает, что единства в понимании процесса образования малахита до сих пор нет.

Для понимания природных процессов образования малахита и разработки методов синтеза важно понять гидрогеохимические условия его формирования. Целью исследований являлось получение минеральной формы, соответствующей составу и структуре малахита, в условиях, максимально приближенных к природным.

Для изучения влияния подземных вод на процесс образования малахита проведены аналитические термодинамические расчеты для следующих реакций:

- 1) $2 \cdot \text{CuSO}_{4\text{p-p}} + 4 \cdot \text{NaHCO}_{3\text{p-p}} + 19 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{ж}} = \text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{2\text{тв}} + 2 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_{10\text{тв}} + 3 \cdot \text{CO}_{2\text{г}}$
- 2) $2 \cdot \text{CuSO}_{4\text{p-p}} + 2 \cdot \text{CaCO}_{3\text{тв}} + 5 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{ж}} = \text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{2\text{тв}} + 2 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})_{\text{тв}} + \text{CO}_{2\text{г}}$
- 3) $2 \cdot \text{Cu}_{\text{тв}} + \text{O}_{2\text{г}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{ж}} + \text{CO}_{2\text{газ}} = \text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{2\text{тв}}$

Была установлена термодинамическая разрешимость реакций, в результате которых гипотетически может образовываться малахит.

Для проверки теоретических расчетов произведены экспериментальные работы. Были произведены следующие опыты: смешение растворов сульфата меди и гидрокарбоната натрия, смешение раствора сульфата меди и гидрокарбоната натрия в твердом состоянии, взаимодействие раствора сульфата меди и карбонатных пород, реакция металлической меди и воды.

По результатам проведенных опытов образование малахита произошло в ходе двух реакций: 1) при взаимодействии раствора медного купороса и гидрокарбоната натрия в твердом состоянии; 2) при взаимодействии металлической меди и воды.

Малахит не образовался при смешении растворов и при взаимодействии водных растворов и карбонатных пород. Однако, это противоречит данным по Гумешевскому месторождению на Урале, где участки с богатой малахитовой минерализацией тяготеют к контакту выветрелых сульфидных руд и подстилающих их мраморов.

По данным эксперимента, подземные воды должны иметь гидрокарбонатный натриевый состав. Гидрокарбонатные воды характерны для верхней части разреза, образуются при взаимодействии углекислого газа и атмосферных осадков. Источником натрия в подземных водах могут являться полевые шпаты, а также процессы континентального засоления, происходящие в условиях аридного климата.

Источники и литература

- 1) Керн Р., Вайсброд А. Основы термодинамики для минералогов, петрографов, геологов. М.: Мир, 1966.
- 2) Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. М.: ЦентрЛит-НефтеГаз, 2012.
- 3) Смирнов С.С. Зона окисления сульфидных месторождений. Ленинград-Москва: ОНТИ НКТП СССР, 1936