



Рис. 5. Одновершинные формы третьего типа на кристаллах циркона.



Рис. 6. Одновершинные формы четвертого типа на кристаллах циркона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бонштедт Э.М. Циркон Хибинских тундр // Изв. РАН, 1922. С. 341-358.
2. Волошин А.В., Лялина Л.М. Морфология и анатомия кристаллов циркона из силекситов и пегматитов архейской щелочногранитной формации Кольского региона // ЗВМО, № 2. 2004. С. 89-99.
3. Goldschmidt V. (1923) Atlas der Krystallformen. Band IX. Heidelberg: Winter.
4. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // Contributions to mineralogy and Petrology. 1980. V. 73. P. 207-220.
5. Vavra G. Systematics of internal zircon morphology in major Variscan granitoid types // Contributions to mineralogy and Petrology. 1994. V. 114. P. 331-344.

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУНГИТОВЫХ ПОРОД С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ КОНТАКТОВОГО МЕТАМОРФИЗМА МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ

Шведайте Т.Ю.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, evidence-89@mail.ru

Шунгитовые породы представляют собой природные углерод-минеральные композиционные материалы с нано- и микродисперсным распределением и характерной морфологией компонент. Геологический возраст пород порядка 2 млрд. лет. В состав минеральной части шунгитовых пород входят кварц, рудные минералы, такие как пирит, халькопирит, сфалерит, а также различные алюмосиликаты, такие как слюды, хлориты, амфиболы, полевые шпаты. Известно, что нестратифицированные (миграционные) шунгиты содержат от 1 до 99 % углерода (С) со следами кислорода (О), водорода (Н), серы (S) и азота (N). Шунгитовые породы обладают высокой прочностью, плотностью, химической стойкостью и электропроводностью.

Для исследований были отобраны 3 образца шунгитовых пород со скважины 71, расположенной в 2.9 км на юго-западе от деревни Малое Царево [1]. Образцы были взяты с разных глубин по разрезу наиболее представительных толщ углеродистого вещества.

Образец №1 – глубина 23.4 м (верх толщ на непосредственном контакте с туфоалевролитами), образец № 2 – глубина 36.7 м (середина толщ, удаленная от контактов с долеритом), образец № 3 – глубина 64.8 м (низ толщ на непосредственном контакте с долеритом).

Результаты, полученные методом дериватографии, показали, что содержание углерода в породе для всех отобранных образцов составляет порядка ~ 20 % (глубина 23.4 м – 21.6 %, глубина 36.7 м – 23.0 %, глубина 64.8 м – 18.2 %).

Для исследования шунгитовых пород с разной степенью контактового метаморфизма использовался метод рентгеновской дифракции. Рентгеновская дифракция (рентгенофазовый или рентгено-

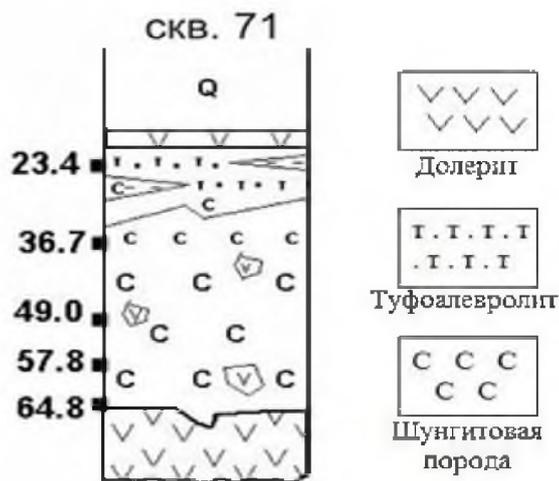


Рис. 1. Литолого-стратиграфическая колонка Нижнего Заонежья.

ях — изменение температуры, давления или газовой атмосферы.

Получение рентгенограмм образцов производилось с помощью порошкового рентгеновского дифрактометра ARL X'TRA-149. Прибор сконструирован по принципу вертикальной геометрии Брэгга – Брентано, что обеспечивает возможность горизонтального расположения проб.

Результаты качественного анализа образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Минеральный состав образцов по данным рентгенографии.

№ образца	Глубина, м	хлорит	кварц	альбит	кальцит	пирит	слюда	амфибол
1	23.4	++	+++	сл.	++	+	–	–
2	36.7	сл.	+++	+	–	+	–	сл.
3	64.8	++	++	+++	++	+	++	–

Для определения количественного содержания фазы в образце использовался пакет программного обеспечения Siroquant. Данная программа не требует специальных кристаллографических знаний для получения достоверных сведений о минеральной фазе анализа. Для подготовки проб шунгитовую породу перетирали вручную с ZnO (в качестве эталона) в пропорциях 0.9 г – шунгитовая порода и 0.1 г – ZnO.

