

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553.311.491:550.42 (470.5)

К проблеме рудоносности черных сланцев Вишерско-Кутимского антиклинория (Северный Урал)

Г.А. Петров^{а,б}, В.В. Александров^а, А.И. Зубков^а, А.В. Маслов^{б,с},
Ю.Л. Ронкин^б

^аОАО «Уральская геологосъёмочная экспедиция», 620014, Екатеринбург, ул. Вайнера, 55. E-mail: Georg_Petrov@mail.ru

^бИнститут геологии и геохимии УрО РАН, 620075, Екатеринбург, Почтовый пер., 7. E-mail: amas2004@mail.ru

^сИнститут геологии УНЦ РАН, 450077, Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2
E-mail: amas2004@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 25 сентября 2015 г.)

В пределах Вишерско-Кутимского антиклинория известны рудопроявления золота, пространственно сопряженные с россыпными месторождениями. Исследование рудных минералов показало наличие большого разнообразия сульфидов, сульфоарсенидов, теллуридов и самородных элементов (в том числе благородных металлов), кристаллизовавшихся в несколько стадий. Выделены две перспективные площади в ранге прогнозируемых золоторудных узлов – Мартайский узел и Верхневагранская зона, расположенные над погребенными гранитными массивами, предполагаемыми по геофизическим данным. Изучение особенностей локализации и состава золоторудной минерализации позволяет предположить возможность присутствия здесь золоторудных месторождений сухоложского типа.

Ключевые слова: *Северный Урал, Вишерско-Кутимский антиклинорий, черные сланцы, золото.*

DOI: 10.17072/psu.geol.29.32

Введение

Вишерско-Кутимский антиклинорий – крупный блок допалеозойских пород в осевой части Северного Урала (рис. 1) [3]. Изучением геологического строения и рудоносности данной структуры занимались Б.Д. Аблизин, В.Я. Алексеев, Б.В. Клименко, А.М. Курбацкий, В.Л. Леонов-Вендровский, Г.Г. Морозов, И.Б. Попов, А.Я. Рыбальченко, Н.П. Старков, И.И.

Чайковский, А.М. Шакиров, В.В. Шалагинов и многие другие исследователи. Среди полезных ископаемых Вишерско-Кутимского антиклинория наиболее востребованным является россыпное золото, отработка которого ведётся или велась до недавнего времени в пределах двух россыпных узлов – Вёлсовского и Вагранского. Между тем проблемы источников золотых россыпей и возможности наличия промышленных месторождений коренно-

го золота на данной территории остаются до сих пор не решенными.

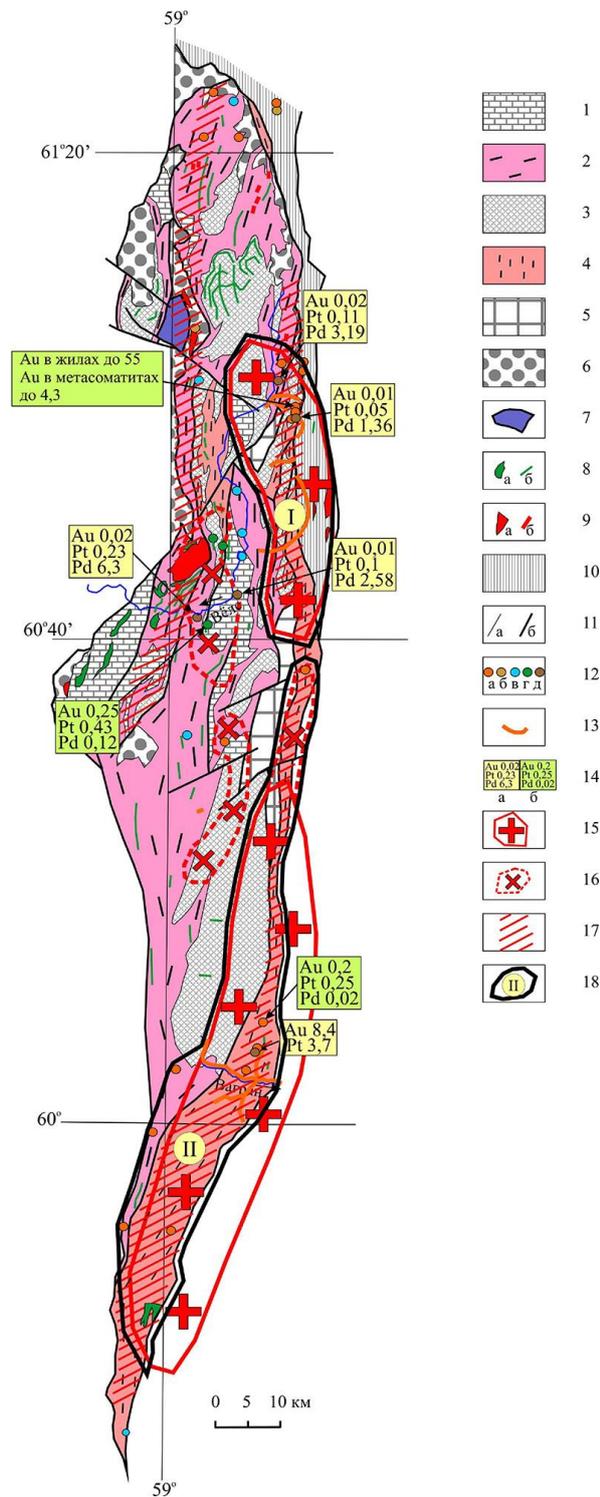


Рис. 1. Схема геологического строения и признаков золотого оруденения Вишерско-Кутимского антиклинория: 1 – терригенные и карбонатные породы расынской и мойвинской свит, RF₂; 2 – углеродистые сланцы муравьинской свиты, RF₂; 3 – кварцитопесчани-

