

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОРОДАХ САФЬЯНОВСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Е. И. Сорока¹, Л. В. Леонова¹, В. П. Молошаг¹, А. А. Галеев², В. Г. Петрищева¹

¹ – *Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, soroka@igg.uran.ru*

² – *Казанский госуниверситет, г. Казань, Akhmet.Galeev@ksu.ru*

Сафьяновское колчеданное месторождение, расположенное в 10 км к северо-востоку от г. Реж, локализовано в пределах Восточно-Уральского поднятия в гидротермально-измененных вулканитах и вулканогенно-осадочных породах южной части Режевской структурно-формационной зоны. Главная залежь массивных колчеданных руд имеет длину 400 м, ширину до 140 м, и вскрыта карьером. Массивные медноколчеданные руды состоят, в основном, из пирита, халькопирита и сфалерита. В подчиненном количестве присутствуют блеклые руды (теннантит и тетраэдрит), дигенит, энаргит, фаматинит и галенит; редко встречаются марказит, пирротин, арсенопирит, золото. Медно-цинковые руды отличаются повышенным содержанием сфалерита и присутствием галенита. В прожилково-вкрапленных рудах, которые развиты преимущественно в серицит-кварцевых метасоматитах, сульфиды представлены пиритом и халькопиритом, в подчиненном количестве встречаются сфалерит, теннантит, энаргит, а к редким минералам относятся галенит, фаматинит, гессит, эмпрессит, тетрадимит, теллуrowисмутит, сульфотеллурид висмута.

Рудовмещающая толща представлена брекчированными, гидротермально-измененными девонскими риолито-дацитами [Коротеев и др., 1997] и вулканогенно-осадочными породами. В цементе пород часто отмечаются биоморфные образования, а также графит и следы ископаемого рассеянного органического вещества (РОВ) [Сорока и др., 2008]. В надрудной толще встречаются кремнисто-углеродистые отложения мощностью от 0.1 до 1.5 м, которые чередуются с вулканомиктовыми песчаниками и измененными вулканокластическими породами [Ярославцева, 2008]. Они нередко содержат прослойки сульфидов.

Изучение РОВ и характера его изменений позволяет решать вопросы генезиса и эволюции осадочных пород. Для изучения РОВ применяется метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и термический анализ. Применение метода ЭПР при исследовании ископаемого органического вещества основано на анализе парамагнитных углеродных радикалов, сопровождающих процессы деполимеризации и реполимеризации его молекулярной структуры, начиная с ранних стадий разложения и заканчивая продуктами высоких стадий метаморфизации. Этот метод позволяет выявлять сигналы ЭПР-радикалов без разрушения минеральной части пород. Предпосылкой применения этого метода к изучаемым породам послужили данные исследования осадочных морских отложений Волго-Уральского региона [Муравьев и др., 2006].

Исследования изучаемых пород проводились в лаборатории Физики минералов Казанского госуниверситета и лаборатории физико-химических методов исследования Института геологии и геохимии УрО РАН (оператор Ю. В. Щапова). Запись спектров исходных образцов и прогретых при температурах 350 и 600 °С в течение 30 мин. производилась при комнатной температуре в автоматическом режиме на портативных спектрометрах 3-см диапазона: ПС100.Х и DX/2.

В результате исследований углеродные радикалы (Rc-org) были установлены на спектрах ЭПР в образцах кремнисто-углеродистых пород (один из образцов был любезно предоставлен Н. С. Ярославцевой, ИМин УрО РАН) и тектонических брекчий. Наиболее отчетливые сигналы углеродного радикала наблюдались в кремнисто-углероди-

