

## УГЛЕРОДИСТЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ТАГИЛЬСКОГО МАССИВА: ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© 2012 г. О. Б. Азовскова

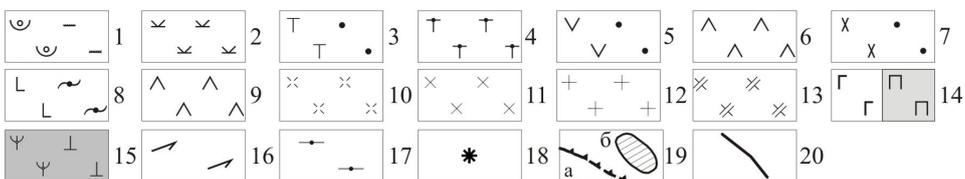
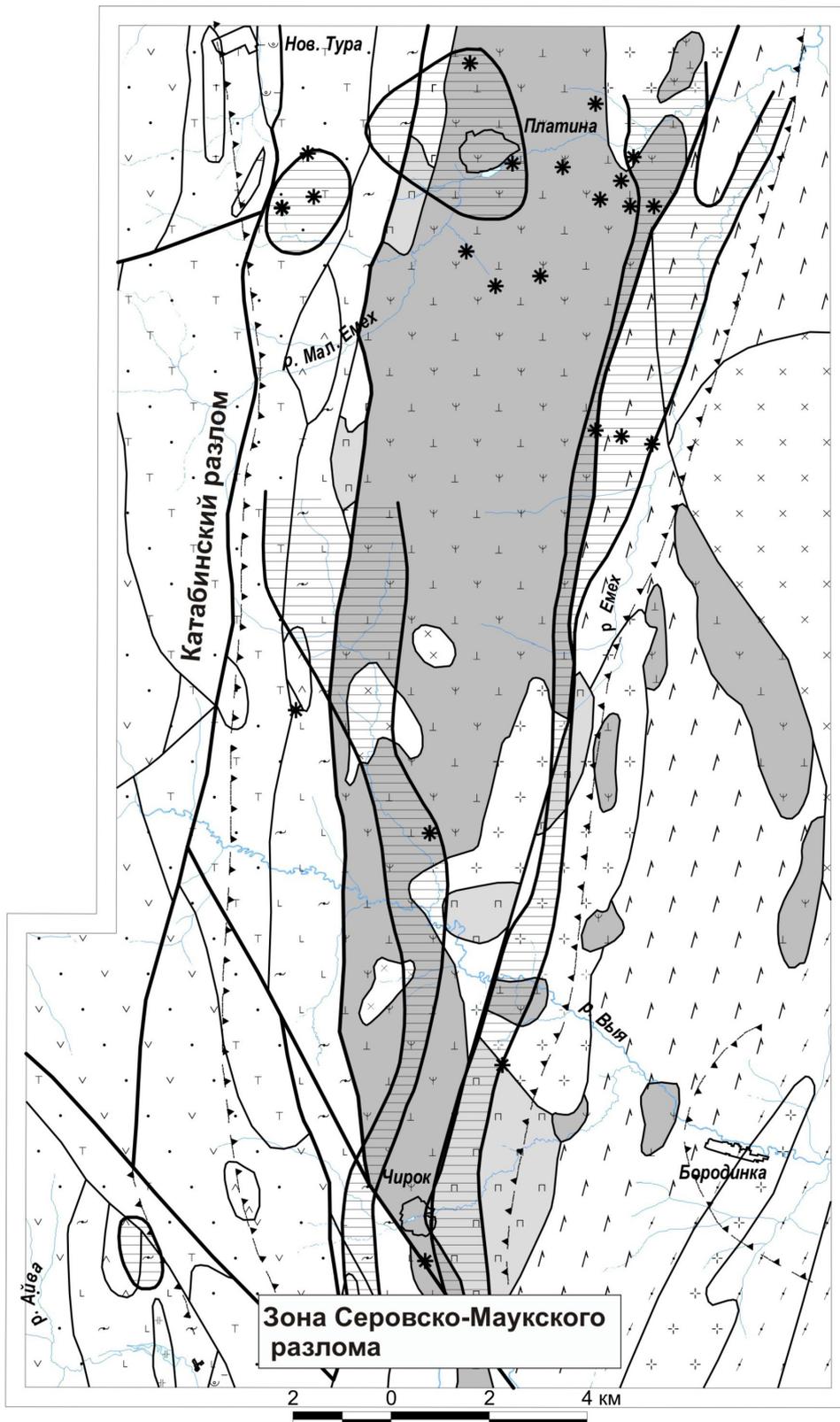
Восточно-Тагильский ультрабазитовый массив расположен в осевой части зоны Серовско-Маукского глубинного разлома, разделяющего Тагильский и Восточно-Уральский мегаблоки. Он протягивается более чем на 100 км и имеет сложное блоковое строение. Материал для исследований получен в процессе поисковых работ на экзогенные Au и Pt (Михайлов, Азовскова и др., 2010ф), которые были сосредоточены в пределах Айвинско-Емехского сегмента разломной структуры, ограниченного, соответственно, реками Айва и Малый и Большой Емех. Тогда же здесь впервые были установлены проявления наложенной углеродизации [2], которые приурочены, главным образом, к Восточно-Тагильскому массиву и к зоне Серовско-Маукского разлома в целом, но встречаются и в пределах оперяющих структур, в частности – в зоне Катабинского разлома (рис. 1).

