

2. Рожкова В.С., Ковалевский В.В., Кочнева И.В. и др. О возможности использования шунгитовых пород Карелии в водоподготовке // Горный журнал. 2012. № 5. С. 64-67.
3. Яковлев В.С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. М.: Химия, 1987. 152с.
4. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин (под ред. Татаринова П.М., Гейслер А.Н. Доминиковского В.Н. и др.). М.: Изд-во Госгеолтехиздат, 1957. 448 с.
5. Li Rui, Guo Zhou Yi, Zhuang Zheng Fei *et al.* Quantitative Analysis of Crystal Violet by Raman Spectroscopy // Spectroscopy-Eugene, 2012. V. 27. N. 3. P. 54-57.)
6. Ковалевский В.В., Галдобина Л.П., Лазарева Т.Н. и др. Гиперфуллереновое углеродистое вещество в шунгитовых породах Онежской структуры (Карелия). Матер. Всеросс. конф. Петрозаводск, 2009. С.106-109.

МИНЕРАЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ШУНГИТОВОГО СЫРЬЯ МАКСОВСКОЙ ЗАЛЕЖИ

Садовничий Р.В.

ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск, romanpost1@rambler.ru

Шунгитовые породы уже в течение долгого времени вызывают интерес у специалистов различных областей науки и техники. Связано это, во-первых, с возможностями их промышленного использования [1], а во-вторых, с выяснением генезиса данных пород [2]. Промышленная значимость шунгитовых пород определяется в первую очередь сочетанием в них специфического фуллереноподобного углерода [3], содержание которого варьирует от 5 до 98 % [2] и различных минералов (в основном кварца, силикатов, карбонатов и сульфидов). При этом размер минеральных зёрен колеблется от десятков мм до нм [4].

Основные запасы шунгитовых пород сосредоточены на территории Карелии и стратиграфически относятся к людиковийскому (заонежская свита) и калевийскому (кондопожская свита) надгоризонтам палеопротерозоя. В настоящее время основным объектом разработки шунгитовых пород является Зажогинское месторождение, в котором отдельно выделяют Максовскую залежь. Залежь находится в 3 км к юго-востоку от пос. Толвуйа (Медвежьегорский район); в плане имеет эллипсоидальную форму размером 500 на 700 м, а в разрезе представляет собой антиклинальную куполообразную структуру, имеющую максимальную мощность 120 м и частично срезанную эрозией. Как показали предыдущие исследования [5], шунгитовые породы залежи отличаются большой неоднородностью в составе и строении. По текстурным признакам среди них выделяют слоистые, массивные, трещиноватые и брекчированные разновидности [5]. Широкие вариации состава и свойств шунгитовых пород Максовской залежи являются негативным фактором при использовании их различных областях промышленности. В связи с этим возникает необходимость их детального изучения на микро- и наноуровне с целью выявления закономерностей в распределении различных минеральных фаз и выделения наиболее однородных и относительно постоянных по составу шунгитовых пород.

Объектами изучения в работе послужили образцы трёх разновидностей шунгитовых пород (массивной, трещиноватой и брекчированной), отобранные на Максовской залежи. Методами исследования являлись сканирующая электронная микроскопия (микроскоп «VEGA II LSH») с микрозондовым анализом (энергодисперсионный микроанализатор «INCA Energy 350»), с помощью которой изучались аншлифы и сколы породы; рентгенофазовый анализ (установка Arl X'tra X-ray Diffractometer с CuK α излучением). Перейдём к последовательному изучению полученных результатов.

Массивные породы выделяются макроскопически среди остальных пород благодаря своей однородной массивной текстуре и равномерному тёмно-серому – чёрному цвету; структура афанитовая, микрозернистая (рис. 1, а).

Микроструктура породы неравномернозернистая, основу составляют ксеноморфные зёрна кварца и силикатов (главным образом гидромусковита, в меньшей степени хлорита), погружённые в углеродный матрикс. Форма зёрен минералов различная, но в основном близкая к изометричной; размер варьирует от нескольких десятков мкм и ниже (в основном, меньше 10 мкм). Границы зёрен нечёткие, «изъеденные». Шунгитовый углерод выполняет функцию цементирующей массы, занимая пространство между зёрнами кварца и силикатов. Химический состав массивных пород, полученный с помощью микрозондового анализа (без углерода), следующий: SiO₂ 81-96 %, MgO 1-4.2 %, Al₂O₃ 1.8-7.2 %, K₂O 0.6-2.6 %, FeO 1.3-8 %, SO₃ 1-5.2 %, TiO₂ – до 1 %, CaO – до 0.7 %.

