

протекают с «большой полнотой» с образованием вулcano-плутонической ассоциации, породы которой отличаются большой пестротой геохимических характеристик из-за эволюции в «полузакрытой» системе. При этих условиях теплоперенос, осуществляемый флюидной фазой, а также процессы внутрикамерной дифференциации в магматическом очаге приводят к формированию крупного расслоенного плутона (Кусинско-Копанский комплекс), для которого характерно наличие субогласных со вмещающими габброидами пластообразных тел вкрапленных и массивных ильменит-титаномагнетитовых и титаномагнетит-ильменитовых руд.

В заключение необходимо отметить, что в таком регионе как западный склон Южного Урала, многократно испытавшем тектоно-магматическую активизацию, механизмы перераспределения рудного вещества полигенны и полихронны, а инверсии тектонического режима (с растяжения на сжатие) и гранитообразование, проявившееся уже в среднем рифее, усложняют картину рудогенеза. Тем не менее, связь между геодинамическим развитием региона и рудообразованием несомненна.

Работа выполнена при частичном финансировании по Программе РФФИ «Поволжье», грант № 08-05-97000 и проекту 1.2.5. Программы 14 Президиума РАН.

Литература

1. Бочкарев В.В. Рифейско-ордовикский субщелочной магматизм Урала стадии континентального рифтогенеза // Ежегодник-1998. ИГиГ. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. С. 98-101.
2. Зотов И.А. Трансмагматические флюиды в магматизме и рудообразовании. М.: Наука, 1989. 214 с.
3. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Методика изучения рудоносных структур в терригенных толщах. М.: «Недра», 1988. 254 с.
4. Иванов С.Н., Коротеев В.А., Пучков В.Н., Иванов К.С. Эволюция рифтовых систем Урала / Тектонические процессы / Докл. сов. геол. на XXVIII сес. Межд. конгр. (Вашингтон, июль 1989). М.: Наука, 1989. С. 154-163.
5. Ковалев С.Г., Высоккий И.В. Новый тип оруденения в докембрийских конгломератах западного склона Южного Урала // ДАН, 2004, № 4, т. 395. С. 503-506.
6. Ковалев С.Г. Позднедокембрийский рифтогенез в истории развития западного склона Южного Урала // Геотектоника, 2008, № 2, С. 68-79.

Гиперфуллереновое углеродистое вещество в шунгитовых породах Онежской структуры (Карелия)

Ковалевский В.В., Галдобина Л.П., Лазарева Т.Н., Чаженгина С.Ю.

Учреждение РАН Институт геологии Кар НЦ РАН, г. Петрозаводск, e-mail: kovalevs@krc.karelia.ru

Шунгитовые и шунгито-кремнистые породы Карелии представляют собой докембрийские образования, характеризующиеся настолько сложными проявлениями и структурно-морфологическими особенностями пород и углеродистого вещества, что их генезис до настоящего времени не является до конца установленным. Несмотря на длительную историю исследования шунгитовых пород, их соотношения с вмещающими вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями Заонежской свиты остаются изученными недостаточно. В основном исследования были направлены на изучение петрографических и геохимических особенностей этих пород в контактовой зоне. В данной работе нами были проведены исследования на нано-уровне, где в качестве индикатора физико-химических условий преобразования пород выступают структурные характеристики углеродистого вещества, основного компонента шунгитовых пород.

Наиболее изученными в настоящее время являются шунгитовые породы верхних горизонтов, в которых локализованы главные месторождения шунгитовых пород. В связи с этим особый интерес представляет исследование ассоциаций шунгитовых, шунгито-кремнистых и магматических пород нижнего горизонта Заонежья. В ходе поисковых работ после детальной разведки Максковского месторождения было пробурено несколько профилей, выполненных Купряковым С.И. [7] на площади 4-5 км², которые вскрыли нижнюю толщу Заонежской свиты. Для характеристики этой толщи мы вы-

брали скв. 71, расположенную в 2.9 км на ЮЗ от деревни Малое Царево, и 78, расположенную в 2.6 км на СЗ от северного конца озера Залебяжское. Эти скважины находятся на расстоянии 3.4 км друг от друга (скв. 78 расположена по направлению 140° на ЮВ от скв. 71) и вскрывают нижний горизонт шунгитовых и шунгито-кремнистых пород, соответствующий нижней части эталонного разреза первой пачки верхней подсвиты заонежской свиты людиковия [1, 2, 4, 5, 8] и участку ур. Лебещина [3].

В скважинах выявлена толща шунгитовых и шунгито-кремнистых пород, залегающих между двумя телами плагиопорфиритов с пластом туфоалевролитов между ними.

