

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СОСТАВУ БИТУМОИДОВ ИЗ УГЛЕРОДИЗИРОВАННЫХ ПОРОД И МЕТАСОМАТИТОВ РЯДА РАЗЛОМНЫХ СТРУКТУР ВОСТОЧНОГО СКЛОНА УРАЛА

© 2014 г. О. Б. Азовскова, М. Ю. Ровнушкин

В основу исследований положены материалы поисковых и тематических работ на следующих объектах: Воронцовское золоторудное месторожде-

ние, Богомоловское золоторудное месторождение и одноименное рудное поле, перспективные площади – Северо-Красноуральская и Мраморская, где в последние годы были открыты промышленно значимые рудопроявления золота, а также Иткульская перспектива которой на рудное золото пока неясны.

Перечисленные объекты существенно различаются между собой по геологическому строению, формационной принадлежности и др. Объединяет их положение в региональных структурах Урала (рис. 1): все объекты расположены на сочленении Тагильского и Восточно-Уральского мегаблоков, принадлежат зоне разделяющего их Серовско-Маукского глубинного разлома и сопряженным с ним тектоническим структурам (оперяющие тектонические нарушения, зоны смятия). Другой общей чертой является присутствие углеродистого вещества (УВ) в разных типах пород (с формированием обуглероженных разностей и углеродистых метасоматитов), а также обогащенность углеродистым веществом непосредственно отдельных тектонических зон.

В результате выполненных ранее исследований [1–6, 9] была проведена общая типизация УВ на всех объектах и выявлены закономерности его распределения во вмещающих породах. Установлено, что во всех случаях присутствуют от 1–2 до 4–5 разновидностей УВ – от легких и растворимых углеводородов до графита и графитоида (табл. 1). Сделано предположение о флюидогенной природе УВ, которое могло образоваться при разгрузке “восстановленных” флюидных потоков в результате неоднократной активизации разломных структур. Выявлены следующие основные признаки наложенного характера углеродизации: 1) несоответствие степени преобразования УВ уровню метаморфизма вмещающих пород; 2) совместное нахождение нескольких разновидностей УВ, не связанных последовательными переходами; 3) отсутствие четкой приуроченности УВ к определенным литологическим и стратиграфическим разностям пород; 4) обогащение органическим веществом зон тектонических нарушений; 5) признаки метасоматической зональности, определяемые на макро- и микроуровне; 6) примеры прямого замещения некото-

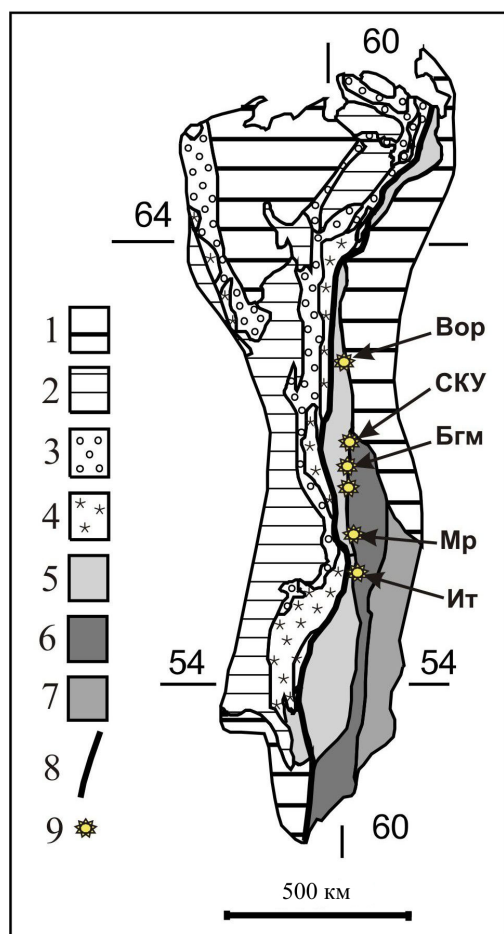


Рис. 1. Положение объектов исследований в структурах Урала.

1 – мезокайнозойские отложения; 2 – Предуральский прогиб. Мегазоны (3–7): 3 – Западно-Уральская, 4 – Центрально-Уральская, 5 – Тагильская и Магнитогорская, 6 – Восточно-Уральская, 7 – Зауральская; 8 – Главный Уральский глубинный разлом; 9 – объекты исследований: Воронцовское золоторудное месторождение (Вор), Богомоловское золоторудное месторождение и одноименное рудное поле (Бгм), перспективные площади – Северо-Красноуральская (СКУ), Мраморская (Мр), Иткульская (Ит).

