

УДК 553.041

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ДОПАЛЕОЗОЙСКИХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УРАЛЬСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

© 2014 г. Г. А. Петров

Уральская геологосъемочная экспедиция, Институт геологии и геохимии УрО РАН
620014, г. Екатеринбург, ул. Вайнера, 55
E-mail: gpetrov@ugse.ru

Поступила в редакцию 18.11.2014 г.

В статье представлены результаты исследования рудоносности допалеозойских углеродистых сланцев Ишеримского и Кваркушского антиклинориев (Северный и Средний Урал). Обосновывается наличие признаков оруденения золоточерносланцевой формации, эталоном которого является уникальное месторождение Сухой Лог. Выделены перспективные площади в ранге потенциальных рудных узлов, произведена оценка прогнозных ресурсов.

Ключевые слова: золото-черносланцевая формация, Урал, рудогенез, прогнозирование, рифей, венд.

ВВЕДЕНИЕ

Изучением минерализации неопротерозойских толщ западного склона Среднего и Северного Урала в разные годы занимались А.А. Алексеев [1], В.Я. Алексеев и Г.Г. Морозов [2 и др.], Ю.Р. Беккер [3], Ю.А. Волченко с соавторами [4, 5], Д.А. Додин с соавторами [8], К.К. Золотов с соавторами [11, 12 и др.], Р.Г. Ибламинов и В. Лебедев с соавторами [14–16 и др.], М.Т. Крупенин [21], Ф.А. Курбацкая [22 и др.], В.М. Нечухин [28], В.Н. Сазонов [36, 37] и многие другие исследователи. М.Л. Ключкина [18] впервые выделила и описала черносланцевую формацию в позднерифейско-вендском разрезе Среднего Урала. При проведении геологосъемочных, поисковых и научно-исследовательских работ было выявлено значительное количество благороднометалльных рудопроявлений и пунктов минерализации в допалеозойских углеродистых сланцах, однако генезис, формационная принадлежность и перспективность данных объектов для поисков промышленных месторождений оставались во многом неясными.

Задачей данной статьи является обоснование возможности присутствия месторождений золото-черносланцевой формации в верхнепротерозойских толщах Ишеримского и Кваркушского антиклинориев на основе результатов собственных исследований и обобщения литературных данных.

ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ И ПРИЗНАКИ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ДОПАЛЕОЗОЙСКИХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УРАЛЬСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

О наличии золотого и платинометалльного оруденения в допалеозойских углеродистых тол-

щах Кваркушского и Ишеримского антиклинориев (рис. 1) в настоящее время свидетельствует значительное число данных. Уже первые результаты несистематических, во многом рекогносцировочных, работ по исследованию данной проблемы показали наличие в ряде районов рудных уровней концентраций благородных металлов, что позволяет наметить региональные критерии прогнозирования благороднометалльного оруденения – литологический, стратиграфический, тектонический, метаморфический и магматический.

Литологический критерий. По результатам собственных работ и данным других исследователей [4, 8, 11, 20, 31, 37] в углеродистых сланцах Ишеримского и Кваркушского антиклинориев обнаружены высокие содержания благородных металлов, в ряде случаев достигающих рудных концентраций (более 1 г/т). Таким образом, пространственную ассоциацию благороднометалльного оруденения с тонкотерригенными углеродистыми толщами можно считать установленным фактом. Кроме седиментогенной обогащенности благородными металлами важным фактором является присутствие пород, по минеральному составу и физическим свойствам наиболее благоприятных для локализации оруденения и легко подвергающихся метасоматическим процессам, в том числе золоторудным. Наиболее благоприятны для образования золото-сульфидных руд углеродисто-хлорит-серицит-кварцевые и углеродисто-хлорит-серицит-кварцевые карбонатсодержащие сланцы – тонкопосчатые, за счет метаморфической расслоенности, породы с чередованием контрастных по физико-механическим свойствам существенно кварцевых и углеродисто-хлорит-серицитовых слоев мощностью от менее 1 мм до первых миллиметров, ча-

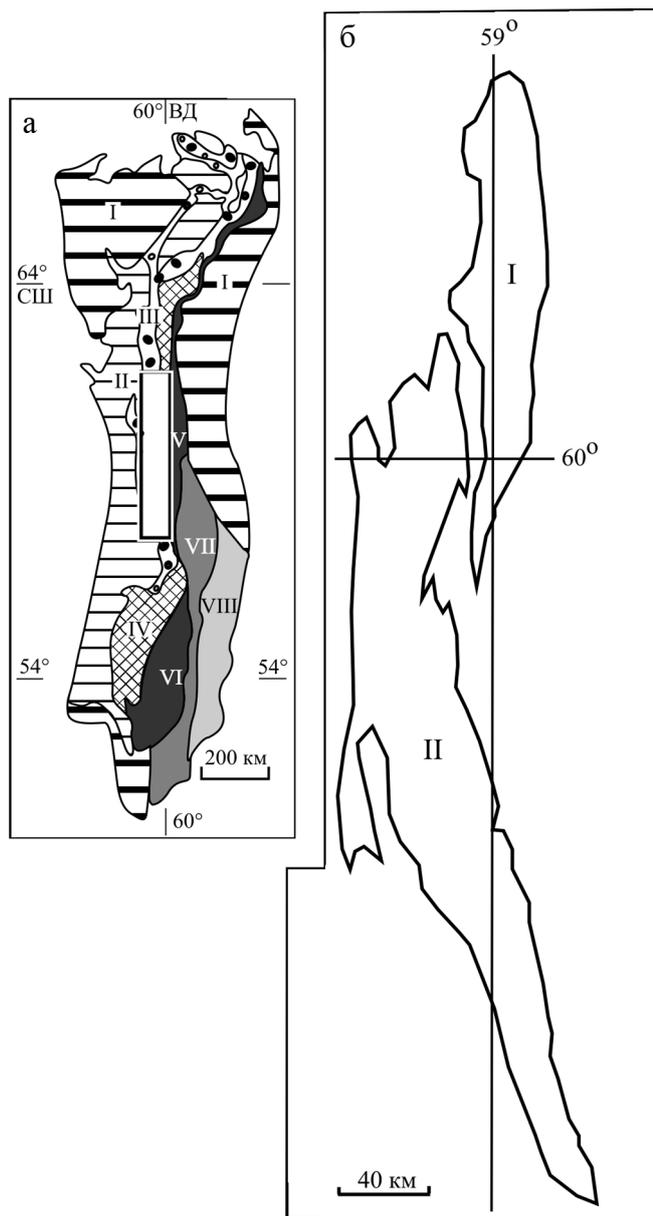


Рис. 1. Обзорная схема (а) и структуры Центрально-Уральского поднятия на Среднем и Северном Урале (б).

а. I – мезозойско-кайнозойские отложения; II – Предуральский прогиб; III–VIII – мегазоны (III – Западно-Уральская, IV – Центрально-Уральская, V – Тагильская, VI – Магнитогорская, VII – Восточно-Уральская, VIII – Зауральская). Прямоугольником показан изученный район. б. Антиклинории: I – Ишеримский, II – Кваркушский.

Fig. 1. Overview scheme (a) and structures of Central Uralian anticlinal dome at the North and Middle Ural (б).

а. I – Mesozoic and Cenozoic sediments; II – Pre-Uralian basin; III–VIII – megazones (III – West-Uralian, IV – Central-Uralian, V – Tagil, VI – Magnitogorsk, VII – East-Uralian, VIII – Transuralian). The outline shows investigate area. б.: anticlinoriums: I – Isherim, II – Kvarkoush.

сто сплюснутые, кливажированные с разбуринированными прослоями серицит-кварцевого состава и кварцевыми прожилками. Благоприятными для локализации руд являются также повсеместно распространенные кварцевые жилы и прожилки, раздробленные и разбуринированные при более поздних деформациях рудовмещающих толщ. Горизонты песчаников, известняков, а также подошвы тектонических пластин могут служить барьерами для миграции гидротермальных растворов, под которыми происходит формирование гидротермально-метасоматических рудных залежей.

Стратиграфический критерий. Благороднометалльное оруденение приурочено к трем стратиграфическим уровням распространения тонкотерригенных углеродистых толщ (рис. 2, 3): средне-рифейскому (муравьинская свита Ишеримского антиклинория), поздне-рифейскому (велсовская свита Ишеримского, федотовская и кырминская свиты Кваркушского антиклинория) и ранневендскому (бутовская и першинская свиты Кваркушского антиклинория).

