



НОВЫЙ ТИП КРУПНООБЪЁМНОЙ ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ЕНИСЕЙСКОМ КРЯЖЕ

Приводятся геологическая характеристика и прогнозно-поисковые признаки перспективных рудопоявлений Южное, Буреминское, Магдококское, выявленных в пределах восточной части Енисейского кряжа. Существенно вкрапленно-рассеянный характер золотой минерализации, объёмные ореолы железо-магнезиальной карбонатизации и сульфидизации, согласные и субсогласные золотоносные минерализованные зоны-залежи, широкие слабоконтрастные шлиховые и литохимические ореолы, низкие средние содержания золота позволяют относить их к группе крупнообъёмных объектов золото-сульфидного типа. Для перспективных объектов выделяется объект-эталон, проводится сравнительный анализ основных прогнозно-поисковых признаков.

Ключевые слова: Енисейский кряж, перспективные рудопоявления, крупнообъёмная золото-сульфидная минерализация.

Поисковыми и прогнозно-ревизионными работами ФГБУ «ЦНИГРИ» на Енисейском кряже за последние годы обнаружена серия новых золоторудных проявлений, характеризующихся рядом общих геологических особенностей и прогнозно-поисковых признаков. Они расположены в восточной части Енисейского складчатого пояса в пределах слабо изученных рудно-россыпных узлов – Нижне-Чиримбинского (Южное проявление) и Тужимского (Буреминское, Магдококское) (рис. 1). Эта часть Енисейского кряжа долгое время считалась бесперспективной на выявление золоторудных объектов. Однако сейчас в связи с практически полным истощением типичных для Енисейского кряжа золото-кварцевых месторождений, а также богатых россыпей с крупным золотом восточный склон складчатого пояса привлекает всё большее внимание геологов и недропользователей.

Одной из особенностей исследуемой территории является наличие сравнительно мелких промышленных россыпей золота, отличающихся от большинства известных россыпей Енисейского кряжа тонкой и мелкой размерностью металла – преимущественно не более 0,1–0,3 мм. Отсутствие крупного россыпного золота, не встречающегося в сростках с кварцем, служит прямым признаком существенно золото-сульфидной рассеянной минерализации, что подтверждается данными прогнозно-поисковых работ.

В геолого-структурном плане изучаемые объекты приурочены к полосе развития системы Ишимбинского регионального рудоконтролирующего разлома и локализованы на расстоянии ~5–10 км восточнее её. Эта полоса отличается практически полным отсутствием интрузивных образований и распространением пород, метаморфизованных в хлорит-серицитовую субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Литолого-

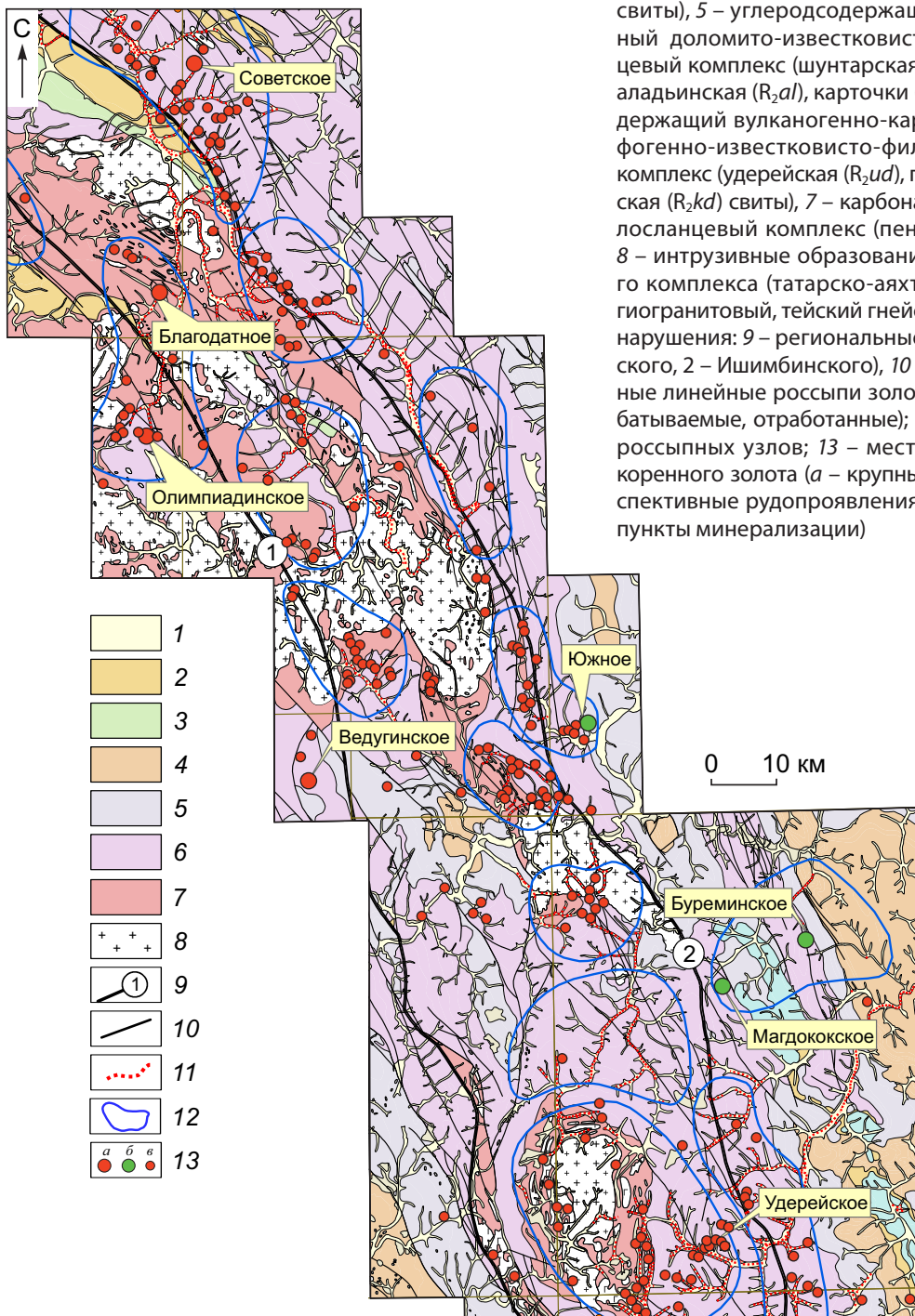
Мансуров Ринат Халитович

кандидат геолого-минералогических наук
и. о. зав. отделом методики ГРР
(прогноза, поисков и оценки)
mansurov@tsnigri.ru

ФГБУ Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов,
г. Москва

Рис. 1. ОБЗОРНАЯ СХЕМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЕЙ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА (с использованием данных ОАО «Красноярскгеолъёмка»):