Таблица 1. Распространение разных типов УВ на исследованных объектах

Объект	Литологические разности пород, в которых выявлено присутствие УВ*	Тип УВ
<i>Воронцовское золоторудное месторождение</i>	Известняки и известняковые брекчии, туфогенно-осадочные породы, дайки среднего-основного состава (краевые части)	Битумы керитового ряда, преимущественно растворимые
<i>Северо-Красноуральская площадь</i>	Серпентиниты и апо-серпентинитовые породы, вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы, дайки и тела гранитоидов (краевые части)	Битумы керитового ряда, очень редко – антраксолит и графит
<i>Богомоловское золоторудное месторождение</i>	Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы андезитового и дацитового состава (обычно рассланцованные и катаклазированные), краевые части даек, залыбанды жил	Битумы керитового ряда (твердые и растворимые), сажистое (рентгеноаморфное) УВ, редко графит
<i>Мраморская площадь</i>	Сланцы метаморфогенно-метасоматические, мраморы, апо-серпентинитовые породы, краевые части даек и жил, коры выветривания по разному субстрату	Графит, битумы антраксолитового ряда, битумы керитового ряда (твердые и растворимые), реже – сажистое (рентгеноаморфное) УВ
<i>Иткульская площадь</i>	Сланцы метаморфические, мраморы (данные неполные)	Графит, реже битумы антраксолитового и керитового ряда (твердые и растворимые (данные неполные))

* Подчеркнуты разности, в которых чаще встречается УВ и которые наиболее им обогащены.

рых минералов углеродистым веществом. Углеродистое вещество изучалось посредством термического и рентгеноструктурного анализа, методами оптической микроскопии (в отраженном свете и с использованием люминескопии), кроме того, углеродистые брекчии Воронцовского месторождения исследовались под электронным микроскопом [9].

На всех объектах и во всех типах углеродистых пород (см. табл. 1) было установлено присутствие растворимых битумов и выделен хлороформенный битумоидный экстракт с помощью камеры Соксклета (“горячая” экстракция, ВИМС, аналитик Н.Н. Гусева). В дальнейшем экстрагированное органическое вещество (ОВ) было исследовано методами ИК- и ЯМР-спектроскопии (ИОС УрО РАН, аналитики О.В. Корякова, М.И. Кодесс). В результате было выявлено, что в экстрактах присутствуют как алифатические, так и ароматические углеводороды, в составе которых могут находиться группы OH, C=O, COOH, NH₂, причем в некоторых случаях наблюдались элементы зональности в распределении окисленных форм органики в пределах конкретных золоторудных зон (Воронцовское месторождение, Мраморская площадь). Также для всех объектов характерны свои особенности в вещественном составе хлороформенного битумоидного экстракта, что отражается в соотношении основных групп ОВ – ароматических и алифатических углеводородов, спиртов, карбонильных и карбоксильных групп [1–6, 9].

В целях углубленного изучения наименее преобразованной и наиболее химически активной части УВ, представленной растворимыми битумами (битумоидами), совместно с сотрудниками ГИ УрО РАН Т.А. Одинцовой и Б.А. Бачуриным были ис-

следованы битумоидные экстракты ряда проб по изучаемым объектам. В частности, был выполнен битуминологический анализ с использованием методики параллельной экстракции тремя селективными растворителями – петролевым эфиром, хлороформом и спиртобензолом (табл. 2). В петролеиную фракцию (ПБ) попадают в основном масла и частично низкомолекулярные смолы; хлороформенная фракция (ХБА) содержит масла, нейтральные смолы, асфальтены и частично – кислые компоненты; в спиртобензольной фракции (СББ) могут присутствовать те же соединения, что и в хлороформенной, а также неуглеводородные компоненты (фенолы, карбоновые кислоты, органические основания и др.) и частично гуминовые вещества. По соотношению этих трех фракций битумоиды условно подразделяются на три типа: кислый (преобладание спиртобензольного экстракта), нейтральный (преобладание хлороформенного экстракта) и промежуточный [8]. По результатам битуминологического анализа, проведенного в ГИ УрО РАН, все исследованные битумоиды попадают в группу кислых, вследствие чего было сделано предположение о значительном гиперпергенном преобразовании ОВ [7]. Однако следует отметить значимое занижение содержания хлороформенных битумоидов по сравнению с результатами проведенной ранее “горячей” экстракции при помощи камеры Соксклета (табл. 2). С учетом этого в большинстве случаев соотношение групп меняется в сторону нейтральных или промежуточных. Таким образом, степень “окисленности” ОВ относительно небольшая, что соответствует полученным ранее данным ИК- и ЯМР-спектроскопии [4–6]. По результатам битуминологического анализа наибо-

Таблица 2. Результаты битуминологического и элементного анализа (лаборатория ГИ УрО РАН)