Тектонический критерий. В региональном плане многие потенциальные рудные узлы и перспективные участки приурочены к шовным зонам, разделяющим структурно-тектонические подразделения первого и второго порядка; в данном случае рудоконтролирующая тектоническая зона отделяет Ишеримский и Кваркушский антиклинории Центрально-Уральского поднятия (фрагменты допалеозойской коры континентального типа) от Присалатимского аллохтона, в состав которого входят палеозойские батинальные комплексы рифтогенной пассивной континентальной окраины [32]. Главными разрывными нарушениями района являются субмеридиональные тектонические швы, входящие в систему Главного Уральского разлома: Поповский, Тошемский, Тылайско-Промысловский, Кутынский и др. Структурно-вещественные комплексы, сформировавшиеся в различное время и в разных геодинамических обстановках, впоследствии, в результате коллизионных процессов, претерпели ряд структурно-тектонических преобразований. Неоднократная переориентировка тектонических напряжений привела к наложению разновозрастных дислокаций, несогласно пересекающих палеозональность. Современная структура представляет собой сложную складчато-надвиговую систему, где наблюдаются сближенные блоки земной коры различного типа и строения. Широкое развитие имеют разноамплитудные опрокинутые и изоклинальные складки с размахом крыльев от первых сантиметров до сотен метров с широким развитием плейчатости. Вдоль крупных тектонических нарушений субмеридионального заложения трассируются зоны милонитизации, будинажа и окварцевания, которые являются рудовмещающими, что отмечается на ряде проявлений (например, на Ашкинском



Рис. 2. Стратиграфическая колонка допалеозойских образований Ишеримской СФЗ (по [10]).

Fig.2. Stratigraphic column for Pre-Paleozoic series of the Isherim structural-formation zone (by [10]).

[36], Сурьинском [11]), где оруденение приурочено к приразломным зонам смятия и дробления. Золотоносные сульфидно-карбонат-кварцевые жилы и березитовые метасоматиты верховьев р. Велс также приурочены к Поповскому разлому [29].

Метаморфический критерий. Все известные благороднометалльные проявления Ишеримского и Кваркушского антиклинорев расположены в области распространения пород зеленосланцевой фации метаморфизма. Черные сланцы муравьинской свиты Ишеримского антиклинория расположены во внешней (зеленосланцевой) части ореола зонального сиалического плутонометаморфизма дистенсиллиманитового типа. На фоне регионального ме-

таморфизма выделяются блоки пород, для которых характерны метасоматические преобразования различной интенсивности. Потенциально рудоносные зоны характеризуется широким развитием окварцевания и карбонатизации, наибольшая интенсивность которых отмечена в блоках с высокой степенью трещиноватости. Окварцевание, сопровождающееся сульфидной и благороднометалльной минерализацией, развито как по массе породы, так и в виде жил и прожилков. Прожилки обычно неровные, часто смятые и разбужинированные. Содержание сульфидной минерализации в прожилках на отдельных участках достигает 60–70%. В пределах Верхневагранской зоны и Велсовского потенциаль-

ного рудного узла проявлены метаморфические изменения с развитием хлоритоида и анкерита. Содержание хлоритоида колеблется от 1 до 20%. На таких участках в составе сульфидной минерализации помимо обычного набора минералов (пирит, халькопирит) появляются герсдорфит, ульманнит и кобальтин [39]. Локальность этого процесса может свидетельствовать о проявлении гидротермальной деятельности, которая может быть связана со скрытыми на глубине интрузиями кислого состава. Кроме того, отмечены березитизированные породы, связанные с дайками гранит-порфиров и золоторудными кварцевыми жилами [29, 37].

Магматический критерий. Связь между магматическими образованиями и благороднометалльным оруденением в пределах выделенных перспективных зон фиксируется далеко не всегда. Вместе с тем следует отметить следующее. Единичные дайки гранитоидов велсовского комплекса сопровождают золотосульфидную минерализацию на Сурьинском рудопроявлении. Метасоматические изменения (развитие анкерита и хлоритоида) пород Сурьинского проявления и наличие в его пределах арсенидной и стибнитовой минерализации, гамма-спектрометрических аномалий, характерных для околоконтактных частей гранитных массивов, позволяют предположить наличие на глубине нескрытого эрозионными процессами массива гранитоидов (что подтверждается геофизическими данными). В пределах Велсовского потенциального рудного узла известны небольшие массивы гранитов и гранит-порфиров (Посьмакский и др.), а также дайки гранитового состава, ореолы березитизации и анкеритизации.

В составе Кваркушского антиклинория дайки гранодиорит-порфиров известны вблизи Леневого золото-платинометалльного рудопроявления (Au – 1 г/т, Pt – 2.7 г/т, Pd – 0.9 г/т) [8], гранитоиды входят в состав Журавликского перидотит-габбро-гранодиоритового массива, вблизи которого расположено Григорьевское золото-платинометалльное рудопроявление (Au – 0.5, Pt – 0.48, Pd – 5.6 г/т) [31]. Ю.А. Волченко с соавторами [5] в габбро-дolerитовом штоке Дублинский Камень выявлена зона вкрапленной сульфидной и сульфидарсенидной минерализации (халькопирит, пирит, пирротин, пентландит, галенит, блеклые руды, котульскит, гессит, кобальтин), выходящая за пределы массива в контактово-измененные сланцы вильвинской свиты. Содержания Au в пределах минерализованной зоны, по данным указанных авторов, достигает 1 г/т, Pt – 2 г/т и Pd – 2.2 г/т. Таким образом, Ю.А. Волченко впервые выявил золото-платинометалльное оруденение не только в телах габбро-дolerитов, но и в их экзоконтактных зонах. Позднее данные о связи благороднометалльного оруденения с близинтрузивными и надинтрузивными

звивными ореолами дайковых габбро-дolerитовых тел были подтверждены Ю.А. Волченко на более широком материале [6].

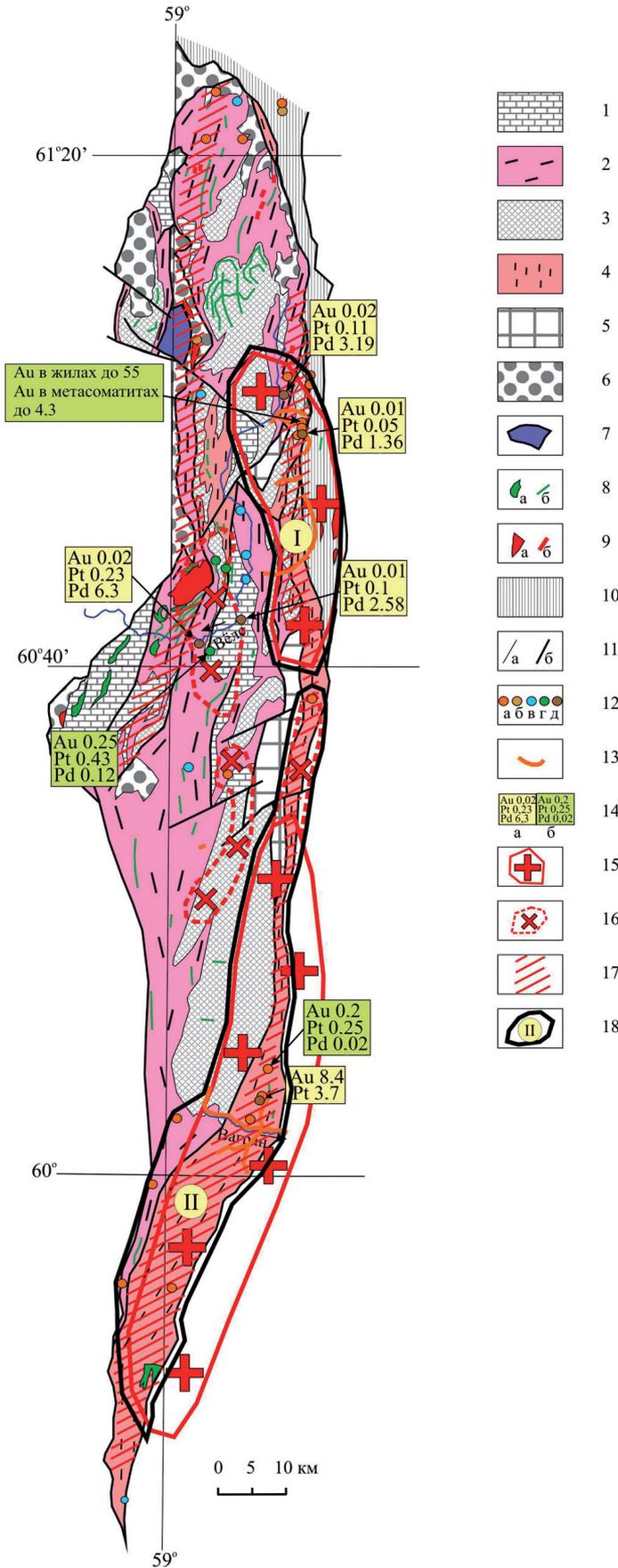
Интерпретация гравиметрового поля, выполненная Н.Г. Берлянд [17], показала наличие под известными золоторудными и платинометалльными проявлениями и россыпными узлами (Верхневелсовским и Вагранским) Ишеримского антиклинория крупных не вскрытых эрозией гранитных массивов (рис. 4). В пределах Кваркушского антиклинория (рис. 5) крупный локальный минимум, вероятно соответствующий погребенной гранитной интрузии, располагается вдоль восточного контакта антиклинория, в зоне Тылайско-Промысловского разлома; возможно, с ним связаны золотые месторождения Кварцевая Гора и Хионинское. Небольшая гранитоидная (или габбро-гранитная) интрузия предполагается под Журавликским массивом; в надинтрузивный ореол этого тела попадают Григорьевское и Ашкинское благороднометалльные проявления.