стратифицированные образования: 1 – четвертичные отложения, 2 – карбонатно-терригенный известково-доломито-алеврито-песчаный пестроцветный комплекс (немчанская (*Vnm*), подъёмская (*Vpd*), суворовская (*Vsv*), мошаконская (*Vms*), чистяковская (*Vcv*), алёшинская (*Val*) свиты), 3 – карбонатно-терригенный известково-песчано-алеврито-сланцевый комплекс (чивидинская (*R_{3cv}*), карьерная (*R_{3krr}*), лопатинская (*R_{3lp}*) свиты), 4 – флиш-идный карбонатно-терригенный углеродсодержащий известково-песчано-сланцевый комплекс (сухохребтинская (*R_{3sh}*), горевская (*R_{3grv}*), морянихинская (*R_{3mr}*), дашкинская (*R_{3ds}*), нижеангарская (*R_{3na}*), мокринская (*R_{3mk}*), рыбинская (*R_{3rb}*), бореминская (*R_{3br}*), удоронская (*R_{3ud}*) свиты), 5 – углеродсодержащий карбонатно-терригенный доломито-известково-филлито-песчано-сланцевый комплекс (шунтарская (*R_{3sn}*), потоскуйская (*R_{3pt}*), аладвинская (*R_{2al}*), карточки (*R_{2kr}*) свиты), 6 – углеродсодержащий вулканогенно-карбонатно-терригенный туфогенно-известково-филлито-песчано-сланцевый комплекс (удерейская (*R_{2ud}*), горбилкокская (*R_{2gr}*), кординская (*R_{2kd}*) свиты), 7 – карбонатно-терригенный кристаллосланцевый комплекс (пенченгинская свита (*PR_{2pn}*)); 8 – интрузивные образования плагиогранодиоритового комплекса (татарско-аяхтинский гранодиорит-плагиогранитовый, тейский гнейсо-гранитовый); разрывные нарушения: 9 – региональные зоны разломов (1 – Татарского, 2 – Ишимбинского), 10 – прочие; 11 – промышленные линейные россыпи золота (разведываемые, разрабатываемые, отработанные); 12 – контуры золоторудно-россыпных узлов; 13 – месторождения и проявления коренного золота (а – крупные месторождения, б – перспективные рудопроявления, в – мелкие проявления и пункты минерализации)



стратиграфический фактор определяется широким развитием среднерифейских карбонатно-терригенных отложений. Рудовмещающими являются удерейская (R_2ud), а также погорюйская (R_2pg), карточки (R_2kr) и аладьинская (R_2al) свиты. Две последние ранее не рассматривались как благоприятная среда для формирования золотой минерализации – их золотоносность установлена нами впервые.

Ниже даётся характеристика изученных рудопроявлений, определяются их основные прогнозно-поисковые признаки, а также проводятся типизация и сопоставление с выделяемым в качестве эталона месторождением.

Рудопроявление Южное находится в пределах Нижне-Чиримбинского золоторудно-россыпного узла Северо-Енисейского рудного района (см. рис. 1). Главная отличительная особенность рудопроявления – локализация в верхней части разреза углеродсодержащих терригенно-карбонатных отложений сухопитской серии среднего рифея (свиты аладьинская и карточки (R_2al+kr)). В структурном плане рудопроявление приурочено к рудоконтролирующей зоне рассланцевания протяжённостью >4 км и шириной ~1,5 км, вытянутой в субмеридиональном (северо-северо-западном) направлении [7] (рис. 2). Зона отличается интенсивной тектонической проработкой, смятием, интенсивным рассланцеванием, кливажом, а также осложнённой мелкой складчатостью высоких порядков и флексурными перегибами. Структурная позиция зоны обуславливается её локализацией в области динамического влияния Ишимбинской системы глубинных рудоконтролирующих разломов (в 6 км восточнее системы) в узле пересечения разрывных нарушений двух основных направлений: северо-северо-западного – разрывы, сонаправленные Ишимбинской системе разломов; диагонального северо-восточного – вероятно, пострудные осложняющие нарушения. Узел пересечения разрывов приурочен к пологопадающему (30–40°) восточному крылу антиклинальной складки первого порядка – Певунской горст-антиклинали.

Золотоносную минерализованную зону вмещают углеродсодержащие терригенно-карбонатные отложения объединённых свит аладьинской и карточки, представленных известняками, мраморизованными известняками, известковистыми доломитами с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев кварц-кальцит-

серицитового состава. Содержание углеродистого вещества составляет не более 0,5%.

Рудопроявление размещается в зоне развития хлорит-серицитовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма при отсутствии на рассматриваемой территории интрузивных образований.

Гидротермально-метасоматические изменения выражены главным образом в широко проявленных на участке развития складчато-разрывных деформаций (прожилково)-вкрапленной железо-магнезиальной карбонатизации (буршпатизации) с максимальной концентрацией в пределах минерализованной зоны и существенно рассеянно-вкрапленной сульфидизации.

Крупнообъёмная золотая минерализация представлена тонкой сульфидной вкрапленностью, достигающей 5–7% в пределах минерализованной зоны. 99% сульфидов – это мышьяковистый пирит, содержащий тонкодисперсное золото [7] (рис. 3). По данным опробования горных выработок минерализованная зона в первичных ореолах выявляется по содержанию $Au > 0,3$ г/т. Её средняя мощность ~200 м, представляет собой согласную залежь рассеянной сульфидной вкрапленности. Зона чётко выражена в слабоконтрастной аномалии золота во вторичных ореолах рассеяния (ВОР). По результатам анализа ICP-MS аномальное геохимическое поле (АГХП) золота сопровождается повышенными содержаниями во вторичных ореолах рассеяния As, W, Sb, Cu, Co и других элементов. С АГХП золота сопряжено аномальное поле марганца, вероятно, связанное с широко проявленной буршпатизацией.

В пределах минерализованной зоны отмечены эпицентры повышенных концентраций $Au (>1,0$ г/т), отвечающие потенциально рудным зонам. Последние характеризуются увеличением вкрапленности сульфидов до 8–10%, а также наличием маломощных (не более первых десятков метров) секущих кварцевых жильно-прожилковых образований, распространённых весьма неравномерно. Содержания Au в потенциально рудных зонах по данным пробирного анализа в отдельных бороздовых пробах достигают 6,5 г/т.

Рудопроявление Буреминское расположено в ангарской части Енисейского кряжа на северо-восточном фланге Южно-Енисейского рудного района и входит в состав Тужимского рудного узла (см. рис. 1). Структурно-тектоническая позиция опреде-

