

Использование термического анализа углеродистых сланцев при прогнозировании золотого оруденения (на примере Белорецкого метаморфического купола, Южный Урал)

Сначёв А.В.

Институт геологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа, Российская Федерация

SAVant@rambler.ru

Аннотация: В статье кратко рассмотрено геологическое строение Белорецкого зонального метаморфического комплекса; перечислены свиты, в состав которых входят углеродистые отложения, приводится описание формы нахождения в них углеродистого вещества, изменение его физических свойств и химического состава в процессе контактового и регионального метаморфизма. На основе термического метода изучения углеродистых сланцев зигазино-комаровской свиты установлено, что экзотермический эффект в них происходит в диапазоне температур 630-730 °С, что соответствует зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фациям метаморфизма. Построение карт изолиний значений температур преобразования пород в пределах Белорецкого метаморфического комплекса, а также анализ закономерностей размещения золоторудных объектов в его пределах, позволили привязать золоторудную минерализацию к определенному температурному интервалу, что дает возможность с минимальными затратами оценить перспективы углеродистых отложений Белорецкого метаморфического комплекса на золото и наметить конкретные площади на его поиски.

Ключевые слова: Белорецкий метаморфический купол, Южный Урал, метаморфизм, углеродистые сланцы, черные сланцы, термический метод, рудоносность, золото, благородные металлы, фация зеленых сланцев, зигазино-комаровская свита.

Белорецкий зональный метаморфический комплекс расположен в восточной части Башкирского мегантиклинория в пределах Маярдакского антиклинория. Он подковообразно огибает северное замыкание Зилаирского синклинория и протягивается в северо-восточном направлении на расстоянии около 120 км при ширине от 20 до 40 км. Сложен комплекс ниже-средне- и верхнерифейскими отложениями, общая мощность которых составляет, по данным различных исследователей, от 4 до 5 км (Алексеев, 1984). Исходными породами комплекса являются преимущественно песчано-глинистые, карбонатные и углеродистые отложения, заметно реже – интрузивные тела и эффузивы основного состава. В поздневендское (?) время породы испытали метаморфизм под действием расположенного на глубине крупного гранитного или гранитно-мигматитового интрузивного тела, четко фиксируемого геофизическими методами, в результате чего сформировался зональный метаморфический комплекс, центральная часть которого (диаметр 7-8 км) сложена образованиями эклогитовой фации метаморфизма, промежуточная (ширина 2-10 км) – амфиболитовой и внешняя – зеленосланцевой (ширина 15-20 км) (Алексеев и др., 2009). Углеродистые отложения развиты в юшинской, машакской, зигальгинской и зигазино-комаровской свитах. Их положение в разрезах и литологический состав довольно подробно рассмотрены в монографии А.В. Сначёва и др. (2012) и здесь не приводятся.

Наиболее широким распространением углеродистые сланцы пользуются в составе зигазино-комаровской свиты (RF₂zk). Сложена она в переменных соотношениях хлорит-серицит-кварцевыми, слюдисто-кварцевыми, слюдисто-полевошпат-кварцевыми сланцами, кварцевыми алевролитами и песчаниками, обогащенными углеродистым веществом и по петрохимическим особенностям относящиеся к терригенно-углеродистой формации (Сначёв, 2015). В сланцах очень часто наблюдается сульфидизация от единичных вкрапленных зерен пирита до образования сульфидных прожилков мощностью до 1 см при содержании сульфидов в породах до 25-30%. Чаще всего в обнажениях и элювиально-делювиальных развалах встречаются в той или иной степени выветрелые породы, в которых на месте первичных сульфидов остаются либо пустоты кубического габитуса, либо образуются зоны кавернозной текстуры, интенсивно ожелезненные. При дальнейшем выветривании на месте таких пород образуются бурые железняки.