Восточно-Тагильский массив сложен серпентинитами, апосерпентинитовыми породами и серпентинизированными гипербазитами дунитгарцбургитовой формации, которые относятся к серовскому комплексу ( $O_{1-2}sr$ ). В виде отдельных тел, преимущественно в краевых частях массива, картируются образования габбро-пироксенитового устейского комплекса ( $O_3u$ ). К западу от массива распространены нижнесилурийско-среднедевонские андезибазальтовые и трахиандезитовые вулканогенные комплексы, с востока он обрамляется метаморфитами Емехской зоны смятия, представленными в этой части структуры преимущественно амфиболитами, гнейсо-амфиболитами и зелеными сланцами. Для всей описываемой территории характерно широкое развитие небольших интрузивных тел и даек различного состава и формационной принадлежности. Преобладают образования западноверхисетского ( $C_{1zv}$ ) и басьяновского ( $C_{1bs}$ ) комплексов, представленные соответственно тоналитами (гранодиоритами), кварцевыми диоритами, плагиогранитами и умеренно подщелоченными габбродиоритами, диоритами (до сиено- и монцодиоритов), кварцевыми диоритами, обычно имеющими характерный лампрофироподобный облик. В западной экзо- и эндоконтактной части массива распространены также малые интрузии и дайки, относящиеся к субвулканитам туринской ( $S_2-D_{1tr}$ ) свиты (трахидолериты, трахиандезиты, сиенодиориты, сиенит-порфиры), красноуральской ( $S_1ks$ ) свиты

(долериты, андезидациты, дациты) и комагматичного последней левинского ( $S_{1l}$ ) комплекса (кварцевые диориты, плагиограниты).

Контакты Восточно-Тагильского массива тектонические. В пределах изученной площади в зонах контакта наблюдаются расщепление, катаклаз, милонитизация, брекчирование, грубый будинаж. Наиболее интенсивно они выражены в западной части. Метасоматические изменения также тяготеют к контактовым зонам, причем широко проявлен низкотемпературный метасоматоз, который захватывает как ультрабазиты, так и вмещающие породы и связан с активизацией разломной структуры [1].

Серпентиниты северной части массива представлены, в основном, апогарцбургитовыми разновидностями, аподунитовые серпентиниты встречаются преимущественно в северо-западной части рассматриваемого блока и площадного распространения не имеют. В северной и южной частях блока отмечаются участки относительно слабо серпентинизированных ультрабазитов, с реликтами оливина и иногда клинопироксена (до 40% и более) и слабо магнетитизированными первичными хромшпинелидами. По преобладающему составу среди серпентинитов площади выделяются лизардит-хризотилловые, хризотилловые и антигоритовые разновидности, которые имеют примерно одинаковое распространение. Первые две развиты преимущественно в западной и южной частях описываемого блока. Антигоритовые разновидности распространены по всему массиву, в некоторых случаях хорошо видна их приуроченность к ореолам гранитных интрузий и скоплений дайковых тел. Проявления поздней антигоритизации (крупнолистоватый, реже метельчатый антигорит), иногда с вторичным оливином и с ортопироксеном, отмечались вблизи границ Емехского гранитоидного массива, иногда на контактах или на участках сближенных даек басьяновского комплекса. В северной части площади, к востоку-юго-востоку от пос. Платина установлены проявления родингитов. Они приурочены к западной приконтактной части массива, насыщенной дайками среднего состава, вблизи границы с пироксенитами устейского комплекса. Родингиты представляют собой массивные породы светло-буроватого, зеленовато-буроватого цвета существенно гранатового состава. В небольшом количестве (10–



**Таблица 1.** Общая характеристика углеродизированных пород северной части Восточно-Тагильского ультрабазитового массива (Айвинско-Емехский блок)