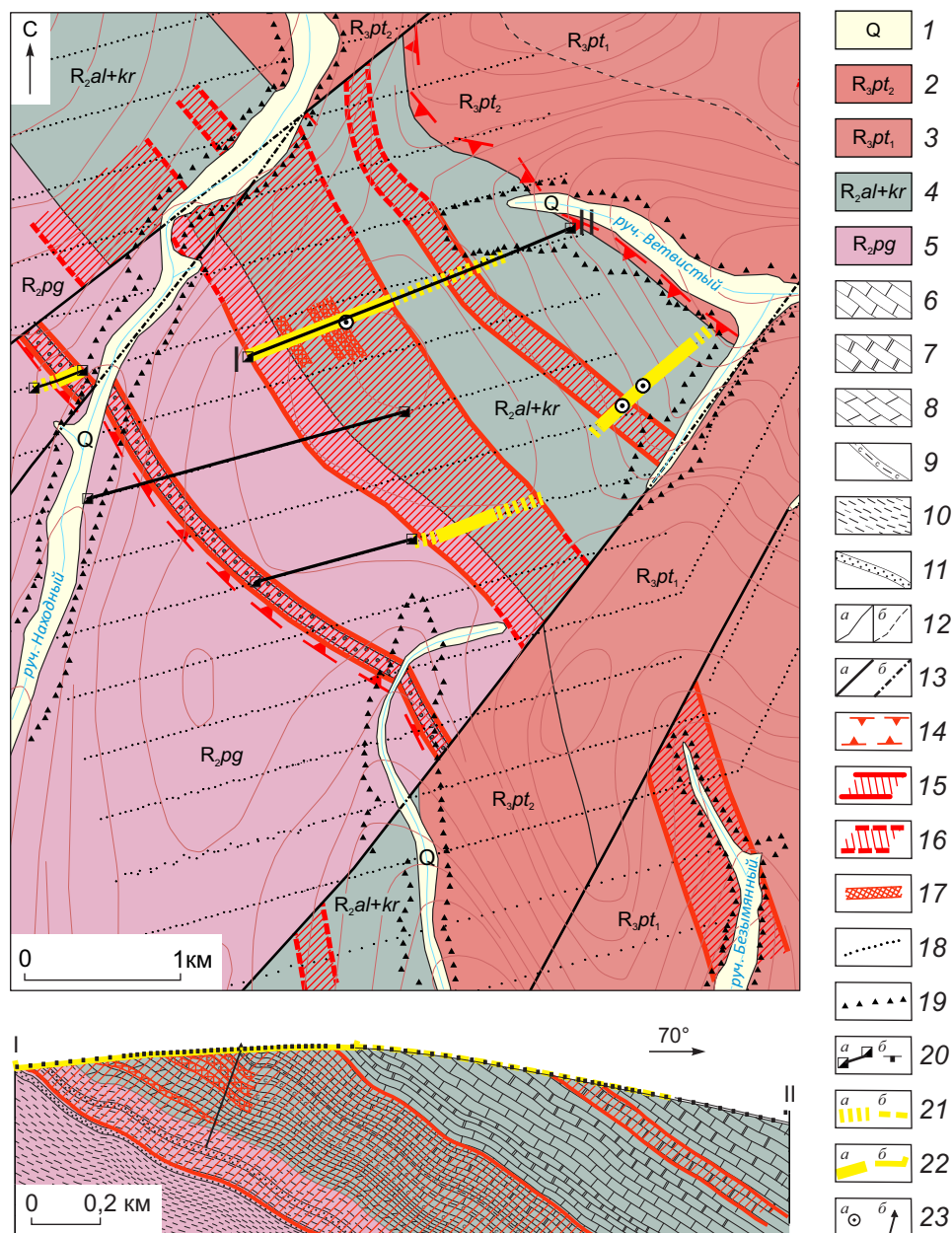


Рис. 2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА И РАЗРЕЗ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ЮЖНОЕ:

1 – четвертичные рыхлые отложения; углеродистые карбонатно-терригенные отложения рифея: тунгусикская серия, потоскуйская свита (2 – верхняя подсвита – глинистые сланцы с прослоями известняков, 3 – нижняя подсвита – алеврито-глинистые сланцы с прослоями известняков и доломитов), сухопитская серия (4 – свиты аладыинская и карточки объединённые – известняки участками мраморизованные, известковистые доломиты с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев, 5 – погорюйская свита – алеврито-глинистые сланцы); литологические обозначения (на разрезе): б – известняки, 7 – мраморизованные известняки, 8 – известковистые доломиты, 9 – углеродсодержащие известковисто-глинистые сланцы, 10 – алеврито-глинистые сланцы, 11 – кварцитовидные песчаники с прослоями кварцитов; 12 – геологические границы: а – установленные, б – предполагаемые; 13 – разломы: а – установленные, б – предполагаемые; 14 – рудоконтролирующая зона рассланцевания (на плане); 15 – установленные, 16 – предполагаемые; 17 – потенциально рудные зоны; 18 – точки литохимического опробования по ВОР; горные выработки: 19 – копуши глубиной 0,8–1,0 м, 20 – шурфы на плане (а), разрезе (б), 21 – бульдозерные расчистки глубиной 1 м на плане (а), разрезе (б), 22 – бульдозерные траншеи, пройденные до коренных пород, на плане (а), разрезе (б), 23 – скважины на плане (а), разрезе (б)

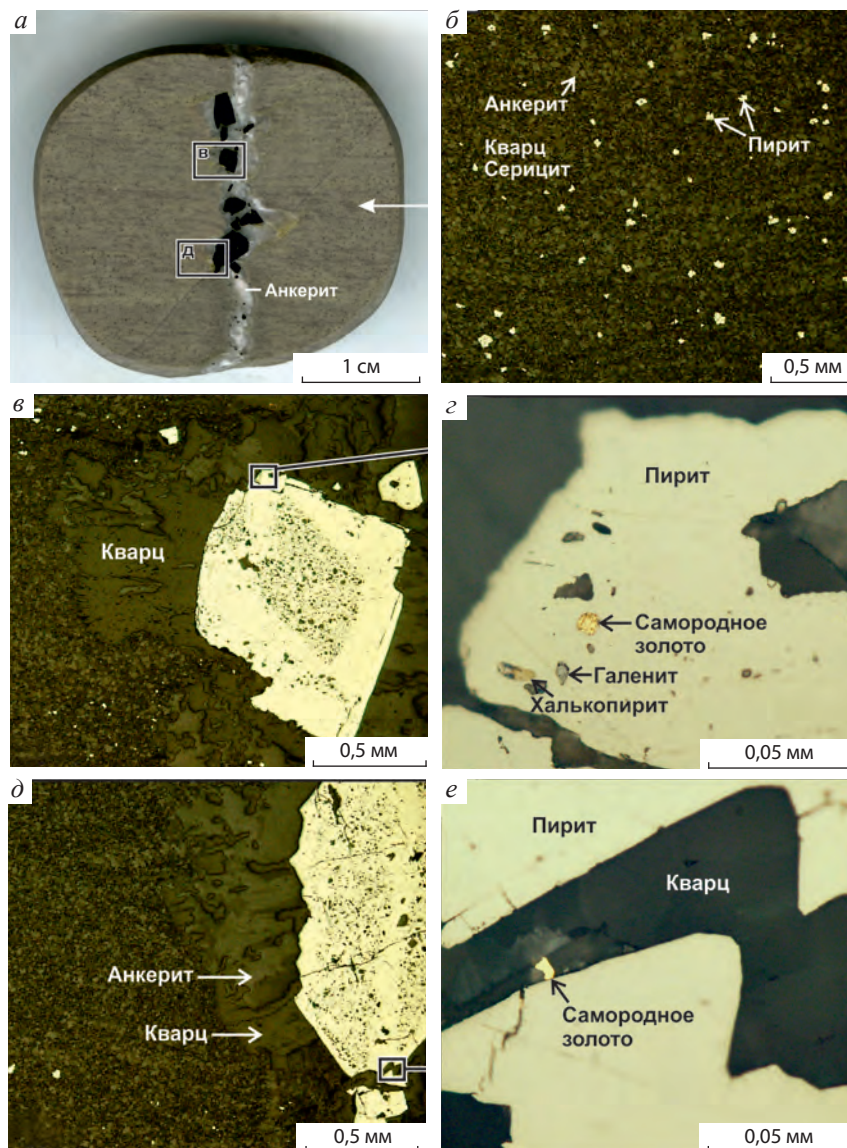


Рис. 3. ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В АНКЕРИТ-КВАРЦ-СЕРИЦИТОВЫХ СЛАНЦАХ:

a – анкерит-пирит-кварцевый прожилок; *б* – рассеянная вкрапленность пирита-1 во вмещающих сланцах; *в, з* – сингенетичные включения халькопирита, галенита, самородного золота в кристалле пирита-2; *д, е* – выделение самородного золота в кварце

ляется положением в зоне сочленения двух крупных структур Енисейского кряжа – Центрального антиклинория и Ангаро-Питского синклинория восточнее зоны Ишимбинской системы рудоконтролирующих разломов. В пределах рудопроявления установлен крупный разлом северо-северо-западной ориентировки, вероятно, являющийся оперяющим к Ишимбинской системе разломом. К узлам сочленения поперечных северо-восточных разрывных нарушений с северо-северо-западным разло-

мом приурочена золотоносная минерализованная зона (рис. 4).