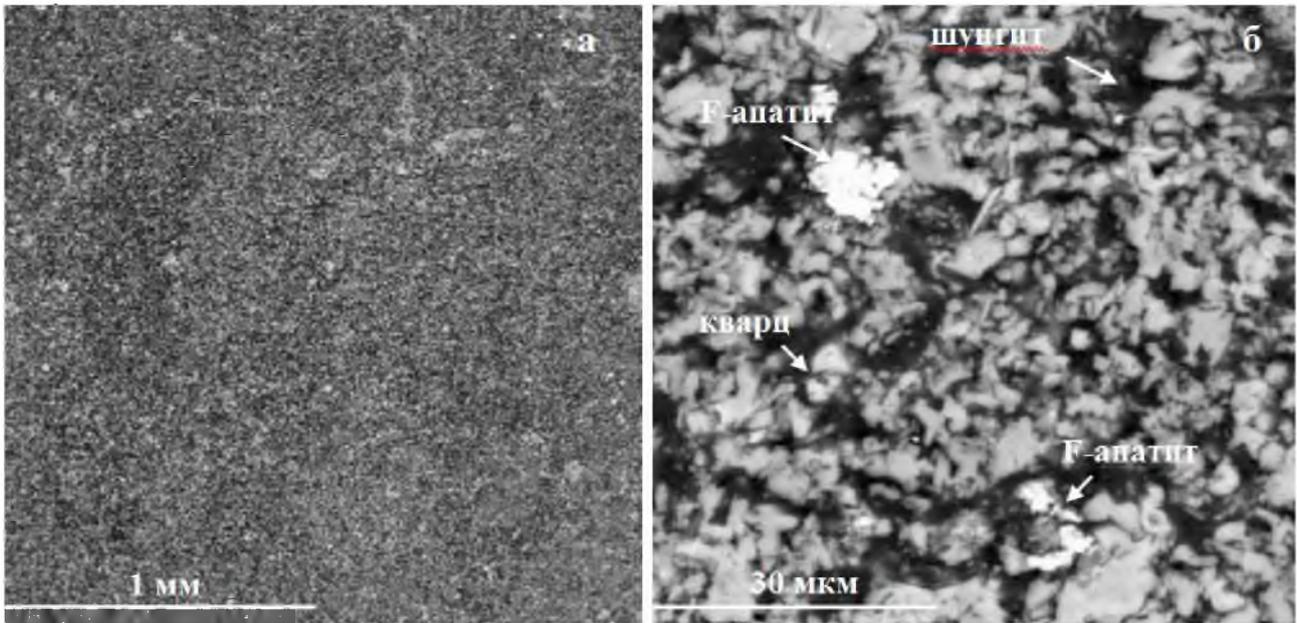


Рис. 1. Массивные шунгитовые породы.

Метод СЭМ и микроанализа позволяют нам оценить минеральный состав массивных пород. В изученных пробах были обнаружены следующие минералы: кварц, пирит, гидромусковит, калиевый полевой шпат, рутил, ярлонгит [6], молибденит, эпидот, биотит, халькопирит, хлорит, F-апатит, монацит, циркон, самородные железо, свинец, вольфрам, золото и др. Рентгенофазовый анализ образцов массивной породы показывает, что основными минералами в них являются кварц, мусковит (гидромусковит) и пирит. Результаты данных анализов согласуются между собой, и указывают на то, что массивные шунгитовые породы представляют собой относительно однородную «смесь» кварца, мусковита (гидромусковита), пирита и шунгитового углерода, по всей видимости, в виде плёнок окружающего зёрна минералов. При этом средний размер зёрен кварца и мусковита (гидромусковита) меньше 10 мкм, а зёрна аксессуарных минералов и пирита порой превышают в размере 100 мкм.

Трещиноватые породы отличаются от массивных развитой системой тонких трещин (прожилков) мощностью 1-3 мм, реже до 5 мм (рис. 2 а), разделяющих породу на обломки неправильной формы и разного размера (в среднем 0.5-1 см).