Анализируя вышеперечисленные факторы, можно сделать вывод о том, что большая часть проявлений благороднометалльного оруденения Ишеримского и Кваркушского антиклинориев по комплексу критериев прогнозирования соответствует прогнозно-поисковой модели месторождений золото-сульфидной формации сухоложского типа, рассмотренной в [7, 8, 11, 19, 23, 26, 27]. Платиновые проявления в углеродистых сланцах бутонской свиты венда, обнаруженные пермскими геологами [20], возможно, соответствуют южнокитайскому типу [7, 8]; в связи с недостаточной изученностью данных объектов, автор не рассматривает их в данной публикации. Обобщение авторских и литературных данных позволяет выделить перспективные площади в ранге потенциальных рудных узлов и дать приблизительную авторскую оценку прогнозных ресурсов золота в черносланцевых толщах Ишеримского и Кваркушского антиклинориев.

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ДОПАЛЕОЗОЙСКИХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ

Поскольку в Уральском регионе отсутствуют промышленные месторождения золота, связанные с допалеозойскими углеродистыми сланцами, в качестве объекта-эталона для прогнозирования выбран рудный узел, вмещающий типичное месторождение сухоложского типа.

Золотое месторождение Сухой Лог приурочено к углеродистым сланцам хомолхинской свиты RF₂₋₃, накопление которых происходило в перикратонном осадочном бассейне, связанном с формированием внутриконтинентальной рифтовой системы в южной части Восточно-Сибирской платформы [7, 26], в пределах Маракано-Тунгусского рудного узла. Углеродистые песчано-алевролитовые сланцы, вмеща-



ющие оруденение, претерпели зеленосланцевый метаморфизм. В составе углеродистого вещества, содержание которого составляет 1–7%, выявлено наличие газовой составляющей (CH₂, C₂H₆, H₂, CO₂), растворимого ОВ (предельных углеводородов, этиловых спиртов карбоновых кислот, амидов) и керогена. В нерастворимом углеродистом веществе обнаружены содержания МПГ до 10 г/т. Рудные зоны представлены вкрапленностью сульфидов железа, никеля, кобальта, меди, свинца, цинка, молибдена, а также арсенидов и самородных металлов (75 различных рудных минералов).

Рис. 4. Поисковые признаки благороднометалльного оруденения Ишеримского антиклинария.

1 – терригенные и карбонатные породы расынской и мойвинской свит RF₂; 2 – углеродистые сланцы муравьиной свиты RF₂; 3 – кварцитопесчаники ишеримской свиты RF₃; 4 – углеродистые, слюдисто-кварцевые сланцы велсовской свиты RF₃; 5 – дистен-гранат-ставролит-слюдистые кристаллические сланцы RF₃; 6 – терригенные отложения O₁₋₃; 7 – перидотиты; 8 – габбро и долериты; 9 – гранитоиды; 10 – метабазальты; 11 – геологические границы (а), разрывные нарушения (б); 12 – рудопоявления золота (а), вольфрама (б), свинца и цинка (в), меди и никеля (г), платиноидов (д); 13 – россыпи золота; 14 – результаты анализов на золото и металлы платиновой группы (МПГ) из проб, отобранных в ходе работ с участием автора (а) и заимствованных из литературных источников (б); 15, 16 – контуры кровли погребенных гранитных массивов по [17]: 15 – мощностью более 2 км, 16 – менее 2 км; 17 – зоны интенсивных тектонических деформаций; 18 – прогнозируемые Велсовский золоторудный узел (I) и Верхневаягранская золоторудная зона (II).

Fig. 4. The precious metals ore indications for the Isherim anticlinorium.

1 – terrigenous and carbonate rocks of Rasja and Moiva series RF₂ (Stenian-Ectasian); 2 – carbonaceous shales of Muravei series RF₂ (Stenian-Ectasian); 3 – quartzites of Isherim series RF₃ (Tonian-Cryogenian); 4 – carbonaceous, mica-quartz schists of Vels series RF₃ (Tonian-Cryogenian); 5 – kyanite-garnet-staurolite-mica crystalline schists RF₃ (Tonian-Cryogenian); 6 – terrigenous sediments O₁₋₃; 7 – peridotites; 8 – gabbro and dolerites; 9 – granitoids; 10 – metabasalts; 11 – geological boundaries (a), faults (б); 12 – ore manifestations of gold (a), tungsten (б), lead and zinc (в), copper and nickel (г), platinum (д); 13 – gold placers; 14 – results of analysis for gold and metals of platinum group (PGE) from the samples, taken during geological explorations with the author participation (a), taken from literature sources (б); 15, 16 – outlines of the buried granite massifs roofs from [17]: thickness more than 2 km (15) and less than 2 km (16); 17 – zones of strong tectonic deformations; 18 – projected Vels gold-bearing district (I) and Verkhnei Vagran gold-bearing zone (II).

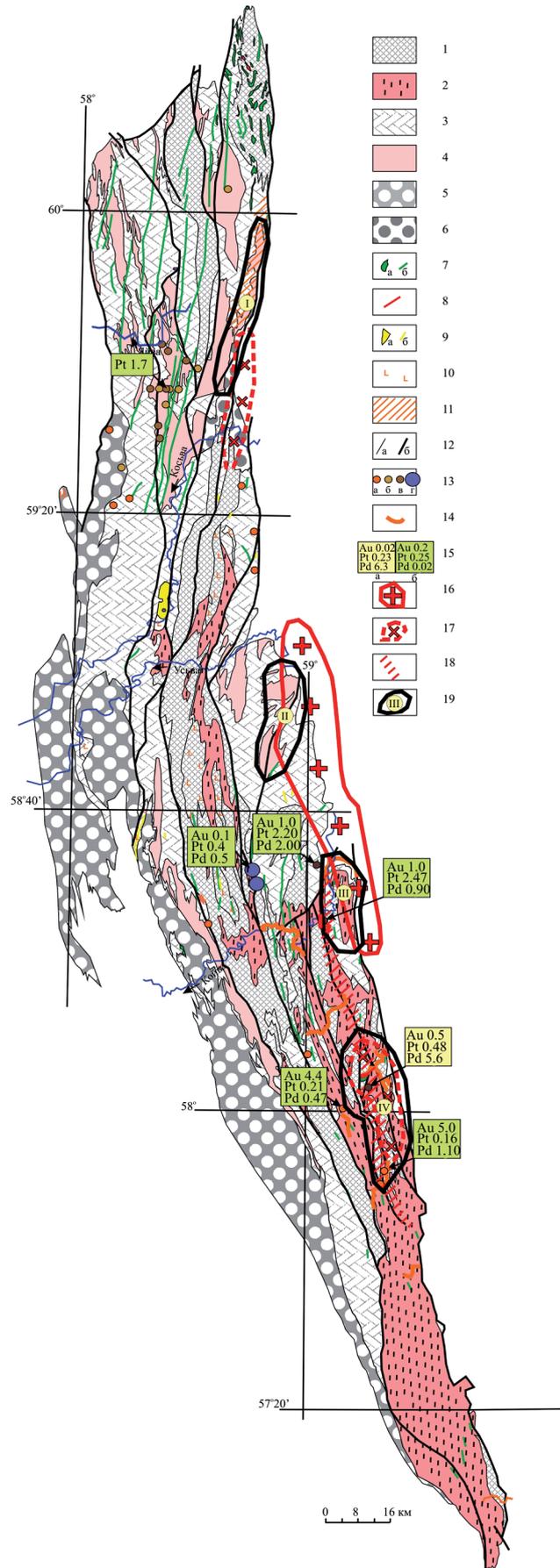
Главный рудный компонент – самородное золото с размером частиц 10–20 мкм. Среднее содержание золота – 3 г/т [7]. Присутствуют также самородная платина, Pt-Fe-Cu твердые растворы, куперит (PtS), сперрилит (PtAs₂), теллуриды висмутиды палла-

Рис. 5. Поисковые признаки благороднометалльного оруденения Кваркушского антиклинория.