Согласно ориентированная рудоконтролирующая зона складчато-разрывных деформаций (расланцевания) рудопроявления Буреминское локализована в углеродисто-терригенной толще удерейской свиты среднего рифея (R_{2ud}). Основными вмещающими породами служат отложения среднеудерейской подсвиты – карбонат-кварц-серицитовые (известково)-алеврито-глинистые углерод-

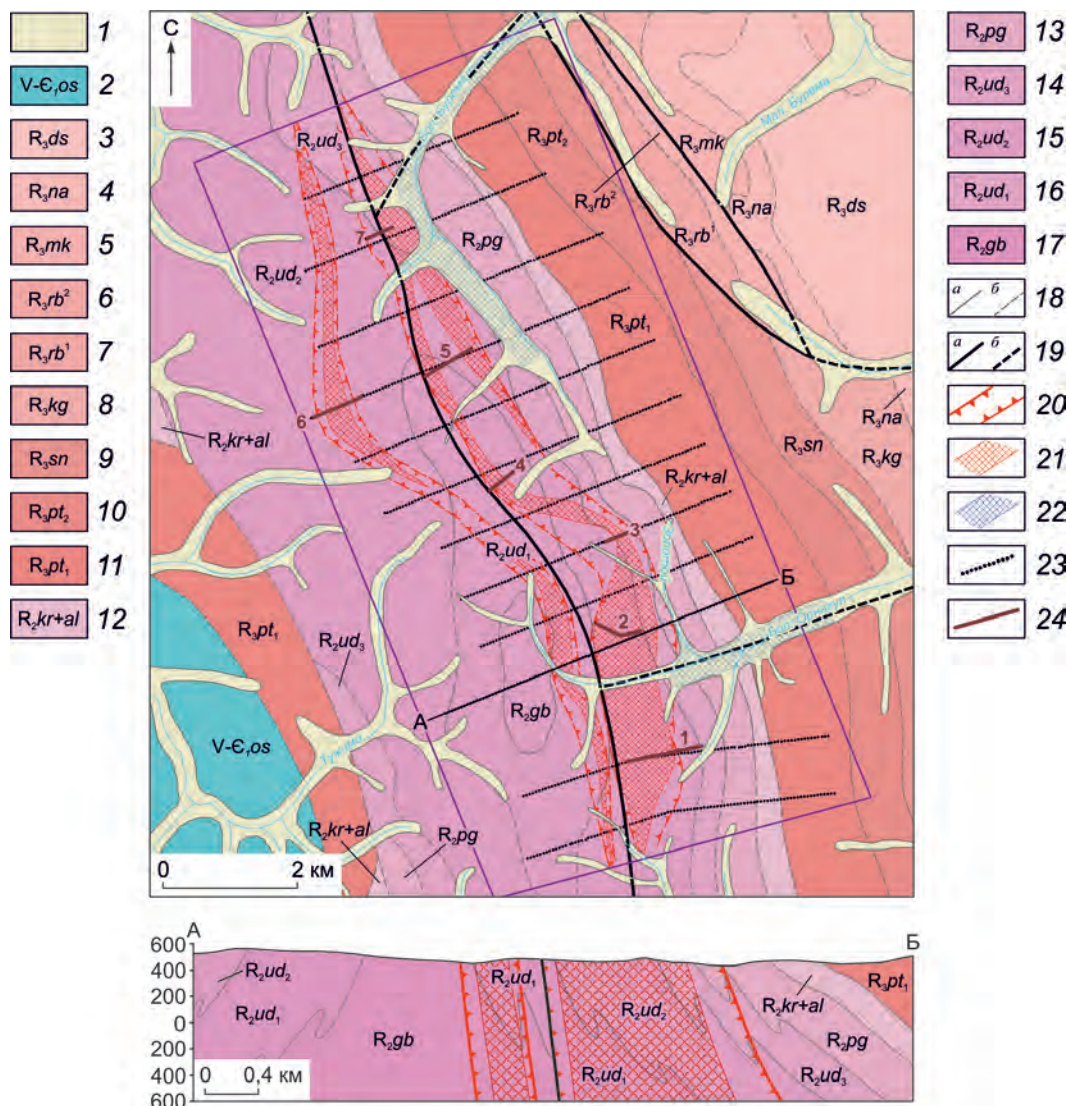


Рис. 4. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА И РАЗРЕЗ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ БУРЕМИНСКОЕ:

1 – четвертичные отложения; 2–17 – стратифицированные отложения: 2 – островная свита (известковистые песчаники, доломиты, алевролиты), 3–17 – углеродистые карбонатно-терригенные отложения среднего–позднего рифея: ослянская серия (3 – дашкинская свита – известняки, мергели, аргиллиты, алевролиты, 4 – нижнеангарская свита – аргиллиты, алевролиты, кварцевые песчаники), киргитейская серия (5 – мокринская свита – хлоритовидные сланцы с прослоями алевролитов, 6, 7 – рыбинская свита: 6 – верхняя пачка – глинисто-хлоритовидные сланцы, 7 – нижняя пачка – глинистые сланцы), 8 – киргитейская серия нерасчленённая (известковистые аргиллиты, известняки), тунгусикская серия (9 – шунтарская свита – углисто-глинистые сланцы, известняки, 10, 11 – потоскуйская свита: 10 – верхняя подсвита – сланцы алевроито-глинистые, песчаники, 11 – нижняя подсвита – красноцветные глинистые сланцы, алевролиты), сухопитская серия (12 – свиты аладынская и карточки объединённые – метадоломиты, метаизвестняки, сланцы серицитовые известковистые, 13 – погорюйская свита – сланцы алевроито-глинистые, прослой кварцитовидных песчаников, 14–16 – удерейская свита: 14 – верхняя подсвита – сланцы глинистые филлитизированные, 15 – средняя посвита – сланцы серицит-хлоритовые, алевролиты, 16 – нижняя подсвита – сланцы глинистые, филлитовидные, алевроито-глинистые), 17 – горбилоская свита (кварц-хлорит-серицитовые сланцы, зеленовато-серые хлорит-серицитовые сланцы)); 18 – геологические границы: а – установленные, б – предполагаемые; 19 – разрывные нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 20 – рудоконтролирующие зоны складчато-разрывных деформаций; 21 – золотоносные минерализованные зоны; 22 – промышленные россыпи золота; 23 – точки литохимического опробования по ВОР (глубина 0,6 м); 24 – линии проходки копушей (глубина 1,0–1,2 м, интервал 40 м) с комплексом литохимического по ВОР, шлихового, сколкового и штуфного опробования элювиально-делювиальных отложений