Породы	Характеристика УВ под микроскопом (в отраженном свете)	Характеристика УВ по данным термического анализа*	Сопутствующие минералы**
Серпентинит катаклазированный, рассланцеванный	Тонкие неровные ветвящиеся прожилки размером до 50–70 мкм, представленные коричневым низкоотражающим анизотропным битумом, <1%	ОВ 0.3%; T <sub>нач</sub> /T <sub>макс</sub> (1 проба): 240/309°C	Пирит, выделения различных самородных фаз (1–3 мкм) в нерудных минералах; хлорит, кальцит, кварц т/з
Тальк-карбонатная, хлорит-тальк-карбонатная порода, иногда с реликтами серпентинита; часто рассланцеванная, катаклазированная	Тонкие капиллярные выделения со сгущениями на отдельных участках (от <1–3 мкм до 5–7 мкм, редко – 10–15 мкм), часто сгустки, гнезда, представленные темными анизотропным битумом; от 1% до 3–5%	ОВ до 1–1.5%; T <sub>нач</sub> /T <sub>макс</sub> (4 пробы): 200–256°C/337–365°C. В 1 пробе – примесь графита 0.5%	Пирит, тонкая вкрапленность самородных металлов; карбонат (доломит±кальцит), тальк/гидроталькит± гидрослюда, хлорит
Окремненный серпентинит и апосерпентинитовые породы; хлорит-тальк-кварцевая порода	Тонкие капиллярные агрегаты, вытянутые выделения, гнездовидная вкрапленность (1–4 × 4–10 мкм); представлены темными аморфными битумами или серо-коричневыми анизотропными битумами с сильным двуотражением; в единичных случаях примесь графита (~5 мкм), антраколитов?	ОВ 0.2 и 0.5%; T <sub>нач</sub> /T <sub>макс</sub> (2 пробы): 240/319°C и 300/363°C	Пирит+марказит±халькопирит, пирит в сростаниях с УВ; кварц, опалоподобное вещество, тальк, хлорит
Кварцитовидная апосерпентинитовая порода	Равномерное распространение в виде обогащенных зон, участков, сгущений или рассеянная вкрапленность размерами ~ 1 мкм; представлено темным аморфным битумом; 3–4%	ОВ ~ 0.6% + до 3% в смеси с гетитом; T <sub>нач</sub> /T <sub>макс</sub> (1 проба): не опр./358°C	Пирит±халькопирит, хромшпинелид; кварц т/з, опалоподобное вещество, тальк, хлорит
Диорит лампрофилоподобный (дайки в серпентинитах)	Тонкие вытянутые включения и гнездовидные выделения (0.5–1 × 1–3 мкм); представлено темным аморфным битумом; 1–2%	Нет данных	Пирит, халькопирит± халькозин, вторичные минералы меди, самородная Cu, ±пирротин, пентландит
Тоналит (гранодиорит), брекчированный на контакте с серпентинитами	Гнездовидная, тонкая капиллярная вкрапленность (до 10 × 30 мкм); представлена анизотропным коричневатым битумом ~ 1%	ОВ ~ 1%; T <sub>нач</sub> / T <sub>макс</sub> (1 проба): 220 /324°C	Пирит; кварц, опалоподобный кварц и опал, хлорит
Аргиллизит по тоналиту-гранодиориту (тело в восточной части массива)	Нет данных	ОВ ~ 1%; T <sub>нач</sub> / T <sub>макс</sub> (1 проба): 220 /343°C	Пирит±марказит; каолинит, сидерит, кварц

Примечание. \* – данные по содержанию ОВ обычно занижены по сравнению с химанализом на C<sub>орг</sub>; \*\* – по данным минералогии, петрографии, термического и рентгено-структурного анализов.

**Рис. 1.** Схематическая геологическая карта Айвинско-Емехского блока с выявленными проявлениями углеродизации (геологическая основа по Г.А. Петрову, 2001).

