

М. Ю. Ровнушкин, О. Б. Азовскова
Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург
rovn@list.ru

**Органическое вещество брекчированных руд
Воронцовского золоторудного месторождения, Урал**

Широко известный в мировой литературе «карлинский» («невадийский») золото-ртутно-мышьяковый тип месторождений является одним из ведущих в мире как по запасам золота, так и по количеству объектов. Основная часть месторождений

этого типа расположена на территории США (Карлин, Кортец, Гетчелл, Белл, Ноксвилл, Нью-Идрия); известны объекты, отнесенные к этому типу в Канаде, Китае, Перу, Югославии, Австралии, Филиппинах, Греции, Турции, России. Характерными особенностями золотого оруденения данного типа являются приуроченность к фронтальным частям крупных надвигов среди карбонатных и кремнисто-карбонатных пород, наличие золото-сульфидной минерализации, представленной тонкозернистыми сульфидами с субмикронным или изоморфным золотом, золото-ртутно-таллиево-мышьяковый геохимический спектр руд, наличие зон повышенной проницаемости (брекчирования и катаклаза), аргиллизитовый тип околорудного метасоматоза и ряд других. Помимо этого, в ряде зарубежных исследований, посвященных минералогии месторождений этого типа, в качестве одного из компонентов руд указывается рассеянное органическое вещество (РОВ) [Radtke, 1985; Radtke, Scheiner, 1970; Li, Peters, 1998; Almrda et al., 2010] и обращается внимание на его возможную взаимосвязь с золотым оруденением. В то же время, почти нигде не установлены четкие параметры количественных взаимоотношений рудных компонентов с концентрациями органического углерода и веществным составом РОВ.

Так, К. М. Алмейда с соавторами [Almeida et al., 2010], рассматривая минерало-геохимические особенности руд южного фланга рудного поля Голдстрейк, зафиксировал максимальные количества ОВ в одном из типов руд в количестве от 7 до 13 мас. %, причем корреляционная зависимость этого показателя от содержаний золота выявлена не была. На некоторых подобных объектах КНР в брекчированных рудах установлены содержания ОВ от 0.05 % до 0.11 % и 1–2 %, причем концентрации золота в собственно ОВ могут варьировать от 0.23 % до 4.6 % [Li, 1998]. Содержания ОВ на эталонном месторождении Карлин варьируют от 0.5–0.6 % для «нормальных» неокисленных руд и до 6 % в тонкопластинчатом карбонатном материале [Radtke, 1985].

Воронцовское золоторудное месторождение, обрабатываемое в настоящий момент открытым способом, по объему запасов относится к классу крупных. По ряду геолого-геохимических параметров, это месторождение многими исследователями также отнесено к «карлинскому» типу, на что указывает как его структурно-геологическая позиция, так и геохимические особенности оруденения [Мурзин и др., 2010]. В числе прочего, в цементе брекчированных карбонатных руд месторождения, обычно несущих богатую рудную минерализацию, зафиксированы и повышенные содержания ОВ [Рахов, 1998; Азовскова и др., 2011].

Цемент брекчий изучался как на материале керн разведочных скважин с разных горизонтов месторождения, так и в образцах, отобранных с бортов действующего карьера преимущественно в пределах контуров рудных тел. Полученные нами результаты позволили существенно дополнить ранее известные данные [Рахов, 1998] об особенностях ОВ и его распределении в цементе брекчированных известковистых руд месторождения, обобщенные характеристики которого приведены ниже.

Структура цемента брекчированных руд микрозернистая, неравномернозернистая, минеральные фазы макроскопически (а часто – и микроскопически) не идентифицируются; обломочный материал в брекчиях представлен мелко-микрозернистым известняком белого и серого цвета размером от первых миллиметров до сантиметра и более в поперечнике. Текстура цемента брекчий часто имеет выраженную слоистость, причем наблюдается чередование слоев с обильной сульфидной минерализацией со слоями, сложенными преимущественно карбонатным материалом. РОВ в брекчиях тонкодисперсное, часто образует неправильной формы сгустки до 0.3 мм в поперечнике.