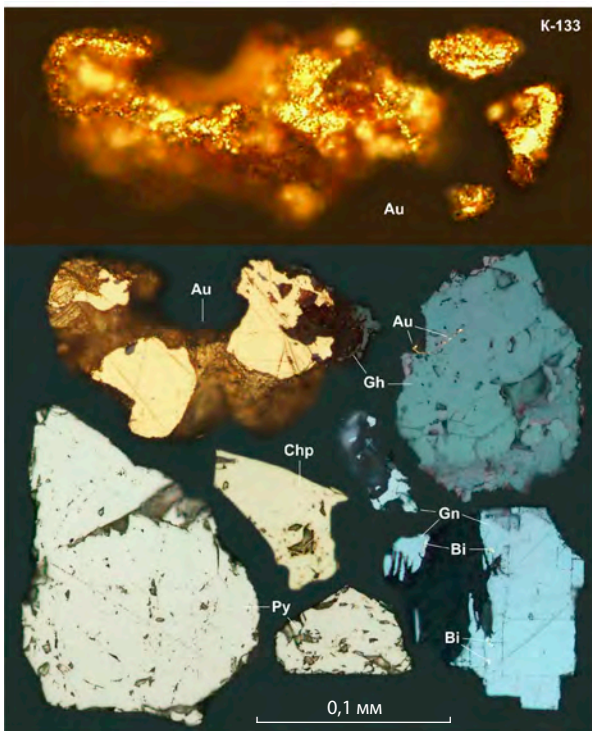


Рис. 5. ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ БУРЕМИНСКОЕ:

Py – пирит, Chp – халькопирит, Gn – галенит, Gh – гётит, Bi – самородный висмут, Au – самородное золото

содержащие сланцы. Площадь рудопроявления амагматична – ближайший интрузивный массив выходит на поверхность в 16 км западнее его.

Рудопроявление Буреминское приурочено к зоне развития хлорит-серицитовая субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма с проявлением хлоритизации, мусковитизации, серицитизации и вновь образованных пирита, сидерита и других низкотемпературных минералов. Хлорит-серицитовая субфация многими исследователями [1, 4] рассматривается в качестве благоприятной среды для промышленного золотого оруденения крупнообъемного (прожилково)-вкрапленного типа.

В пределах рудоконтролирующей зоны складчато-разрывных деформаций широко распространены гидротермально-метасоматические процессы, главным образом сульфидизация и бурошпатизация. Последняя, наряду с сульфидизацией, – косвенный признак, свидетельствующий о наличии золоторудного процесса [3]. (Прожилково)-вкрапленная бурошпатовая и вкрапленная сульфидизация,

сопутствующие друг другу, образуют широкий (до 1 км) протяженный (до 10 км) ореол. Содержание железо-магнезиальных карбонатов и сульфидов суммарно достигает 50–60%. Кварцевая жильно-прожилковая минерализация проявлена весьма неравномерно и наблюдается в основном в пределах наиболее минерализованных участков.

Золотоносная минерализованная зона, выявленная в области складчато-разрывных деформаций (см. рис. 4), имеет мощность от 150 м в северной части до 1300 м в южной. Прослеженная протяженность достигает 10 км. Зона представляет собой субсогласную залежь линейно-изометрического строения.

В северной и южной частях рудопроявления Буреминское установлены два крупных АГХП золота. В их пределах по содержаниям Au от 0,1 г/т выделяются несколько золотоносных минерализованных зон. Зоны четко прослеживаются в северо-северо-западном направлении, согласно простиранию вмещающих пород. Протяженность аномалий >2 км, мощность от 50 до 400 м. В границах золотоносных минерализованных зон выявляются «стержневые» маломощные протяженные ореолы золота в ВОР с содержаниями Au >0,3 г/т.

Среди сопутствующих элементов четко проявлены аномальные поля серебра в ВОР, приуроченные к периферийным участкам АГХП золота. Аномалии золота практически в точности совпадают с АГХП марганца. Природа последних, наиболее вероятно, связана с интенсивным развитием марганецсодержащей железо-магнезиальной карбонатизации в пределах минерализованных зон. Содержание золота в первичных ореолах по результатам сколкового опробования до 0,75 г/т в пределах АГХП. В тяжёлых фракциях протоочных проб присутствует самородное золото размером от 0,02 до 0,2 мм (рис. 5).

По данным ICP-MS-анализа содержание Bi составляет ~85 г/т в первичных ореолах, а в тяжёлой фракции протоочных проб – 300 г/т при фоновых концентрациях свинца. Наличие висмутовой (редкометалльной) минерализации позволяет предположительно связать концентрирование золота не только с метаморфогенными и (или) гипергенными процессами, но и допустить участие в минералообразовании флюидов гранитогенной природы. В этом случае перспективы выявленной золотоносной зоны значительно возрастают, поскольку

помимо «местного» источника золота возможно его поступление из более глубоких горизонтов с формированием полигенного оруденения.

Два наиболее интенсивных и обширных АГХП золота, вероятно, приурочены к участкам растворовыводящих каналов, наиболее перспективных для поисков. Определённые признаки эпигенетических плутонометаморфических рудообразующих процессов позволяют предполагать возможное наличие в пределах рудопроявления золотого оруденения с промышленными параметрами.

Рудопоявление Магдококское размещается в восточной части Енисейского кряжа в пределах Тужимского прогнозируемого рудного узла (см. рис. 1). В структурном плане исследуемая площадь приурочена к зоне влияния системы Ишимбинского регионального рудоконтролирующего разлома, так как находится в 4 км восточнее от его осевой зоны. Площадь сформирована отложениями терригенной сухопитской серии среднего рифея, карбонатно-терригенной тунгусикской серии верхнего рифея, а также терригенно-карбонатными отложениями венда-кембрия. Интрузивные образования отсутствуют, ближайший интрузивный массив (гранитоиды Татарско-Аяхтинского пояса) расположен в 7 км к северо-западу. Рудопоявление локализовано в зоне развития хлорит-серицитово-субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Рудоконтролирующая зона складчато-разрывных деформаций рудопоявления охватывает большую часть поля распространения отложений среднеудерейской подсвиты и выделяется ореолом развития слабо проявленной бурошпатизации, выраженной в редкой умеренной тонкой вкрапленности и тонких прожилках и просечках, ориентированных преимущественно согласно и по сланцеватости (45–55°). Простираение зоны согласно и субсогласное и, вероятно, контролируется системой продольных северо-северо-западных разрывных нарушений (рис. б).

На рудопоявлении выделяются потенциально золотоносные минерализованные зоны, характеризующиеся невыдержанным извилистым строением. Главный критерий выделения зон – интенсивное проявление гидротермально-метасоматических изменений, выраженных в достаточно густой тонкой вкрапленности бурого шпата (от 2–3 до 10–12% и более), тонких разноориентированных прожилках бурого шпата, часто кварц-бурошпат-суль-

фидного состава, а также окварцевании, серицитизации и брекчировании вмещающих пород. При этом сульфидная минерализация (в основном пирит) развита весьма неравномерно и представлена крупными полуокисленными кристаллами в кварцевой «рубашке», а также тонкой вкрапленностью окисленного пирита. Кроме того, часто наблюдаются реликты вытянутых столбчатых окисленных кристаллов, наиболее вероятно, арсениопирита.