**Стратифицированные комплексы (1–9).** *Краснотурьинская свита* (D<sub>1</sub>kr): 1 – туфы, туффиты, туфопесчаники и др., линзы терригенных и карбонатных пород; 2 – андезибазальты; *туринская свита* (S<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>tr): 3 – трахиандезиты, трахиты, их туфы и туфогенно-осадочные разности; 4 – сиенодиориты и дайки сиенит-порфиоров; *навдинская свита* (S<sub>1</sub>pv): 5 – базальты, андезибазальты, их туфы, туфопесчаники; 6 – штоки андезитов, андезидацитов; 7 – диоритовые порфириты; *красноуральская свита* (S<sub>1</sub>ks): 8 – базальты, андезибазальты, андезиты, долериты, туфы основного состава, прослои яшмоидов; 9 – штоки дацитов, риодацитов. **Интрузивные образования (10–15):** *верхисетский комплекс* (C<sub>1,2v</sub>): 10 – граниты двуслюдяные, дайки гранит-порфиоров, аплитовидных гранитов; *западноверхисетский комплекс* (C<sub>1,2v</sub>) 11 – плагиограниты; 12 – кварцевые диориты, тоналиты, гранодиориты; *левинский комплекс* (S<sub>1</sub>l): 13 – диориты, кварцевые диориты; *устейский комплекс* (O<sub>3</sub>u): 14 – габбро, габбро-амфиболиты (а), пироксениты (б); *серовский комплекс* (O<sub>1,2sr</sub>): 15 – серпентиниты апогарцбургитовые и аподунитовые, апосерпентинитовые породы. **Метаморфические комплексы (16–17):** *емехский комплекс* (PR<sub>1</sub>?em): 16 – амфиболиты, эпидотовые амфиболиты; *бродовский комплекс* (PR<sub>1</sub>br): 17 – плагиогнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы. 18 – проявления углеродизации; 20 – границы распространения новообразованного пирита (а) и максимально обогащенные зоны (б) в корях выветривания и покровных отложениях; 21 – основные тектонические нарушения.

15%) могут присутствовать реликты серпентина, частично окисленный железистый карбонат, магнезиальный хлорит.

В западной части массива в виде прерывистой полосы отмечаются проявления офитовых серпентинитов, с которыми связана специфическая золото-серебряная (золото-кюстелитовая) минерализация [2, 5].

Апосерпентинитовые метасоматические и контактово-метасоматические породы встречаются повсеместно, но нигде не имеют обособленного площадного распространения. Тем не менее, нередко наблюдается их приуроченность к экзоконтактам даек и интрузивных тел гранитоидов западно-верхисетского и басьяновского комплексов, а тремолитсодержащие разности чаще встречаются вблизи восточного контакта ультрабазитового массива. Примечательно, что в пределах всего рассматриваемого блока массива отсутствуют типичные проявления лиственитизации-березитизации. Апосерпентинитовые породы представлены разностями тальк-карбонатного, хлорит-тальк-карбонатного, хлорит-талькового состава, иногда с кварцем и тремолитом, а также низкотемпературными метасоматитами, в которых в значительных количествах могут присутствовать тонкозернистый, часто опаловидный кварц, аморфное опалоподобное вещество, гидроталькит, гидрослюда, образования типа боулингита и индингсита, карбонаты разного состава, тонкозернистый “аргиллизитовый” пирит ( $\pm$  другие сульфиды) и, нередко, углеродистое вещество (УВ), представленное почти исключительно битумами.

Проявления углеродизации – углеродистого метасоматоза – выявлены во многих разностях пород в пределах Восточно-Тагильского массива и его периферии, тяготея к участкам выраженной тектонической нарушенности (катаклиз, расланцевание и т.п.), и в целом приурочены к единой структуре Серовско-Маукского глубинного разлома (рис. 1). Общая характеристика углеродизированных пород приведена в табл. 1. УВ представлено почти исключительно битумами, при этом содержания экстрагированных растворимых битумоидов варьируют от 47 до 443 мг/кг (проанализировано 11 проб). Для различных типов пород, приведенных в табл. 1, получены следующие содержания: 2 – от 63 до 443 мг/кг (среднее по 5 пробам 196 мг/кг); 3–55 мг/кг (1 проба); 4–79 мг/кг (1 проба); 5 – от 47 до 72 мг/кг (среднее по 3 пробам 60 мг/кг); 6–102 мг/кг (1 проба); по типам 1 и 7 – нет данных. Таким образом, максимальные содержания растворимых битумов наблюдаются в дислоцированных апосерпентинитовых породах. Данные ИК-спектроскопии наиболее обогащенной битумоидами пробы из обнажения у ст. Платина свидетельствуют о низкой окисленности органического вещества и значительном содержании углеродородной составляющей [2].

Аналогичные по типу проявления углеродизации отмечались в вулканогенных и вулканогенно-осадочных образованиях, развитых к западу от Восточно-Тагильского массива (табл. 2). На схеме (рис. 1) отчетливо видна их приуроченность к тектоническим нарушениям (Катабинский разлом и др.), сопряженным с Серовско-Маукским разломом, имеющим западное падение.