Обломки по своему химическому составу, изученному методом микрозондового анализа, и текстурно-структурным признакам соответствуют массивным породам, описанным выше. Система

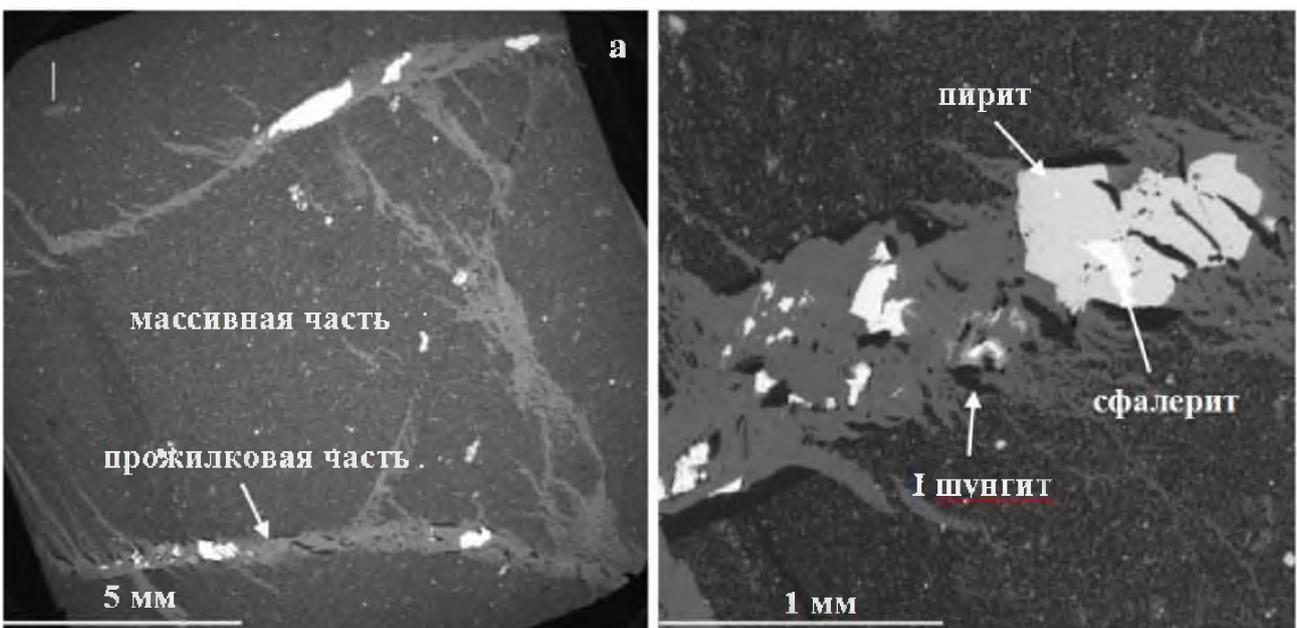


Рис. 2. Трещиноватые шунгитовые породы.

трещин в основном субпараллельная, реже ортогональная или неправильно ветвящаяся. Трещины имеют неровные края, от которых отходят многочисленные менее мощные ответвления, имеющие сложный и прерывистый характер распространения. Трещины выполнены шестоватыми агрегатами кварца, направленными перпендикулярно стенкам, часто с серицитом и мелкими линзовидными обломками породы [5]. В трещинах также содержатся такие минералы как пирит, сфалерит, ярозит, гематит, рутил, сера и др. (рис. 2 б), а также I шунгит [7]. При этом зёрна минералов часто имеют хорошо выраженную удлинённую форму.

Результаты исследований позволяют сказать, что трещиноватые породы представляют собой сочетание с одной стороны, массивной шунгитовой породы (массивная часть), с другой – пересекающих её прожилков, выполненных в основном кварцем и сульфидами (прожилковая часть) (рис. 2 а). Данное сочетание увеличивает степень неоднородности шунгитовых пород.

Брекчированные породы наиболее распространены на Максовской залежи [5]. Они хорошо выделяются среди остальных шунгитовых пород благодаря своей брекчиевой текстуре, которая характеризуется наличием обломочной и окружающей её цементной частей (рис. 3 а). По соотношению обломков и цемента породы делятся на сильнобрекчированные (50-60 % обломков), среднебрекчированные (60-70 % обломков) и слабобрекчированные (80-90 % обломков). По типу цемента выделяют две разновидности: кварц-шунгитовая брекчия (цемент породы представлен в основном кварцем, в меньшей степени слюдой, сульфидами и другими минералами) (рис. 3 а), и скрытая (шунгит-шунгитовая) брекчия, которая характеризуется тем, что обломки шунгитовых пород цементируются близким по составу веществом (кварц-шунгитовым цементом с меньшим относительно обломков содержанием углерода (рис. 3 б) [2].