Потенциально золотоносная минерализованная зона 1 – наиболее мощная, в участках раздвигания её мощность достигает 900 м. Протяжённость превышает 5 км. Характерная особенность этой зоны – интенсивные тонкая вкрапленность бурого шпата и окварцевание вмещающих пород. Содержание золота в шлиховых пробах составляет 17 знаков металла на пробу. Знаковое золото тонкое, мелкой размерности (0,1–0,5 мм). Не окатанное золото преимущественно интерстициальное и цементационное, а также трещинно-прожилковое.

Зона 2 характеризуется малой мощностью (не более 150 м), но значительной протяжённостью – прослежена более чем на 3 км. Основными признаками зоны являются значительное (2–3% и более) содержание полуокисленной вкрапленности кубического пирита, прожилковая кварц-бурошпатовая минерализация. Кроме того, отмечается наличие крупной (7х7 мм) оолитоподобной вкрапленности бурого шпата.

Зона 3 представлена достаточно мощной (до 350 м) зоной брекчирования вмещающих пород. Её отличительная особенность – практически полное отсутствие вкрапленной минерализации. При этом весьма распространена бурошпатовая тонкая прожилково-просечковая минерализация – прожилки, как правило, разноориентированы. Присутствует редкая прожилковая кварцевая минерализация, представленная извилистыми деформированными прожилками серого полупрозрачного кварца. Для зоны характерны серицитизация, выраженная в осветлении вмещающих пород, и умеренное окварцевание.

Бурошпатизация – постоянно проявленный признак в пределах минерализованных зон. Вкрапленность бурого шпата, как правило, очень тонкая (<0,5 мм) и диагностируется в маршрутах лишь при помощи лупы. В среднем размер вкрапленности составляет 0,05–0,15 мм.

Результаты исследования новых перспективных рудопоявлений позволяют выделить их ос-

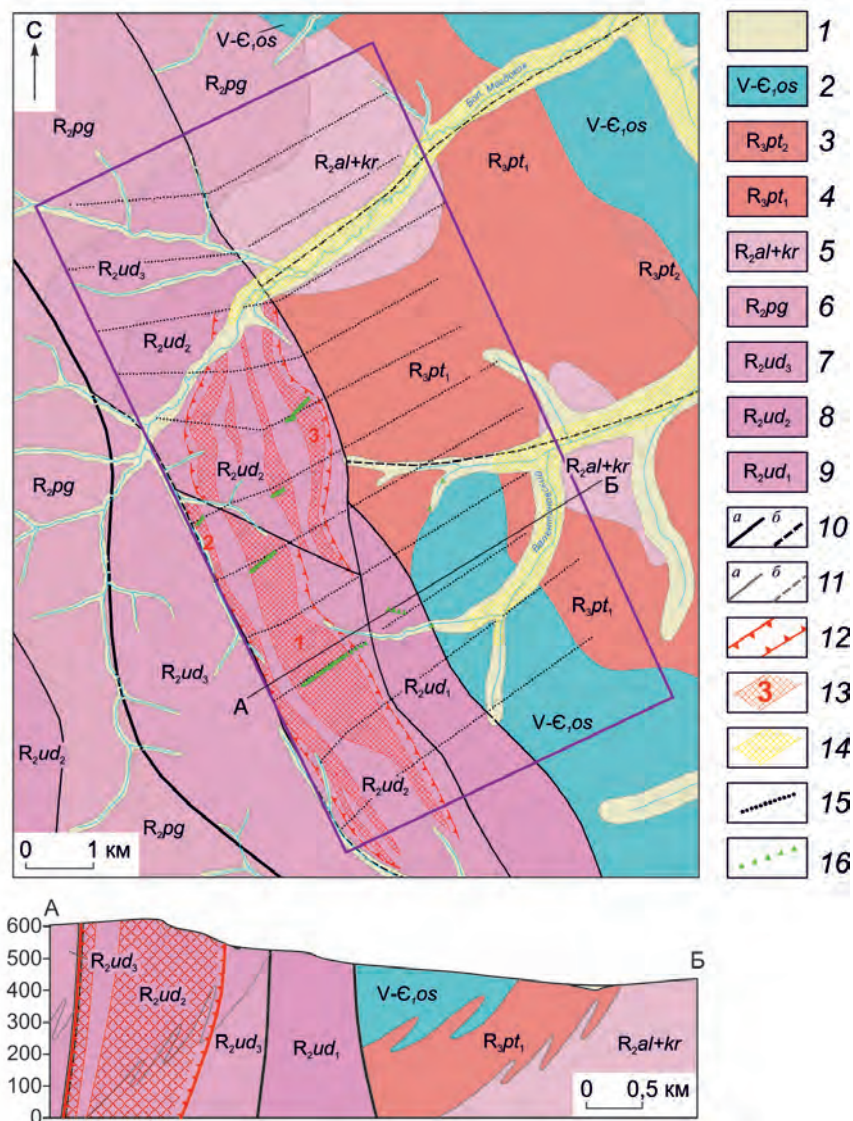


Рис. 6. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА И РАЗРЕЗ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ МАГДОКОКСКОЕ:

1 – четвертичные отложения; 2–9 – стратифицированные отложения: 2 – островная свита, венд–кембрий (известковистые песчаники, доломиты, алевролиты), 3–9 – углеродистые карбонатно-терригенные отложения среднего–позднего рифея: 3, 4 – тунгусикская серия (потоская свита: 3 – верхняя подсвита – сланцы алевроито-глинистые, песчаники, 4 – нижняя подсвита – красноцветные глинистые сланцы, алевролиты), 5–9 – сухопитская серия (5 – свиты аладынская и карточки объединённые – метадоломиты, метаизвестняки, сланцы серицитовые известковистые, 6 – погорюйская свита – сланцы алевроито-глинистые, прослои кварцитовидных песчаников, 7–9 – удерейская свита: 7 – верхняя подсвита – сланцы глинистые филлитизированные, 8 – средняя посвита – сланцы серицит-хлоритовые, алевролиты, 9 – нижняя подсвита – сланцы глинистые, филлитовидные, алевроито-глинистые); разрывные нарушения: 10 – зона системы Ишимбинского регионального рудоконтролирующего разлома (а – установленная, б – предполагаемая), 11 – прочие: а – установленные, б – предполагаемые; 12 – предполагаемая рудоконтролирующая зона складчато-разрывных деформаций, выделяемых по ореолам (прожилково)-вкрапленной железо-магнезиально-карбонатной и сульфидной минерализации; 13 – предполагаемые золотоносные минерализованные зоны, выделяемые по ореолам интенсивной прожилково-вкрапленной железо-магнезиально-карбонатной и сульфидной минерализации, жильно-прожилковой кварцевой минерализации, зонам брекчирования; 14 – промышленные россыпи золота; 15 – геолого-поисковые маршруты с точками литохимического опробования по ВОР (глубина 0,4–0,6 м); 16 – линии проходки копушей (глубина 1,0 м, интервал 40–80 м) с комплексом литохимического по ВОР, шлихового и сколкового опробования элювиально-делювиальных отложений

новые прогнозно-поисковые признаки (таблица). Из таблицы видно, что рудопроявления обладают рядом общих геологических особенностей. Это, прежде всего, существенно вкрапленный рассеянный характер золотой минерализации, формирующей крупнообъемные минерализованные зоны-залежи, с низкими концентрациями металла. Кроме того, обращает на себя внимание локализация рудопроявлений в зоне геодинамического влияния Ишимбинской региональной системы рудоконтролирующих разломов. Важным установленным фактом является золотоносность углеродсодержащих карбонатно-терригенных отложений восточнее осевой части системы разломов. Подавляющее большинство известных на сегодняшний день золоторудных объектов локализуются в узкой полосе (мощностью 30–40 км) между Татарской и Ишимбинской системами разломов.