ки ишеримской свиты, RF₃; 4 – углеродистые, слюдисто-кварцевые сланцы вёлсовской свиты, RF₃; 5 – дистен-гранат-ставролит-слюдистые кристаллические сланцы (белогорский метаморфический комплекс, RF₃); 6 – терригенные отложения, O₁₋₃; 7 – перидотиты; 8 – габбро и долериты; 9 – гранитоиды; 10 – метабазалты; 11 – геологические границы (а) и разрывные нарушения (б); 12 – рудопроявления золота (а), вольфрама (б), свинца и цинка (в), меди и никеля (г), платиноидов (д); 13 – россыпи золота; 14 – результаты анализов на золото и МПГ из проб, отобранных в ходе работ с участием авторов (а), и заимствованные из литературных источников (б); 15, 16 – контуры кровли погребённых гранитных массивов по [9]: мощностью более 2 км (15) и менее 2 км (16); 17 – зоны интенсивных тектонических деформаций; 18 – прогнозируемые Вёлсовский золоторудный узел (I) и Верхневагранская золоторудная зона (II)

Новые данные о золотоносности Вишерско-Кутимского антиклинория

Вишерско-Кутимский антиклинорий и присутствующие в его составе благороднометалльные рудопроявления в черносланцевых толщах изучались авторами в ходе проведения поисковых работ на Вагранской площади, составления комплекта Госгеолкарты-1000/3 листа Р-40 [3], при проведении ГДП-200 листов Р-40-XXXVI (Североуральск) и Р-40-XXX (Тохта) и последующих тематических исследований.

В пределах названной структуры известны рудопроявления золото-кварцевого и золотосульфидно-кварцевого типов, ореолы березитов, дайки и штоки гранитоидов, золотые россыпи. Наибольшая концентрация поисковых признаков благороднометалльного оруденения наблюдается на двух площадях, что позволило нам выделить потенциальные Вёлсовский золоторудный узел и Верхневагранскую золоторудную зону [21] (рис. 1).

Прогнозируемый Вёлсовский золоторудный узел (I на рис. 1) охватывает район верхнего течения реки Вёлс и её левых

притоков – р. Широкая, Талая, Мартайка, Посьмак и др. На территории потенциального узла располагаются рудопоявления золотосульфидно-кварцевой формации (Поповская сопка, Нятый Тумп, Северо- и Южночарынтумпское). По данным [20], группа проявлений *Поповская Сопка* залегает в слюдисто-карбонатно-кварцевых метасоматитах зоны Поповского разлома, залегающих среди кварцитов ишеримской свиты рифея. В метасоматитах присутствуют кварцевые жилы с пиритом, халькопиритом и золотом. Содержания золота в жилах до 55 г/т (в штуфах), по бороздovому опробованию 0,7–2,1 г/т, серебра до 8,3 г/т. На *Северочарынтумпском* проявлении, расположенном на юго-восточном склоне горы Уле-Чарын-Тумп в полосе лиственитоподобных метасоматитов с обилием пирита, по данным пробирного анализа содержится до 4,3 г/т золота. На *Южночарынтумпском* проявлении, расположенном в 2 км северо-восточнее горы Нятый Тумп в углеродистых и слюдисто-кварцевых сланцах вёлсовской свиты, выделена золотоносная зона с содержанием золота по пробирному анализу 0,1–3,7 г/т, по свободному золоту 0,1–1,5 г/т. В черных сланцах вёлсовской свиты расположено также проявление *Золотая Горка*, где вдоль Граничного разлома в углеродисто-слюдисто-кварцевых сланцах отмечается зона линейных кор выветривания сланцев с обломками кварца, прослеженная на 7,5 км. Пробирным анализом в обохренных выветрелых черных сланцах с прожилками кварца установлено присутствие Au в количестве 0,1–8,9 г/т. В пределах рудного узла в долине р. Посьмак расположено *Надеждо-Еленинское* рудопоявление, приуроченное к золото контролирующему Поповскому разлому. Рудная зона представляет собой тектонический шов шириной 100–300 м, с дайками гранит-порфиров и диорит-порфиров в метасоматически изменённых углеродистых сланцах вёлсовской свиты. По имеющимся данным пробирного анализа здесь установлены содержания Au до 3,8 г/т.

Территория прогнозируемого Вёлсовского золоторудного узла включает одноименный россыпной узел. Верхневёлсовское месторождение россыпного золота (Сибирёвский прииск) известно с 1859 г. и периодически обрабатывалось до 2008 г. По левым притокам р. Вёлс выявлены также более мелкие или недостаточно изученные золотороссыпные объекты.

На территории прогнозируемого рудного узла присутствуют дайки и штоки гранитоидов (в том числе Посьмакский гранитный массив), дайки долеритов. По геофизическим данным [9] под рудным узлом располагается крупный погребённый гранитный массив. Через узел проходит зона тектонических деформаций (бластомилонитов, интенсивного расщепления), известная в своей северной части как Поповский разлом. Нами эта тектоническая зона прослежена практически через всю территорию Ишеримского антиклинория (см. рис. 1). Поповский разлом контролирует почти все известные проявления золото-кварцевого и золотосульфидно-кварцевого типов в пределах Вёлсовского узла, а также дайки гранитоидов, ореолы березитового и аргиллизитового метасоматоза, зоны сульфидной вкрапленности и линейные коры выветривания.