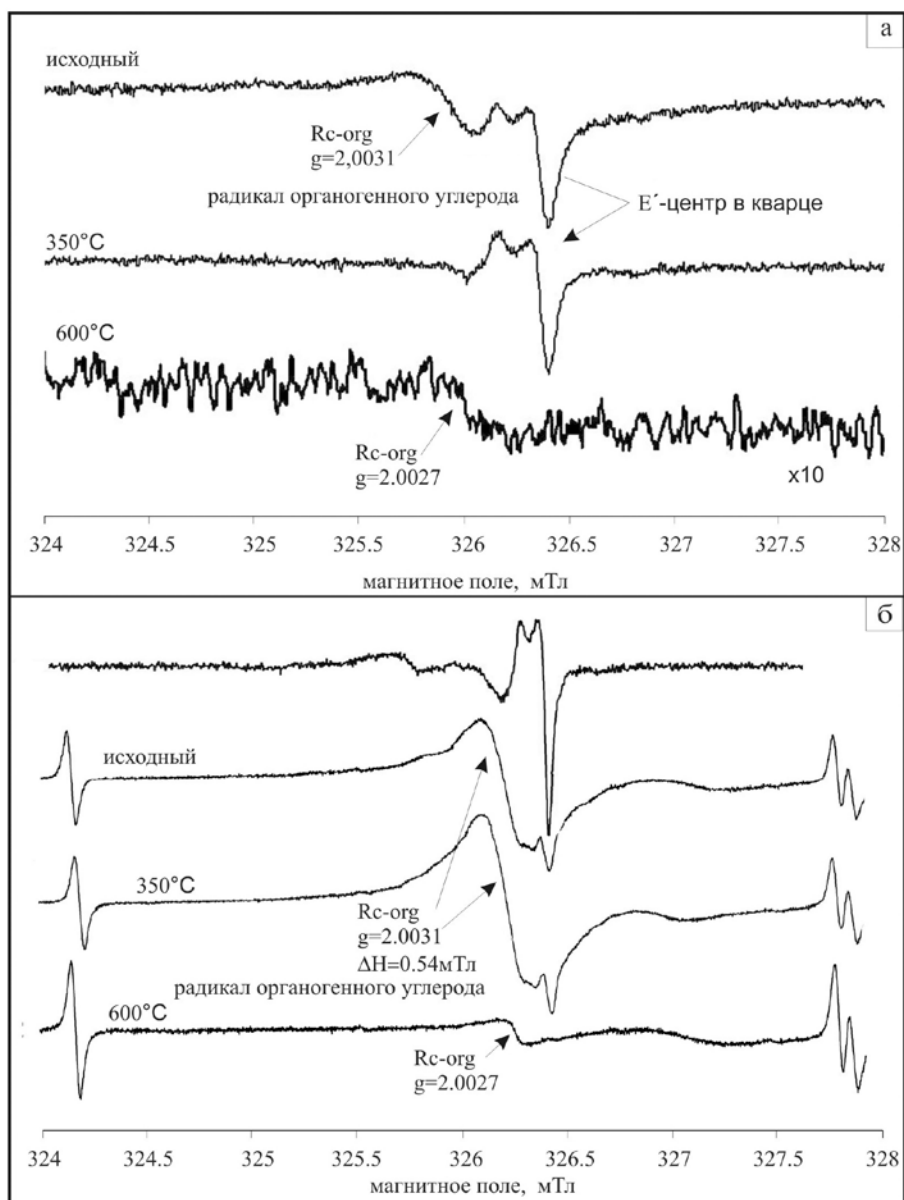


Рис. 1. Спектры ЭПР в области углеродного радикала (Rc-org) образцов: а – тектонической брекчии, обр. Саф 121 (съемка осуществлялась в лаборатории Физики минералов Казанского госуниверситета); б – кремнисто-углеродистой породы, обр. Сф 13/07 (съемка осуществлялась в лаборатории физико-химических методов ИГГ УрО РАН, оператор Ю. В. Щапова), снятые при комнатной температуре и после предварительного нагрева до 350 °С и 600 °С (Средний Урал, Сафьяновское медноколчеданное месторождение, карьер Главной рудной залежи).

стых образованиях (рис. 1б), а также в более темной части цемента брекчии (рис. 1а). В исходных образцах (съемка при комнатной температуре) и прогретых до 350 °С одиночная линия характеризуется положением в спектре с $g \sim 2.0031 \pm 0.0001$ и шириной ~ 5.4 Гс (0.5 мТл) (рис. 1б). При нагреве пробы более 350 °С эта линия практически исчезает, что более заметно в образце брекчии (рис. 1а). Такое поведение сигнала углеродного радикала свидетельствует о наличии остатков органического вещества, претерпевшего метаморфизацию в природных условиях под воздействием температуры не выше 300 °С. Объясняется это тем, что образование радикала в его наименее полимеризованной компоненте практически завершено, тогда как в наиболее термически устойчивой компоненте, обогащенной ароматической составляющей, оно не достигло ещё своего максимума. По расчетным данным, в исходном образце кремнисто-углероди-

стых пород концентрация углеродного радикала получается достаточно высокой, практически, как в некоторых углях – $(1.2 \cdot 10^{18})$ спин/грамм. Она почти не изменяется и после нагрева образца до 350 °С, что может свидетельствовать о зрелости угля, близкого к антрациту [Хасанов и др., 2004].

При съемке образцов, нагретых до 600 °С, появляется слабая линия спектра, характеризующаяся $g = 2.0027 \pm 0.0001$ (рис. 1а, б). Сигналы с такими характеристиками свойственны остаткам органического вещества животного ряда, в частности, фрагментам скелетной части ископаемой фауны, они также встречаются в карбонатных породах и углях высокой степени метаморфизма. Следует отметить, что в обугленных растительных остатках может присутствовать вещество животного ряда за счет деятельности, например, гнилостных микроорганизмов (бактерий) на ранних стадиях седиментогенеза [Хасанов и др., 2004]. Сохранность фрагментов ОВ достигается, вероятно, их консервацией в минеральных новообразованиях. Нужно отметить, что в исследованных образцах органика не отделена от минеральной части породы. В минеральной части присутствуют, в основном, кварц, а также в незначительном количестве хлорит, кальцит, гематит, альбит и слюдястые минералы [Ярославцева, 2008].

Термический анализ образца кремнисто-углеродистых пород Сафьяновского месторождения, выполненный в ИГГ УрО, показал присутствие ОВ трех типов: 0.4 % составляет слабометаморфизованное органическое вещество растительного происхождения, которое выгорает при 200–330 °С. При 320–700 °С выгорает 5.9 % органики, которую можно отнести к горючим сланцам. И, наконец, определено 0.3 % графита, который выгорает при 700–900 °С (рис. 2).