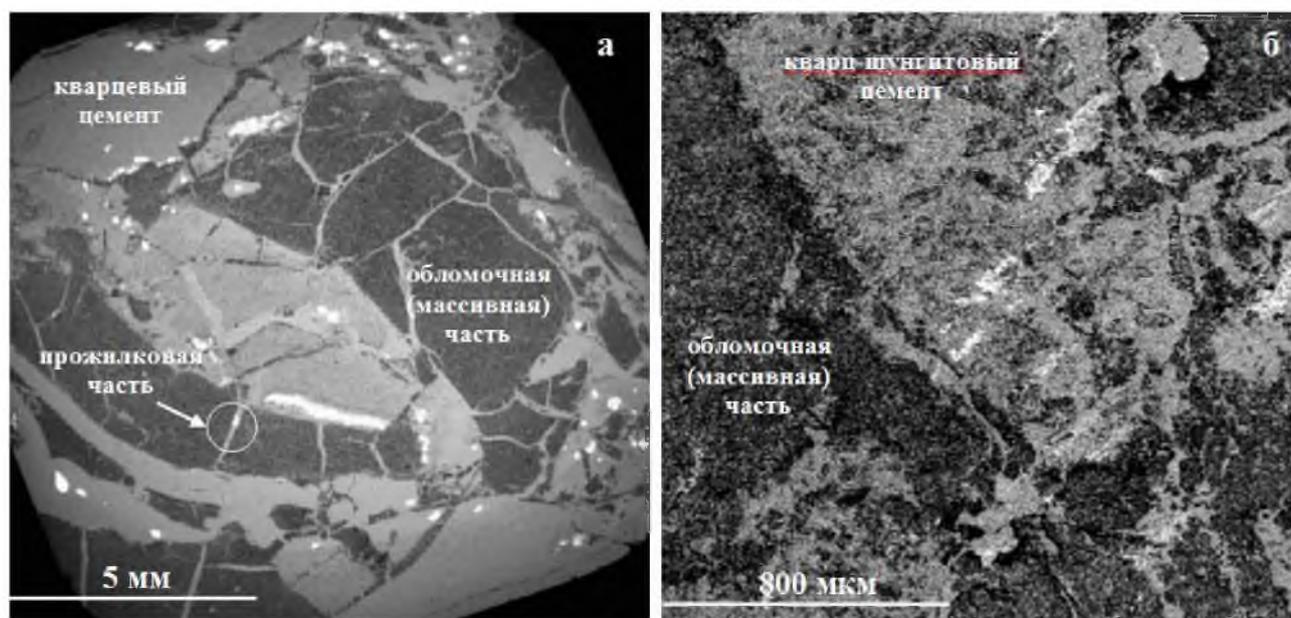


Рис. 3. Брекчированные шунгитовые породы.

Среди изученных образцов выделяются как шунгит-шунгитовые, так и кварц-шунгитовые разновидности (данное разделение не всегда бывает чётким – в некоторых случаях в породе наблюдались оба типа цемента). Во всех образцах обломочная часть представлена массивной или трещиноватой породой; форма обломков сложная, часто пламевидная, вытянутая, реже изометричная; границы обломков есть как чёткие и ровные, так и расплывчатые, извилистые, перистые. Обломки большей частью остроугольные, реже частично закруглённые, разноориентированные; размер в поперечнике – от 2 см и ниже.

Обломки массивной породы (массивная часть) окружены цементом (цементная часть), главным минералом в котором является кварц (в обоих типах цемента), также присутствуют пирит, сфалерит, молибденит, монацит, яронгит, рутил, I шунгит, халькопирит и др.

Минеральный и химический состав обломков по данным микронзондового анализа, а также их структура и текстура полностью соответствуют рассмотренным выше массивным и трещиноватым шунгитовым породам. Таким образом, брекчированные породы представляют собой сочетание трёх типов вещества: массивной (обломочной) части, цементной и прожилковой (рис. 3 а), что делает их самыми неоднородными из всех изученных шунгитовых пород (как на макро-, так и на микроуровне).