Изученные проявления приурочены к области развития хлорит-серицитовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Одна из геологических особенностей – отсутствие интрузивных образований на площади рудопоявлений. Тем не менее, наличие выходов гранитоидов Татарско-Аяхтинского комплекса в 5–10 км от рудопоявлений не исключает пространственной связи золотой минерализации с магматическими образованиями. Кроме того, на площади рудопоявления Южное по данным геофизических исследований предполагается существование интрузивного массива на глубине до 2 км, о чём свидетельствует крупная отрицательная аномалия поля силы тяжести.

Литолого-стратиграфический фактор по результатам проведённых исследований не является определяющим. Подтверждается роль удерейской свиты как благоприятной среды для формирования золотой минерализации. Но вместе с этим, впервые установленная золотоносность углеродсодержащих терригенно-карбонатных отложений свит аладынской и карточки позволяет предполагать, что в прогнозно-поисковые построения могут быть вовлечены не только ранее известные потенциально золотоносные литолого-стратиграфические уровни.

Важнейший прогнозно-поисковый признак – широко проявленная бурошпатизация, безусловно, служит одним из основных факторов формирования золотой минерализации на исследуемых рудопоявлениях. Наряду с бурошпатизацией, к

прямым прогнозно-поисковым признакам относится существенно рассеянная вкрапленная сульфидная минерализация, образующая слабоконтрастные мощные протяжённые ореолы.

Аномальные геохимические поля золота сопряжены с ареалами развития аномальных полей марганца, очевидно, связанных с широко проявленной бурошпатизацией. Важный признак, указывающий на золото-сульфидный характер минерализации, – формирование слабоконтрастных шлиховых ореолов золота с тонкой и мелкой размерностью.

На основании геофизических данных определён новый прогнозно-поисковый признак, заключающийся в приуроченности крупнообъемных золотоносных минерализованных зон к участкам «распада» (разрушения) структуры аномального градиентного рисунка магнитного поля, выраженным в преобразовании пирротина в пирит.

Таким образом, выполненные исследования дали возможность выделить новый тип крупнообъемных золото-сульфидных объектов на Енисейском кряже – «восточно-енисейский» – в углеродсодержащем терригенно-карбонатном комплексе с наложенной золото-кварцевой минерализацией вне установленной связи с интрузивным магматизмом.

По совокупности особенностей геологического строения, составу вмещающих пород, типу золотой минерализации наиболее близким аналогом рассматриваемых рудопоявлений является месторождение Олимпиадинское, точнее, его первичные ранние крупнообъемные рассеянно-вкрапленные бедные золото-сульфидные руды [5]. Прежде всего, следует отметить терригенно-карбонатный состав вмещающих отложений на сопоставляемых объектах и отсутствие чётко выраженной метасоматической зональности. Вкрапленные руды Олимпиадинского месторождения вмещают изменённые терригенно-карбонатные породы, сложенные карбонатами (преимущественно железистым кальцитом), кварцем и слюдами с примесью хлорита и углеродистого вещества [2, 6]. Минерализованная зона рассеянной сульфидной вкрапленности рудопоявления Южное локализована в существенно карбонатных изменённых (серицитизация, железо-магнезиальная карбонатизация) породах – карбонат-серицитовых сланцах, известняках с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев. Золотая минерализация рудопоявлений Буреминское и Магдококское приуроче-

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ ПРИЗНАКОВ ОЛИМПИАДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ [8]
И ПЕРСПЕКТИВНЫХ РУДОПРояВЛЕНИЙ**

Признаки	Эталонное месторождение	Перспективные рудопроявления		
	Олимпиадинское	Южное	Буреминское	Магдококское
1	2	3	4	5
Тектонические	Тейско-Татарская металлогеническая зона, Енашимо-Верхне-Ерудинская подзона	Чернореченско-Каменская металлогеническая зона, Северо-Енисейско-Ишимбинская подзона	Чернореченско-Каменская металлогеническая зона, граница Северо-Енисейско-Ишимбинской и Ангаро-Питской подзон	
Геолого-структурные	Зона геодинамического влияния Татарского северо-северо-западного разлома в узле сочленения с разрывами субширотной ориентировки; призмковая часть Медвежинской антиклинали; провис кровли гранитоидного массива	Зона геодинамического влияния Ишимбинского северо-северо-западного разлома в узле пересечения и сочленения с разрывами северо-восточной и субширотной ориентировки; восточное пологое крыло Певунской антиклинали	Зона геодинамического влияния Ишимбинского северо-северо-западного разлома в узле сочленения с разрывами северо-восточной ориентировки; приядерная часть Ишимбинской антиклинали	Зона геодинамического влияния Ишимбинского северо-северо-западного разлома в узле сочленения с разрывами субширотной ориентировки; западное крыло Ишимбинской антиклинали
Литолого-стратиграфические	Углеродсодержащий карбонатно-терригенный комплекс, кординская свита (R ₁ kd), среднекординская подсвита – слюдисто-кварц-карбонатные сланцы с прослоями известняков	Углеродсодержащий терригенно-карбонатный комплекс, свиты аладынская и карточки (R ₂ al+kr) – карбонат-кварц-серицитовые сланцы с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев	Углеродсодержащий карбонатно-терригенный комплекс, удерейская свита (R ₃ ud), среднеудерейская подсвита – карбонат-кварц-серицитовые углеродсодержащие сланцы	
Метаморфические	Зона биотитовой ступени зеленосланцевой фации регионального метаморфизма, возрастающего до эпидот-амфиболитовой фации	Зона хлорит-серицитовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма		
Гидротермально-метасоматические	1. Высокотемпературные контактово-метасоматические изменения (грейзенизация, скарнирование и др.) 2. Ореолы вкрапленной сульфидизации 3. Околорудные изменения безрезитового типа	1. Ореолы вкрапленной сульфидизации и прожилково-вкрапленной железомagneзиальной карбонатизации 2. Околорудные пирит-кварц-серицитовые изменения	1. Ореолы вкрапленной сульфидизации и железомagneзиальной карбонатизации 2. Локальные околорудные сульфидно-кварц-серицитовые изменения	1. Ореолы (прожилково)-вкрапленной железомagneзиальной карбонатизации и рассеянной вкрапленной сульфидизации 2. Локальные сульфидно-кварц-серицитовые изменения
Минералогические	Нерудные минералы – кварц, карбонаты, слюды (мусковит, серицит, биотит), хлорит Рудные минералы – арсенопирит, пирротин, пирит, бертьерит, золото	Нерудные минералы – кварц, серицит, железомagneзиальные карбонаты, кальцит, хлорит Рудные минералы – мышьяковистый пирит, редко пирротин, халькопирит, золото	Нерудные минералы – серицит, железомagneзиальные карбонаты, хлорит, кварц Рудные минералы – пирит, редко пирротин, золото	Нерудные минералы – серицит, железомagneзиальные карбонаты, кварц Рудные минералы – пирит, редко арсенопирит, золото
Морфология минерализованных зон и рудных тел	1. Крупнообъемная зона-залежь бедных рассеянных вкрапленных первичных золото-сульфидных руд (до 3,0 г/т) 2. Золото-сурьмяные богатые (>3,0 г/т) жильно-прожилковые зоны	1. Крупнообъемная субогласная минерализованная зона-залежь бедной (0,3–1,0 г/т) рассеянной золото-сульфидной вкрапленности 2. Маломощные секущие жильно-прожилковые зоны с высокими (до 6,5 г/т) содержаниями золота	1. Крупнообъемная минерализованная зона рассеянной сульфидной вкрапленности (содержание золота 0,1–0,3 г/т) 2. Маломощные жильно-прожилковые секущие зоны (содержание золота 0,3–0,75 г/т)	1. Крупнообъемная минерализованная зона рассеянной сульфидной вкрапленности 2. Редкие маломощные жильно-прожилковые секущие зоны и зоны брекчирования