Верхняя часть разреза скважин представлена шунгитосодержащими туфоалевролитами с неравномерной горизонтальной слоистостью. Слои (1-2 мм) образованы обломками неправильной округлой формы, сложенными преимущественно кварцем, а также мелкозернистым хлорит-альбитовым агрегатом. Шунгитовое вещество, содержание которого не превышает 7%, сконцентрировано в кровле слоев. На контакте туфоалевролитов с шунгито-кремнистыми породами наблюдается увеличение содержания углерода (до 20 %), и соответственно увеличение мощности слоев шунгитового вещества и минеральной составляющей туфоалевролитов (до 3 - 4 мм). Контактная зона характеризуется повышенным содержанием сульфидов, которые представлены в виде прослоев, линз, иногда маркируют границы прожилков с углеродом и кальцитом. Границы контакта туфоалевролитов с шунгитокремнистыми породами извилистые, но четкие.

Шунгито-кремнистая порода представлена в основном углеродом, содержание которого составляет 10 – 15 %, и кварцем, образующим включения неправильной формы (от угловатой до округлой). Содержание углерода в шунгитовой породе, сменяющей шунгито-кремнистую породу ниже по разрезу, достигает 30 – 40 %. Минеральный состав этой породы представлен преимущественно хлоритом, альбитом и кварцем с второстепенными минералами кальцитом и флогопитом. Особенностью состава этих пород является повышенное содержание Na_2O (0,6 - 4 %) с преобладанием над K_2O (0,1 - 0,8 %). Это отличает породы нижнего горизонта Заонежья от шунгитовых пород месторождения Максово, для которых характерно повышенное содержание K_2O и SiO_2 .

В шунгитовой породе наблюдаются обломки плагиопорфиритов различные по размерам, от нескольких сантиметров до десяти сантиметров, и имеющие неправильную угловатую форму. Мощность шунгитовых и шунгито-кремнистых пород, залегающих выше контакта и содержащих обломки плагиопорфиритов, составляет 15-35 метров.

В подошве толщи выявлен резкий контакт плагиопорфиритов с шунгитовыми и шунгито-кремнистыми породами. В плагиопорфиритах на контакте с шунгитовыми породами наблюдается проникновение шунгитового вещества по сети тонких трещин. Контактная зона обогащена сульфидами и кальцитом, которые выделяются в виде прожилков.

Плагиопорфириты скважин 71 и 78, собственно в пластах и обломках имеют сходный химический и минеральный состав. По данным рентгенографического и микроскопического исследований основные минералы представлены альбитом, хлоритом и актинолитом. В качестве второстепенных минералов присутствуют пирит, сфен и апатит. Несмотря на сходство минерального и химического состава плагиопорфириты пластов и обломков скв. 71 и 78 различаются по своим структурно-текстурным особенностям. Микропорфировая структура отчетливо выражена для относительно крупнозернистых плагиопорфиритов пласта в подошве скважин 71 и 78, содержащих крупные вкрапленники плагиоклаза (до 1 - 2 мм). Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза и хлорита, нередко образующих тонковолокнистые игольчатые агрегаты. Для этих пород характерна миндалекаменная текстура, миндалины выполнены в основном кальцитом и хлоритом. Для плагиопорфиритов, наблюдаемых в обломках в шунгитовых породах скв. 71 и 78, характерно наличие мелкокристаллической основной массы, слабо хлоритизированной, с редкими лейстами плагиоклаза и миндалинами.

Структурно-морфологическое исследование углеродистого вещества осуществлялось с помощью электронной микроскопии и микродифракции. Были выбраны породы по разрезу наиболее представительных толщ углеродистого вещества скважин 71 и 78 соответственно на глубинах 64.8 и 107 метров (низ толщ на непосредственном контакте с плагиопорфиритом), 36.7 и 95.3 метров (середина толщ, удаленная от контактов с плагиопорфиритами) и 23.4 и 35.9 метров (верх толщ на непосредственном контакте с туфоалевролитами).

Молекулярная структура углеродистого вещества скважины 71, выявляемая по микродифракционным исследованиям, определяется пониженными для всех исследованных образцов межслоевыми расстояниями $d(002)$, близкими к 0.343 нм. Эти межслоевые расстояния при полном отсутствии трехмерных отражений характерны для наиболее упорядоченного углеродистого вещества