Выполненные исследования показали, что характерной особенностью средне- и позднерифейских черных сланцев прогнозируемого Вёлсовского узла является повсеместная зараженность их вкрапленной и прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией, представленной пиритом, реже сфалеритом и галенитом. Кроме того, в углеродистых сланцах обнаружены золото, электрум, самородные металлы (Pb) и интерметаллиды (Sn-Sb-Pb, Cu-Zn), арсенопирит, кобальтин, герсдорфит (?) [25]. Выявленные в углеродистых сланцах атомно-абсорбционным и ICP-MS анализами фоновые содержания Au отвечают интервалу 0,01–0,2 г/т, среднее фоновое содержание составляет 0,1 г/т (рис. 2). Ранее в углеродистых сланцах долины р. Вёлс установлено высокое (до 6 г/т)

содержание Pd [25], а при проведении ГДП-200 листа Р-40-XXX в одной пробе получено содержание Pt 0,25 г/т.

Вторая перспективная площадь – прогнозируемая **Верхневагранская золоторудная зона** (II на рис. 1) – расположена в юго-восточной части антиклинория. В ее пределах распространены углеродисто-слюдисто-кварцевые сланцы позднерифейской вёлсовской свиты, вмещающие 8 рудопроявлений золотосульфидного и золотосульфидно-кварцевого типа, наиболее изученным из которых является Сурьинское.

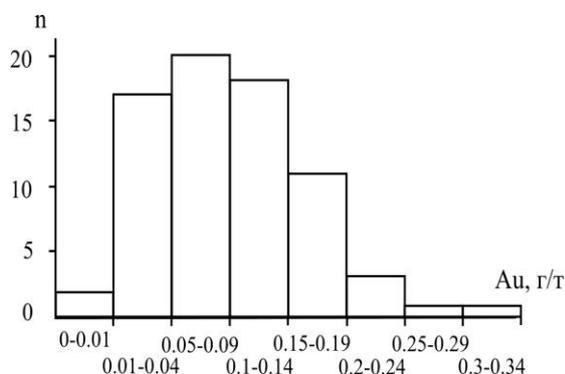


Рис. 2. Гистограмма содержаний Au в углеродистых сланцах муравьиной и вёлсовской свит по данным 72 анализов методом ICP-MS [21]

Сурьинское проявление золотосульфидного типа представлено зоной прожилково-вкрапленной минерализации пирита, халькопирита, сфалерита, блеклых руд и других сульфидов, сульфидов, сульфидов, теллуридов с содержаниями золота до 8 г/т и платины до 3,7 г/т [25]. В районе рудопроявления располагаются известные россыпные золоторудные месторождения – Вагранское и Сурья Казанская [8]. Встречаются единичные дайки метаморфизованных гранитоидов, более распространены тела метадолеритов. Под прогнозируемой рудной зоной по геофизическим данным [9] располагается крупный погребённый гранитоидный массив.

Золотое оруденение Сурьинской зоны локализовано в углеродисто-хлорит-

серицит-кварцевых сланцах вёлсовской свиты. Эти породы в зонах тектонической переработки содержат значительное количество маломощных сульфидосодержащих карбонат-кварцевых прожилков (1–5 мм), как согласных со сланцеватостью, так и секущих её. Сульфиды формируют гнездовую вкрапленность линзовидной формы в кварцевых жилах или в зонах окварцевания. Местами наблюдаются зоны сближенных прожилков, где жильный материал составляет до 40–60% массы породы. Содержание рудных минералов в прожилках может достигать 50%. Главный рудный минерал – пирит, его содержание варьирует от 1 до 50%. Второстепенные минералы: халькопирит (до 3%), рутил (1–2%), герсдорфит (от единичных зерен до 1%), галенит (от единичных зерен до 0,5%), сфалерит (до 0,5%), пирротин, кобальтин. Редкие минералы, образующие вкрапленность единичных и редких зерен, представлены блеклой рудой (теннантитом), пентландитом, макинавитом, самородным золотом, электрумом (?), минералами группы платины (?), молибденитом, магнетитом. Очень редко отмечаются штютцит, паракостибит, купростибит, брейтгауптит, линнеит, умангит, риккардит, калаверит, петцит. Последняя группа минералов из-за сложной диагностики под микроскопом выделена в достаточной степени условно. В процессе выветривания появляются гидроксиды железа, ковеллин, дигенит.

Изучение последовательности кристаллизации рудных минералов позволило выделить три генерации сульфидов, с которыми ассоциируют сульфидарсениды, теллуриды и селениды (?), золото и металлы платиновой группы (?); при этом было зафиксировано три типа выделений золота, вероятно, представляющие собой разные генерации.

Золото I типа встречается в виде зерен в кварцевых прожилках, часто в сростании с кристаллами пирита 1-й генерации либо рядом с ним. Для зерен золота этого типа характерны размеры от 0,07 до 0,1 мм. Форма их изометричная, очертания в

основном ксеноморфные, реже идиоморфные. Иногда они содержат микровключения мелких (~5 мкм) идиоморфных зерен минерала, предположительно из группы теллуридов золота и серебра. Золото II типа более распространено, оно обычно образует в породе вкрапленность редких и единичных зерен. Золото этого типа присутствует в виде вкрапленности в гнездах и зонах развития кварца, карбоната, пирита 2-й генерации, халькопирита, герсдорфита и галенита. Размеры зерен 0,01–0,02 мм, реже до 0,04 мм, форма вытянутая или округлая, очертания ксеноморфные. Золото III типа не связано с кварцевыми прожилками и зонами сульфидизации и окварцевания. Оно образует вкрапленность в нерудных минералах, часто находится в сростании с углеродистым веществом или ассоциирует с пиритом 3-й генерации. Форма выделений золота данного типа достаточно своеобразна – это тонкие (1–3 мкм), вытянутые и развивающиеся между зернами нерудных минералов зерна длиной 0,01–0,02 мм. Реже отмечаются зерна почти изометричной формы диаметром до 0,035 мм. Цвет их насыщенный желтый, что характерно для высокопробного металла. В большинстве случаев золото III типа образует в породе единичные зерна, но иногда оно формирует небольшие вкрапленные гнезда, где количество мелких индивидов может достигать нескольких десятков.