Результаты термического анализа (Rock-Eval) углеродистых сланцев зигазино-комаровской свиты Белорецкого метаморфического комплекса показали содержания C_{орг} от 0,76 до 7,22 %, что позволяет отнести их к низкоуглеродистому, реже углеродистому типам. В генетическом отношении углеродистое вещество рассматриваемых пород относится к седиментационно-диагенетическому типу и представлено тонкорассеянной формой выделения. Частицы размером не более 0,005 мм равномерно пропитывают всю массу породы или концентрируются в виде пятен, неправильных и линзовидных скоплений. Такая форма нахождения углеродистого вещества свидетельствует о сингенетичности первичных скоплений C_{орг} и осадка (Сидоренко, Сидоренко, 1971). В результате исследований разновозрастных углеродсодержащих отложений Дальнего Востока В.П. Ивановой и др. (1974) была установлена зависимость между температурой выгорания рассеянного органического вещества и степенью метаморфизма пород. Причем, по мере возрастания регионального метаморфизма закономерно увеличивается температура выгорания C_{орг}.

Термогравиметрический анализ углеродистых сланцев зигазино-комаровской свиты проводился на дериватографе Q-1500 (Венгрия) (аналитик Т.И. Черникова, ИГ УНЦ РАН). Нагрев осуществлялся на воздухе от 20 до 1000 °С со скоростью 10 °С/мин. Для анализа отбирались образцы наименее измененных пород за

пределами зон интрузивных экзоконтактов и интенсивной тектонической переработки, что позволило исключить их влияние и реконструировать степень именно регионального метаморфизма.

Для сланцев зигазино-комаровской свиты экзотермический эффект происходит в диапазоне 630-730 °С, что соответствует биотит-мусковитовому (фашия зеленых сланцев) и близок к ставролит-андалузит-биотитовому уровню метаморфизма (эпидот-амфиболитовая фашия) (Блюман и др., 1974).

Следует отметить, что больший интерес представляют не абсолютные цифры, а распределение температур по площади. Построение карты изолиний значений температур экзотермического эффекта (метод интерполяции Kriging) позволяет по результатам термогравиметрического анализа выделить зоны с различной степенью метаморфических преобразований. Причем, полученная таким путем граница зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаший для сланцев зигазино-комаровской свиты, проведенная по изолинии в 660 °С, вполне согласуется с таковой полученной А.А. Алексеевым при построении карты метаморфической зональности Белорецкого метаморфического комплекса. Им граница между амфиболитовой и зеленосланцевой фашией проводилась по изограде граната, а внешняя граница зеленосланцевой по изограде биотита (Алексеев, 1984).

Боле того, в результате обработки собранного опубликованного и фондового материала по золотонности углеродистых отложений Белорецкого метаморфического комплекса и его обрамления, а также порядка 200 анализов собственных штучных и бороздовых проб, выявилась очень четкая закономерность размещения повышенных содержаний золота, все точки с промышленными значениями золота укладываются в область развития пород с зеленосланцевой фашией метаморфизма (Сначёв, Сначев, 2014).

Механизм перераспределения благородных металлов детально рассмотрен в экспериментальной работе Л.П. Плюсниной и др. (2011). Метаморфизм углеродистого вещества сопровождается генерация водно-органического олеофильного флюида-мобилизата, газовых фаз и твердого керогена. При этом часть благородных металлов мигрируют за пределы вмещающих пород вместе с мобилизатом, а часть концентрируется в оставшемся объеме керогена. Завершается процесс кристаллизацией графита по керогену при температуре 500 °С, при этом его сорбционная емкость достигает своего максимума в 2700 г/т и 1000 г/т для Au и Pt соответственно. В самом графите при дегазации образуются поры и пустоты сечением от 200 до 500 мкм, образующие мелкоячеистый пористый каркас. Как следствие, пласты пород с подобным графитом разуплотняются, что повышает их проницаемость для рудоносных растворов, а восстановительная обстановка способствует рудной минерализации и благоприятствует внедрению метало-фуллеренов между плоскостями (002).