в ряду шунгитов, наблюдаемого во многих скважинах всех горизонтов на непосредственных контактах с потоками и дайками диабазов. Однако, в нашем случае, такое же межслоевое расстояние имеет и углеродистое вещество с уровня 36.7 м, удаленное от контактов с плагиопорфиритами. Подобие молекулярной структуры углеродистого вещества по разрезу шунгитовых пород может свидетельствовать о воздействии на весь поток еще до внедрения в тело плагиопорфиритов мощного теплового фактора. Вместе с тем, влияние контактов плагиопорфиритов на углеродистое вещество потока прослеживается в скважине 71 по изменению надмолекулярной структуры. Весьма необычная гиперфуллереновая надмолекулярная структура характерна для уровня 64.8 м (рис. 1а), а именно – наличие полых наносфер размерами порядка 100 нм и толщиной стенки до 10 нм (~ 30 графеновых слоев). Углеродистое вещество с горизонта 36.7 м характеризуется обычной для шунгитов глобулярной структурой, хотя и с более крупным размером глобул в пределах 20-40 нм (рис. 1б). Ранее было отмечено, что морфология надмолекулярных образований углеродистого вещества шунгитов связана с условиями образования. В частности, для шунгита Нигозера глобулы имеют форму близкую к сферической, для шунгитов Максова и Чеболакши, деформированы и вытянуты в преимущественном направлении. В этом плане, надмолекулярные образования углеродистых веществ с горизонтов 64.8 и 36.7 м близки по форме к сферическим, что свидетельствует о достаточно изотропной среде их образования. Напротив, в углеродистом веществе с уровня 23.4 м хорошо представлены волокнистые или лентоподобные морфоструктуры (рис. 1в), что может быть связано с анизотропной средой их формирования и обусловлено флюидами и подвижками вещества.

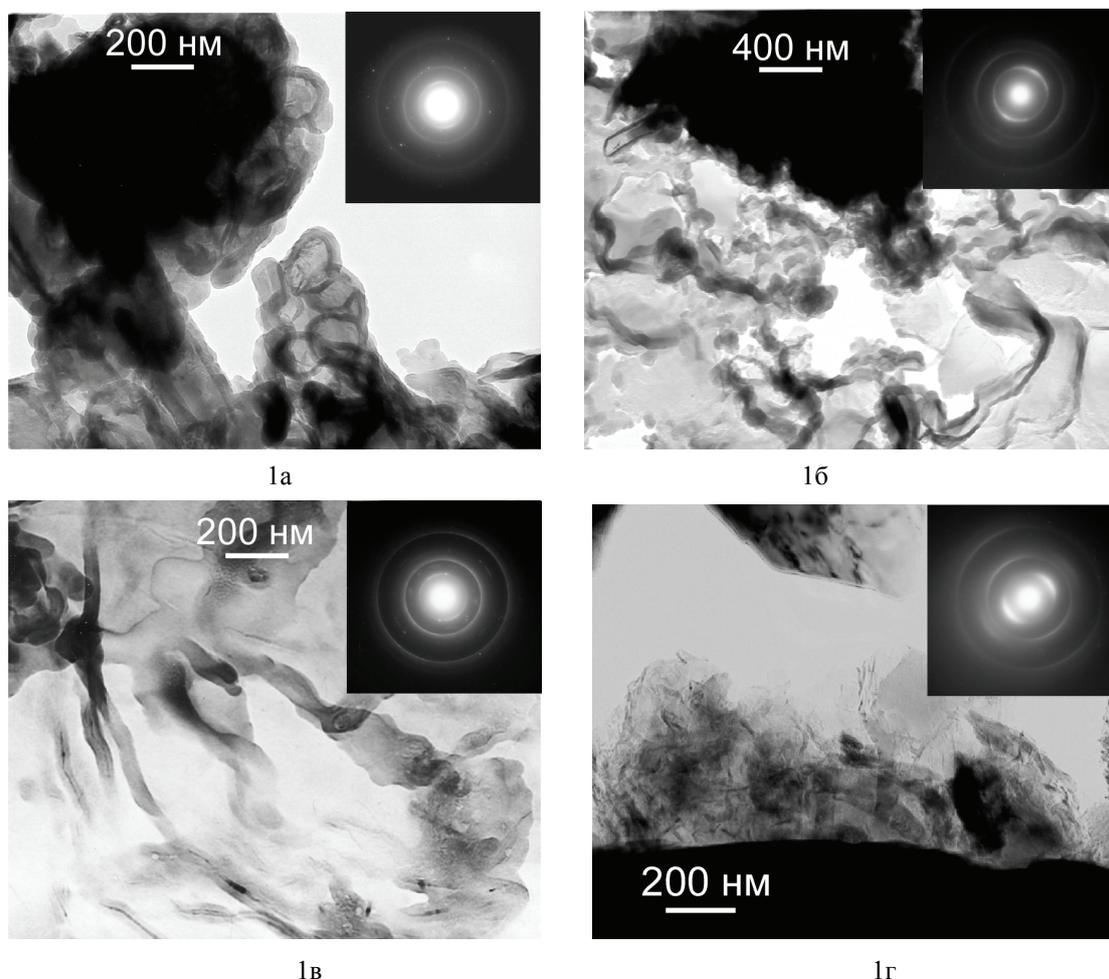


Рис. Электронномикроскопические снимки углеродистого вещества шунгитовой породы из скважин 71 и 78. Вставка на всех рисунках – микродифракционная картина соответствующего углеродистого вещества. а – скв. 71 на уровне 64.8 метров; б – скв. 71 уровне 36.7 метров; в – скв. 71 на уровне 23.4 метров; г – скв. 78 на уровне 35.9 метров.