Во всех изученных нами аншлифах из пород Сурьинской зоны отмечено углеродистое вещество, представленное равномерной вкрапленностью мелких (~1 мкм) округлых чешуек и чешуйчатых агрегатов. Содержание его обычно составляет от 3 до 5%. Реже встречаются чешуйки графита длиной 0,02–0,04 мм. При окварцевании и кристаллизации сульфидов углеродистое вещество исчезает.

По результатам минераграфического исследования пород с рудной минерализацией и их структурным и типоморфным особенностям выделены три ассоциации рудных минералов, вероятно, отвечающих

трем стадиям минералообразования в породах Сурьинской рудоносной зоны.

На *первой стадии* образовались пирит, халькопирит, золото, минерал из группы теллуридов золота. Эта ассоциация сопровождается согласными с рассланцеванием кварцевыми прожилками, часто будинированными и катаклазированными. Гнездовая вкрапленность сульфидов может достигать 40%, но чаще она составляет 1–5%.

На *второй стадии* образовались минералы 2-й генерации: пирит, халькопирит, герсдорфит, галенит, сфалерит, пирротин, кобальтин, блеклая руда, пентландит, макинавит, золото, минералы группы платины (?), магнетит и проблематичные редкие штюцит, паракостибит, купростибит, брейтгауптит, линнеит, умангит, риккардит, петцит. Минералы второй ассоциации наиболее часто развиваются в зонах тектонического дробления, смятия, рассланцевания, где накладываются на кварцевые прожилки с пиритом I-й генерации и развиваются в породе в виде линзовидных гнезд и рассеянной вкрапленности. Сульфиды второй стадии всегда сопровождаются кварцем и карбонатами.

В *третью стадию* происходило образование пирита, золота и калаверита. Минералы третьей генерации обычно образуют вкрапленность в породах вне пределов сульфидно-кварцевых прожилков и зон окварцевания. Характерной особенностью выделения указанных минералов являются тонкие вытянутые ксеноморфные зерна, развивающиеся между зернами нерудных минералов. Часто наблюдаются и сростания их с углеродистым веществом.

Все три стадии минералообразования в породах Сурьинской рудоносной зоны являются продуктивными, несущими золотую минерализацию. Зерна золота 1-й генерации имеют наиболее крупные размеры (до 0,1 мм). Максимальные содержания в пределах Сурьинской зоны (8,22 и 9,3 г/т) обусловлены именно таким типом Au. Он же, скорее всего, является и источником россыпей. Золото второй генерации имеет размеры 5–40 мкм и дает со-

держания от 0,04 до 2,4 г/т. Золото третьей генерации образует в породах редкие мелкие (1–10 мкм) зерна. Вероятно, в большинстве случаев содержание его составляет порядка $n \times 0,01$ г/т, но местами такое золото образует гнездовые участки с вкрапленностью многочисленных мелких (1–35 мкм) вытянутых индивидов, развивающихся между зернами других минералов. В таких случаях содержание металла значительно выше (до 0,77–5,45 г/т). Изучение генераций сульфидов показало, что на большей части рудной зоны они последовательно развиваются, накладываясь друг на друга, разные генерации Au также в той или иной степени присутствуют вместе (таким образом, содержания золота в пробах обычно обусловлены металлом всех трёх генераций). Золото первой и третьей генераций чаще обуславливает локальные зоны с высокими содержаниями, а золото второй генерации содержится в значительных объёмах пород с более низкими содержаниями. Зерна предполагаемых металлов платиновой группы, выявленные при изучении аншлифов, приурочены, как указано выше, ко второй генерации рудных минералов. Зафиксированные аналитически (атомно-абсорбционный метод) содержания Pt и Pt в сумме достигают 3,71 г/т.

В рудных минералах Сурынской зоны – пирите, герсдорфите, кобальтине, сфалерите – почти повсеместно наблюдается примесь благородных металлов – Au, Ag, Pt, Pd (от 0,01 до 0,12%), что, как и наличие разнообразных интерметаллидов, характерно для крупных золоторудных месторождений, локализованных в черных сланцах [17].

Приведенные данные дают основание предполагать возможность локализации в пределах Вишерско-Кутимского антиклинория золоторудных месторождений *сухоложского типа*. Эталонными объектами этого типа являются месторождения Мурунтау, Сухой Лог и другие, распространенные в Кызылкумской провинции Узбекистана и Байкало-Витимском поясе Южной Сибири [5]. Для месторождений

данного типа характерна длительная история формирования, в которой некоторыми учеными [27] выделяются два крупных этапа: первый – формирование тонкой вкрапленности синседиментационных и диагенетических сульфидов (арсенипирита, пирита), обогащенных золотом (благородные металлы также концентрируются в углеродистом веществе), и второй – перекристаллизация черносланцевых толщ, обогащенных халькофильными и благородными металлами, высвобождение благородных металлов из первичных сульфидов и углеродистого вещества и переотложение их в теллуридах, сульфидарсенидах, сульфидах и в самородном виде. Другие исследователи [7] фиксируют четыре этапа формирования рудных тел в черных сланцах: накопление благородных металлов в осадках и металлоорганических соединениях в условиях морского шельфа; катагенез и метаморфизм, при которых происходило преобразование рассеянного органического вещества с возникновением геополимеров (асфальтенов, керогенов), обогащенных ценными элементами; в зонах разрывных нарушений и повышенной трещиноватости происходила циркуляция метаморфогенного водно-силикатно-углеродного флюида, высвобождающего и перемещающего золото и металлы платиновой группы (МПГ). На этом этапе, при условии наличия теплофлюидозащиты (как правило – крупных надвиговых пластин), препятствующей утечке и рассеянию рудоносных растворов, формировались рудные залежи. И наконец, четвертый этап связан с постметаморфической активизацией, когда под воздействием гидротермальных растворов происходит образование богатых прожилковых (штокверковых) или жильных руд.