1 – терригенные, вулканогенные и карбонатные толщи басегской серии RF₃; 2 – углеродистые филлиты федотовской и кырминской свит RF₃; 3 – терригенные толщи серебрянской серии V₁; 4 – фосфатоносные углеродисто-кварцевые сланцы бутонской и першинской свит V₁; 5 – песчаники и алевролиты сыльвицкой серии V₂; 6 – терригенно-карбонатные отложения O₁₋₃; 7 – штоки (а) и дайки (б) габбродолеритов и долеритов; 8 – тела гранитоидов и риолитов; 9 – штоки (а) и дайки (б) граносиенитов, сиенитов, сиенит-порфиров; 10 – поля распространения умеренно щелочных вулканитов (трахибазальтов, трахиандезитов, реже трахириолитов); 11 – метасоматический ореол альбитизации и биотитизации; 12 – стратиграфические и интрузивные геологические границы (а) и разрывные нарушения (б); 13 – рудопоявления золота (а), вольфрама (б), МПГ (в), месторождения хромитов (г); 14 – россыпи золота; 15 – результаты анализов на Au и МПГ из авторских проб (а), литературные данные (б); 16, 17 – контуры кровли погребенных гранитоидных массивов по [17]: 16 – мощностью более 2 км; 17 – менее 2 км; 18 – тектонические зоны смятия и дробления; 19 – прогнозируемые золоторудные зоны и узлы: I – Верхнетылайская золоторудная зона; II – Верхнеусьвинский золоторудный узел; III – Промысловский золоторудный узел; IV – Кедровско-Ашкский золоторудный узел.

Fig. 5. The precious metals ore indications for the Kvarquush anticlinorium.

1 – terrigenous, volcanogenic and carbonate rocks strata of Baseg series RF₃ (Tonian-Cryogenian); 2 – carbonaceous shales of Fedotovka and Kyрма series RF₃ (Tonian-Cryogenian); 3 – terrigenous strata of Serebryanka series V₁ (Low Ediacaran); 4 – phosphorite-bearing carbonaceous-quartz schists of Buton and Pershino series V₁ (Low Ediacaran); 5 – sandstones and siltstones of Sylvitsa series V₂ (Upper Ediacaran); 6 – terrigenous-carbonate sediments O₁₋₃; 7 – stocks (a) and dikes (b) of gabbrodolerite and dolerite; 8 – bodies of granite and rhyolite; 9 – stocks (a) and dikes (b) of granosyenite, syenite, syenite porphyry; 10 – fields of moderately alkaline volcanites (trachybasalts, trachyandesites, rare trachyrhyolites); 11 – metasomatic aureoles of albitisation and biotitisation; 12 – stratigraphic and intrusive geological boundaries (a) and faults (b); 13 – ore manifestations of gold (a), tungsten (b), platinum (в), deposits of chromite (г); 14 – gold placers; 15 – results of analysis for gold and metals of platinum group (PGE) from the samples, taken during geological explorations with the author participation (a) and taken from literature sources (б); 16, 17 – outlines of the buried granite massifs [17]: 16 – roof thickness more than 2 km, 17 – roof thickness less than 2 km; 18 – tectonic zones of crush; 19 – projected gold-bearing districts and zones: I – Verkhny Tylai gold-bearing zone, II – Verkhnya Us'va gold-bearing district, III – Promysla gold-bearing district, IV – Kedrovka-Ashka gold-bearing district.



дия и серебра. Минералы МПГ образуют мельчайшие включения в пирите, никелевых сульфидах и арсенидах. Предполагается, что формирование месторождения происходило в три этапа.

На первом, *седиментогенном*, этапе имело место образование мелких кристаллов сульфидов (преимущественно фрамбоидального пирита и мышьяковистого пирита), содержащих тонкие включения золота, мышьяка и других элементов, в тонкотерригенной толще с большим количеством органического вещества [40]. Вероятно, органическое вещество содержало золото и, возможно, МПГ. Рудное вещество, предположительно, было привнесено в осадочный бассейн гидротермальными растворами, связанными с рифтовой системой [8, 40].

На втором, *метаморфогенном*, этапе произошло перераспределение рудных элементов в обстановке зеленосланцевого метаморфизма (высвобождение части золота МПГ из кристаллов сульфидов и углеродистого вещества, кристаллизация новых генераций сульфидов и самородных металлов), увеличение размеров и пробности кристаллов и агрегатов благородных металлов, формирование крупных объемов горных пород, обогащенных благородными металлами на лито-рудогенном и рудогенном уровнях, залежей бедных и убогих руд.

В третий, *гидротермально-метасоматический*, этап в надинтрузивных областях гранитных тел происходит интенсивная гидротермально-метасоматическая переработка, перераспределение и привнос дополнительного рудного вещества с более глубоких уровней земной коры и из флюидно-магматической гранитоидной системы. Присутствие крупной гранитной интрузии под месторождением Сухой Лог было, в частности, установлено академиком Н.П. Лаверовым с коллегами [23]. С интрузией связано образование штокверковых и жильных сульфидно-карбонат-кварцевых золоторудных тел, а также залежей руд, представленных прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией в метасоматитах (березитах). Температуры формирования золоторудных тел оцениваются в диапазоне 310–280°C [7]. По другим, более современным, данным [40], большая часть рудных минералов образовалась при температурах 192–236°C, менее распространены минералы, формировавшиеся при температурах 250–286°C.

Месторождение Сухой Лог является уникальным [25]. Шансы найти второе такое месторождение невелики – образование подобных скоплений золота происходит при уникальном стечении обстоятельств и факторов. Между тем средние и крупные месторождения суходожского типа достаточно широко распространены в Ленской золоторудной провинции (Вернинское, Невское, Голец Высочайший, Чертово Корыто, Ожерелье), в Саяно-Енисейской (Олимпиадинское), Колымо-Чукотской (Дегдекан) и в Приамурской (Маломыр и др.) [13] провинци-

ях. Для оценки прогнозных ресурсов предполагаемых золоторудных узлов, в состав которых входят месторождения суходожского типа на Урале, нами выбран в качестве эталона Маракано-Тунгусский рудный узел, включающий рудные поля месторождений Сухой Лог, Вернинское, Невское и др. [13]. Согласно методическим рекомендациям ЦНИГРИ [34], при наличии уникального месторождения в составе эталонного таксона его масштаб принимается в размере, соответствующем рядовому месторождению. С учетом этих рекомендаций площадная продуктивность Маракано-Тунгусского узла составляет 0.235 т/км².

Анализ геологических данных по Ишеримскому и Кваркушскому антиклинориям показал, что на их территории присутствуют главные поисковые признаки благороднометалльных месторождений суходожского типа. Кратко перечислим их: 1) наличие установленных рудных уровней содержания (более 1 г/т) золота в углеродистых сланцах, а также минералов – носителей благородных металлов (самородного золота, МПГ, сульфидарсенидов); 2) стратиграфический уровень локализации рудных углеродистых сланцев Среднего и 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 [22, 35]; 3) наличие сопряженных на локальных участках рудопроявлений золото-сульфидно-кварцевого типа в углеродистых толщах, ореолов березитовых метасоматитов и золотоносных россыпных узлов (Велсовский, Вагранский, Серебрянский участки). По геофизическим данным [17], такие участки располагаются над погребенными гранитными массивами.

Для локализации перспективных площадей и оценки прогнозных ресурсов были построены схемы поисковых признаков благороднометалльного оруденения Ишеримского и Кваркушского антиклинориев (см. рис. 4 и 5).