На диаграмме представлены результаты определения количества углерода в процентах для образцов № 1-3.

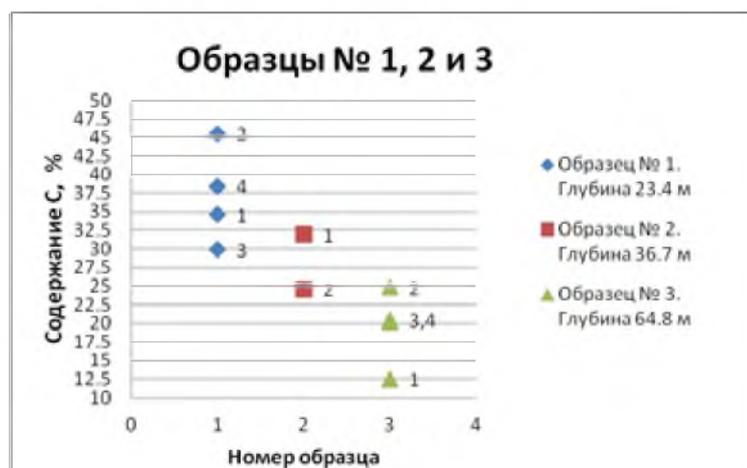


Рис.2. Процентное содержание углерода в образцах, подготовленных вручную.

Как показал эксперимент, процентное содержание углерода в образцах, определенное методом рентгеновской дифракции, превышает таковые значения, полученные методом дериватографии. Из графиков, представленных на рисунке 3 видно, что чем дольше шунгитовая порода перемешивалась

структурный анализ) — рассеяние рентгеновских лучей кристаллами (или молекулами жидкостей и газов) в результате взаимодействия рентгеновских лучей с электронами вещества, при котором из начального пучка лучей возникают вторичные отклоненные пучки той же длины волны. Рентгеновская дифракция широко используется в геологии. Она является универсальным неразрушающим методом анализа, предоставляющим информацию о структуре и фазовом составе различных материалов.

Возможности метода:

- Определение фазового состава пробы.
- Количественное определение известных фаз в смеси.
- Кристаллография – уточнение структуры кристаллов.
- Проведение анализа в различных условиях

Цифрами на диаграмме обозначены номера съемок.

Из диаграммы видно, что процентное содержание углерода в образцах варьируется независимо от съемки, и существенно отличается от результатов, полученных методом дериватографии. Поэтому, с целью проверки данных, было решено исключить человеческий фактор из процесса подготовки образцов. Для подготовки проб шунгитовую породу перетирали с ZnO в механической ступке в течении 30 минут, 1 часа и 2 часов при одной и той же мощности. На графиках представлены результаты нескольких съемок для всех проб.