Как правило, золоторудные месторождения сухоложского типа не обнаруживают пространственной связи с интрузивными образованиями. Тем не менее на ряде среднеазиатских объектов (Мурунтау, Кумтор, Даугызтау) глубоким бурением и геофизическими методами установлено

наличие гранитоидных интрузий под рудными телами [19]. В рудных полях месторождений Кумтор, Мурунтау, Даугызтау и Амантайтау широко развиты калишпат- и альбит-содержащие метасоматиты, вмещающие промышленное золотое оруденение, что рассматривается как признак теплового и флюидного влияния нижележащих интрузий [19]. Под крупным золоторудным месторождением Сухой Лог геофизическими методами также фиксируется не вскрытый эрозией гранитоидный батолит, который рассматривается в качестве «главного рудомобилизующего фактора» [14]. Углеродистые сланцы при такой интерпретации являются главным образом субстратом, в котором происходит осаждение золота и экстрагированных из ультрамафитов платиноидов.

Различные исследователи по-разному оценивают вклад седиментогенных, метаморфических и плутоногенных гидротермальных процессов в формирование рудных залежей. Так, Н.П. Лавёров с соавторами [14] главными факторами рудообразования считают гидротермальные растворы, связанные с гранитными интрузиями и экстрагирующие благородные металлы из базит-гипербазитовых комплексов. Углеродистым сланцам отводится роль геохимического барьера и концентратора рудного вещества. Подобных взглядов придерживаются и некоторые другие исследователи [12, 13, 26]. Напротив, по В.Ф. Проценко [22], главными факторами рудообразования являются синседиментационное накопление благородных металлов в углеродистых отложениях и синметаморфическое перераспределение их в рудные залежи. Влияние гидротерм, связанных с гранитоидами, указанный автор считает несущественным. Ряд исследователей [4, 6, 10, 15, 17] считают главным рудогенерирующим процессом вынос золота и МПГ глубинными углеводородными флюидами. Часть подвижных углеводородов выделяется при региональном метаморфизме (происходит формирование нерастворимого УВ керогена и легких углеводородов) [16],

другая часть, возможно, транспортируется по глубинным разломам из мантии. Часть углеводородов и переносимых ими благородных металлов, вероятно, попадает в бассейны осадконакопления, расположенные над глубинными разломами, дренирующими мантию, что и приводит к накоплению металлоносных углеродистых осадков. В последнее время исследователи уделяют большое внимание связи благородных металлов с углеводородами и разнообразными углеводородными и углеродистыми метасоматитами [17, 18]. На Урале связь низкотемпературных углеродистых метасоматитов с благороднометальной минерализацией установлена О.Б. Азовской с соавторами [1] в зоне Серовско-Маукского глубинного разлома.

В.Н. Сазонов с соавторами [24] выделяли три этапа формирования месторождений золота в черных сланцах на Урале: 1) первоначальное седиментогенное накопление благородных металлов в сульфидах и углеродистом веществе; 2) перераспределение и частичное высвобождение золота и МПГ в процессе регионального метаморфизма; 3) формирование рудных залежей в гидротермально-метасоматических зонах над интрузиями гранодiorит-гранитовой формации. В.Н. Сазонов полагал, что благородные металлы, первоначально содержащиеся в черносланцевых толщах, составляют не более 25% рудного вещества месторождений, т. е. промышленные залежи благородных металлов образуются только в связи с надинтрузивными гидротермальными процессами.

Заключение

Анализ геологических данных по Вишерско-Кутимскому антиклинорию показывает, что в его пределах присутствуют все главные поисковые признаки благороднометальных месторождений сухоложского типа. Это, во-первых, наличие установленных рудных уровней (содержания Au более 1 г/т) в углеродистых сланцах, а также минералов-носителей

благородных металлов (самородного золота, МПГ, сульфоарсенидов). Во-вторых, стратиграфический уровень локализации рудоносных углеродистых сланцев Северного Урала (RF₂₋₃) соответствует возрасту хомолхинской свиты, вмещающей золоторудные залежи месторождений Маракано-Тунгусского рудного узла. Так же, как и на эталонном объекте, на Урале предполагается формирование средне- и позднерифейских углеродисто-терригенных формаций в условиях континентального рифтогенеза [11, 23]. В-третьих, наличие сопряженных на локальных участках рудопроявлений золотосульфидно-кварцевого типа в углеродистых толщах, ореолов березитовых метасоматитов и золотоносных россыпных узлов. По геофизическим данным [2, 9] такие участки располагаются над погребенными гранитными массивами.

Одной из главных проблем, решение которой может способствовать прогрессу в поисках крупнообъемных месторождений золота сухоложского типа, является отсутствие в Уральском регионе специализированной аналитической лаборатории, «настроенной» на работу с углеродистыми сланцами.

Исследования выполнены при частичной поддержке проекта УрО РАН 15-18-5-35.