Порода (кол-во проб)	Содержание, мг/кг			N общ., мкг/кг	Содержание ХБ, мг/кг (ВИМС)
	ПБ	ХБА	СББ		
<i>Воронцовское месторождение</i>					
Известняковая брекчия, рудная (3)	11.0–22.3	18.2–29.8	33.0–67.2	1.3–10.0	57–466 (5)
Туфоалевролит сульфидизированный (3)	1.0–5.9	20.2–26.8	53.0–76.7	11.6–25.7	23–132 (6)
<i>Богомоловское месторождение</i>					
Туфоалевролит рассланцованный, сульфидизированный (1)	27.9	95.2	108.7	53.0	Нет данных
Андезитовый туф, груборассланцованный (2)	4.9–57.4	24.4–110.2	32.6–205.2	2.6–56.2	64–114 (5)
<i>Северо-Красноуральская площадь</i>					
Серпентиниты (3)	8.9–10.9	15.6–20.4	31.8–43.0	До 12.8	124–443 (4)
<i>Мраморская площадь</i>					
Углеродисто-слюдисто-кварцевый сланец (1)	34.9	76.5	142.1		99–462
Мрамор битуминозный (1)	10.0	27.6	49.9	67.4	65–225 (4)
<i>Иткульская площадь</i>					
Углеродисто-слюдисто-кварцевый сланец (2)	23.8–25.0	44.8–45.6	54.7–54.9	–	93–336 (4)

Примечание. ПБ – петролейный экстракт, ХБА – хлороформенный экстракт (“холодная” экстракция), СББ – спиртобензольный экстракт. Определение азота проведено на приборе Multi N/C 2100 фирмы “Analytikjena” (ГИ УрО РАН, аналитик Т.А. Одинцова). ХБ – хлороформенный экстракт, камера Сокслета (“горячая” экстракция), в скобках – количество проб (ВИМС, аналитик Н.Н. Гусева).

лее высокой битуминозностью (с повышенным содержанием битумоидов всех фракций) отличаются рассланцованные андезиты и туфоалевролиты Богомоловского месторождения и углеродисто-слюдисто-кварцевые сланцы Мраморской площади, минимальная битуминозность отмечена в серпентинитах Северо-Красноуральской площади. В то же время с учетом данных “горячей” экстракции разница между исследуемыми объектами и отдельными литологическими разностями пород не столь значительна. Особенно это касается серпентинитов Северо-Красноуральской площади, где различия в содержании “холодного” и “горячего” хлороформенных экстрактов достигают десятикратного значения. Обращает на себя внимание высокое содержание битумоидов всех фракций в пробах углеродисто-слюдисто-кварцевых сланцев, которые относятся к раннепалеозойским и рифейским интенсивно метаморфизованным комплексам – эпидот-амфиболитовой (Мраморская площадь) и амфиболитовой (Иткульская площадь) ступеней регионального метаморфизма. Примечательно, что в этих же пробах отмечается довольно высокое содержание легких фракций петролейного битумоида. В целом максимальное содержание легких растворимых битумов зафиксировано в расланцованных андезитоидах Богомоловского месторождения и углеродисто-слюдисто-кварцевых сланцах Иткульской и Мраморской площадей. Обобщая имеющиеся данные по растворимым битумам, можно сделать вывод об отсутствии видимой корреляции между общим количеством и соотношением фракций битумоидов, с одной стороны, и литологическими, формационными, возрастными и другими характеристиками вмещающих пород, с другой. Это еще раз убедитель-

но свидетельствует о наложенном характере битуминизации и ее вероятной связи с активностью глубинных разломных структур.

Дополнительно изучена гексановая (наиболее “геохимически активная”) фракция ХБА в пробах, где хлороформенный битумоид был извлечен в достаточном количестве: известняковая брекчия Воронцовского месторождения (1 проба), углеродисто-слюдисто-кремнистые сланцы Мраморской (1 проба) и Иткульской (2 пробы) площадей, расланцованный туфоалевролит (1 проба) и андезитовый туф (1 проба) Богомоловского месторождения. Исследование проводилось на хромато-масс-спектрометрической (ХМС) системе 6980N MSD 5975B фирмы “Agilent Technologies”; вещества идентифицировали по полным масс-спектрам с использованием библиотеки масс-спектров NIST-98 [7]. В результате ХМС-анализа гексановых фракций ХБА были выделены следующие основные группы и виды соединений.

1. Простые углеводородные соединения (алифатические углеводороды, включая n-алканы и изоалканы; изопреноиды, алкены и нафтеновые углеводороды).