Наиболее перспективным в отношении благороднометалльного оруденения в углеродистых сланцах представляется **Ишеримский антиклинорий** (см. рис. 4). В его пределах установлено два стратиграфических уровня распространения углеродистых сланцев – среднерифейский (муравыинская свита) и позднерифейский (велсовская свита).

Средне- и позднерифейские сланцы претерпели региональный зеленосланцевый метаморфизм, среднерифейские – на некоторых участках дополнительно еще и зональный сиалический плутонометаморфизм дистен-силлиманитового типа. Здесь известны рудопроявления золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого типов, ореолы березитов, дайки и штоки гранитоидов, золотые россыпи, а также единичные пробы с высокими содержа-

ниями МПГ (до 6 г/т Pd и до 3 г/т Pt). Наибольшая концентрация поисковых признаков благороднометалльного оруденения наблюдается на двух площадях, что позволило нам выделить потенциальные *Велсовский золоторудный узел* и *Верхневелсовскую золоторудную зону*.

Велсовский золоторудный узел прогнозируемый (см. 1 на рис. 4) охватывает район верхнего течения р. Велс – левого притока Вишеры и его левых притоков – рек Широкая, Талая, Мартайка, Посьмак и др. Площадь потенциального рудного узла составляет 552 км² (приблизительно 46 × 12 км). На территории выделенного узла располагаются известные рудопроявления золото-сульфидно-кварцевой формации (Поповская сопка, Нятый Тумп, Северочарынтумпское, Южночарынтумпское). Группа проявлений Поповская Сопка залегает в слюдисто-карбонатно-кварцевых метасоматитах зоны Поповского разлома. По данным [29], в них присутствуют кварцевые жилы с пиритом, халькопиритом и золотом. Содержания золота в жилах – 1–55 г/т, по бороздовому опробованию – до 0.7–2.1 г/т, серебра – до 8.3 г/т. В сланцах содержания золота составляют 0.2–0.35 г/т, серебра – до 5.7 г/т. На Северочарынтумпском проявлении, расположенном на юго-восточном склоне г. Уле-Чарын-Тумп, в полосе лиственитоподобных метасоматитов шириной 90 м с обилием пирита, по данным пробирного анализа, содержится до 4.3 г/т золота. На Южночарынтумпском проявлении, находящемся в 2 км северо-восточнее горы Нятый Тумп, выделена золотоносная зона шириной 14 м с содержанием золота по пробирному анализу 0.1–3.7 г/т, по свободному золоту – 0.1–1.5 г/т. В черных сланцах велсовской свиты известно проявление Золотая Горка, расположенное в 3.8 км северо-западнее горы Нятый Тумп, где вдоль Граничного разлома в углисто-слюдисто-кварцевых сланцах отмечается зона линейных кор выветривания сланцев с обломками кварца. Ширина зоны – до 200 м, длина – 7.5 км. Пробирным анализом в кварце определено золото (0.1–8.9 г/т).

Проведившиеся ранее в данном районе поисковые работы (И.Б. Попов, 1982, П.Б. Шмит, 1986 и др.) были ориентированы преимущественно на россыпное золото, тем не менее при проведении геологоразведочных работ на россыпи золота масштаба 1 : 10 000 в 1981–1986 гг. (П.Б. Шмит, 1986) в пределах рудного узла в долине р. Посьмак выявлено новое рудопроявление Надежно-Еленинское (Западная рудоносная зона). Оно располагается в пределах золотоконтролирующего Поповского разлома. Рудная зона представляет собой тектонический шов шириной 100–300 м, сложенный интенсивно смятыми и раздробленными углеродистыми сланцами велсовской свиты с дайками гранит-порфиров и диорит-порфиров. Золоторудная минерализация отмечается в зонах аргиллизитов, линейных кор выветрива-

ния и метасоматически-измененных дайках гранит-порфиров. На поверхности зона прослежена на расстоянии около 2 км при мощности от 5 до 40–100 м. Бурением установлено, что золотосодержащие существенно глинистые породы прослеживаются на глубины более 60 м. По имеющимся данным пробирного анализа, содержание золота составляет до 3.8 г/т.

Территория прогнозируемого рудного узла включает Верхневелсовский россыпной узел. Верхневелсовское месторождение россыпного золота (Сибиревский прииск) известно с 1859 г. и периодически обрабатывалось до 2008 г. По левым притокам р. Велс выявлены также более мелкие или недостаточно изученные золотороссыпные объекты. На балансе числятся, Верхневелсовская россыпь и Средневелсовская группа россыпей: Федоровская Мартайка, Посьмакская, Средневелсовская, Граничная. Наиболее крупная из них Верхневелсовская россыпь в настоящее время в значительной мере отработана. Разрабатывалась (за исключением р. Талая) в 1861 и 1896–1941 гг. По разным источникам, содержание золота составляло 1–78 г/м³ (чаще 5–10 г/м³). Высокой золотоносностью характеризуются и другие россыпи Верхневелсовского узла [29].

Для определения содержаний благородных металлов в зонах окисленной сульфидной минерализации в углеродистых сланцах были отобраны пробы, в которых методом ICP-MS были определены концентрации Pd – до 3.2 г/т, Pt – до 0.25 г/т [31]. Содержания золота в 72 пробах углеродистых сланцев муравьиной и велсовской свит составляет в среднем 0.1 г/т, что свидетельствует об его высоких фоновых концентрациях (рис. 6).

На территории прогнозируемого рудного узла присутствуют дайки и штоки гранитоидов (в том числе Посьмакский гранитный массив), большое

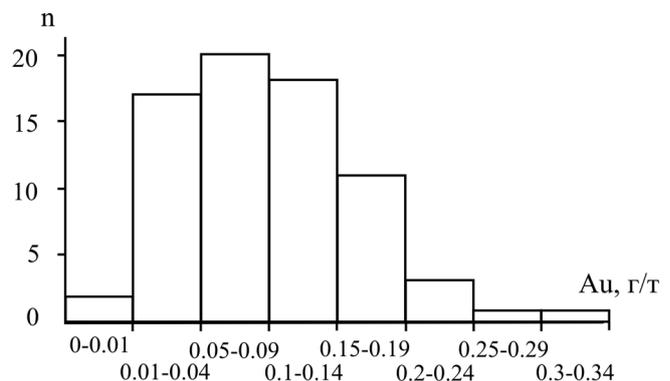


Рис. 6. Гистограмма содержания золота в углеродистых сланцах муравьиной и велсовской свит по данным 72 анализов методом ICP-MS.

Fig. 6. The histogram of gold content in carbonaceous shales of Muravei and Vels series by data of 72 ICP-MS analyses.

количество даек долеритов и габбро-долеритов. В некоторых дайках долеритов присутствуют вкрапленные медно-никелевые руды; содержания Au в них достигают 0.25, Pt – 0.43 и Pd – 0.12 г/т [5]. По геофизическим данным [17], под прогнозируемым Велсовским рудным узлом располагается погребенный гранитный массив. Через прогнозируемый Велсовский золоторудный узел проходит крупная зона тектонических деформаций (бластомилонитов, интенсивного расщепления), известная в своей северной части как Поповский разлом. Нами эта тектоническая зона протрассирована на юг, практически через всю территорию Ишеримского антиклинория (см. рис. 4). Поповский разлом контролирует почти все известные проявления золото-кварцевого и золото-сульфидно-кварцевого типов в пределах Велсовского узла, а также дайки гранитоидов, ореолы беззитового и аргиллизитового метаморфизма, зоны сульфидной вкрапленности, линейные коры выветривания.

Таким образом, в пределах прогнозируемого Велсовского рудного узла присутствует наиболее полный набор поисковых признаков благороднометалльного оруденения, что позволяет нам выполнить авторскую оценку прогнозных ресурсов.