Библиографический список

1. Азовскова О.Б., Александров В.В., Гусева Н.Н. Проявления углеродизации в северной части Восточно-Тагильского ультрабазитового массива, возможная связь с Au-Pt оруденением // Самородное золото: матер. науч. конф. / ИГЕМ РАН. М., 2010. Т. II. С. 17-19.
2. Берлянд Н.Г. Глубинное строение и эволюция литосферы Урала / ВСЕГЕИ. СПб., 2007. 256 с.
3. Водолазская В.П., Иванов В.Н., Петров Г.А., Зархидзе Д.В., Кириллин С.И., Кузнецов Н.А., Курзанов И.Ю., Стороженко Е.В., Берлянд Н.Г., Жданов А.В., Мельгунов А.Н., Полянская Т.Л., Полякова Н.Ф. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Уральская серия. Лист Р-40 (Североуральск). Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2005. 332 с.
4. Гончаров В.И., Ворошин С.В., Сидоров В.А. Наталкинское золоторудное месторождение / СВКНИИ ДВО РАН. Магадан, 2002. 250 с.
5. Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
6. Додин Д.А., Золоев К.К., Коротеев В.А., Чернышов Н.М. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. М.: ООО «Геоинформмарк», 2007. 130 с.
7. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Чиненов В.А., Горячкин Н.И., Хорошилов В.Л. Металлоносные черные сланцы – новый перспективный источник платиновых металлов // Платина России. Проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов в XXI в.: сб. науч. ст. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. Т. III, кн. 1. С. 212-215.
8. Ефимова Л.П., Зворская С.А., Новак Т.М., Шалагинов В.В., Шахова Н.А. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Среднеуральская. Лист Р-40-XXXVI. Объяснительная записка / ПГО «Уралгеология». Свердловск, 1988. 134 с.
9. Карта глубинного строения земной коры Урала. Масштаб 1:1000000. Объяснительная записка. СПб.: Роскомнедра, ВСЕГЕИ, 1993. 121 с.
10. Коробейников А.Ф. Платинометалльные месторождения мира. Т. III. Комплексные золотоплатиновые месторождения. М.: Научный мир, 2004. 236 с.
11. Курбацкая Ф.А. О строении и развитии зоны сочленения Западного Урала и Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала: сб. научн. ст. / УНЦ АН СССР. Свердловск, 1986. С. 50-59.
12. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верховин А.В. Структурно-динамическая модель золоторудных месторождений, образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате. Ч. 1. Беркульское месторождение (Кузнецкий Алатау) // Известия Томского политехни-

- ческого университета. 2008. Т. 313, № 1. С. 11-26.
13. Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верховин А.В. Структурно-динамическая модель золоторудных месторождений, образованных в несланцевом и черносланцевом субстрате. Ч. 2. Месторождение Чертово Корыто (Патомское нагорье) // Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 314, № 1. С. 23-38.
 14. Лавёров Н.П., Лишневский Э.Н., Дистлер В.В., Чернов А.А. Модель рудно-магматической системы золото-платинового месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь, Россия) // Докл. РАН. 2000. Т. 375, № 5. С. 652-656.
 15. Маракушев А.А. Черносланцевая формация как показатель периодов катастрофического развития Земли // Платина России: сб. науч. ст. М.: «Геоинформмарк», 1999. Т. IV. С. 183-194.
 16. Мартихаева Д.Х., Макрыгина В.А. Углеродистое вещество в метаморфических и гидротермальных породах. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2001. 127 с.
 17. Марченко Л.Г. Генезис и минеральные ассоциации золота и платиноидов в месторождениях «черносланцевого» типа Казахстана: автореф. ... дис. докт. геол.-мин. наук / ВСЕГЕИ. СПб., 2011. 48 с.
 18. Новгородова М.И., Генералов М.Е. Состав и структурное состояние углеродистого вещества в минерализованных терригенно-осадочных породах // Отечественная геология. 1999. № 1. С. 33-38.
 19. Пак Н.Т. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах Тянь-Шаня // Рудогенез: сб. науч. ст. / УрО РАН. Миасс; Екатеринбург, 2008. С. 169-171.
 20. Пестрецов С.Г., Курбацкий А.М., Ульянова В.П., Попов И.Б., Зворская С.А., Алексеев В.Я. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Среднеуральская. Лист Р-40-XXX. Объяснительная записка / ПГО «Уралгеология». Свердловск, 1989. 195 с.
 21. Петров Г.А. Прогнозирование благороднометального оруденения в допалеозойских черносланцевых толщах центральной части Уральского подвижного пояса // Литосфера. 2014. № 6. С. 88-101.
 22. Проценко В.Ф. Гипотезы и фактография рудогенеза в черносланцевых толщах / ГП «Научно-исследовательский институт минеральных ресурсов». Ташкент, 2012. 264 с.
 23. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
 24. Сазонов В.Н., Коротеев В.А., Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Великанов А.Я. Золото в «черных сланцах» Урала // Литосфера. 2011. № 4. С. 70-92.
 25. Тектоническое районирование и минералогия Урала (аналитический обзор): Очерки по региональной геологии России. М.: ГЕОКАРТ; ГЕОС, 2006. Вып. 3. 180 с.
 26. Яновский В.М. Золоторудные месторождения в углеродистых терригенных комплексах. Модели гидротермально-метасоматического оруденения // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 87-92.
 27. Large R.R., Maslennikov V.V., Danyushevsky L.R., Scott R.L., Francois R., Chang Z. Origin of pyrite in the Sukhoi Log gold deposit // Рудогенез: сб. науч. ст. / УрО РАН. Миасс; Екатеринбург, 2008. С. 169-171.