2. Гетеросоединения (кислородсодержащие: окиси, спирты и простые эфиры, альдегиды и кетоны, кислоты и производные, в том числе фталаты; Hal-содержащие, N-содержащие, S-содержащие, полиэлементные и элементоорганические (N, O, S, P, F, B, Si), соединения с R < 40%

Предварительный анализ полученных данных показывает довольно высокий уровень сходства состава основных компонентов гексановой фракции исследованных проб. Во всех случаях отмечено значительное преобладание кислородсодержа-

щих соединений (65–93.4% на фракцию), причем основная доля приходится на кислоты и их производные, в том числе фталаты. Углеводородные соединения представлены преимущественно алифатическими углеводородами – n-алканами с незначительной примесью изо-алканов; их относительное содержание варьирует от 2 до 31%. Максимальное содержание кислородных соединений установлено в одной из проб углеродисто-сланцевых сланцев Иткульской площади, а наиболее высокое содержание алифатических углеводородов (30–31%) отмечается в пробе известняковой брекчии Воронцовского месторождения и во второй пробе сланцев Иткульской площади. Здесь же определено максимальное количество полиэлементных и элементоорганических соединений (13 и 8.6%). Примечательно, что эти две пробы являются наиболее контрастными по пространственной, литологической, формационной, металлогенической принадлежности и степени метаморфизма пород. Серосодержащие гетеросоединения обнаружены только в двух пробах – в углеродистых сланцах Иткульской площади (со следами окисленных сульфидов), где было выявлено максимальное содержание кислородных комплексов, и в интенсивно сульфидизированном туфоалевролите Богомолковского месторождения (7.1 и 4.8% соответственно). Галоген- и азотсодержащие соединения присутствуют в большинстве исследованных проб. Количество их незначительно – доли процента, максимально до 1.7%. Различные полиэлементные и элементоорганические соединения (азот-кислородные, фтористые, бромистые, кремнистые разности, амиды жирных кислот C12–C19, ароматические амины) присутствуют во всех исследованных пробах в количестве от 2.8 до 13%. Минимальное их содержание (<3%) отмечено в экстрактах из проб Богомолковского месторождения. Одной из задач проведенных исследований было выявление металлоорганических соединений. К сожалению, такие соединения не были обнаружены. Возможно, это связано со сравнительно небольшим количеством полученного хлороформенного экстракта и соответственно выделенной из него гексановой фракции.

Первые данные ХМС-анализа гексановых фракций битумоидов из отдельных проб по золоторудным месторождениям и перспективным площадям показывают довольно сложный состав исследованных УВ, отсутствие выраженных генетических связей с вмещающими породами и тре-

буют дальнейшего более глубокого осмысления и интерпретации.

Исследования поддержаны инициативным проектом фундаментальных исследований, финансируемых УрО РАН (проект № 12-У-5-1042).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азовскова О. Б. Углеродистый метасоматоз, особенности золотого оруденения и самородные металлы Мраморской зоны смятия. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. 26 с.
2. Азовскова О. Б. Углеродистые метасоматиты северной части Восточно-Тагильского массива: геологическая позиция и основные характеристики // Ежегодник-2011. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 159. 2012. С. 149–153.
3. Азовскова О.Б., Корякова О.В., Янченко М.Ю. Новые данные по вещественному составу битумоидов из углеродистых пород метаморфогенно-метасоматического генезиса в западном обрамлении Сысертского блока (Средний Урал) // Материалы III Российского совещания по органической минералогии. Сыктывкар, 2009. С. 99–101.
4. Азовскова О.Б., Ровнушкин М.Ю., Корякова О.В., Кодесс М.И., Чередищенко Н.В., Янченко М.Ю. Углеродистое вещество из рудоносных комплексов некоторых золоторудных месторождений Восточного склона Урала // IV Российское совещание по органической минералогии. Черноголовка, 2013. С. 5–8.
5. Азовскова О.Б., Ровнушкин М.Ю., Корякова О.В., Янченко М.Ю. Органическое вещество в рудах и вмещающих породах Воронцовского месторождения // Ежегодник-2010. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158. 2011. С. 46–51.
6. Азовскова О.Б., Ровнушкин М.Ю., Янченко М.Ю. Углеродистое вещество в крупных разломных структурах Восточного склона Урала // 2-е Кудрявцевские чтения: мат-лы Всерос. конф. М.: ЦГЭ, 2013. С. 10–13.
7. Бачурин Б.А., Одинцова Т.А. Геохимические особенности битумоидов углеродистых вулканогенно-осадочных отложений Восточно-Тагильского массива // Проблемы минералогии, петрографии и минералогии. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского Вып. 17. Пермь: ПГУ, 2014. С. 266–272.
8. Руководство по методике люминесцентно-битуминологических исследований. Л.: Недра, 1966.
9. Ravnushkin M.Yu., Azovskova O.B., Koryakova O.V. Composition and spatial distribution of dispersed organic matter in breccia ore of Vorontsovskoe deposit // III International conference crystallogenes and mineralogy. Novosibirsk, 2013. P. 141–143.