По данным рентгенофазового (дифрактометр XRD-7000) и термического (декариграф Diamond TG/DTA) анализов, цемент брекчий характеризуется многокомпонентным составом. Наибольшее развитие здесь получили карбонаты – кальцит и доломит (от 5 до 80 %). Количество сульфидов в цементе также весьма изменчиво – от первых процентов до 30 %; они представлены преимущественно пиритом и арсенипиритом, реже – халькопиритом. В отдельных пробах отмечено присутствие кварца – до 10 %, хлорита и каолинита – до 10 %, серпентина – 5 %, а также слюды и гидрослюды. Количество ОВ варьирует в материале цемента от 0.1 до 1 %. Цвет цемента, как правило, серый и темно-серый, реже – светло-серый, встречаются буроватые и грязно-вишневые разности.

Результаты термического анализа, минераграфических исследований и данные прошлых лет [Рахов, 1999] свидетельствуют об отсутствии в составе РОВ на Воронцовском месторождении фаз свободного углерода (графит, углистое вещество); также не обнаружены твердые битумы антраколитового и керитового ряда. По данным термического анализа ОВ во всех пробах относится к одному типу и соответствует низшим-средним керитам, а степень его изменения (метаморфизованности) сопоставима с фацией регионального эпигенеза, т.е. практически не выражена, что показывают температуры начала выгорания ~200 °С. Общее содержание $S_{орг}$ в проанализированных пробах не превышает 1 мас. %, а количество экстрагированных растворимых битумов, определенных с помощью камеры Сокслета, варьирует от 23 до 132 мг/кг.

Результаты ИК-спектроскопии (спектрометр «Nikolet 6700») отражают вещественный состав растворимых битумов (рис. 1). Интенсивность полос соответствует относительным содержаниям тех или иных характерных групп в каждой пробе. Полосы различной интенсивности на спектрограммах соответствуют присутствию в составе органического вещества алифатических углеводородов (2800–3000 и 1300–1500 $см^{-1}$), спиртов и сложных эфиров (1000–1300 $см^{-1}$), карбоксильных групп, вероятно, свидетельствующих о присутствии высших органических кислот (3300–3400 $см^{-1}$) и ряда других сложных соединений. Анализ результатов ИК-спектроскопии показал, что во всех пробах преобладают углеводороды алифатического ряда, а вариации в составе битумоидов определяются, в основном, присутствием различных кислородсодержащих комплексов.

Исследованиями плоскополированных шлифов на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV были установлены следующие характеристики ОВ: форма выделений – от округлой либо неправильной изометрической до неизометрической, вытянутой (рис. 2а). Размеры редко превышают 50 мкм. На картах распределения С (рис. 2б) ОВ отчетливо диагностируется на фоне общего углеродного напыления в виде более ярких областей. На картах распределения Са (рис. 2в) ОВ проявляется в виде пониженных содержаний (более темными областями). Отчетливая приуроченность ОВ к сульфидной минерализации либо к проявлениям микродислокаций пока не установлена: ОВ может быть как рассеянным в составе цемента, так и концентрироваться возле отдельных скоплений пирита, их пространственная взаимосвязь требует дополнительного изучения. По составу ОВ предварительно можно классифицировать на две разности – без азота и азотосодержащие. Следует отметить, что ранее [Азовскова и др., 2011] также было выявлено присутствие аминогруппы ($-NH_3$) в составе растворимых битумов, экстрагированных из метасоматита по вулканогенно-осадочной породе месторождения. Наличие азотистых соединений в составе ОВ характеризует более восстановительные условия среды.

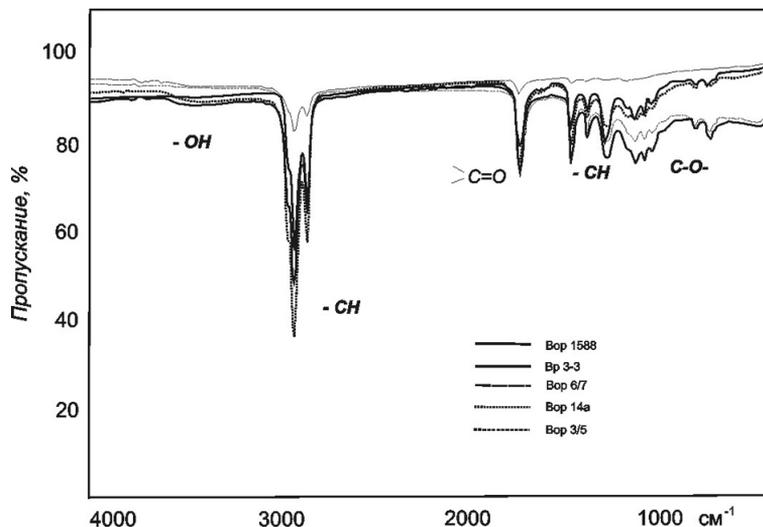


Рис. 1. Вещественный состав битумоидов из цемента известковых брекчий Воронцовского месторождения (данные ИК-спектрометрии).