Исходя из результатов данных исследований, можно сделать вывод, что среди изученных образцов шунгитовых пород наиболее однородные по составу и строению относятся к массивной разновидности, наименее однородные – к брекчированной. В данных образцах удалось выделить три основных типа вещества (массивная часть, прожилковая и цементная), в различных соотношениях слагающие шунгитовые породы. При этом массивная часть, входящая в состав брекчированных и трещиноватых пород, по своему составу и строению аналогична массивным породам, слагающим отдельные участки Максовской залежи. Данные массивные шунгитовые породы являются наиболее однородными из всех изученных разновидностей, однако на микро- и наноуровне в них обнаруживается содержание широкого спектра рудных минералов.

Выражаю благодарность Щипцову В.В., Терновому А.Н. и Ининой И.С. за помощь в проведении работы.

Работа поддержана грантами ОНЗ РАН-5, РФФИ №13-03-00422 и МИК-2013 (У. М. Н. И. К.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин Ю.К., Калинин А.И., Скоробогатов Г.А. Шунгиты Карелии для новых стройматериалов, в химическом синтезе, газоочистке, водоподготовке и медицине. СПб.: Изд-во УНЦХ СПбГУ, ВВМ, 2008. 219 с.
2. Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2002. 282 с.
3. Ковалевский В.В. Шунгит или высший антраксолит? // Зап. РМО, 2009. № 5. С. 97-105.
4. Наноминералогия. Ультра- и микродисперсное состояние минерального вещества (под ред. Н.П. Юшкина, А.М. Асхабова, В.И. Ракина). СПб.: Изд-во Наука, 2005. 581 с.
5. Атлас текстур и структур шунгитоносных пород Онежского синклиория (ред. М.М. Филиппов, В.А. Мележик). Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2006. 80 с.
6. Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В. Ярлонгит – загадка происхождения // Минералогия во всём пространстве сего слова: проблемы укрепления минерально-сырьевой базы и рационального использования минерального сырья: Матер. год. собр. Росс. минер. об-ва и Фёдоровской сессии 2012. Санкт-Петербург: Изд-во Горный университет, 9-11 октября 2012. С. 163-165.
7. Борисов П.А. Карельские шунгиты. Петрозаводск, 1956. 92 с.

К МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ ЭКЛОГИТОВ ШИРОКОЙ САЛМЫ И КУРУ-ВААРА (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ БЕЛОМОРСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА)

Сидоров М.Ю., Волошин А.В.

ГИ КНЦ РАН, Апатиты, sidorov@geoksc.apatity.ru

В пределах Беломорского подвижного пояса (БПП) архейские и палеопротерозойские эклогиты были выявлены в районе с. Гридино (побережье Белого моря) – Гридинский неоархейский эклогитсо-держательный комплекс [1] и на Кольском п-ове в районе оз. Бабинская Имандра (Широкая Салма) – оз. Экоостровская Имандра – оз. Чалмозеро (карьер Куру-Ваара) [2].

Нами были изучены образцы эклогитов из карьера Куру-Ваара (KV-087-1 и KV-087-2) и образец, отобранный в районе Широкой Салмы (ШС-2-ВБ), любезно предоставленные Т.В. Каулиной и В.В. Балаганским (рис. 1. А и Б). Эклогиты из карьера Куру-Ваара сложены омфацитом (Omp) – 50 %, гранатом (Grt) – 40 %, роговой обманкой (Hbl) – 5 %, кварцем (Qrz) – 2 %, плагиоклазом (Pl) в келифитовых каймах вокруг зерен Grt – 2 %. Среди аксессуарных минералов (1 %) преобладает рутил (Rt), также отмечены зерна сульфидов, апатита (Ap), циркона (Zrn). Размеры минералов: Grt – от 0.2 до 1.0 мм, Omp – от 0.3 до 1.2 мм, Hbl – от 0.1 до 0.4 мм, Qrz – от 0.05 до 0.15 мм, Pl – от 0.1 до 0.2 мм. Вторичные изменения эклогитов из карьера Куру-Ваара (замещение Omp симплектитамы клинопироксена (Cpx) и Pl и келифитовые Pl-Hbl каймы вокруг Grt) проявлены незначительно и неравномерно даже в пределах одного образца. Структура эклогитов нематогранобластовая, пойкилитовая, текстура массивная (рис. 1 В и Г).

Образец эклогитов из Широкой Салмы сложен Grt (25 %), Omp (10 %), Pl и Cpx в симплектитамы по Omp (40 %), Hbl (20 %), Qrz (2 %), биотитом (Bt) (2 %). Аксессуарные минералы (1 %) представлены Rt, сульфидами, Ap и Zrn. Размеры минералов: Grt – от 0.2 до 1.4 мм, Omp – от 0.2 до 0.5 мм, Hbl –