**Таблица 2.** Углеродизированные породы вулканогенных комплексов западного обрамления Восточно-Тагильского массива и зоны Катабинского разлома (Айвинско-Емехский блок)

Порода	Характеристика УВ под микроскопом (в отраженном свете)	Характеристика УВ по данным термического анализа	Сопутствующие минералы*
Туфогенная порода андезибазальтового состава, красноуральская свита (западный экзоконтакт ультрабазитового массива)	Вытянутые выделения изотропных темных битумов, размером 1–5 мкм	Нет данных	Пирит, марказит, халькопирит, ковеллин? $\pm$ пирротин, хромшпинелид, серицит-гидрослюда, хлорит
Трахиандезиты и малые интрузии сиенодиоритов, сиенит-порфиры, туринская свита (СЗ площади)	Вытянутые выделения 20–50 мкм или редкая неравномерная вкрапленность (линзочки, гнезда 5–10 мкм). Представлено темными, низкоотражающими аморфными битумами, <1%	Нет данных	Пирит, халькопирит, $\pm$ галенит, сфалерит, арсенопирит, самородное Au, самородные металлы (цинкистая медь и др.); кварц т/з, хлорит-гидрохлорит, гидрослюда
Туфопесчаники, туфоалевролиты окварцеванные, туринская свита? (СЗ площади)	Округлые гнездовидные включения 1–5 мкм или микрослойки, микропрожилки, иногда оторочки вокруг лейст нерудных минералов размером от $n \times 1$ мкм до 100 мкм. Низкоотражающие анизотропные битумы коричневатого цвета, до 1%	Нет данных	Пирит, халькопирит $\pm$ галенит; кварц т/з, опаловидный и халцедоно-видный

Примечание: \*по данным минералогии и петрографии.

По имеющимся данным, присутствие рассеянного органического вещества в породах тесно сопряжено с проявлениями низкотемпературного метасоматоза (табл. 1, 2). Наибольшая интенсивность этого процесса обычно выражается ореолами пиритизации в корах выветривания и, частично, в перекрывающих рыхлых стратифицированных образованиях разного генезиса (рис. 1). Результаты опробования на золото (атомно-абсорбционный и пробирный анализы) показывают, что для низкотемпературных метасоматитов рассматриваемой структуры характерны слабо аномальные содержания золота – сотые, редко десятые доли г/т. Однако на отдельных участках (например, Осиновское проявление в северо-западной части площади или Кюстелитовое проявление у ее южной границы) в настоящее время установлены промышленно значимые концентрации Au с содержаниями до 4–5 г/т и более.

Проявления углеродизации (углеродистого метасоматоза) в зоне Серовско-Маукского глубинного разлома и сопряженных с ним тектонических нарушений имеют гидротермально-флюидогенную природу. Аналогичные по генезису углеродистые метасоматиты по ультрабазитам, но с преобладанием других типов УВ (графит, аморфное углеродное вещество...) известны в пределах Оспинско-Китойской структуры в Восточных Саянах [3, 4]. В них также выявлены аномальные содержания золота и платиноидов, что позволяет рассматривать подобные образования в качестве перспективных источников благородных металлов.

*Исследования поддержаны инициативным проектом фундаментальных исследований, финансируемых из средств УрО РАН (проект № 12-У-5-1042) “Благороднометальное оруденение в углеродистых метасоматитах крупных тектонических зон (на примере Урала и В. Саян)”.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азовскова О.Б., Александров В.В., Корякова О.В.* Первые данные о проявлениях углеродизации в ультрабазитах северной части Восточно-Тагильского массива // Ежегодник-2009. Тр. ИГГ УрО РАН, Вып. 157. 2010. С. 50–61.
2. *Азовскова О.Б., Александров В.В., Галахова О.Л. и др.* Некоторые особенности низкотемпературных рудно-метасоматических процессов в зоне Серовско-Маукского разлома (Айвинско-Емехский блок) // Вестник Уральского отделения РМО. 2010. № 7. С. 5–10.
3. *Данилова Ю.В., Данилов В.С.* Углеродсодержащая минерализация в тектонитах Оспинско – Китойского массива (Восточный Саян, Россия) // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43, № 1. С. 71–82.
4. *Жмодик С.М., Миронов А.Г., Жмодик А.С.* Золото-концентрирующие системы офиолитовых поясов (на примере Саяно-Байкало-Муйского пояса). Новосибирск: Гео, 2008. 304 с.
5. *Некрасова А.А., Азовскова О.Б.* Кюстелитовая минерализация в северной части Восточно-Тагильского ультрабазитового массива (Средний Урал) // Самородное золото: мат-лы Всеросс. конф. к 100-летию Н.В. Петровской. Т. II. М.: ИГЕМ РАН, 2010. С. 82–84.