Таким образом, в результате проведенных исследований был уточнен минералогический состав цемента брекчий, выявлены основные типоморфные характеристики ОВ, определены его содержания, стадия преобразования и состав. Вопрос же об источнике углерода (первично-осадочный, эндогенный, микстогенетический, миграционные формы и др.), формах и характере участия ОВ в рудно-метасоматических процессах в настоящий момент остается открытым и требует более детального изучения. Немногочисленные опубликованные результаты полевых изысканий и экспериментальные данные свидетельствуют об активной роли органики в переносе и концентрации рудных компонентов и о значительном влиянии даже небольших ее количеств на физико-химические параметры системы. Отметим лишь, что на Урале ранее были установлены проявления углеродистого метасоматоза и углеродизации в зонах крупных долгоживущих разломных структур, выявлена связь этих процессов с золотым оруденением.

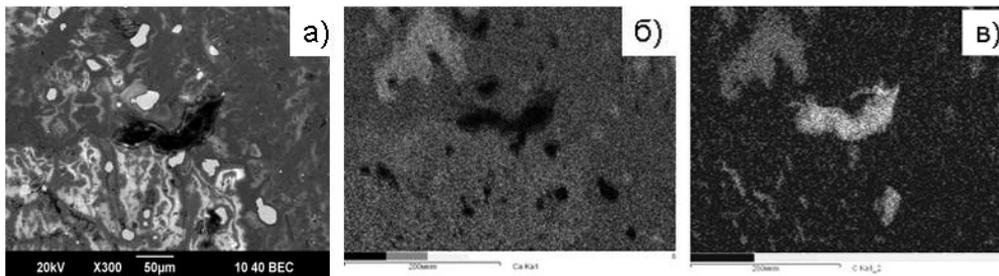


Рис. 2. Включение ОВ в сложносоставном материале цемента брекчий (обр. 347/47,5; Au = 22.1 г/т): а) BSE, б) на карте распределения углерода и в) на карте распределения кальция.

Все вышеизложенное определяет актуальность исследований органического вещества тектонически ослабленных зон в пределах рудных полей и месторождений. Дальнейшее изучение его вещественного состава на разных уровнях, выявление возможных закономерностей распространения ОВ поможет определению специфических особенностей его участия в рудно-метасоматических процессах.

Литература

Азовскова О. Б., Ровнушкин М. Ю., Корякова О. В., Янченко М. Ю. Органическое вещество в рудах и вмещающих породах Воронцовского месторождения // Ежегодник-2010. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2011. С. 46–51.

Мурзин В. В., Сазонов В. Н., Ронкин Ю. Л. Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (карлинский тип): новые данные и проблемы // Литосфера. 2010. № 6. С. 66–73.

Рахов Е. В. Органическое вещество рудоносных брекчий Воронцовского золоторудного месторождения на Северном Урале // Ежегодник-1997. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. С. 67–68.

Radtke A. S., Scheiner B. J. Studies of hydrothermal gold deposition (I), Carlin gold deposit, Nevada: The role of carbonaceous materials in gold deposition // Economic Geology. 1970. Vol. 65. P. 87–102.

Radtke A. S. Geology of the Carlin deposit, Nevada // United States Geological Survey Professional Paper 1267, 1985. 124 p.

Li Z., Peters S. G. Comparative geology and geochemistry of sedimentary-rock hosted (Carlin-type) gold deposits in the People's Republic of China and in Nevada, USA: USGS open file report 98–466. 1998,

Almeida C. M., Olivo G. R., Chouinard A. et al. Mineral paragenesis, alteration, and geochemistry of the two types of gold ore and the host rocks from the Carlin-Type deposits in the southern part of the Goldstrike Property, Northern Nevada: Implications for Sources of Ore-Forming Elements // Economic Geology. 2010. Vol. 105. P. 971–1004.