По данным А.И. Ханчука и др. (2009), ранней формой выделения платины являются тонкодисперсные агломераты, размером единицы-десятки микрон, содержащие в своем составе углерод и большое количество других элементов. Последующее усиление метаморфизма и, возможно, переотложение ведут к частичному очищению благородных металлов от примесей и формированию пластинчатых и кристаллических форм.

Таким образом, проведенная работа показывает возможность использования достаточно дешевого термогравиметрического анализа при прогнозе золотого оруденения в метаморфизованных углеродистых толщах. Золоторудные объекты, имея четкую приуроченность к зеленосланцевой фашии (Сначёв и др. 2013), в большинстве случаев концентрируются вблизи или почти на границе с амфиболитовой фашией метаморфизма.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Поволжье № 14-05-97005.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А.А. Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М.: Наука, 1984. 136 с.
- Алексеев А.А., Ковалев С.Г., Тимофеева Е.А. Белорецкий метаморфический комплекс / Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. – 210 с.
- Блюман Б.А. Дьяконов Ю.С., Красавина Т.Н., Павлов М. Г. Использование термо- и рентгенографических характеристик графита для определения уровня и типа метаморфизма. Зап. Всесоюз. Минералог, о-ва, 1974, ч. 103, вып. 1, с. 95- 103.
- Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розинова Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород Л. : Недра, 1974. – 399 с.
- Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Кузьмина Т.В. Графитизация и нафторудогенез / Литосфера, 2011, №5. С. 111-116.
- Сидоренко А.В., Сидоренко Св.А. Органическое вещество в докембрийских осадочно-метаморфических породах и некоторые геологические проблемы. – “Сов. геология”, 1971, №5, с. 3-20.
- Сначёв А.В. Геология и петрохимические особенности углеродистых отложений зигазино-комаровской свиты Белорецкого метаморфического купола (Южный Урал) / Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Пермский ГУ, Пермь, 2015. С. 328-333.
- Сначёв А.В., Сначёв В.И., Рыкус М.В., Савельев Д.Е., Бажин Е.А., Ардисламов Ф.Р. Геология, петрогеохимия и рудоносность углеродистых отложений Южного Урала / Уфа. ДизайнПресс, 2012. 208 с.
- Сначёв В.И., Сначёв А.В. Закономерности размещения золоторудных проявлений в углеродистых отложениях Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал) // Вестник ВГУ. 2014. №2. С. 79-87.
- Ханчук А.И., Бердников Н.В., Черепанов А.А., Коновалова Н.С., Авдеев Д.В. Первые находки видимых

платиноидов в черносланцевых толщах Буреинского массива (Хабаровский край и Еврейская ОА) / Доклады академии наук, 2009, том 424, №5, с. 672-675

The use of thermal analysis of carbonaceous shales in predicting the gold mineralization (for example Beloretsk metamorphic dome, Southern Urals)

Snachev A. V.

Institute of Geology Ufa Science Centre Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation

SAVant@rambler.ru

Abstract: It briefly discusses the geological structure Beloretsk zonal metamorphic complex; listed formation, which include carbon deposits, describes the shape of finding the carbonaceous material change in its physical properties and chemical composition in the process of contact and regional metamorphism. Based on the thermal method for studying carbon shale zigazino-komorowski suites found that exotherm occurs in them in the temperature range 630-730 °C, which corresponds to the greenschist and epidote-amphibolite facies metamorphism. Construction of contour maps of temperatures transformations of rocks within the Beloretsk metamorphic complex and analysis of regularities of gold objects within it, allowed to bind gold mineralization to a certain temperature range, which makes it possible to cost-effectively assess the prospects for carbon deposits Beloretsk metamorphic complex of gold and outline specific areas in search of him.

Key words: Beloretsk metamorphic dome, Southern Urals, metamorphism, carbonaceous shale, black shales, thermal method, ore-bearing, gold, precious metals, greenschist facies, zigazino-komorowski formation.