Оценка прогнозных ресурсов золота Велсовского потенциального рудного узла производится по формуле [34]

$$Q = S_0 \times q_{\text{эт}} \times K_1, \quad (1)$$

где Q – прогнозные ресурсы; S_0 – площадь прогнозируемого рудного узла (552 км²), $q_{\text{эт}}$ – площадная удельная продуктивность эталонного объекта – Маракано-Тунгусского золоторудного узла (0.235 т/км²); $K_1 = 0.5$ – коэффициент подобия, он отражает степень сходства эталонного и прогнозируемого объектов. Несмотря на соответствие стратиграфического уровня оруденения (средний и верхний рифей), литологии рудовмещающих толщ (углеродисто-терригенная формация) и наличие прямых признаков золотого оруденения, Маракано-Тунгусский золоторудный узел находится на окраине Восточно-Сибирской платформы, а прогнозируемый Велсовский узел – в пределах допалеозойского блока в составе Уральского подвижного пояса. История и условия формирования этих структур различны, поэтому коэффициент подобия принимается равным 0.5. Таким образом, прогнозные ресурсы золота категории P_3 составят:

$$Q = 552 \times 0.235 \times 0.5 = 64.86 \sim 65 \text{ т}$$

при среднем содержании 2.7 г/т (по аналогии с Маракано-Тунгусским рудным узлом).

Выполненная в 1988 г. Е.В. Сибиряковым прогнозная оценка Мартайской площади, охватывающей северную часть выделяемого нами Велсовского потенциального золоторудного узла, составляет (до глубины 250 м при среднем содержании золота 3.5 г/т) по категории P_2 – 20 т, по категории P_3 – 60 т, из которых 10 т располагается в линейной коре

выветривания. Сходство наших оценок прогнозных ресурсов с вычислениями Е.В. Сибирякова, основанными на немногочисленных данных о рудных подсечениях, свидетельствует о достаточно высокой степени надежности выполненных расчетов. С учетом отсутствия специализированных поисковых работ на рудное золото в данном районе запасы золота здесь могут оказаться сопоставимыми с полученной нами цифрой прогнозных ресурсов или превышать ее. Приведенные выше данные, на наш взгляд, свидетельствуют о высокой перспективности Велсовского прогнозируемого рудного узла, где рекомендована постановка поисковых работ на коренное золото.

Второй перспективный объект Ишеримского антиклинория – **Верхневагранская золоторудная зона прогнозируемая** (см. II на рис. 4), расположенная в юго-восточной части антиклинория; площадь ее 920 км² (приблизительно 115 × 8 км). В пределах Верхневагранской золоторудной зоны прогнозируемой распространены углеродисто-слюдисто-кварцевые сланцы позднерифейской велсовской свиты, вмещающие Сурынское проявление золото-сульфидного типа, представляющее собой минерализованную зону прожилково-вкрапленной минерализации пирита, халькопирита, сфалерита, блеклых руд и других сульфидов, сульфоарсенидов, теллуридов с содержаниями золота до 8 г/т и платины до 3.7 г/т (отчет по поисковым работам А.И. Зубкова и др., 2004), а также углеродистые сланцы среднерифейской муравьинской свиты, вмещающие несколько золото-сульфидно-кварцевых рудопроявлений. В районе рудопроявления располагаются известные россыпные золоторудные месторождения – Вагранское и Сурья Казанская [9]. Встречаются единичные дайки метаморфизованных гранитоидов, более распространены тела мета-долеритов. Под прогнозируемой рудной зоной, по геофизическим данным [17], располагается крупный погребенный гранитоидный массив.

Перечисленные поисковые признаки, как нам представляется, позволяют выполнить оценку прогнозных ресурсов, взяв за аналог Маракано-Тунгусский золоторудный узел (см. выше). Оценка прогнозных ресурсов МПГ Верхневагранской потенциальной рудной зоны производится по приведенной выше формуле (1). $K_1 = 0.4$, коэффициент подобия принимается в данном случае несколько ниже, чем для Велсовского узла, из-за больших размеров и слабой степени изученности Верхневагранской зоны. Таким образом, прогнозные ресурсы золота категории P_3 составят:

$$Q = 920 \times 0.235 \times 0.4 = 86.48 (\sim 85) \text{ т}$$

Суммарные прогнозные ресурсы P_3 Ишеримского антиклинория: 65 + 85 = 150 т золота.

На территории **Кваркушского антиклинория** автором также изучены признаки возможной локализации благороднометалльного оруденения в допа-

леозойских черных сланцах (см. рис. 5). Здесь, так же, как и в Ишеримском антиклинории, выделяются два стратиграфических уровня формирования углеродисто-терригенных толщ – позднерифейский (федотовская и кырминская свиты) и ранневендский (бутонская и першинская свиты). Характерной особенностью Кваркушского антиклинория является широкое развитие умеренно-щелочных вулканитов (трахибазальтов, трахиандезитов, реже трахириолитов, трахитов, пикритов) в позднерифейских и ранневендских последовательностях. Гранитоиды редки, наиболее известна интрузия граносиенитов (Троицкий массив). Широко распространены дайки и штоки долеритов и габбродолеритов, трахитов, умеренно-щелочных пикритов, трахибазальтов, присутствуют расслоенные габброперидотитовые (Сарановский массив), перидотит-габбро-гранодиоритовые (Журавликский массив), монцогаббровые (Кусьинский массив) интрузии и более мелкие тектонизированные фрагменты интрузивных тел.

Анализ данных предшественников и результаты собственных исследований позволили выделить четыре прогнозируемые перспективные площади: Верхнетылайскую золоторудную зону и три золоторудных узла – Верхнеусьвинский, Промысловский и Кедровско-Ашкинский (см. рис. 5). Выделенные площади имеют разные наборы поисковых признаков и характеризуются различной степенью изученности и перспективности. Наименее изучены и перспективны прогнозируемые Верхнетылайская золоторудная зона и Верхнеусьвинский узел, наиболее интересным в поисковом отношении представляется прогнозируемый Кедровско-Ашкинский узел.

Прогнозируемый Кедровско-Ашкинский золоторудный узел (см. IV на рис. 5) расположен между реками Серебряная и Ашка. Прогнозируемый рудный узел, имеющий размеры 36×12 км (432 км²), охватывает район распространения углеродистых сланцев кырминской свиты позднерифейского возраста над контуром небольшого погребенного гранитоидного массива. Здесь известны три золотых и золото-платинометалльных рудопроявления в позднерифейских углеродистых сланцах (Даньковское, Григорьевское и Ашкинское) с содержаниями Au до 5 г/т (Ашкинское проявление), Pt – до 0.48 г/т и Pd – до 5.6 г/т (Григорьевское проявление) [8, 11, 31, 36, 37]. Проявления представляют собой зоны сульфидной вкрапленности, сульфидно-(карбонат)-кварцевых прожилков а также сульфидно-кварцевые жилы, обогащенные золотом, залегающие в тонкозернистых углеродисто-серицит-кварцевых сланцах. Вне золоторудных проявлений нами проанализированы методом ICP-MS три пробы углеродистых филлитов кырминской свиты RF₃; в них выявлены аномально высокие содержания Ag (до 4.84 г/т), Au (до 0.22 г/т), W (до 21.36 г/т), Pt (до 0.16 г/т), Pb (до 27.49 г/т), Bi (до

0.1 г/т), что указывает на наличие признаков рудообразующего процесса.

На территории потенциального рудного узла известны россыпи золота (реки Серебряная, Даньковка, Ашка), дайки и небольшие штоки гранодиоритов, проявления березитового метасоматоза. В районе Григорьевского, Ашкинского и Даньковского проявлений фиксируется небольшой гранитный массив, не вскрытый эрозией. Апофизами этой погребенной интрузии могут быть тела гранодиоритов в составе перидотит-габбро-гранитоидного Журавликского массива.

В центральной части потенциального узла расположена мощная зона смятия и дробления, в южной части которой зафиксированы сульфидизированные березитовые метасоматиты, пространственно ассоциирующие с тектоническими линзами серпентинитов и сульфидно-кварцевыми золотоносными жилами Ашкинского проявления [36]; севернее в этой тектонической структуре располагается перидотит-габбро-гранодиоритовый Журавликский массив и Григорьевское золото-платинометалльное проявление (зона сульфидной вкрапленности и кварцевых штокверков в перемятых черных сланцах кырминской свиты). Изучение морфологии интрузивных тел Журавликского массива показало, что формирование последнего происходило в пределах крупной левосдвиговой системы [30]. Еще далее на север тектоническая зона маркируется дайками гранодиоритов и Лневским золото-платинометалльным проявлением, также представленным зоной сульфидной вкрапленности в углеродистых сланцах. Морфология и параметры золоторудных залежей не изучены.