To the Problem of Ore Content of Black Shale of Vishera-Kutim Anticlinorium (Northern Urals)

G.A. Petrov^{a,b}, V.A. Aleksandrov^a, A.I. Zubkov^a, A.V. Maslov^{b,c},
Yu.L. Ronkin^b

^aUral geologists' emochnaya expedition Ltd., 55 Vaynera Str., Yekaterinburg 620014, Russia. E-mail: Georg_Petrov@mail.ru

^bInstitute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, 7 Pochtovyy Lane, Yekaterinburg 620075, Russia. E-mail: maslov@igg.uran.ru

^cInstitute of Geology, Ufa RC of RAS, 16/2 K. Marx Str., Ufa 450077, Russia

The gold occurrences associated with placer deposits are known within the Vishera-Kutim anticlinorium located in the Northern Urals. Studying the ore minerals have shown the variety of sulfides, arsenic sulfides, tellurides, and natural elements (including noble metals), which crystallized in several stages. Two potential gold fields (Martayskiy point and Verkhnevagranskaya zone) located above investigated by geophysical methods buried granite massifs were identified. Presented in the article results of study of the composition and spatial distribution of gold mineralization in this area suggest the possible existence of primary gold deposit of the Sukhoy Log type.

Key words: *Northern Urals, Vishera-Kutim anticlinorium, black shale, gold.*

References

1. Azovskova O.B., Aleksandrov V.V., Guseva N.N. 2010. Proyavleniya uglevodizatsii v severnoy chasti Vostochno-Tagil'skogo ultrabazitovogo massiva, vozmozhnaya svyaz s Au-Pt orudneniem [Occurrences of carbonization in the northern part of the East-Tagil ultrabasic massif, possible connection with Au-Pt mineralization]. In Samorodnoe zoloto. V. II. Moskva, IGEM RAN. pp. 17-19. (in Russian)
2. Berlyand N.G. 2007. Glubinnoe stroenie i evolyutsiya litosfery Urala [Deep structure and evolution of the lithosphere of the Urals]. Sankt-Petersburg, VSEGEI. p. 256. (in Russian)
3. Vodolazskaya V.P., Ivanov V.N., Petrov G.A., Zarkhidze D.V., Kirillin S.I., Kuzenkov S.I., Kurzanov I.Yu., Storozhenko E.V., Berlyand N.G., Zdanov A.V., Melgunov A.N., Poluan'skaya T.L., Polyakova N.F. 2005. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tretie pokolenie). Uralskaya seriya. List P-40 (Severouralsk). Obyasnitelnaya zapiska. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). Urals series. Sheet R-40 (Severouralsk). Explanatory letter]. Sankt-Petersburg: VSEGEI. p. 332. (in Russian)
4. Goncharov V.I., Voroshin S.V., Sidorov V.A. 2002. Natalkinskoe zolotorudnoe mestorozhdenie [Natalkinskoe gold deposit]. Magadan, SVKNII, Far East Branch of RAS. p. 250. (in Russian)
5. Guskaya L.I. 2000. Platinometalnoe orudnenie chernoslantsevogo tipa i kriterii ego prognozirovaniya [PGM mineralization of black schist type and criteria of its prediction]. Sankt-Petersburg, VSEGEI. p. 208. (in Russian)
6. Dodin D.A., Zoloev K.K., Koroteev V.A., Chernyshov N.M. 2007. Uglerodsoderzhashchie formatsii – novyy krupnyy istochnik platinovykh metallov XXI veka [Carbonaceous formations – a major new source of platinum group metals of the XXI century]. Moskva, Geoinformmark Ltd., p. 130. (in Russian)
7. Ermolaev N.P., Sozinov N.A., Chinenov V.A., Goryachkin N.I., Khoroshilov V.L. 1999. Metallonosnye chernye slantsy – novyy perspektivnyy istochnik platinovykh metallov [Metalliferous black shales - a promising new source of platinum group metals] In Platina