Таким образом, применение физических методов для изучения органического вещества в породах Сафьяновского медноколчеданного месторождения позволило определить растительное происхождение ОВ и степень его метаморфизации как в рудовмещающей, так и в надрудной толще месторождения, что, в свою очередь, позволит уточнить происхождение пород рудовмещающей толщи и геологическую историю месторождения.

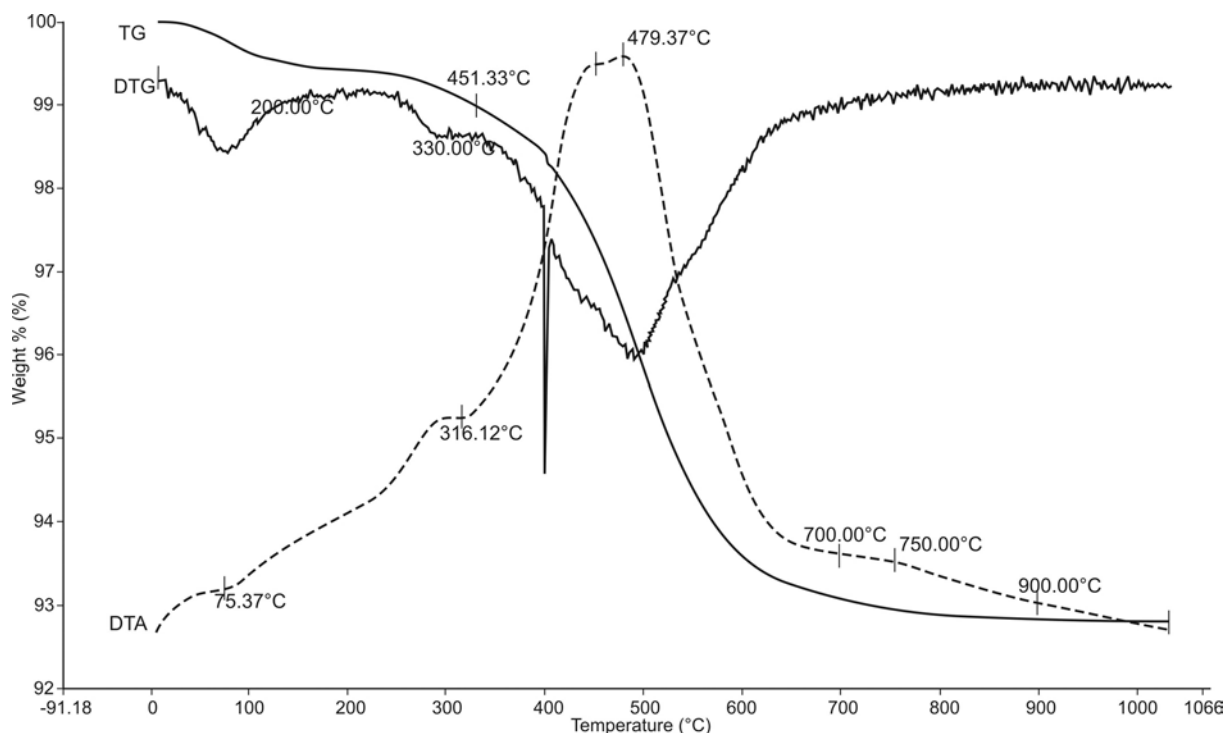


Рис. 2. Термограмма образца кремнисто-углеродистой породы, обр. Сф 13/07 (Средний Урал, Сафьяновское медноколчеданное месторождение, карьер Главной рудной залежи).

Литература

Кортеев В. А., Язева Р. Г., Бочкарев В. В. и др. Геологическая позиция и состав Сафьяновского меднорудного месторождения на Среднем Урале // Путеводитель геологических экскурсий. Екатеринбург: ГГГ УрО РАН, ИГЕМ РАН, 1997. 54 с.

Муравьев Ф. А., Винокуров В. М., Галеев А. А., Булка Г. Р., Низамутдинов Н. М., Хасанова Н. М. Парамагнетизм и природа рассеянного органического вещества в пермских отложениях Татарстана // Георесурсы, 2006. № 2 (19). С. 40–45

Сорока Е. И., Молошаг В. П., Леонова Л. В. Глиноземистые породы Сафьяновского колчеданного месторождения (Средний Урал) // Рудогенез. Матер. межд. конф. Миасс, 2008. С. 297–301.

Хасанов Р. Р., Галеев А. А. Минералообразующая роль захороненных растительных остатков в процессе гидрогенного медного рудогенеза // Изв. вузов. Геология и разведка, 2004. № 1. С. 18–22.

Ярославцева Н. С. Характеристика рудовмещающей толщи Сафьяновского медноколчеданного месторождения, Средний Урал (на примере кремнисто углеродистых отложений) // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли. Матер. 5-го Всеросс. Литологического совещания. Т. II. Екатеринбург, 2008. С. 476–479.