Таким образом, в пределах Кедровско-Ашкинского прогнозируемого рудного узла установлен достаточно полный комплекс поисковых признаков благороднометалльного оруденения, что позволяет заполнить оценку прогнозных ресурсов категории P₃, приняв за объект-эталон Маракано-Тунгусский золоторудный узел (см. выше). Оценка прогнозных ресурсов золота производится по формуле (1). Коэффициент подобия K₁ = 0.5, поскольку в данном случае углеродистые сланцы, вмещающие золото-сульфидное оруденение, имеют позднерифейский возраст (что соответствует возрасту рудовмещающих толщ эталонного рудного узла), и присутствуют прямые поисковые признаки. Таким образом, прогнозные ресурсы золота категории P₃ составят:

$$Q = 432 \times 0.235 \times 0.5 = 50.76 \text{ т} (\sim 50) \text{ т.}$$

Прогнозируемая Верхнетылайская золоторудная зона (I на рис. 5) расположена в правом борту долины р. Тылай, где протягивается вдоль Тылайско-Промыслового сдвига-взброса на 45 км при средней ширине 6 км (площадь 270 км²). Прогнозируемая золоторудная зона охватывает территорию распространения углеродистых сланцев першинской свиты V₁, среди которых откартирован ореол биотитизации и альбитизации, продол-

жающий на север контур погребенного гранитоидного массива. По данным пермских геологов [20], в пределах прогнозируемой Верхнетылайской золоторудной зоны расположена площадная и несколько точечных геохимических аномалий Pb, большое количество точечных аномалий Mo, потоки рассеяния Sn и W. **Наличие углеродистых сланцев, метасоматического ореола** на продолжении контура погребенного гранитного массива, геохимических аномалий, а также расположение в зоне регионального Тылайско-Промысловского разлома делают, на наш взгляд, Верхнетылайскую зону перспективной на золотое оруденение сухоложского типа. Так же, как и в пределах Ишеримского антиклинория, за эталонный объект взят Маракано-Тунгусский золоторудный узел, вмещающий месторождение Сухой Лог и ряд более мелких объектов (см. выше).

Оценка прогнозных ресурсов золота Верхнетылайской потенциальной рудной зоны производится по формуле (1). Коэффициент подобия $K_1 = 0.25$, так как в данном случае потенциально рудоносные углеродистые сланцы имеют вендский возраст (а не рифейский, как это установлено для эталонного рудного узла). Таким образом, прогнозные ресурсы золота категории P_3 составят:

$$Q = 270 \times 0.235 \times 0.25 = 15.86 (\sim 15) \text{ т.}$$

Верхнеусьвинский золоторудный узел прогнозируемый (27×9 км, 243 км^2) расположен в верховьях р. Усьва и на водоразделе рек Усьва и Вильва и охватывает область распространения углеродистых сланцев ранневендской першинской свиты, примыкающую к северо-западной части контура крупного погребенного гранитоидного массива, выделяемого по геофизическим данным [17]. Данная перспективная площадь слабо изучена, на ней не проводились современные геохимические исследования; геологосъемочные работы были выполнены 40–50 лет назад и не сопровождались бурением и проходкой достаточного количества горных выработок. Возможно, по причине слабой изученности в пределах прогнозируемого рудного узла отсутствуют прямые поисковые признаки золотого оруденения. Тем не менее наличие углеродистых сланцев в надинтрузивной зоне гранитоидного плутона позволяет считать данный район перспективным и выполнить оценку прогнозных ресурсов категории P_3 . Оценка прогнозных ресурсов золота Верхнеусьвинского золоторудного узла прогнозируемого производится по формуле (1). Коэффициент подобия $K_1 = 0.25$, поскольку в данном случае углеродистые сланцы имеют вендский возраст и отсутствуют прямые поисковые признаки. Таким образом, прогнозные ресурсы золота категории P_3 составят:

$$Q = 243 \times 0.235 \times 0.25 = 14.28 (\sim 15) \text{ т.}$$

Промысловский золоторудный узел прогнозируемый (23×10 км, 230 км^2) расположен в долине р. Койва, между реками Подпора и Кырма. Прогнозируемый рудный узел охватывает район рас-

пространения углеродистых сланцев кырманской свиты позднерифейского возраста и примыкает к юго-западной части контура крупного погребенного гранитоидного массива. Здесь известны золотые россыпи по рекам Подпора, Койва, Тискос и Кырма, пункт минерализации золота в районе р. Тискос. В районе устья р. Леневка известны дайки измененных гранодиорит-порфиров, сопровождаемых ореолом березитизации и окварцевания [33]. В метасоматически измененных углеродистых сланцах из данного района атомно-абсорбционным методом определены следующие содержания благородных металлов [8]: Au – 1, Pt – 2.47, Pd – 0.9 г/т. В непосредственной близости находится выявленная Ю.А. Волченко [5] зона сульфидной минерализации в габбродолеритах массива Дублинский Камень с содержаниями Au до 1 г/т, Pt – до 2.2 и Pd – до 2 г/т. Вблизи выделяемого рудного узла, в зоне Тылайско-Промысловского разлома, находится известное малое золоторудное месторождение Кварцевая Гора, относимое к золото-сульфидно-кварцевой формации. Таким образом, на территории прогнозируемого рудного узла представлен достаточно полный набор поисковых признаков благороднометалльного оруденения, что позволяет выполнить оценку прогнозных ресурсов категории P_3 , взяв за объект-эталон Маракано-Тунгусский золоторудный узел.

Оценка прогнозных ресурсов золота Промысловского золоторудного узла прогнозируемого производится по формуле (1). Коэффициент подобия $K_1 = 0.5$, поскольку в данном случае потенциально рудоносные углеродистые сланцы имеют позднерифейский возраст (что соответствует возрасту рудовмещающих толщ эталонного рудного узла) и присутствуют прямые поисковые признаки. Таким образом, прогнозные ресурсы золота категории P_3 составят:

$$Q = 230 \times 0.235 \times 0.5 = 27 (\sim 30) \text{ т.}$$

Всего в пределах Кваркушского антиклинория нами прогнозируется $50 + 15 + 15 + 30 = 110$ т золота по категории P_3 .

ВЫВОДЫ

Выделенные нами потенциально перспективные рудные узлы и рудоносные зоны с оцененными прогнозными ресурсами категории P_3 являются объектами для поисковых работ на рудное золото. Наиболее полные комплексы поисковых признаков установлены для перспективных площадей Ишеримского антиклинория – прогнозируемых Велсовского золоторудного узла и Верхневагранской золоторудной зоны; самый перспективный объект в пределах Кваркушского антиклинория – это прогнозируемый Кедровско-Ашкинский золоторудный узел.

В допалеозойских углеродистых сланцах Ишеримского и Кваркушского антиклинориев кроме золота известны и высокие содержания платины

и палладия [8, 11, 20, 31, 33]. Но в связи с низкой (или, точнее, неизвестной) достоверностью анализов на МПГ, результаты которых изложены в перечисленных выше публикациях, и отсутствием существующих промышленных технологий извлечения платиноидов из углеродистых сланцев прогнозные ресурсы МПГ не оценивались. Тем не менее, автор считает охарактеризованные выше допалеозойские черносланцевые комплексы Среднего и Северного Урала перспективными для локализации также и платинометалльного оруденения (подтверждением чему служат имеющиеся результаты анализов проб, выполнявшиеся разными методами в разных лабораториях), а саму проблему – достойной дальнейшему изучению. Тем более, что в последнее время появляются методики извлечения тонкодисперсных благородных металлов из углеродистых сланцев [24].