- Rossii. Problemy razvitiya mineralno-syryevoi bazy platinovykh metallov v XXI v. V. III. Kniga 1. Moskva, Geoinformmark Ltd., pp. 212-215. (in Russian)
8. *Efimova L.P., Zvorskaya S.A., Novak T.M., Shalaginov V.V., Shakhova H.A.* 1988. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seria Sredneuralskaya. List P-40-XXXVI. Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Soviet Union, a scale of 1:200000. Series Sredneuralskaya. Sheet P-40-XXXVI. Explanatory letter]. Sverdlovsk, Uralgeologia, p. 134. (in Russian)
 9. *Karta glubinnogo stroeniya zemnoi kory Urala.* Masshtab 1:1000000. Obyasnitelnaya zapiska. 1993. [Map of deep crustal structure of the Urals. Scale 1:1000000. Explanatory letter]. Sankt-Petersburg, ROSKOMNEDRA, VSEGEI, p. 121. (in Russian)
 10. *Korobeynikov A.F.* 2004. Platinometalnye mestorozhdeniya mira. T. III. Kompleksnye zoloto-platinovye mestorozhdeniya [PGM deposits of the world. V. III. Complex gold-platinum deposits] Moskva, Nauchnyy mir, p. 236. (in Russian)
 11. *Kurbatskaya F.A.* 1986. O stroenii i razvitiy zony sochleneniya zapadnogo Urala i Vostochno-Evropeyskoy platform v pozdnem dokembrii [The structure and development of the junction area between Western Urals and East-European platform in Late Precambrian] *In Dokembriyskie vyulkanogenno-osadochnye komplekсы Urala.* Sverdlovsk, UNTS AN SSSR, pp. 50-59. (in Russian)
 12. *Kucherenko I.V., Gavrilov R.Yu., Martynenko V.G., Verkhozin A.V.* 2008. Strukturno-dinamicheskaya model zolotorudnykh mestorozhdeniy, obrazovannykh v neslantsevom i chernoslantsevom substrate. Ch. 1. Berikulskoe mestorozhdenie (Kuznetskiy Alatau) [Structural and dynamic model of gold deposits formed in the non-shale and black shale substrate. Part 1. Berikulskaya deposit (Kuznetskiy Alatau)]. *In Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta.* 313(1):11-26. (in Russian)
 13. *Kucherenko I.V., Gavrilov R.Yu., Martynenko V.G., Verkhozin A.V.* 2009. Strukturno-dinamicheskaya model zolotorudnykh mestorozhdeniy, obrazovannykh v neslantsevom i chernoslantsevom substrate. Ch. 2. Mestorozhdenie Chertovo kopyto (Patomskoe nagorye) [Structural and dynamic model of gold deposits formed in the non-shale and black shale substrate. Part 2. Chortovo Kopyto deposit (Patomskoe Highlands)]. *In Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta.* 314(1):23-38. (in Russian)
 14. *Laverov N.P., Lishnevskiy E.N., Distler V.V., Chernov A.A.* 2000. Model rudno-magmaticheskoy sistemy zoloto-platinovogo mestorozhdeniya Sukhoy Log (Vostochnaya Sibir, Rossia) [Model of ore-magmatic system of gold-platinum deposit Sukhoy Log (East Siberia, Russia)]. *In Doklady Akademii nauk.* 375(5):652-656. (in Russian)
 15. *Marakushev A.A.* 1999. Chernoslantsevaya formatsiya kak pokazatel periodov katastroficheskogo razvitiya Zemli [Black shale formation as an indicator of periods of catastrophic evolution of the Earth]. *In Platina Rossii.* Moskva, Geoinformmark Ltd., IV: 183-194. (in Russian)
 16. *Martikhaeva D.X., Makrygina V.A.* 2001. Uglerodistoe veshchestvo v metamorficheskikh i gidrotermalnykh porodakh [Carbonaceous matter in metamorphic and hydrothermal rocks]. Novosibirsk, Izd. SO RAN, p. 127. (in Russian)
 17. *Marchenko L.G.* 2011. Genesis i mineralnye assotsiatsii zolota i platinoidov v mestorozhdeniyakh "chernoslantsevogo tipa" Kazakhstana [Genesis and mineral association of gold and platinum in the "black shale" type deposits, Kazakhstan]. Autoref. Dis. Doktora geol.-min. nauk. Sankt-Petersburg, VSEGEI, p. 48. (in Russian)
 18. *Novgorodova M.I., Generalov M.E.* 1999. Sostav i strukturnoe sostoyanie uglerodistogo veshchestva v mineralizovannykh terrigenno-osadochnykh porodakh [The composition and structural state of the carbonaceous material in the mineralized clastic sedimentary rocks]. *In Otechestvennaya geologiya.* 1:33-38. (in Russian)
 19. *Pak N.T.* 2008. Krupnye mestorozhdeniya zolota v cheroslantsevyykh tolshchakh Tyan-Shanya [Large gold deposits in black shale strata of the Tien Shan] *In Rudogenez.* Miass-Yekaterinburg, UrO RAN, pp. 169-171. (in Russian)
 20. *Pestretsov S.G., Kurbatskiy A.M., Ulyanova V.P., Popov I.B., Zvorskaya S.A., Alexeev V.Ya.* 1989. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seriya Sredneuralskaya. List P-40-XXX. Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Soviet Union a scale of 1:200000. Series Sredneuralskaya. Sheet P-40-XXX.

- Explanatory letter]. Sverdlovsk, Uralgeologiya, p. 195. (in Russian)
21. *Petrov G.A.* 2014. Prognozirovaniye blagorodnometalnogo orudneniya v dopaleozoyskikh chernoslantsevykh tolshchakh tsentralnoy chasti Uralskogo podvizhnogo poyasa [Forecasting of noble metal mineralization in the Pre-Paleozoic black shale strata of the Central Urals mobile belt] *In Litosfera.* 6:88-101. (in Russian)
 22. *Protsenko B.F.* 2012. Gipotezy i factografiya rudogeneza v chernoslantsevykh tolshchakh [Hypotheses and factography of ore genesis in black shale strata]. Tashkent, NII mineralnykh resursov, p. 264. (in Russian)
 23. *Puchkov V.N.* 2010. Geologiya Urala i Priuralya (aktualnye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of Urals and Pre-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, DizaynPoligrafServis, p. 280. (in Russian)
 24. *Sazonov V.N., Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A., Velikanov A.Ya.* 2011. Zoloto v "chernykh slantsakh" Urala [Gold in the "black shales" of the Urals]. *In Litosfera.* 4:70-92. (in Russian)
 25. Tektonicheskoe rayonirovaniye i minerageniya Urala [Tectonic zoning and minerageny of the Urals]. Moskva, GEOKART, GEOS. V. 3. p. 180. (in Russian)
 26. *Yanovsky V.M.* 2004. Zolotorudnye mestorozhdeniya v uglerodistykh terrigennykh kompleksakh. Modeli gidrotermalno-metasomaticheskogo orudneniya [Gold deposits in carbonaceous clastic complexes. Models of hydrothermal metasomatic mineralization]. *In Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* 2:87-92. (in Russian)
 27. *Large R.R., Maslennikov V.V., Danyushevsky L.R., Scott R.L., Francois R., Chang Z.* 2008. Origin of pyrite in the Sukhoi Log gold deposit. *In Rudogenez. Miass-Yekaterinburg, UrO RAN,* pp. 169-171.