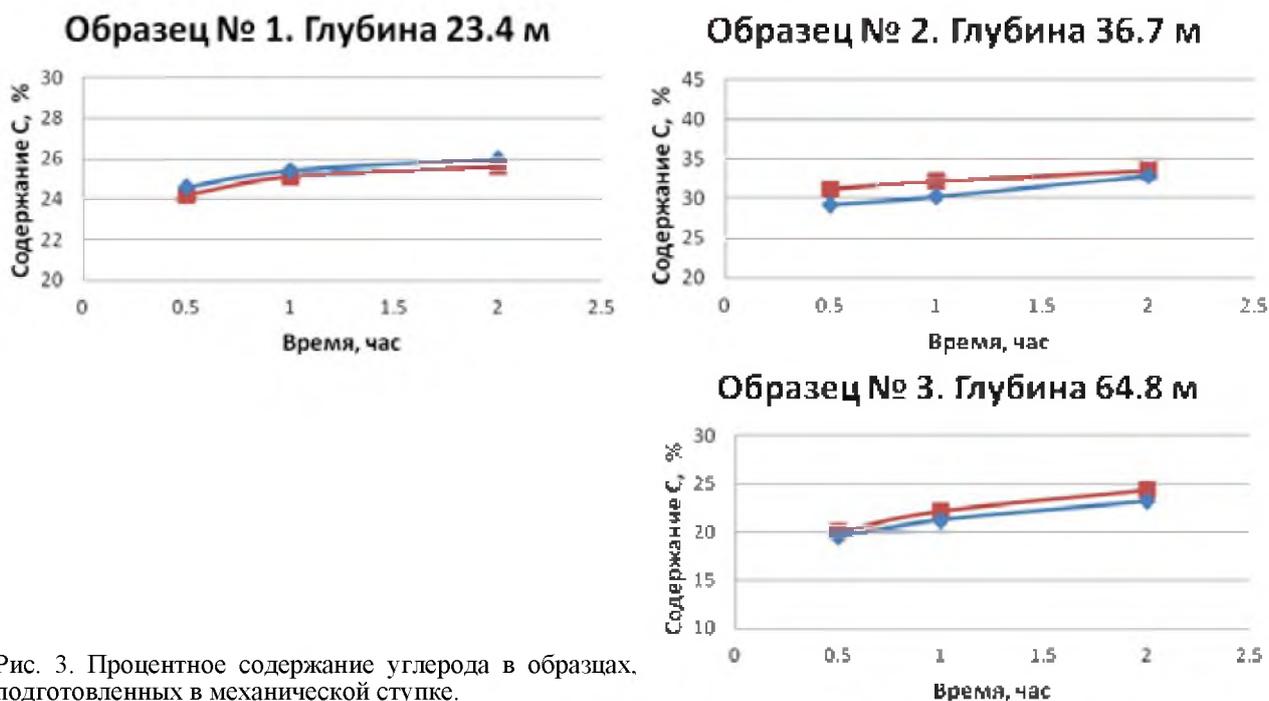


Рис. 3. Процентное содержание углерода в образцах, подготовленных в механической ступке.

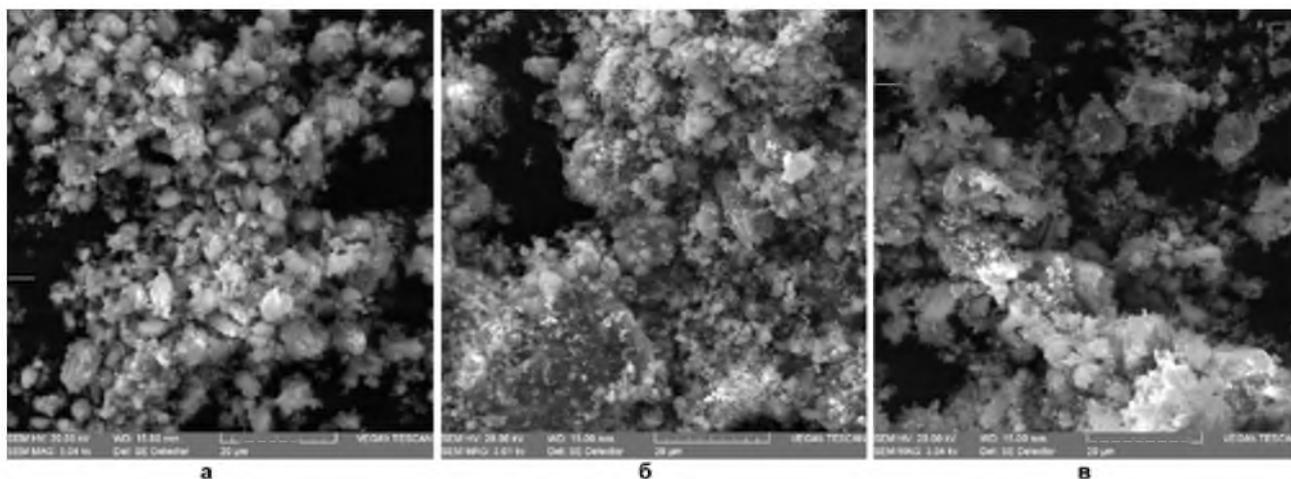


Рис. 4. Снимки поверхности образцов: а) № 1, глубина 23.4 м, б) № 2, глубина 36.7 м, в) № 3, глубина 64.8 м снятые на сканирующем электронном микроскопе VEGA при увеличении 3000.

с ZnO в механической ступке, тем выше значение содержания углерода, и тем больше отличие от данных, полученных методом дериватографии.

Разница в результатах, полученных двумя методами, может быть связана с разницей между самими методами. Методом дериватографии процентное содержание C определяется по потери веса сгоревшего свободного углерода, при этом структура самого углерода не учитывается. При определении количества C методом рентгеновской дифракции, на результат влияет не только коэффициент поглощения μ , но и структура самого вещества, например пористость [2].

Изменения морфологии минеральной части в образцах №№ 1-3 исследовались на сканирующем электронном микроскопе VEGA 11 LSH фирмы Tescan с энергетической анализирующей приставкой INCA Energy фирмы Oxford Instruments.