Главной проблемой при проведении поисковых работ на выделенных нами площадях является отсутствие в настоящее время в Уральском регионе лабораторий, выполняющих достоверные определения содержания благородных металлов в углеродистых сланцах с удовлетворительной воспроизводимостью результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.А. Палеогеодинамика и металлогения позднедокембрийского этапа развития Урала // Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит: тез. докл. I Всерос. металлогенич. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1994. С. 109–110.
2. Алексеев В.Я., Морозов Г.Г. Стратиграфия рифея и нижнего палеозоя Северного Урала – основа металлогенических построений // Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит: тез. докл. I Всерос. металлогенич. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1994. С. 110–112.
3. Беккер Ю.Р. Железорудные горизонты венда Урала // Региональная металлогения Урала и связь оруденения с глубинным строением. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 71–73.
4. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Золоев К.К., Неустроева И.И. Платиновые металлы и золото в углеродсодержащих черносланцевых толщах Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: мат-лы регион. науч.-практ. конф. Пермь: ПГУ, 2001. С. 104–107.
5. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Нестерова С.И., Неустроева И.И. Новые платино-палладиевые проявления дайкового пояса на западном склоне Среднего Урала // Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 340–347.
6. Волченко Ю.А., Коротеев В.А., Чайковский И.И., Суслов С.Б. Платинометалльные проявления Горнозаводского района (Западный склон Среднего Урала) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: мат-лы Научн. чтений памяти П.Н. Чирвинского. Пермь: ПГУ, 2007. С. 239–243.
7. Гурская Л.И. Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
8. Додин Д.А., Золоев К.К., Коротеев В.А., Чернышов Н.М. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. М.: Геоинформмарк, 2007. 130 с.
9. Ефимова Л.П., Зворская С.А., Новак Т.М., Шалагинов В.В., Шахова Н.А. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Сер. Среднеуральская. Лист Р-40-XXXVI. Объяснительная записка. Свердловск: Уралгеология, 1988. 134 с.
10. Жданов А.В. Легенда Уральской серии листов Госгеолкарты-1 000/3 (актуализированная версия). СПб.: ФГУП ВСЕГЕИ, 2009. 380 с.
11. Золоев К.К., Волченко Ю.А., Коротеев В.В., Малахов И.А., Мардиросьян А.Н., Хрыпов В.Н. Платинометалльное оруденение в геологических комплексах Урала. Екатеринбург: ДПР по УрФО, ОАО УГСЭ, ИГГ УрО РАН, 2001. 199 с.
12. Золоев К.К., Левин В.Я., Петров Г.А., Зубков А.И., Александров В.В. Комплексное редкометалло-золото-платиноидно-полиметаллическое оруденение складчато-надвиговых поясов // Рудные месторождения: вопросы происхождения и эволюции: мат-лы IV Уральского металлогенич. совещ. Миасс: ИМин УрО РАН, 2005. С. 127–130.
13. Золоторудные месторождения России / Под ред. М.М. Константинова. М.: Акварель, 2010. 377 с.
14. Ибламинов Р.Г., Лебедев Г.В. К минерации Пермского края // Проблемы минерации, петрографии и металлогении: мат-лы Научн. чтений памяти П.Н. Чирвинского. Вып. 8. Пермь: ПГУ, 2005. С. 74–101.
15. Ибламинов Р.Г., Лебедев Г.В., Клименко Б.В., Набиуллин В.И., Пунтусова Г.О., Сунцев А.С. К минерации цветных и благородных металлов западного склона Северного и Среднего Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: мат-лы регион. науч.-практ. конф. Пермь: ПГУ, 2003. С. 70–76.
16. Ибламинов Р.Г., Лебедев Г.В., Курбацкая Ф.А., Набиуллин В.И., Сунцев А.С. Минерация руд черных металлов западного склона Северного и Среднего Урала // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: мат-лы регион. науч.-практ. конф. Пермь: ПГУ, 2001. С. 88–91.
17. Карта глубинного строения земной коры Урала. М-б 1 : 1 000 000. Объяснительная записка. СПб.: Роскомнедра, ВСЕГЕИ, 1993. 121 с.
18. Ключина М.Л. Литология и условия образования вендских формаций Урала // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 9–24.
19. Коробейников А.Ф. Платинометалльные месторождения мира. Т. III: Комплексные золото-платиновые месторождения. М.: Научный мир, 2004. 236 с.
20. Коротков И.В., Гай В.В., Рыбьякова Н.М., Смирнов В.А., Баранов А.В., Пермьяков В.И., Спешкова Т.Н., Маковой М.Ф., Александров И.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. 2-е изд. Сер. Пермская. Лист О-40-V (Усть-Тылай). Пермь: Пермьгеокарта, 2003. 181 с.
21. Крупенин М.Т. Минерация верхнедокембрийских блоков западного склона Южного и Северного урала

- ла // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: мат-лы регион. науч.-практ. конф. Пермь: ПГУ, 2001. С. 91–93.
22. Курбацкая Ф.А. К вопросу о методике выделения осадочных формаций Западного Урала и металлогенической оценке их перспективности // Вестн. Пермского ун-та. 1997. Вып. 4. Геология. С. 27–30.
 23. Лаверов Н.П., Лишневский Э.Н., Дистлер В.В., Чернов А.А. Модель рудно-магматической системы золото-платинового месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь, Россия) // Докл. АН. 2000. Т. 375, № 5. С. 652–656.
 24. Марченко Л.Г. Генезис и минеральные ассоциации золота и платиноидов в месторождениях “черносланцевого” типа Казахстана: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011. 48 с.
 25. Мигачев И.Ф., Карпенко И.А., Иванов А.И. Золоторудное месторождение Сухой Лог – переоценка и оценка прогноза рудного поля // Отечественная геология. 2008. № 2. С. 56–67.
 26. Митрофанов Г.Л. Тектонические закономерности размещения и формирования месторождений благородных металлов южного обрамления Сибирской платформы. Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. М.: ИГЕМ, 2006. 44 с.
 27. Немеров В.К., Митрофанов Г.Л., Семейкина Л.К. Флюидодинамическая (рудно-углеводородная) модель формирования большеобъемных платино-золоторудных месторождений суходоложского типа // Платина России. Т. VI. М.: Геоинформмарк, 2004. С. 61–68.
 28. Нечехин В.М. Минерагения венд-раннепалеозойских геодинамических ассоциаций // Палеогеография венда – раннего палеозоя северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 25–30.
 29. Пестрецов С.Г., Курбацкий А.М., Ульянова В.П., Попов И.Б., Зворская С.А., Алексеев В.Я. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Сер. Среднеуральская. Лист Р-40-XXX. Объяснительная записка. Свердловск: Уралгеология, 1989. 195 с.
 30. Петров Г.А. Признаки позднедокембрийской обстановки скольжения плит на Среднем Урале // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения: мат-лы XLVI Тектонич. совещ. Т. II. М.: ГЕОС, 2014. С. 74–78.
 31. Петров Г.А., Маслов А.В. Новые данные о платиноносности верхнерифейско-вендских отложений Центрально-Уральской мегазоны (Средний и Северный Урал) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2010. № 3. С. 25–33.
 32. Петров Г.А., Пучков В.Н. Главный Уральский разлом на Северном Урале // Геотектоника. 1994. № 1. С. 25–37.
 33. Петров Г.А., Тристан Н.И., Николаев Н.М., Кошевой Ю.Н., Ястребов М.К., Батулин С.Ю., Зенков И.И., Зубков А.И., Ястребов М.К., Ярош В.А., Корovina А.А., Герасименко Б.Н., Глазырина Н.С., Григорьев А. Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. 2-е изд. Сер. Среднеуральская. Лист О-40-ХVIII. Екатеринбург: УГСЭ, 1999. 275 с.
 34. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых: Рекомендации межинститутской рабочей группы Роснедра. М.: ЦНИГРИ, 2010. 95 с.
 35. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
 36. Сазонов В.Н., Великанов А.Я. Ашкинская благороднометалльная зона (Средний и Северный Урал): геологическая позиция, особенности строения, состав рудных тел и сопряженных метасоматитов, практическая значимость // Литосфера. 2010. № 4. С. 116–127.
 37. Сазонов В.Н., Коротеев В.А., Огородников В.Н., Полонов Ю.А., Великанов А.Я. Золото в “черных сланцах” Урала // Литосфера. 2011. № 4. С. 70–92.
 38. Сулов С.Б., Зорин В.Н., Кинев А.Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. 2-е изд. Сер. Пермская. Лист О-40-ХVII. Объяснительная записка. Пермь: Пермьгеокарт, 2002. 172 с.
 39. Тектоническое районирование и минерагения Урала (аналитический обзор) // Очерки по региональной геологии России. Вып. 3. / Под ред. А.Ф. Морозова. М.: ГЕОКАРТ, ГЕОС, 2006. 180 с.
 40. 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: мат-лы Междунар. конф. Миасс; Екатеринбург: УрО РАН, 2008. С. 169–171.

Рецензент В.Н. Огородников

Prediction of precious metals mineralisation in Pre-Paleozoic black schist strata at middle part of Urals mobile belt

G. A. Petrov

Uralian Geological Survey Expedition, Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

The results of research of ore content in Pre-Paleozoic black schists of Isherim and Kvarokoush anticlinorium (North and Middle Urals) are presented. Presence of indications of gold-black schist ore formation is asserted. Well-known object of this type is unique Sukhoi Log deposit. The perspective districts of potential ore clusters are contoured, prediction resources are estimated.

Key words: *gold-black schist ore formation, the Urals, ore mineralisation, forecasting, Riphean, Vendian.*