Таким образом, результаты по надмолекулярной структуре углеродистого вещества исследованных образцов скважины 71 свидетельствуют о тепловом воздействии плагиопорфиров, вызвавшем образование полых нано-размерных углеродных частиц. Интересно отметить, что воздействие плагиопорфиров на углеродистое вещество было уже вторичным и не смогло повлиять на изменение параметров его молекулярной структуры.

Молекулярная структура углеродистого вещества скважины 78, определяется для всех образцов более высокими значениями межслоевых расстояний $d(002)$, близкими к 0.345 нм, что свидетельствует о его меньшей упорядоченности, чем в скважине 71. Такое же межслоевое расстояние имеет и углеродистое вещество с уровней 95.3 и 35.9 м, удаленное от контактов с плагиопорфиритами. Подобие молекулярной структуры углеродистого вещества по разрезу потока, также как и в скважине 71, может свидетельствовать о едином источнике его происхождения. Хотя следует отметить, что для уровня 35.9 м наблюдается явно выраженная анизотропия углеродистого вещества (вставка на рис. 1г), характерная, например, для шунгита Чеболакши. Важно отметить, что для всех уровней выявляется подобная надмолекулярная структура, определяемая наличием глобул размерами 10-20 нм, что свидетельствует об отсутствии теплового воздействия плагиопорфиров на углеродистое вещество. Отсутствие теплового воздействия свидетельствует о том, контакт углеродистого вещества осуществлялся с остывшими, сформировавшимися плагиопорфиритами, и, таким образом, плагиопорфириты не могли внедряться в углеродистое вещество. Нам остается только предположить, что шунгитовые породы, содержащие углеродистое вещество, или внедрялись в ослабленную зону на контакте туфоалевролитов и плагиопорфиров.

Анализ структурно-морфологических особенностей углеродистого вещества предполагает, что потоки шунгитового вещества подвергались различным предварительным воздействиям, возможно, тепловым. При этом взаимодействие шунгитовых пород и плагиопорфиров было различным для скважин 71 и 78, что нашло отражение и в структурных характеристиках углеродистого вещества, и в особенностях плагиопорфиров. Эти процессы, несомненно, требуют дальнейшего изучения. Однако с уверенностью можно сказать, что структурные характеристики углеродистого вещества являются индикаторами физико-химических условий образования, так как изменение его структурных параметров является прогрессивным и позволяет «сохранять информацию» в течение длительного времени и в широком диапазоне условий.

Литература

1. Галдобина Л.П. Глубинный углерод нижнего протерозоя Карелии как временной уровень формирования планеты // Палеовулканизм, вулканогенно-осадочный литогенез, гидротермализм и рудообразование докембрия, Петрозаводск, 2001. С. 72.
2. Галдобина Л.П. Заонежский вулканизм нижнего протерозоя Карелии, формирование тел шунгитовых пород // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Петрозаводск, 1999. С. 34.
3. Галдобина Л.П. Предполагаемый канал поступления углеводородных флюидов в нижнем протерозое Онежской структуры // Геология и рудогенез докембрия Карелии. Оперативно-информационные материалы. Петрозаводск, 1991. С. 18-23.
4. Галдобина Л.П. Металлогения шунгитсодержащих и шунгитовых пород Онежской мульды // Металлогения Карелии. Петрозаводск, 1987. С. 100-113.
5. Галдобина Л.П., Ковалевский В.В. Углерод Онежской структуры // Органическая минералогия. Материалы II Российского совещания по органической минералогии, 13-17 июня 2005 г., Петрозаводск, 2005. С. 47-49.
6. Геология шунгитоносных вулканогенно-осадочных образований протерозоя Карелии. Петрозаводск, «Карелия» 1982. 204 с.
7. Курьяков С.В. Отчет о результатах поисковых работ на шунгитовые породы, проведенные в Онежской мульде в 1985-1988 гг. Петрозаводск, 1988. Фонды КПСЭ "Севзапгеология".
8. Buseck P.R., Galdobina L.P., Kovalevski V.V., Rozhkova N.N., Valley J.W., Zaidenberg A.Z. Shungites: the C-rich rocks of Karelia, Russia // Canadian Mineralogist. 1997. V. 35. No. 6. pp.1363-1378.