В образцах № 1 и 2 присутствуют частицы ZnO размерами чуть меньше 1 микрона, что с точки зрения рентгеновской дифракции является большим значением. Это может служить причиной несоответствия процентного содержания C, полученного при рентгеновской дифракции со значением, полученным при методе дериватографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалевский В.В., Галдобина Л.П., Лазарева Т.Н. и др. Гиперфуллереновое углеродистое вещество в шунгитовых породах Онежской структуры (Карелия) // Минералогия Докембрия. Матер. Всеросс. конф., 11-13 ноября 2009, Петрозаводск, 2009. С. 106-109.

2. Гинье А. Рентгенография кристаллов. Теория и практика. Гос. изд-во физико-математической литературы, 1961. С. 604.

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНОГО И ВЫРАЩЕННОГО МАЛАХИТА

Шуйский А.В., Петров Т.Г.

Санкт-Петербургский Государственный университет, alexshuyskiy@gmail.com

Под словом «малахит» на современном рынке подразумевается три продукта: природный, выращенный и имитации. Среди них стоит выделить имитации, поскольку они по составу и структуре – не малахит, и всегда, так или иначе, отличимы по удельному весу, цвету, рисунку камня, которым является природный и выращенный малахит. Что касается выращенного малахита, то неоднократно было показано, что он является полным аналогом природного [1-5], и его можно рекомендовать для производства любых традиционных изделий и как материал для реставрации исторических памятников архитектуры [6]. В качестве главных признаков отметим, что их дифракционные данные (по Базе Международного Центра дифракционных данных ICDD PDF-2) [7] и инфракрасные спектры полностью идентичны [8].

Тем не менее, многих покупателей-любителей и исследователей интересует вопрос об отличиях продуктов природы и промышленности, и как это можно выяснить, если они являются одним и тем же веществом. Метода, позволяющего точно ответить, является ли малахит выращенным, не существует. Однако есть ряд особенностей, связанных с технологией, по которым его можно в некоторых случаях распознать.

Особенности того и другого порождаются особенностями их формирования. Среди них наиболее общие – это условия порождения: составы среды и, соответственно, парагенезис, характер поверхности нарастания и колебания условий роста.

Производство требует, чтобы выход получаемого материала был максимальным, поэтому в целях повышения воспроизводимости процесс получения стандартизируется. По сути, это шаг против природы, так как там нет воспроизводимости, и именно поэтому рисунок природного обладает бесконечной неповторяемостью, чего нельзя сказать о выращенном. Однако, следует отдать должное методу его синтеза, поскольку выращиваемый малахит получается достаточно разнообразным, а технологические приёмы, которые позволят вообще уйти от повторяемости рисунка, на фирме “Женави” продолжают разрабатываться.

Природный малахит

Малахит обычно образуется при химической реакции между сульфатными растворами, возникающими при окислении сульфидных минералов меди, и карбонатными породами. Растворы стекают по неровным поверхностям трещин и карстовых полостей и отлагают малахит в виде слоёв и масс с почковидной поверхностью. Обязательное условие образования плотных масс малахита – наличие относительно большого пересыщения, в результате чего происходит расщепление кристаллов с последующим геометрическим отбором, который приводит к радиальному расположению кристаллов. При образовании в свободных условиях единичный агрегат мог бы иметь форму сферолита – шара, но нахождение на подложке и в соседстве с окружающими приводит к образованию конуса, вершина которого – зародыш, а основание – выпуклая поверхность нарастания. В целом, массивный малахит представляет собой плотное срастание игольчатых индивидов (агрегат), толщина которых не превышает сотых долей миллиметра.

Колебания пересыщения влекут изменения цвета нарастающего слоя. При более высоких пересыщениях образуется микросферолитовый малахит, который не обладает пливовостью (изменением интенсивности цвета при изменении ориентации образца относительно источника света и глаза). Цвет такого малахита всегда в светлых тонах: чем меньше субиндивиды в агрегате, тем он светлее [5].

Длительная работа по изучению формирования малахита в лабораторных и промышленных условиях позволяет с большой степенью уверенностью утверждать, что в природных условиях главным источником его рисунка является сезонно-климатические изменения, колебания температуры и вариации количества осадков, которые вместе определяют скорости реакции образования сульфата меди, его реакции с карбонатами и, соответственно, скорость роста кристаллов малахита, интенсивность их расщепления, толщину кристаллов и, соответственно, цвет слоя.