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Минералого-геохимические	1. Широкие слабоконтрастные АГХП золота в ВОР и элементов-спутников (сурьма, мышьяк, вольфрам) 2. Широкие слабоконтрастные шлиховые ореолы с тонким и мелким золотом – первые десятки, редко сотни знаков металла на шлиховую пробу	1. Широкие (до 400 м) АГХП золота в ВОР (0,01–0,1 г/т); с АГХП золота совмещены аномальные поля мышьяка, марганца; по периферии АГХП золота – ореолы цинка 2. Слабоконтрастные выдержанные широкие шлиховые ореолы тонкого и мелкого золота; содержание металла на шлиховую пробу 3–5 знаков, редко более в пределах минерализованной зоны	1. Широкие (до 300 м) АГХП золота в ВОР с содержаниями 0,01–0,1 г/т; по периферии АГХП золота – аномалии серебра, марганца 2. Широкие слабоконтрастные шлиховые ореолы тонкого и мелкого золота (0,1–0,6 мм) с невысоким содержанием металла 3–5 знаков на шлиховую пробу в пределах минерализованной зоны	1. Нет данных 2. Широкие (>300 м) слабоконтрастные (3–5 знаков золота на шлиховую пробу) шлиховые ореолы тонкого и мелкого (не более 0,3 мм) золота в пределах потенциально золотоносных минерализованных зон
Геофизические	1. Положительные аномалии магнитного поля 2. Слабо отрицательные аномалии поля силы тяжести	1. Зона «распада» структуры градиента магнитного поля – слаболожительная аномалия 2. Локальная отрицательная аномалия поля силы тяжести – интрузивный гранитоидный массив на глубине до 2 км	1. Зона «распада» структуры градиента магнитного поля – слаболожительная аномалия 2. Слаболожительная аномалия поля силы тяжести	1. Неконтрастная зона слаболожительного и слабоотрицательного магнитных полей 2. Слаболожительная аномалия поля силы тяжести

на к карбонатсодержащим бурошпатизированным карбонат-кварц-серицитовым сланцам.

Гидротермально-метасоматические изменения представлены объёмными ореолами серицитизации, вкрапленной сульфидизации и прожилково-вкрапленной карбонатизации, в том числе железо-магнезиальной. Первичные вкрапленные руды Олимпиадинского месторождения и золотую минерализацию рудопроявлений Южное, Буреминское и Магдококское объединяет тесная ассоциация золота с сульфидами (арсенопиритом и (или) мышьяковистым пиритом), в которых оно находится в тонкодисперсной и субмикроскопической формах [8]. Состав руд, как правило, полисульфидный. Главные рудные минералы – пирит, арсенопирит, реже пирротин. Сульфидная минерализация всех рассматриваемых объектов обладает повышенной мышьяковистостью.

В заключение перечислим важнейшие прогнозно-поисковые признаки выявленного на Енисейском краже восточно-енисейского типа крупнообъёмных золото-сульфидных объектов:

- приуроченность к оперяющим к Ишимбинской системе разломов продольным северо-северо-западным разрывным нарушениям в зонах их пересечения или сочленения с северо-восточными и субширотными разломами высоких порядков;

- среднерифейский литолого-стратиграфический уровень разреза, представленный углеродсодержащими карбонатно-терригенными отложениями;
- отсутствие выходов на дневную поверхность интрузивных образований; возможно наличие интрузивных массивов на глубине до 2 км;
- отсутствие чётко выраженной гидротермально-метасоматической зональности, преобладание процессов бурошпатизации и рассеянно-вкрапленной сульфидизации, обуславливающих образование крупнообъёмных слабоконтрастных ореолов;
- формирование крупнообъёмных зон-залежей золото-сульфидных минерализованных зон с существенно вкрапленным характером минерализации;
- низкие средние содержание золота в первичных ореолах;
- слабоконтрастные вторичные ореолы рассеяния золота и элементов-спутников, сопряжённые с ними ореолы развития аномальных полей марганца;
- слабоконтрастные шлиховые ореолы золота с тонкой и мелкой размерностью;
- зоны «распада» структуры аномального магнитного поля.

Изученные перспективные рудопоявления рекомендуются для постановки детализационных поисковых работ в целях выявления промышленных рудных зон в пределах локализованных золотоносных минерализованных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк В.А. Метаморфогенно-гидротермальный тип промышленного золотого оруденения. – Новосибирск: Наука, 1975.
2. Геологическое строение золоторудных месторождений и опыт геологического обслуживания сырьевой базы компании «Полюс» в Красноярском крае / В.К.Совмен, Ю.М.Страгис, А.А.Плеханов и др. – Красноярск: Полюс, 2009.
3. Иванов А.И. Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). – М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2017.
4. Иванов А.И. Роль метаморфизма в золотом рудообразовании в углеродистых терригенных и карбонатно-терригенных комплексах на примере Байкало-Патомской металлогенической провинции и его отражение в прогнозно-поисковых моделях // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных и цветных металлов – состояние и перспективы». М., 2015. С. 61–62.
5. Кряжев С.Г. Генетические модели и критерии прогноза золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах: Автореф. дисс... д-ра геол.-минер. наук. – М., 2017.
6. Ли Л.В. Олимпиадинское месторождение вкрапленных золото-сульфидных руд. – Красноярск: КНИИГиМС, 2003.
7. Мансуров Р.Х., Кряжев С.Г., Зеликсон Б.С. Минералогическо-геохимические особенности рудопоявления Южное, Енисейский кряж // Руды и металлы. 2017. № 1. С. 55–66.
8. Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999.

NEW TYPE OF LARGE-TONNAGE GOLD MINERALIZATION WITHIN THE YENISEI RIDGE

R.Kh.Mansurov

(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

A series of prospective ore occurrences (Yuzhnoe, Bureminskoe, Magdokokskoe) has been detected for the first time within the eastern underexplored part of the Yenisei Ridge. The paper discusses geological characteristics of the ore occurrences, their forecasting and prospecting features are distinguished. The ore occurrences are characterized by a number of features (substantially disseminated gold mineralization, conformable and subconformable gold-bearing mineralized zones-deposits, wide low-contrast concentrate and lithochemical halos, low average gold content), allowing to regard them as a group of large-tonnage gold-sulphide type deposits. The reference deposit for prospective deposits is distinguished. A comparative analysis of the main prospecting features is carried out.

Key words: the eastern part of the Yenisei Ridge, prospective gold ore occurrences, large-tonnage gold-sulphide mineralization.